Учебное издание

Валерий Григорьевич Брагин
Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Редактор *Л.В. Устьянцева*

Компьютерная версия

Подписано в печать 26.10.2018 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 15,625. Уч. изд. л. 10,5. Тираж экз. Заказ №
Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Автор: Дружинин А.В., доцент, канд. техн. наук

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Информатики	Факультета геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Дружинин А.В.	Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 16.09.2021	Протокол №2 от 07.10.2021
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для студентов специалистиата по направлению подготовки 21.05.04 – «Горное дело» при организации самостоятельной работы по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» в рамках подготовки и защиты контрольной работы.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки контрольной работы в виде реферата, требования к его оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения студентом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата студент может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;
- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Студент для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

Выбор темы реферата

Студенту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем студенту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом следует сразу же составлять библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

Формулирование цели и составление плана реферата

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

Цель – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Заключение (выводы).

} Основная часть

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением.

Оглавление (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

Введение. В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

Основная часть реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

Заключение (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме, рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

Библиография (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

Приложения могут включать графики, таблицы, расчеты.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

Общие требования к оформлению реферата

Рефераты, как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется студентом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например, «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для

различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например, «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте реферата должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например, «…в табл. 2.2».

Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей реферата или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

Схема – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

Диаграмма – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

График – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

Статья одного, двух или трех авторов из журнала

Зотова Л. А., Еременко О. В. Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами

Валютный курс и экономический рост / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами

Олейник А. Н. Институциональная Горное дело: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2011. 416 с.

Книга, написанная более чем тремя авторами

Экономическая теория: учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

Сборники

Актуальные проблемы экономики и управления: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

Статья из сборника

Данилов А. Г. Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

Статья из газеты

Крашаков А. С. Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

Библиографические ссылки

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

Пример оформления затекстовой ссылки

Ссылка в тексте: «Под трансакцией понимается обмен какими-либо благами, услугами или информацией между двумя агентами» [10, С. 176].

В списке использованных источников:

10. *Сухарев О. С.* Институциональная Горное дело: учебник и практикум для специалистиата и магистратуры /О.С. Сухарев. М.: Издательство Юрайт, 2016. 501 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

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 реферата, 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).

ТЕМЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

1. 1. Хост-компьютеры.
2. Локальные сети и персональные компьютеры.
3. Каналы связи.
4. Хранение и предоставление доступа к информации.
5. Управление передачей сообщений.
6. Каналы связи, обеспечивающие взаимодействие между хост-компьютерами.
7. Обмен информацией между абонентами сети.
8. Использование баз данных сети.
9. Классификация прикладного программного обеспечения.
10. Пакеты прикладных программ.
11. Методо-ориентированные пакеты.
12. Системы реального времени.
13. Офисные приложения.
14. Инструменты электронных таблиц для решения экономических задач.
15. Классификация баз данных (БД).
16. Системы управления базами данных (СУБД). Классификация СУБД.
17. Локальные и глобальные сети. Intranet и Internet. Сетевые службы.
18. Поисковые системы: Яndex, Rambler, Google, ПОИСК@mail.ru.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

Проверяемые компетенции: ОПК-5

Знать:

- офисные приложения;
- основы создания баз данных;
- принципы работы в разных поисковых системах интернет и в системах коммуникации.

Уметь:

- использовать офисные приложения;
- создавать базы данных средствами офисных приложений;
- использовать электронную почту и другие средства коммуникаций с помощью Интернета.

Владеть:

- инструментарием офисных приложений;
- технологией разработки баз данных;
- навыками работы в разных поисковых системах интернет и в системах коммуникации.

Критерии оценивания:

достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в реферате проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);

уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);

личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо основной образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);

культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);

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

знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;

степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);

качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);

использование профессиональной терминологии;

использование литературных источников.

Правила оценивания:

Каждый показатель оценивается в 1 балл

Критерии оценки:

9-10 баллов (90-100%) - оценка «отлично»;
7-8 баллов (70-89%) - оценка «хорошо»;
5-6 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»;
0-4 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

Приложение

Образец оформления титульного листа контрольной работы (реферата)

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

Инженерно-экономический факультет

Кафедра информатики

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА (РЕФЕРАТ)

по дисциплине
«Прикладное программное обеспечение»

на тему:

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧЕЙ СООБЩЕНИЙ

Руководитель:
Дружинин А.В.
Студент гр. Х-20
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2020

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Автор: Дружинин А.В., доцент, канд. техн. Наук

Одобрены на заседании кафедры

Информатики
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Дружинин А.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 16.09.2021
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

Факультета геологии и геофизики
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол №2 от 07.10.2021
(Дата)

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 10
Создание таблиц базы данных «Реализация товаров» 10
Создание файла базы данных Access 10
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 19
Работа с простыми запросами 19
Конструирование запросов на выборку с условием отбора 19
Вычисляемые поля в запросах 22
Параметры в запросах 24
Групповые операции в запросах 26
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 30
Работа с многотабличными запросами 30
Запросы на изменение 34
Задание для самостоятельной работы 37
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 38
Работа с формами 38
Условное форматирование элементов управления 39
Создание разделенной формы 41
Многотабличные формы 42
Создание многотабличной формы с помощью мастера 43
Одиночная многотабличная форма 46
Задание для самостоятельной работы 50
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 50
Работа с отчетами 50
Задание для самостоятельной работы 52
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 53
Создание главной кнопочной формы 53
с использованием макросов 53
Создание управляющих кнопок на экране 56
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ 61
Указания к выполнению работы 61
Варианты заданий 61
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 73

ВВЕДЕНИЕ

Система управления базами данных

СУБД (система управления базами данных) является универсальным программным инструментом создания и обслуживания баз данных и приложений пользователя в самых разных предметных областях. СУБД обеспечивает создание, многоаспектный доступ к данным и использование одних и тех же данных различными задачами и приложениями пользователей.

СУБД поддерживаются различные модели данных. *Модель данных* – это метод (принцип) логической организации данных, используемый СУБД. Наиболее известными являются иерархическая, сетевая и реляционная модели.

В СУБД для персональных компьютеров (настольных СУБД) поддерживается преимущественно *реляционная модель*, которую отличает простота и единообразие представления данных простейшими *двумерными таблицами.*

Основной логической структурной единицей манипулирования данными является *строка* таблицы – *запись*. *Структура записи* определяется составом входящих в неё *полей*. Совокупность полей записи соответствует логически связанным реквизитам, характеризующим некоторую сущность предметной области.

Типовыми функциями СУБД по манипулированию данными являются выборка, добавление, удаление, изменение данных.

- *Выборка данных* – выборка записей из одной или нескольких взаимосвязанных таблиц в соответствии с заданными условиями.
- *Добавление* и *удаление* данных – добавление новых записей в таблицы и удаление существующих.
- *Изменение данных* – изменение значений данных в полях существующих записей.

Данные из одной или нескольких взаимосвязанных таблиц могут подвергаться обработке. К операциям *обработки* относятся, например, расчеты в пределах каждой записи, группировка записей в соответствии с *заданным* критерием группировки и обработка записей выделенных групп с помощью статистических функций, таких как суммирование, определение максимального, подсчет числа записей в группе и т. п.

СУБД Access включает разнообразные и многочисленные относительно автономные инструментальные средства, ориентированные на создание объектов базы данных и приложений пользователя.

- *Разнообразие мастера* в режиме ведения диалога с пользователем позволяют создавать объекты и выполнять разнообразные функции по реорганизации объектов базы данных и приложений пользователя.
- *Средства программирования* СУБД включают язык запросов *SQL*, язык макрокоманд и язык объектно-ориентированного программирования для приложений *Microsoft Visual Basic for Applications (VBA).*
- *Средства графического конструирования* позволяют создавать объекты базы данных и объекты приложения с помощью многочисленных графических элементов, не прибегая непосредственно к программированию. Среди многочисленных средств графического конструирования и диалоговых средств Access следует выделить средства для создания:
- таблиц и схем баз данных, отображающих их связи;
- запросов выборки, отбирающих и объединяющих данные нескольких таблиц в виртуальную таблицу, которая может использоваться во многих задачах приложения;
- запросов на изменение данных базы;
- экранных форм, предназначенных для ввода, просмотра и обработки данных в диалоговом режиме;
- отчетов, предназначенных для ввода, просмотра и вывода на печать данных из базы и результатов их обработки в удобном для пользователя виде.

Реляционная база данных

База данных является организованной на машинном носителе совокупностью взаимосвязанных данных и содержит сведения о различных сущностях одной предметной области: реальных объектах, процессах, событиях или явлениях.

Реляционная база данных представляет собой множество взаимосвязанных двумерных таблиц – *реляционных таблиц*, называемых также *отношениями*, в каждой из которых содержаться сведения об одной сущности автоматизируемой предметной области.

Логическую структуру реляционной базы данных образует совокупность реляционных таблиц, между которыми установлены логические связи.

В таблицах базы должны сохраняться все данные, необходимые для решения задач предметной области, причем каждый элемент данных должен храниться в базе только в одном экземпляре. Для создания таблиц,

соответствующих реляционной модели данных, используется процесс, называемый нормализацией данных. *Нормализация* – это удаление из таблиц повторяющихся данных путем их переноса в новые таблицы, записи которых не содержат повторяющихся значений.

Структура реляционной таблицы определяется составом полей. Каждое *поле* отражает определенную характеристику сущности. Для поля указывается *тип* и *размер* элементарного данного, размещаемого в нем, и ряд др. свойств. Содержимое поля отображается в столбце таблицы. Столбец таблицы содержит данные одного типа.

Содержание таблицы заключено в её строках, однотипных по структуре, каждая строка таблицы содержит данные о конкретном экземпляре сущности и называется *записью*.

Для однозначного определения (*идентификации)* каждой записи таблица должна иметь *уникальный (первичный) ключ.* По значению ключа таблицы отыскивается единственная запись в таблице. Ключ может состоять из одного или нескольких полей таблицы. Значение уникального ключа не может повторяться в нескольких записях.

Логические связи между таблицами дают возможность объединять данные из разных таблиц. Связь каждой пары таблиц задается одинаковыми полями в них – *ключом связи*. Таким образом, обеспечивается рациональное хранение недублированных данных и их объединение в соответствии с требованиями решаемых задач.

В нормализованной реляционной базе данных связь двух таблиц характеризуется отношениями записей типа «один-к-одному» (1:1) или «один-ко-многим» (1:M). Отношение 1:1 предполагает, что каждой записи одной таблицы соответствует одна запись другой таблицы. Отношение типа 1:M предполагает, что каждой записи первой таблицы соответствует много записей во второй, но каждой записи второй таблицы соответствует только одна запись в первой.

Для двух таблиц, находящихся в отношении типа 1:M, связь устанавливается по уникальному ключу таблицы, представляющей в отношении сторону «один», – *главной таблицы* в связи. Во второй таблице, представляющей в отношении сторону «многие» и называемой *подчиненной,* этот ключ связи может быть либо частью уникального ключа, либо не входить в состав ключа. В подчиненной таблице ключ связи называется ещё *внешним ключом*.

Схема данных

В СУБД Access процесс создания реляционной базы данных включает создание *схемы данных*. Схема данных наглядно отображает логическую структуру базы данных: таблицы и связи между ними, а также обеспечивает использование установленных в ней связей при обработке данных.

Для нормализованной базы данных, основанной на одно-многозначных и однозначных отношениях между таблицами, в схеме данных для связей таких таблиц по первичному ключу или уникальному индексу главной таблицы могут устанавливаться параметры *связной целостности*.

При поддержании целостности взаимосвязанных данных не допускается наличия записи в подчиненной таблице, если в главной таблице отсутствует связанная с ней запись. Соответственно при первоначальной загрузке базы данных, а также корректировке, добавлении и удалении записей система допускает выполнение операции только в том случае, если она не приводит к нарушению целостности. Связи, определенные в схеме данных, автоматически используются для объединения таблиц при разработке многотабличных форм, запросов, отчетов, существенно упрощая процесс их конструирования. В схеме связи могут устанавливаться для любой пары таблиц, имеющих одинаковое поле, позволяющее объединять эти таблицы. **Объекты Access**

База данных Access включает следующие сохраняемые в одном accdbфайле объекты:

- *таблицы, запросы, схемы данных,* непосредственно имеющие отношение к базе данных;
- *формы, отчеты, макросы* и *модули*, называемые *объектами приложения.*

Формы и отчеты предназначены для типовых процессов обработки данных: просмотра, обновления, поиска по заданным критериям, получения отчетов. Эти объекты приложений конструируются из графических элементов, называемых *элементами управления*. Основные элементы управления служат для отображения полей таблиц, являющихся источниками данных объекта.

Для автоматизации доступа к объектам и их взаимодействия используется программный код. Только с помощью программного кода получается полноценное приложение пользователя, функции которого доступны через меню, панели инструментов и формы. Для создания программного кода служат модули на языке *VBA* и макросы.

Каждый объект и элемент управления имеет свои свойства, определяя которые можно настраивать их. С каждым объектом и элементом управления связывается набор событий, которые могут обрабатываться макросами или

процедурами обработки событий на VBA, входящими в состав модулей форм, отчетов.

Объекты представлены в области навигации окна базы данных Access. Все операции по работе с объектами и приложениями начинаются в этом окне.

- *Таблицы* создаются пользователем для хранения данных об одной сущности – одном информационном объекте модели данных предметной области. Таблица состоит из полей (столбцов) и записей (строк). Каждое поле содержит одну характеристику информационного объекта предметной области. В записи собраны сведения об одном экземпляре информационного объекта. База данных Access может включать до 32768 объектов (в том числе формы, отчеты и т. д.). Одновременно может открываться до 2048 таблиц.
- *Запросы*. Запросы на выборку служат для выборки нужных данных из одной или нескольких связанных таблиц. Результатом выполнения запроса является виртуальная таблица. В запросе можно указать, какие поля исходных таблиц следует включить в запись таблицы запроса и как отобрать нужные записи. Таблица запроса может быть использована с другими таблицами базы при обработке данных. Запросы на изменение позволяют обновлять, удалять или добавлять данные в таблицы, а также создавать новые таблицы на основе уже существующих.
- *Схема данных* определяет, с помощью каких полей таблицы связываются между собой, как будет выполняться объединение данных этих таблиц, нужно ли проверять связную целостность при добавлении и удалении записей, изменение ключей таблиц. Схемы данных в области навигации в окне базы данных отображаются только в проектах Access, работающих с базами данных сервера. Для отображения схемы данных в базах данных Access используется команда **Схема данных**, размещенная на вкладке ленты **Работа с базами данных** в группе **Отношения**.
- *Формы* являются основным средством создания диалогового интерфейса приложения пользователя. Форма может создаваться для работы с электронными документами, сохраняемыми в таблицах базы данных. Вид таких документов может соответствовать привычному для пользователя бумажному документу. Форма используется для разработки интерфейса по управлению приложением. Включаемые в форму процедуры обработки событий позволяют управлять процессом обработки данных в приложении. Такие процедуры хранятся в модуле формы. В формы могут вставляться рисунки, диаграммы, звуковые фрагменты, видео. Возможна разработка форм с набором вкладок, с

каждой из которых связано выполнение той или иной функции приложения.

- *Отчеты* предназначены для формирования на основе данных базы выходных документов любых форматов, содержащих результаты решения задач пользователя, и вывода их на печать. Как и формы, отчеты могут включать процедуры обработки событий. Использование графических объектов позволяет дополнять данные отчета иллюстрациями. Отчеты обеспечивают возможность анализа данных при использовании фильтрации, агрегирования и представления данных источника в различных разрезах. *Макросы* являются программами, состоящими из последовательностей макрокоманд, которые выполняются по вызову или при наступлении некоторого события в объекте приложения или его элементе управления. Макросы данных выполняются при наступлении некоторого события в исходных таблицах. Макросы позволяют автоматизировать некоторые действия в приложении пользователя. Создание макросов осуществляется в диалоговом режиме путем выбора нужных макрокоманд и задания параметров, используемых ими при выполнении.
- *Модули* содержат процедуры на языке *Visual Basic for Applications*. Могут создаваться процедуры-программы, процедуры-функции, которые разрабатываются пользователем, и процедуры для обработки событий.

Интерфейс пользователя Access

Для Access 2013 разработан интерфейс пользователя, упрощающий доступ к многочисленным функциональным возможностям в процессе создания и работы с объектами базы данных и приложений пользователя.

Основу этого интерфейса составляют *ленты* и *область навигации.* Собранные на одной ленте команды четко соответствуют задачам, выполняемым в Access, что позволяет легко находить нужную команду.

Основные элементы интерфейса пользователя в Access 2013:

- *страницы*, предназначенные для управления файлами баз данных. Стартовая страница отображается при запуске Access и позволяет открыть существующие файлы баз данных или создать новые. В процессе работы доступны страницы, открываемые при щелчке на цветном значке **Файл**.

Они содержат команды для сохранения, сжатия и восстановления базы данных, определения параметров и ряд др.;

- *лента* – широкая полоса, расположенная в верхней части окна Access. Она содержит стандартные вкладки с группами наиболее часто используемых команд, контекстные вкладки, которые появляются только тогда, когда их использование допустимо, и *панель быстрого доступа* – небольшую панель инструментов, на которую можно добавить нужные команды. Лента является основой интерфейса пользователя и обеспечивает быстрый доступ к набору команд, применимых к выполняемым в базе данных в текущий момент работам;
- *коллекция (галерея)* – элемент интерфейса, который не просто отображает команды, а показывает набор результатов выполнения этих команд с отображением внешнего вида вариантов выбора;
- *диалоговые окна* могут выводиться при выполнении команд для уточнения операции и передачи параметров. В некоторых группах вкладок ленты имеются кнопки вызова диалоговых окон;
- *контекстное меню* вызывается щелчком правой кнопкой мыши на элементе объекта. Содержит команды, зависящие от контекста – элемента объекта, с которым работает пользователь, или выполняемой задачи; *панель быстрого доступа* – единственная панель инструментов, предусмотренная в интерфейсе. Она обеспечивает доступ одним нажатием кнопки к наиболее часто используемым командам. Это панель настраивается в соответствии с предпочтениями пользователя;
- *область навигации* расположена в левой части окна. В ней отображаются объединенные в группы объекты базы данных;
- *вкладки документов* – таблицы, запросы, формы, отчеты и макросы отображаются на вкладках в рабочем пространстве окна Access – окне документов;
- *строка состояния* – полоса в нижней части окна программы, в которой отображаются сведения о состоянии объекта и располагаются кнопки, позволяющие изменить режим его представления;
- *мини-панель инструментов* – прозрачный элемент, подключенный к объекту, который появляется над выбранным текстом и позволяет легко отформатировать его;
- *панель сообщений* – это единственное средство вывода всех предупреждений системы безопасности. Отображается, когда в открываемой базе данных имеется любое потенциально опасное выполняемое содержимое.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1
Создание таблиц базы данных «Реализация товаров»

Создать базу данных для учета реализации товаров со складов. Организовать хранение информации в создаваемой базе данных с помощью четырех таблиц: «Товары», «Фирмы», «Склады» и «Продажи».

Этапы проектирования базы данных:

1. Исследование предметной области и формулировка основных допущений (накладываемых условий). На этом этапе составляется список всех форм и отчетов, которые могут быть затребованы пользователями вашей БД.
2. Анализ данных. Составить перечень всех элементов данных, входящих в формы и отчеты, и сгруппировать их в таблицы БД.
3. Установить, какие взаимосвязи существуют между элементами данных. Определить первичные и вторичные (внешние) ключи отношений. Организовать поля данных в таблицах.

Создать базу данных «Реализация товаров», при условии, что на одном складе может храниться только один вид товара.

Создание файла базы данных Access

Для создания файла новой локальной базы данных щелкните в области создания базы данных стартового окна Access на элементе **Пустая база данных** (рис. 1.1). В открывшемся окне введите имя файла в поле **Имя файла** – например, ***Реализация товаров***.

Щелчком по кнопке **Создать,** завершите процесс создания пустого файла новой базы данных. В результате по умолчанию откроется окно созданной базы данных с пустой таблицей с именем **Таблица1** в режиме таблицы (рис. 1.2).

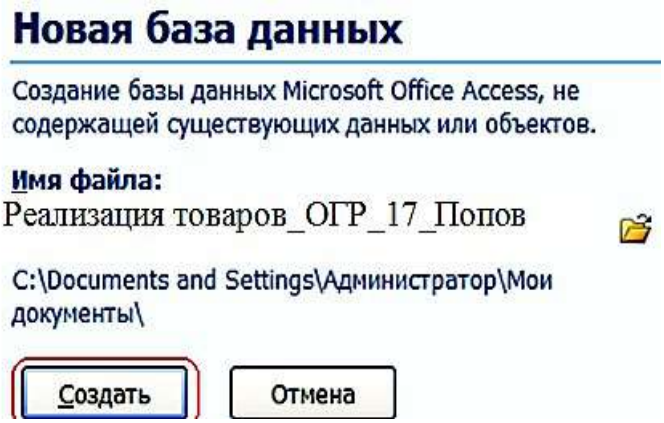


Рис. 1.1. Определение имени и местоположения файла новой базы данных

Так как создание таблиц будет происходить при помощи конструктора таблиц, поэтому закройте таблицу при помощи щелчка по значку «**Закрыть**».



Рис. 1.2. **Таблица1** в режиме таблицы

Задание 1. Создание таблицы базы данных «Реализация товаров»

Рассмотрим последовательность действий при создании таблиц. Для этого начнем создание таблицы «Товар» с определения её структуры в режиме конструктора таблиц. На вкладке ленты **Создание** в группе **Таблицы** выполним команду **Конструктор таблиц** (рис. 1.3).

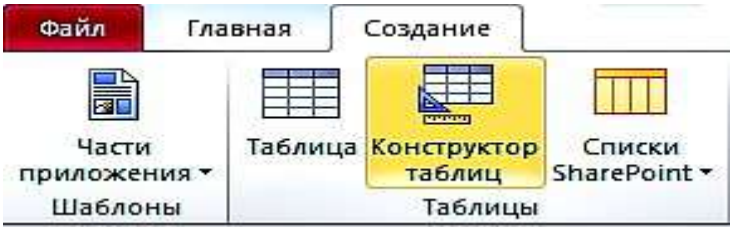


Рис. 1.3. Лента с открытой вкладкой **Создание**

В окне конструктора **Таблица1** определим все поля таблицы «Товар». Для каждого поля таблицы «Товар» определим **Имя поля**, **Тип данных.**



Рис. 1.4. Таблица «Товары» в режиме «**Конструктор**»

Теперь определим первичный ключ таблицы. Выделим поле «**Код товара»**, щелкнув кнопкой мыши на области маркировки, слева от имени поля, и нажмем кнопку **Ключевое поле** на вкладке ленты **Конструктор** в группе **Сервис**. Признаком установки ключа является изображение ключа слева от имени поля  .

Сохраним созданную структуру таблицы и присвоим имя новой таблице – «Товар». Для этого выполним команду **Сохранить** на Панели быстрого доступа или на вкладке **ФАЙЛ**. В окне **Сохранение** введем имя таблицы.

При сохранении таблицы происходит обновление файла базы данных, в которую помещается созданная таблица. Таблица «Товар» появиться в списке объектов **Таблицы** в области навигации открытой базы данных «Реализация товаров».

После сохранения структуры таблицы переходите ко второму этапу создания таблицы – созданию записей. Для этого переключитесь в режим таблицы нажатием кнопки **Режим** на ленте конструктора или выбором нужного режима при открытии списка данной кнопки (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Выбор режима представления таблицы

Как и в режиме конструктора, в режиме таблицы можно удалить столбец. При этом следует помнить, что удаляются все данные столбца, и отменить удаление невозможно. Удаление поля первичного ключа в режиме таблицы невозможно. Для этого необходимо использовать режим конструктора.

Открыть таблицу для ввода исходных данных. Установить курсор в первую строку таблицы и ввести исходные данные. Ввод данных в каждое поле таблицы завершать нажатием клавиши **Enter.** По окончании ввода данных при необходимости увеличить ширину полей. Записать таблицу «Товар» на диск.

Товары

Код товара	Наименование	Марка	Номер склада	Количество	Цена
1	Тахеометр	SP FOKUS 6	1	5	319 463,00 ₽
2	Тахеометр	SP FOKUS 6W	1	7	357 487,00 ₽
3	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	225 000,00 ₽
4	Тахеометр	Soutn NTS-362 R	2	5	240 000,00 ₽
5	Теодолит	3Т2КП	3	9	84 193,00 ₽
6	Теодолит	4Т15П	3	5	58 764,00 ₽
7	Теодолит	4Т30П	3	8	50 625,00 ₽
8	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	30 000,00 ₽
9	Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	16 680,00 ₽
10	Нивелир	4Н-3КЛ	4	18	12 500,00 ₽
(№)					

Рис. 1.6. Таблица «Товары» в режиме таблицы

Задание 2. Создание таблицы «Фирмы»

Для поля Телефон следует задать маску ввода: **(# # #) # # # - # # - # #**



Рис. 1.7. Таблица «Фирмы» в режиме «**Конструктор**»



Рис. 1.8. Таблица «Фирмы» в режиме таблицы

Задание 3. Создание таблицы «Склады»



Рис. 1.9. Таблица «**Склады**» в режиме «**Конструктор**»



Склады

Номер склада	Телефон	Адрес	Заведующий
1	(343)381-88-88	Екатеринбург, пер. Базовый, 7	Амелина И.В.
2	(343)379-51-62	В-Пышма, пер. Индустриальный, 1	Мясников Д.О.
3	(343)275-18-22	Екатеринбург, Монтажников, 18а	Куликова А.Н.
4	(343)310-22-22	Екатеринбург, Радищева, 4	Ромашенко К.Д.

Рис. 1.10. Таблица «**Склады**» в режиме «**Таблицы**»

Задание 4. Создание таблицы «Продажи»

1. Ввести в первой строке имя поля: **Дата продажи** и выбрать для него тип Дата/время.
2. Сформировать поле **Код фирмы** и выбрать для него числовой тип.
3. Указать в качестве источника данных для поля **Код фирмы** список кодов фирмы, внесенных в поле с таким же названием в таблицу «Фирмы», рис. 1.11.
4. Не переводя курсор со строки **Код фирмы**, щелкнуть мышью по закладке **Подстановка.**
5. Щелкнуть мышью по слову **Поле** в строке **Тип элемента управления**, а затем – по появившейся при этом кнопке **Раскрыть список**.
6. Выбрать щелчком мыши из раскрывшегося списка строку **Поле со списком**.
7. Щелкнуть мышью по незаполненному полю в строке **Источник строк**, а затем – по появившейся при этом кнопке **Раскрыть список**.
8. Щелчком мыши выбрать строку с названием таблицы «Фирмы».

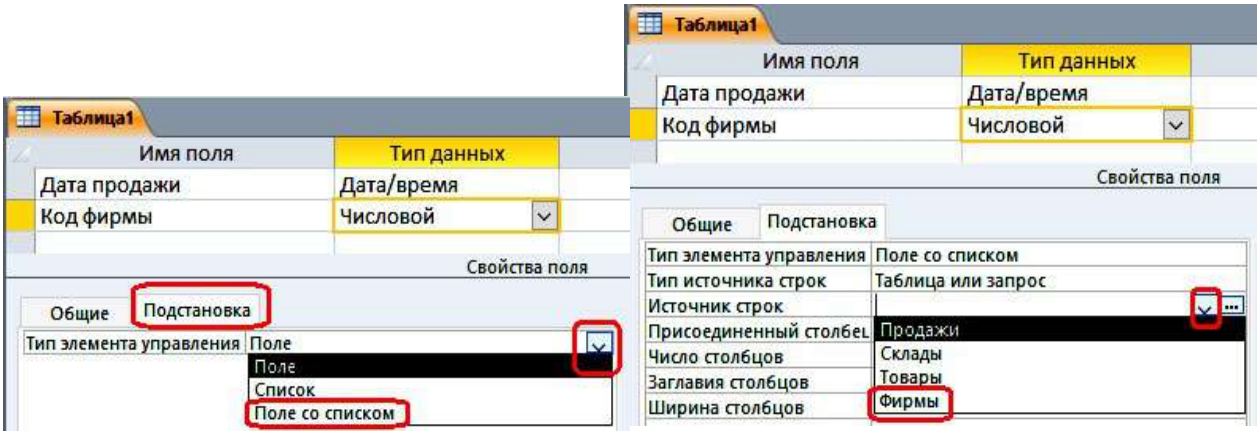


Рис. 1.11. Окно таблицы с подстановкой в режиме «**Конструктора**»



Рис. 1.12. Окно таблицы с выбором источника строк



Рис. 1.13. Окно таблицы «**Продажи**» в режиме «**Конструктора»**



Дата прода	Код фирмы	Код товара	Количество	Скидки
15.01.2018	4	10	10	5
19.01.2018	1	2	6	10
20.01.2018	3	5	8	5
25.01.2018	2	4	4	10
27.01.2018	1	1	4	15
30.01.2018	3	7	4	10
02.02.2018	2	3	5	5
05.02.2018	4	9	10	10
10.02.2018	3	8	9	10
15.02.2018	3	5	8	10

Рис. 1.14. Таблица «**Продажи**» в режиме «**Таблицы**»

Задание 5. Создание схемы данных

Создание схемы данных начинается с выполнения команды **Схема данных** в группе **Отношения** на вкладке ленты **Работа с базами данных**. В результате выполнения этой команды открывается окно схемы данных и диалоговое окно **Добавление таблицы**, в котором осуществляется выбор таблиц, включаемых в схему (рис. 1.15).

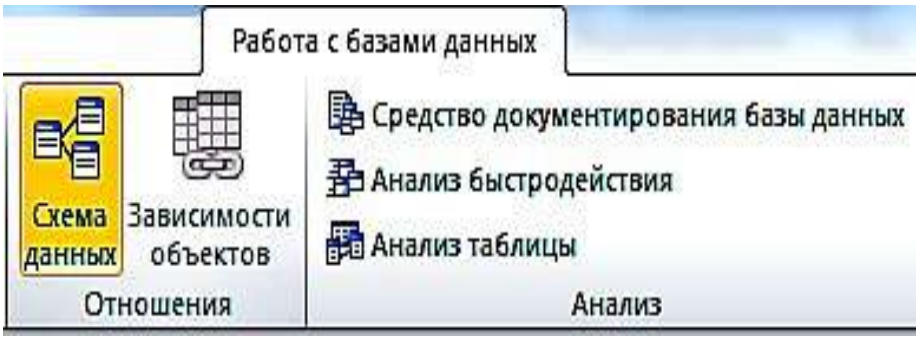


Рис. 1.15. Вкладка ленты **Работа с базами данных**

В окне **Добавление таблицы** отображаются все таблицы и запросы, содержащиеся в базе данных. Выберем вкладку **Таблицы** и с помощью кнопки **Добавить** разместим в окне **Схема данных** все ранее созданные таблицы базы данных «Реализация товаров». При создании связей в схеме данных используется проект структуры реляционной базы данных, в котором показаны все одно-многозначные связи таблиц. Реализуются связи с помощью добавления в связанные таблицы общих полей, называемых *ключом связи.*

На рис. 1.16 в созданной схеме данных БД «Реализация товаров» все связи отмечены символами **1** или ∞. Это свидетельствует о том, что одно-многозначные связи установлены правильно (по простому и составному ключу).

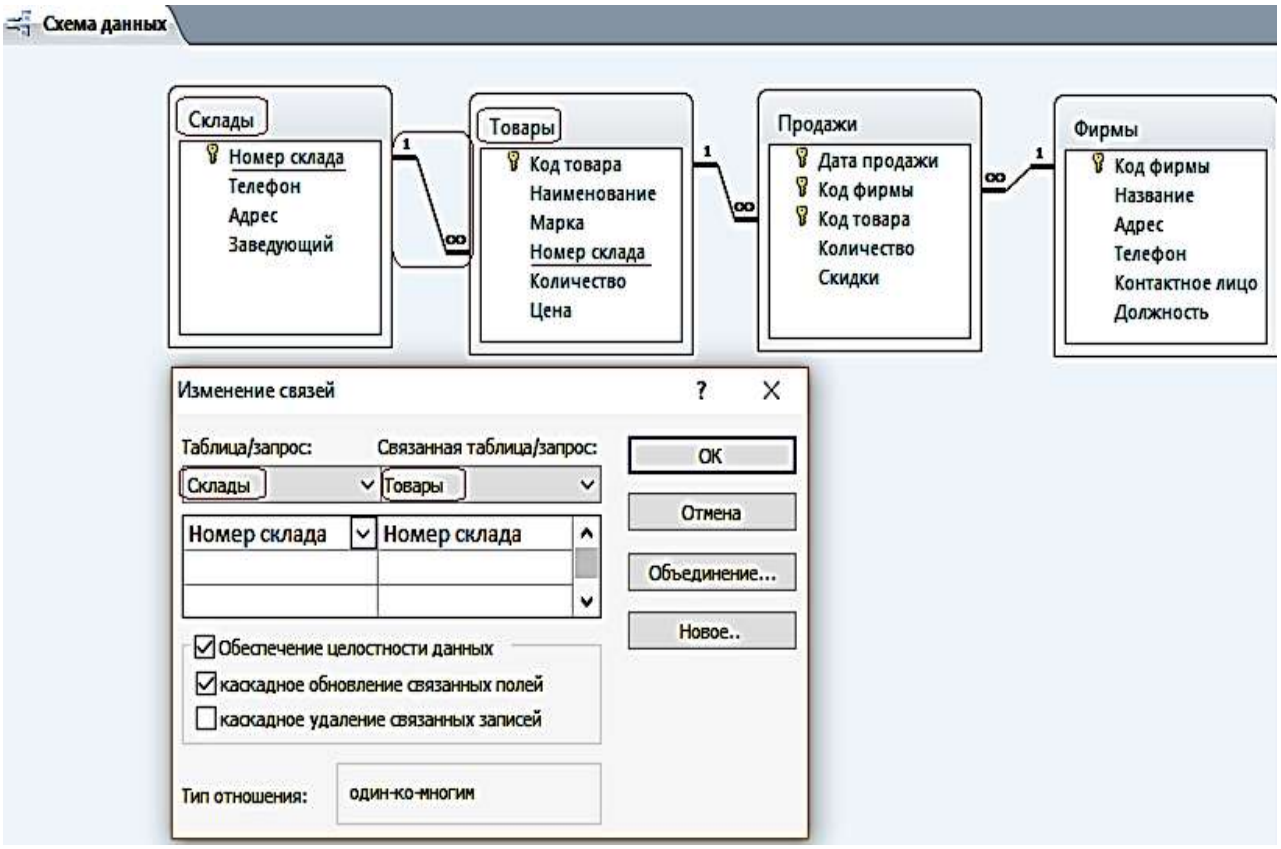


Рис. 1.16. Схема данных БД «**Реализация товаров**»

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Работа с простыми запросами

Конструирование запросов на выборку с условием отбора

Задание 1. Выбрать товар по его наименованию

1. Для создания запроса в окне базы данных выберите вкладку ленты – **Создание** и в группе **Запросы** нажмите кнопку **Конструктор запросов**.

2. В окне **Добавление таблицы** выберите таблицу «Товар» и нажмите кнопку добавить. Выбранная таблица будет отображена в области схемы данных запроса. Закройте окно **Добавление таблицы**, нажав кнопку **Закрыть.** На ленте появляется и автоматически активизируется новая вкладка **Работа с запросами / Конструктор**, на которой цветом выделен тип создаваемого запроса – **Выборка.**

3. В окне конструктора (рис. 2.1) последовательно перетащите из списка полей таблицы «Товар» поля **Наименование, Марка и Цена** в столбцы бланка запроса в строку **Поле**. Для этого необходимо щелкнуть двойным щелчком на имени поля таблицы в схеме данных запроса.

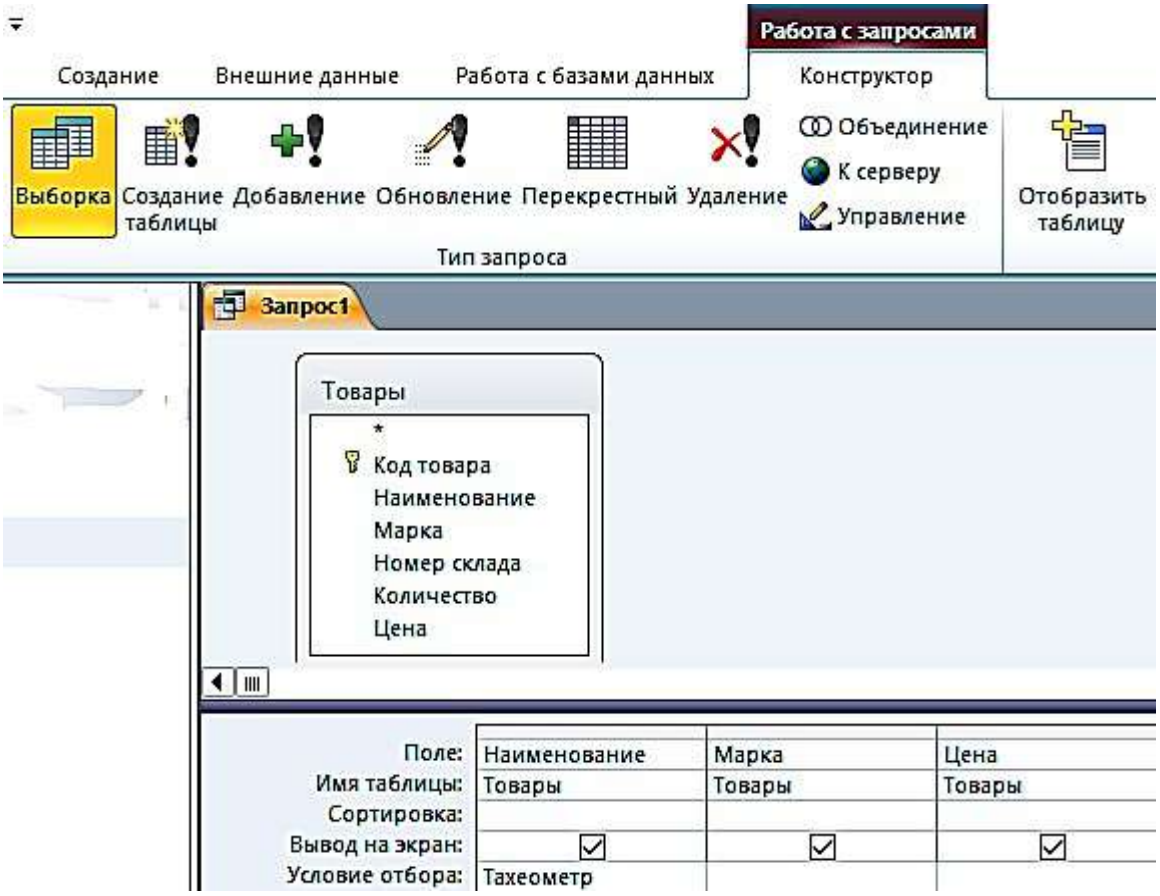


Рис. 2.1. Окно конструктора запроса на выборку

4. Запишите в строке **Условия отбора** наименование товара – Тахеометр. Используемое в выражении текстовое значение вводится в двойных кавычках, которые добавляются автоматически.

5. Выполните запрос, щелкнув по кнопке **Выполнить !** или на кнопке **Режим**  в группе **Результаты**. На экране откроется окно запроса в режиме таблицы с записью из таблицы «Товар», отвечающий заданным условиям (рис. 2.2). Дайте ему имя **2_По наименованию Тахеометр**.

1_По наименованию Тахеометр

Наименование	Марка	Цена
Тахеометр	SP FOKUS 6	319 463,00 ₽
Тахеометр	SP FOKUS 6W	357 487,00 ₽
Тахеометр	Soutn NTS-365 R	225 000,00 ₽
Тахеометр	Soutn NTS-362 R	240 000,00 ₽

Рис. 2.2. Просмотр запроса в режиме «**Таблицы»**

Задание 2. Выбрать товары, цена которых менее 100 000 руб. и более 20 000 руб., и количество больше или равно 9

1. Создайте новый запрос в режиме конструктора, добавьте таблицу «Товар». В окне конструктора последовательно перетащите из списка полей таблицы «Товар» в бланк запроса поля (рис. 2.3).

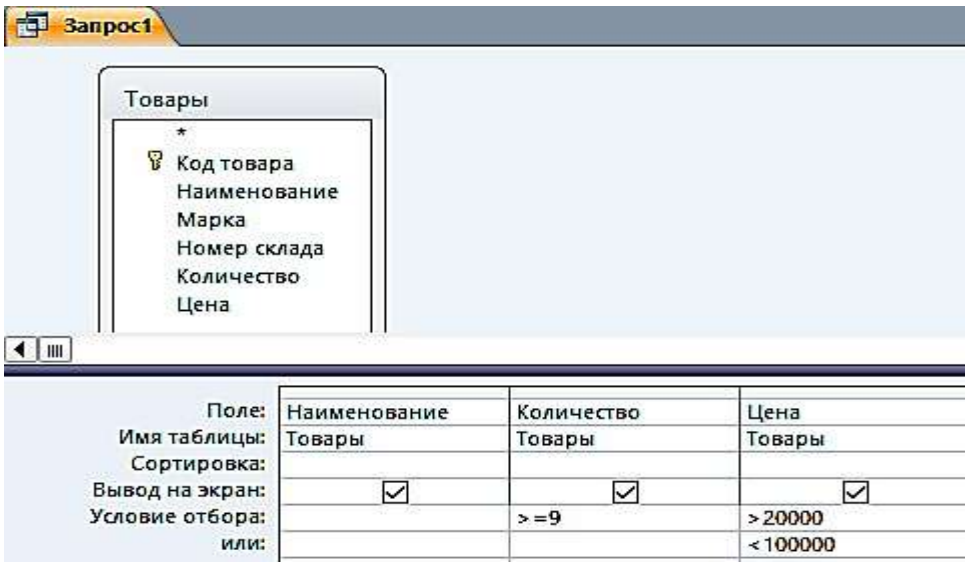


Рис. 2.3. Окно конструктора запроса на выборку с логическими операциями в условии отбора

2. Запишите **Условия отбора**, как показано в бланке запроса. Между условиями, записанными в одной строке, выполняется логическая операция AND. Между условиями, записанными в разных строках, выполняется логическая операция OR.

3. Выполните запрос. Дайте ему имя **2_Цена_количество** (рис. 2.4).

2_Цена_количество

Наименование	Количество	Цена
Теодолит	9	84 193,00 ₽
Теодолит	5	58 764,00 ₽
Теодолит	8	50 625,00 ₽
Теодолит	10	30 000,00 ₽
Нивелир	15	16 680,00 ₽
Нивелир	18	12 500,00 ₽

Рис. 2.4. Просмотр запроса в режиме «**Таблицы**»

Задание 3. Выбрать скидки, равные 10, за заданный период (после 25 января 2018 г.) (рис. 2.5, 2.6)

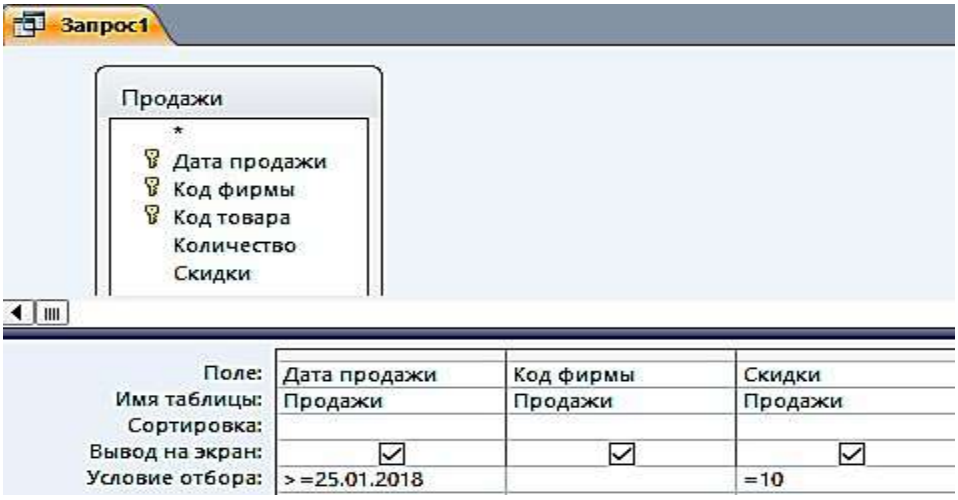


Рис. 2.5. Окно конструктора запроса на выборку
с логическими операциями в условии отбора

3_Дата_скидка

Дата прода	Код фирмы	Скидки
25.01.2018	2	10
30.01.2018	3	10
05.02.2018	4	10
10.02.2018	3	10
15.02.2018	3	10

Рис. 2.6. Просмотр запроса в режиме «**Таблицы**»

Вычисляемые поля в запросах

В запросе, как и в таблице, для каждой записи могут производиться вычисления с числовыми, строковыми значениями или со значениями дат с использованием данных из одного или нескольких полей. Результат вычисления образует в таблице запроса новое вычисляемое поле (рис. 2.7).

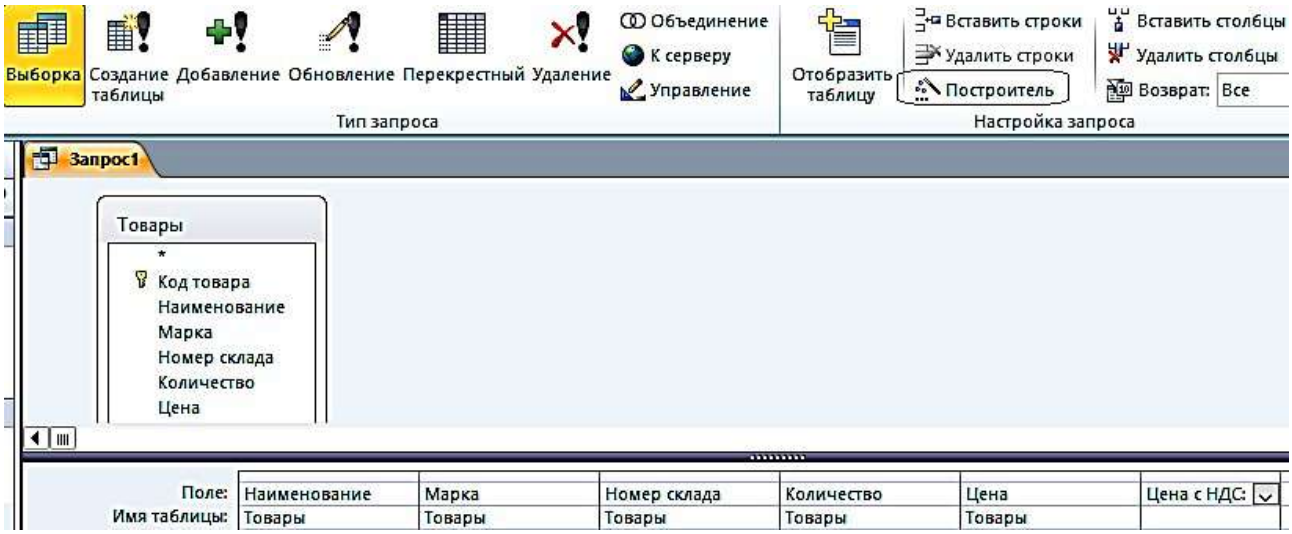


Рис. 2.7. Запрос с вычисляемым полем

Задание 4. В таблице «Товар» вычислить Цену с НДС, при ставке НДС 35 %

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблицы «Товары». Перетащите в бланк запроса поля **Наименование, Марка, Номер склада, Количество, Цена** (рис. 2.8).

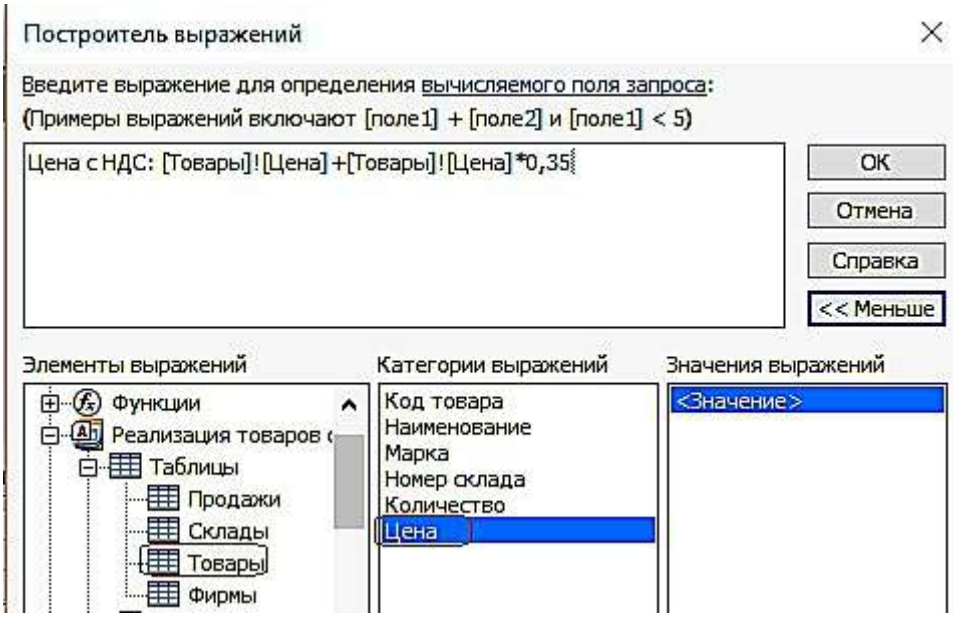


Рис. 2.8. Построитель выражений

2. Для подсчета цены с учетом НДС создайте после поля Цена вычисляемое поле **Цена с НДС** (с правой стороны) при помощи построителя.

3. Вызовите построитель выражений, нажав кнопку **Построитель**  в группе **Настройка запроса** ленты «**Конструктор**». Курсор мыши должен быть установлен предварительно в ячейке ввода выражения.

4. В левой верхней части окна **Построитель выражений** (см. рис. 2.8) выберите свою базу данных «Реализация товаров со складов», далее выберите таблицу «**Товары**», на которой построен запрос. Справа отобразится список её полей. Последовательно выбирайте нужные поля и операторы, двойным щелчком вставляя в выражение. Выражение сформируется в верхней части окна. Обратите внимание – построитель перед именем поля указал имя таблицы, которой оно принадлежит, и отделил его от имени поля восклицательным знаком.

5. Слово «Выражение» удаляйте, иначе оно выдает, синтаксическую ошибку.

Полученный запрос «**4_Цена с НДС**» в режиме «**Таблицы»** изображен на рис. 2.9.

4_Цена с НДС

Наименование	Марка	Номер склада	Количество	Цена	Цена с НДС
Тахеометр	SP FOKUS 6	1	5	319 463,00 ₽	431 275,05 ₽
Тахеометр	SP FOKUS 6W	1	7	357 487,00 ₽	482 607,45 ₽
Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	225 000,00 ₽	303 750,00 ₽
Тахеометр	Soutn NTS-362 R	2	5	240 000,00 ₽	324 000,00 ₽
Теодолит	3Т2КП	3	9	84 193,00 ₽	113 660,55 ₽
Теодолит	4Т15П	3	5	58 764,00 ₽	79 331,40 ₽
Теодолит	4Т30П	3	8	50 625,00 ₽	68 343,75 ₽
Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	30 000,00 ₽	40 500,00 ₽
Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	16 680,00 ₽	22 518,00 ₽
Нивелир	4Н-3КЛ	4	18	12 500,00 ₽	16 875,00 ₽

Рис. 2.9. Просмотр запроса «**4_Цена с НДС**» в режиме «**Таблицы»**

Задание 5. В вычисляемых полях и условиях отбора можно использовать встроенные функции. Необходимо выбрать количество продаж, в заданном месяце

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку по таблице «Продажи».

2. Создайте вычисляемое поле **Заданный месяц** (в правой) пустой ячейке строки, записав туда одно из выражений: а Format([Продажи]![Дата продажи];"mmmm") – эта функция возвратит полное название месяца;

b или Format([Продажи]![Дата продажи];"mm") – эта функция возвратит номер месяца;

3. Для отбора продаж в заданном месяце, в вычисляемом поле в строку **Условие отбора** введите название месяца, например, – Январь, или номер месяца, например, 1, в соответствии с параметром в функции Format (рис. 2.10, 2.11).

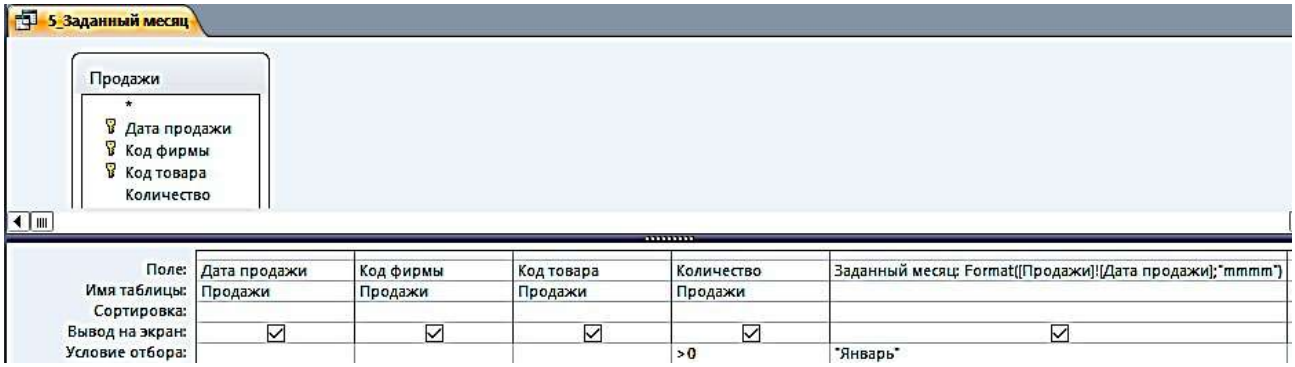


Рис. 2.10. Запрос с функцией выделения из даты полного названия месяца в вычисляемом поле

5_Заданный месяц

Дата продажи	Код фирмы	Код товара	Количество	Заданный месяц
15.01.2018	4	10	10	Январь
19.01.2018	1	2	6	Январь
20.01.2018	3	5	8	Январь
25.01.2018	2	4	4	Январь
27.01.2018	1	1	4	Январь
30.01.2018	3	7	4	Январь

Рис. 2.11. Просмотр запроса «**5_Заданный месяц**» в режиме «**Таблицы**»

Параметры в запросах

При решении практических задач удобнее вводить выражение в условие отбора в процессе выполнения запроса в диалоге с пользователем, не переходя в режим конструктора. Обеспечить такой диалог можно с помощью *параметра запроса.* Имя параметра запроса задается в строке **Условие отбора** в квадратных скобках. При выполнении запроса это имя появиться в диалоговом окне **Введите значение параметра.**

Задание 6. Скопируйте запрос «5_Заданный месяц» и переименуйте его в «6_Параметрический запрос»

1. Замените в условии отбора рассмотренного запроса название месяца Январь на имя параметра – [Название месяца].

2. Выполните запрос. Открывшееся диалоговое окно (рис. 2.12) позволит ввести значение параметра запроса – **Название месяца**.

3. Введите Январь и получите результат.

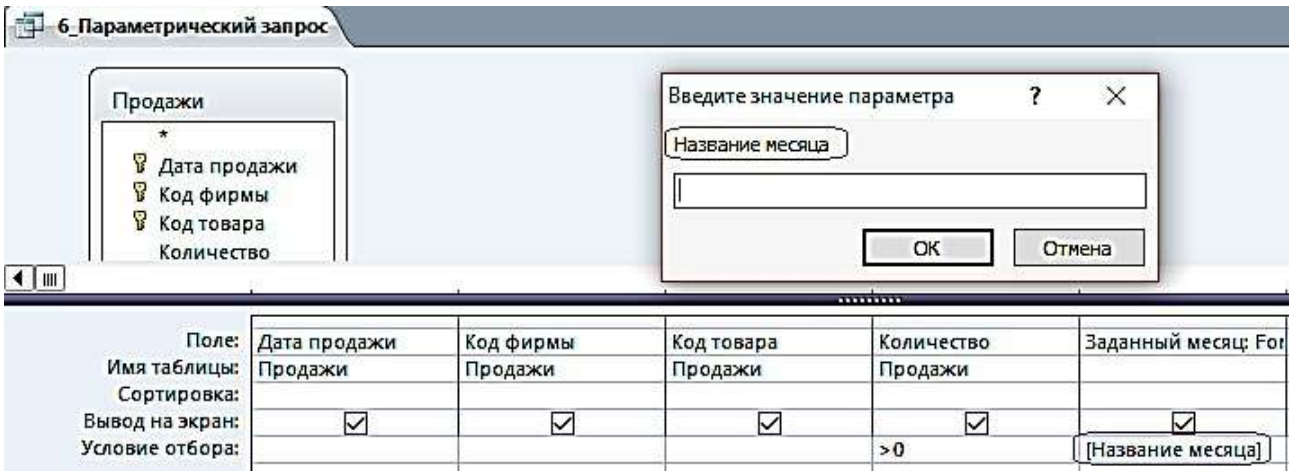


Рис. 2.12. Диалоговое окно ввода значения параметра

Параметры запроса могут быть использованы не только в выражениях условий отбора, но и для ввода значений операндов в вычисляемых полях.

Задание 7. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблицы «Товар»

Перетащите в бланк запроса поля Наименование и Цена. Для увеличения цены на заданный процент в вычисляемое поле запишите выражение с параметром запроса [На сколько процентов увеличить?]/100 (рис. 2.13).

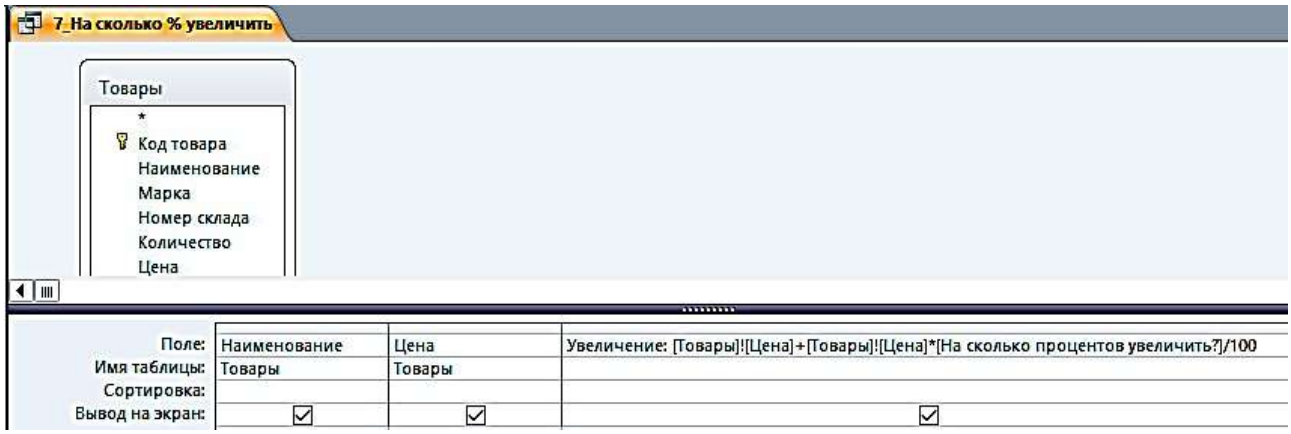


Рис. 2.13. Использование параметра в выражении вычисляемого поля

Задание 8. Скопируйте запрос «**7_На сколько % увеличить**» и переименуйте его в «**8_Проценты**» (рис. 2.14)

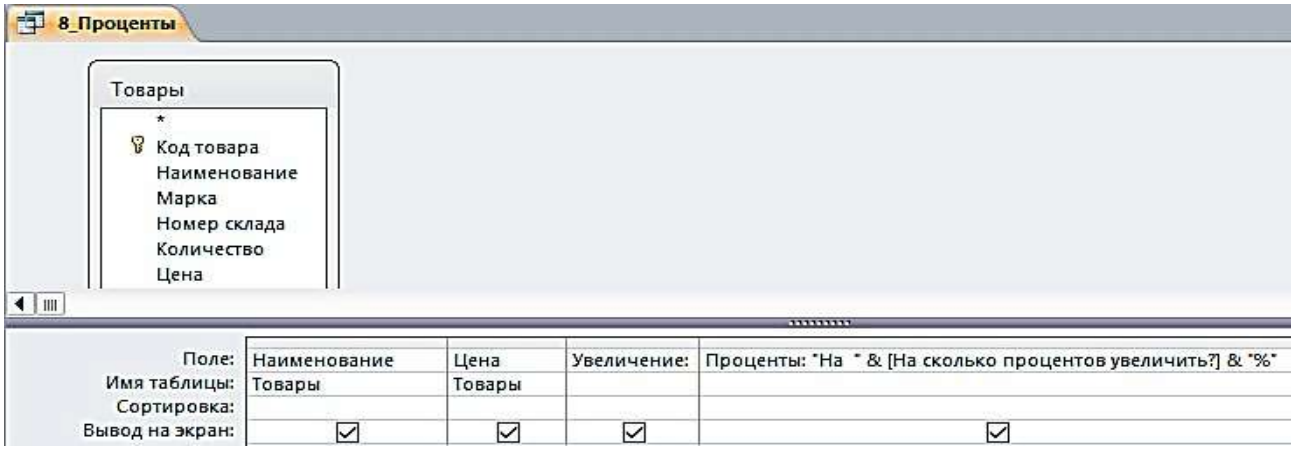


Рис. 2.14. Использование параметра в выражении вычисляемого поля «**Проценты**»

После выполнения предыдущего запроса в таблице отображается результат вычисления с использованием введенного значения параметра. Однако значение параметра при этом не выводится. Для отображения в таблице запроса введенного значения параметра дополните запрос ещё одним вычисляемым полем, в котором запишите выражение:

Проценты: "На " & [На сколько процентов увеличить?] & "%".

Теперь в таблице запроса появится поле «**Проценты»**, в котором будет записано, например, при вводе 35 – **На 35 %** (рис. 2.15).

8_Проценты

Наименование	Цена	Увеличение	Проценты
Тахеометр	319 463,00 ₽	431 275,05 ₽	На 35%
Тахеометр	357 487,00 ₽	482 607,45 ₽	На 35%
Тахеометр	225 000,00 ₽	303 750,00 ₽	На 35%
Тахеометр	240 000,00 ₽	324 000,00 ₽	На 35%
Теодолит	84 193,00 ₽	113 660,55 ₽	На 35%
Теодолит	58 764,00 ₽	79 331,40 ₽	На 35%
Теодолит	50 625,00 ₽	68 343,75 ₽	На 35%
Теодолит	30 000,00 ₽	40 500,00 ₽	На 35%
Нивелир	16 680,00 ₽	22 518,00 ₽	На 35%
Нивелир	12 500,00 ₽	16 875,00 ₽	На 35%

Рис. 2.15. Просмотр запроса «**8_Проценты**» в режиме «**Таблицы**»

Групповые операции в запросах

Групповые операции позволяют выделить группы записей с одинаковыми значениями в указанных полях и вычислить итоговые данные для каждой из групп по др. полям, используя одну из статистических функций. Статистические функции применимы к полям с типом данных **Числовой, Денежный, Дата и время**.

Задание 9. Запрос с функцией **Sum**

Определите суммарное количество и цену каждого из товаров.

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку из таблицы «**Товары**».
2. Из списка таблицы перетащите в бланк запроса поле «**Наименование**». По этому полю будет производиться группировка записей таблицы.
3. Перетащите в бланк запроса поля «**Количество**» и «**Цена**», по которым будет подсчитываться суммарное количество каждого из товаров.
4. Выполните команду **Итоги** из группы **Показать или Скрыть**. В бланке запроса появится новая строка **Групповая операция** со значением **Группировка** во всех полях запроса.
5. В столбцах «**Количество**» и «**Цена**» замените слово **Группировка** на функцию **Sum**. Для этого вызовите раскрывающийся список и выберите эту функцию (рис. 2.16).

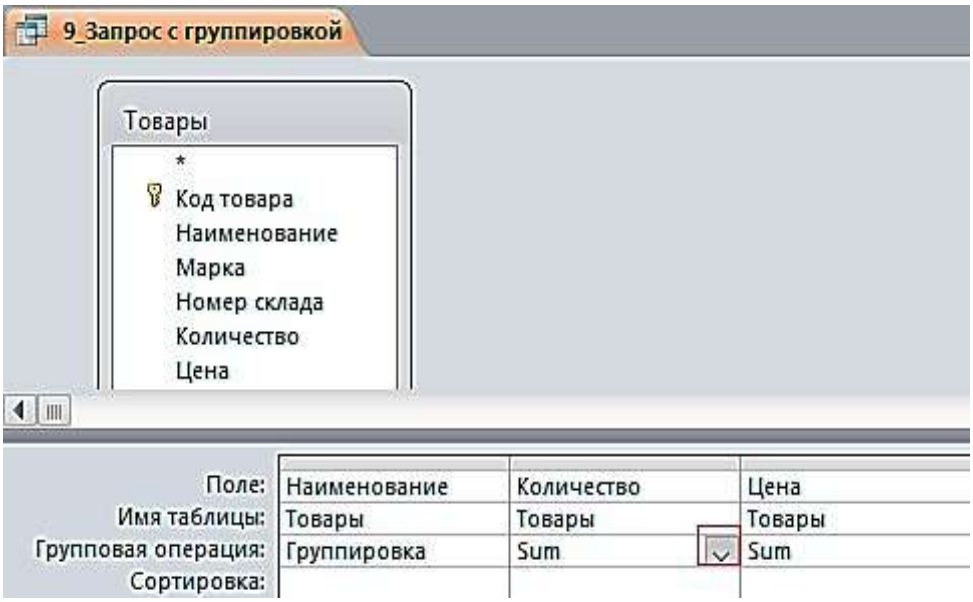


Рис. 2.16. Запрос с группировкой по коду товара и суммированием количества и цены в группе

6. Для отображения результата запроса (рис. 2.17) щелкните по кнопке **Выполнить** в группе **Результаты**.



Рис. 2.17. Результат подсчета суммарного количества и цены

Задание 10. Запрос с функцией **Count**

Определите, сколько раз продавался товар по коду фирмы.

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку из таблицы «Продажи».

2. Из списка таблицы перетащите в бланк запроса поле «**Код фирмы**». По этому полю будет производиться группировка записей таблицы.

3. Перетащите в бланк запроса поле «**Количество**», по которому будет происходить подсчет числа товаров с одинаковыми номерами фирм.

4. Выполните команду **Итоги** из группы **Показать или Скрыть**. В бланке запроса появится новая строка **Групповая операция** со значением **Группировка** во всех полях запроса.

5. В столбце «**Количество**» замените слово **Группировка** на функцию Count. Для этого вызовите раскрывающийся список и выберите эту функцию
(рис. 2.18).

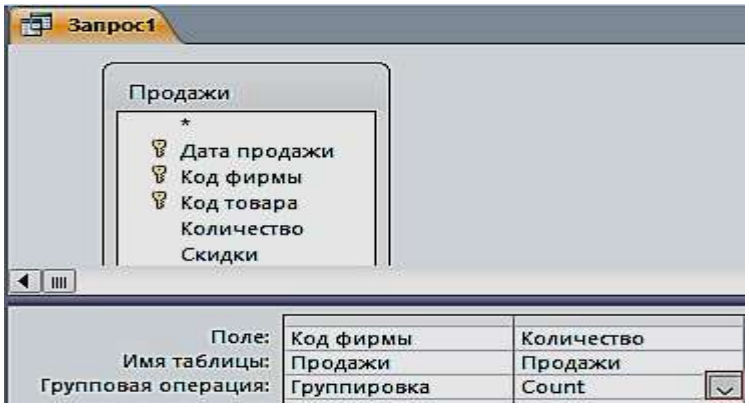


Рис. 2.18. Запрос для подсчета количества товара по коду фирмы

6. Сохраните запрос под именем «**10_Число продаж по коду фирмы**». Результат запроса показан на рис. 2.19.



Рис. 2.19. Результат подсчета количества товара по коду фирмы

Задание 11. Запрос с отображением строки итогов по столбцу

Строка итогов используется для быстрого расчета и отображения в столбце таблицы или запроса в режиме таблицы таких значений, как итоговая сумма, среднее, минимальное и максимальное, количество значений.

1. Для добавления строки итогов в таблицу запроса откройте запрос «**1_По наименованию тахеометр»** в режиме таблицы. На вкладке ленты **Главная** в группе **Записи** выполните команду **Итоги**. В таблице отобразится строка **Итог**.

2. В строке **Итог** нажмите кнопку раскрывающегося списка в столбце «**Цена**», для которого требуется выполнить расчет, и выберите в списке **Сумма** (рис. 2.20).

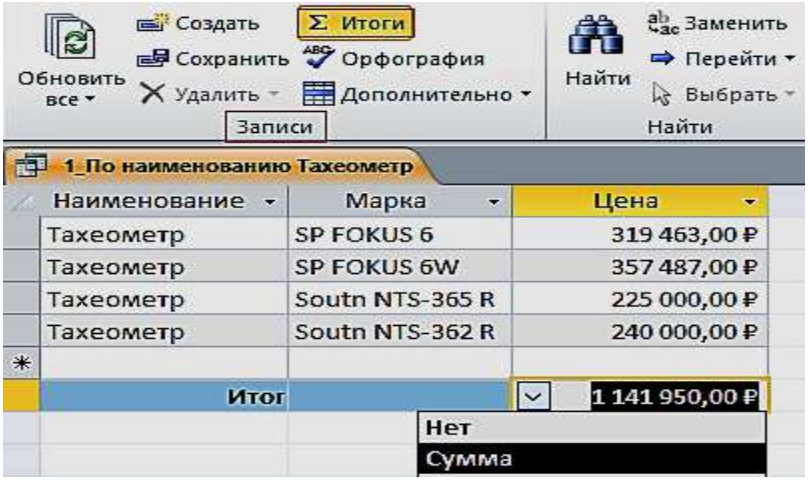


Рис. 2.20. Результат отображения строки итогов с расчетом суммы по столбцу

3. Для того, чтобы скрыть строку итогов, повторно выполните команду **Итоги**.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3
Работа с многотабличными запросами

Многотабличный запрос позволяет сформировать записи результата путем объединения взаимосвязанных записей из таблиц базы данных и выбора из них нужных полей и записей. Многотабличный запрос часто осуществляет объединение данных, которые на этапе проектирования были разделены на множество таблиц, отвечающих требованиям нормализации.

При конструировании многотабличного запроса важнейшим условием является правильное представление о том, как идет объединение записей таблиц при формировании результата.

Рассмотрим технологию конструирования многотабличного запроса на выборку для расчета разности количества товаров и количества проданных товаров.

Задание 1. Запрос с вычисляемым полем «**Остаток**»

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблиц «**Товары**» и «**Продажи**». Перетащите в бланк запроса из таблицы «**Товары**» поля «**Наименование**», «**Марка**», «**Количество»**, и из таблицы «**Продажи**» поле «**Количество**».

2. Для подсчета разности количества товаров создайте после поля «**Количество**», вычисляемое поле «**Остаток**» (с правой стороны), при помощи построителя (рис. 3.1).

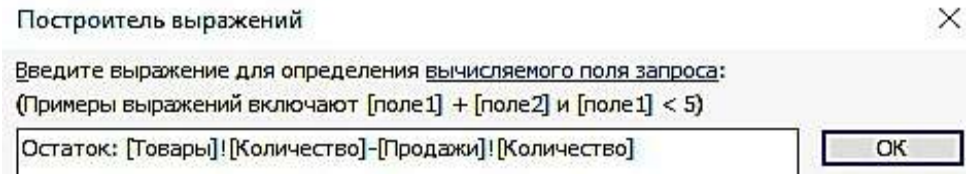


Рис. 3.1. Построитель выражений

3. Вызовите построитель выражений, нажав кнопку **Построитель** в группе **Настройка запроса** ленты «**Конструктор**». Курсор мыши должен быть установлен предварительно в ячейке ввода выражения (рис. 3.2).

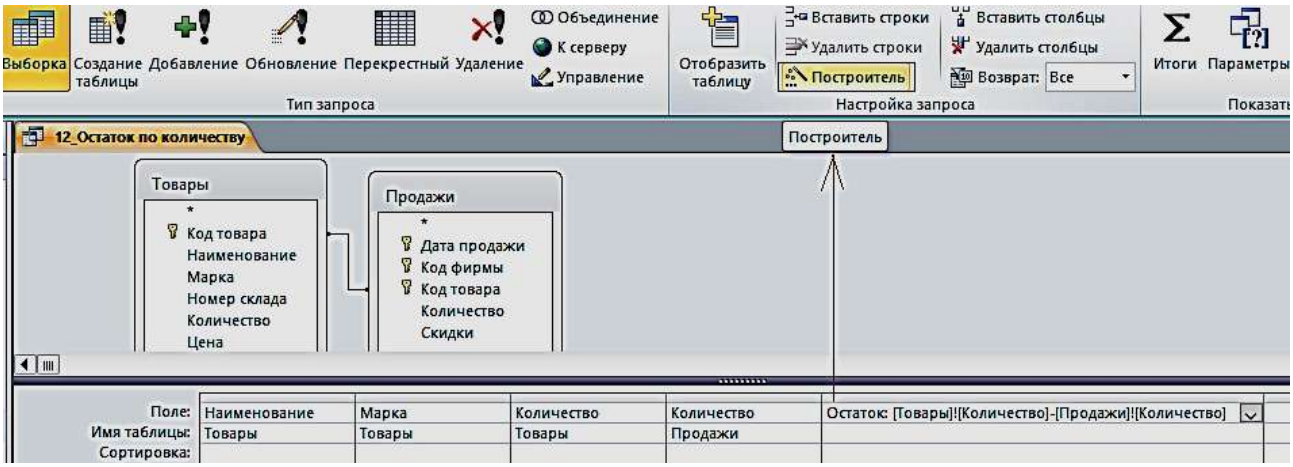


Рис. 3.2. Запрос с вычисляемым полем

4. В левой части окна **Построитель выражений** выберите свою базу данных «**Реализация товаров со складов**», далее выберите таблицу «**Товары**». Справа отобразится список её полей. Выберите поле «**Количество**» и знак минус, двойным щелчком вставляя в выражение. Снова выберите таблицу «**Продажи**» и поле «**Количество**» (рис. 3.3).

12_Остаток по количеству

Наименование	Марка	Товары.Количество	Продажи.Количество	Остаток
Тахеометр	SP FOKUS 6	5	4	1
Тахеометр	SP FOKUS 6W	7	6	1
Тахеометр	Soutn NTS-365 R	6	5	1
Тахеометр	Soutn NTS-362 R	5	4	1
Теодолит	3Т2КП	9	8	1
Теодолит	3Т2КП	9	8	1
Теодолит	4Т30П	8	4	4
Теодолит	VEGA TEO 5	10	9	1
Нивелир	4Н -2КЛ	15	10	5
Нивелир	4Н-3КЛ	18	10	8

Рис. 3.3 Результат запроса «**Остаток по количеству**»

5. Слово «Выражение» удаляйте, оно выдает, синтаксическую ошибку.

Задание 2. Формирование запроса об увеличении цены на 15 % в феврале месяце

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблиц «**Товары**» и «**Продажи**». Перетащите в бланк запроса из таблицы «**Продажи**» поле «**Дата продажи**», а из таблицы «**Товары**» поля «**Наименование**», «**Марка**», «**Номер склада**», «**Количество**», «**Цена**».

2. Создайте новое поле «**Новая цена**». Для этого создайте после поля Цена, вычисляемое поле «**Новая Цена**» (с правой стороны) при помощи построителя.

3. Вызовите построитель выражений, нажав кнопку **Построитель** в группе **Настройка запроса** ленты «**Конструктор**». Курсор мыши должен быть установлен предварительно в ячейке ввода выражения. В окне «**Построитель выражений**» выбрать «**Элементы выражений**», в нем найти название своей базы данных, затем Таблицы «**Товары**» и в поле «**Категории выражений**» выбрать «**Цена**», а с клавиатуры набрать «*1,05».

4. В поле «**Дата продажи**» введите условие отбора >=01.02.2018 (рис. 3.4).

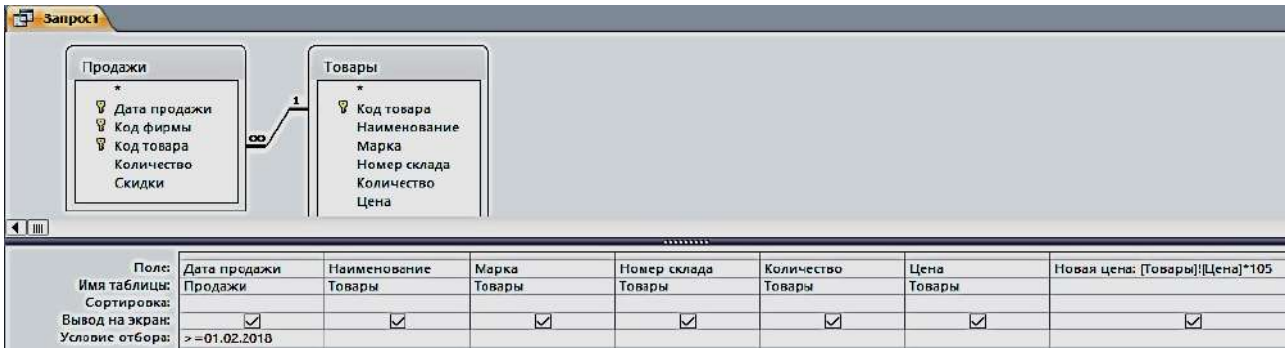


Рис. 3.4. Запрос «**Новая цена**» в режиме конструктора

5. Сохранить запрос с именем «**Новая цена**» (рис. 3.5).

13_Цена в феврале

Дата прода	Наименование	Марка	Номер склада	Количество	Цена	Новая цена
02.02.2018	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	225 000,00 ₽	23 625 000,00 ₽
15.02.2018	Теодолит	3Т2КП	3	9	84 193,00 ₽	8 840 265,00 ₽
10.02.2018	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	30 000,00 ₽	3 150 000,00 ₽
05.02.2018	Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	16 680,00 ₽	1 751 400,00 ₽

Рис. 3.5. Результат запроса «**Новая цена**»

Задание 3. Создание запроса о товарах на складе в г. Екатеринбурге (рис. 3.6, 3.7)

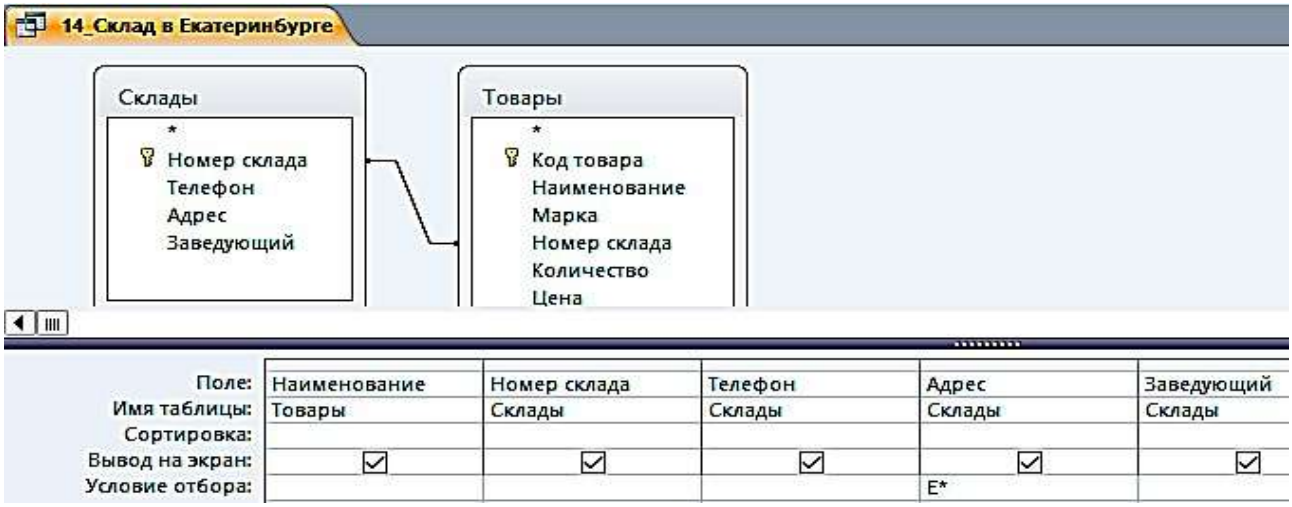


Рис. 3.6. Запрос «**Склад в Екатеринбурге**» в режиме Конструктора

14_Склад в Екатеринбурге

Наименование	Номер склада	Телефон	Адрес	Заведующий
Тахеометр	1	(343)381-88-88	Екатеринбург, пер. Базовый, 7	Амелина И.В.
Тахеометр	1	(343)381-88-88	Екатеринбург, пер. Базовый, 7	Амелина И.В.
Теодолит	3	(343)275-18-22	Екатеринбург, Монтажников, 18а	Куликова А.Н.
Теодолит	3	(343)275-18-22	Екатеринбург, Монтажников, 18а	Куликова А.Н.
Теодолит	3	(343)275-18-22	Екатеринбург, Монтажников, 18а	Куликова А.Н.
Теодолит	3	(343)275-18-22	Екатеринбург, Монтажников, 18а	Куликова А.Н.
Нивелир	4	(343)310-22-22	Екатеринбург, Радищева, 4	Ромашенко К.Д.
Нивелир	4	(343)310-22-22	Екатеринбург, Радищева, 4	Ромашенко К.Д.

Рис. 3.7. Результат запроса «**Склад в Екатеринбурге**»

Задание 4. Создание запроса о товарах в феврале, с вычисляемым полем «**Сумма**» и отображения строки итогов с расчетом суммы по этому столбцу (рис. 3.8, 3.9)

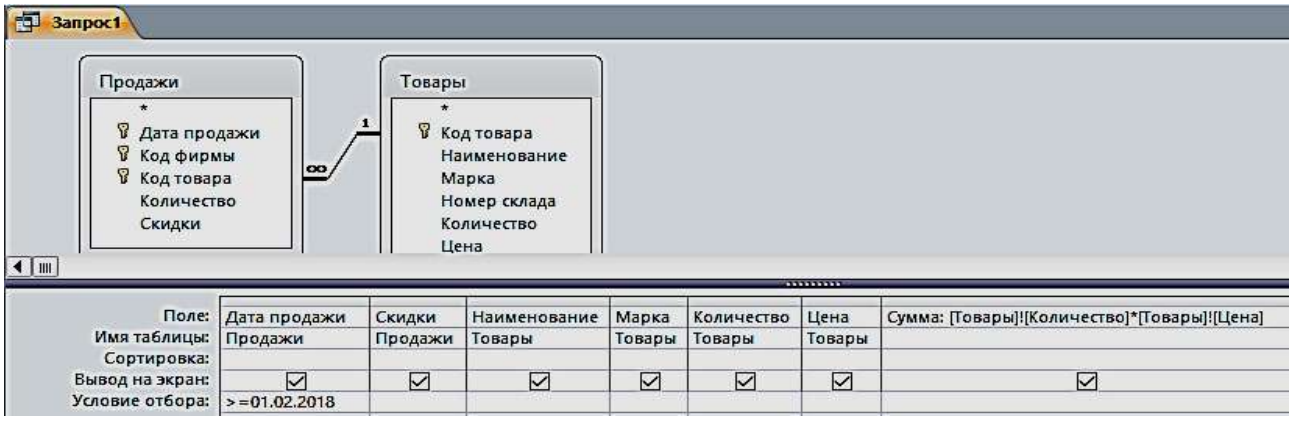


Рис. 3.8. Запрос «**Стоимость**» в режиме Конструктора

15_Стоимость

Дата прода	Скидки	Наименование	Марка	Количество	Цена	Сумма
02.02.2018	5	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	6	225 000,00 ₽	1 350 000,00 ₽
15.02.2018	10	Теодолит	3Т2КП	9	84 193,00 ₽	757 737,00 ₽
10.02.2018	10	Теодолит	VEGA TEO 5	10	30 000,00 ₽	300 000,00 ₽
05.02.2018	10	Нивелир	4Н -2КЛ	15	16 680,00 ₽	250 200,00 ₽
Итог						2 657 937,00 ₽

Нет
Сумма

Рис. 3.9. Результат запроса «**Стоимость**» и итог с расчетом суммы по столбцу

Задание 5. Создание запроса из четырех таблиц (рис. 3.10, рис. 3.11)

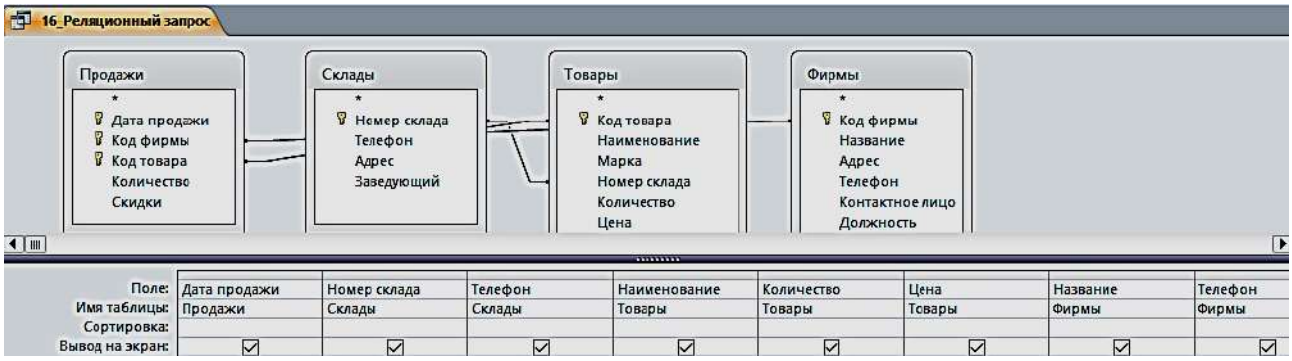


Рис. 3.10. Реляционный запрос в режиме Конструктора

16_Реляционный запрос

Дата продажи	Номер склада	Склады.Телефон	Наименование	Количество	Цена	Название	Фирмы.Телефон
15.01.2018	4	(343)310-22-22	Нивелир	18	12 500,00 ₽	ГеоСтройПрибор	(473)271-21-44
19.01.2018	1	(343)381-88-88	Тахеометр	7	357 487,00 ₽	ООО "Геомар Недра"	(495)618-05-10
20.01.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	9	84 193,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
25.01.2018	2	(343)379-51-62	Тахеометр	5	240 000,00 ₽	ООО "Навгеоком"	(343)253-53-55
27.01.2018	1	(343)381-88-88	Тахеометр	5	319 463,00 ₽	ООО "Геомар Недра"	(495)618-05-10
30.01.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	8	50 625,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
02.02.2018	2	(343)379-51-62	Тахеометр	6	225 000,00 ₽	ООО "Навгеоком"	(343)253-53-55
05.02.2018	4	(343)310-22-22	Нивелир	15	16 680,00 ₽	ГеоСтройПрибор	(473)271-21-44
10.02.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	10	30 000,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
15.02.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	9	84 193,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45

Рис. 3.11. Результат сложного запроса

Запросы на изменение

К запросам на изменение относятся запросы на обновление данных в записях таблицы базы, на добавление и удаление записей из таблицы, а также запросы на создание таблицы из записей, сформированных в нем.

Задание 6. Создать запрос на обновление таблицы «Товары». Увеличьте цену товара на 20 %:

1. Создайте запрос на выборку, путем отбора соответствующих полей. Присвойте ему имя «**17_Обновление**».

2. Откройте этот запрос в режиме Конструктора. Выполните команду **Запрос – Обновление** – Введите в строке «**Обновление**» выражение для новых значений [Цена]*1,2 (рис. 3.12). Закройте запрос. У запроса изменится вид значка. Проверьте правильность его выполнения (рис. 3.13).

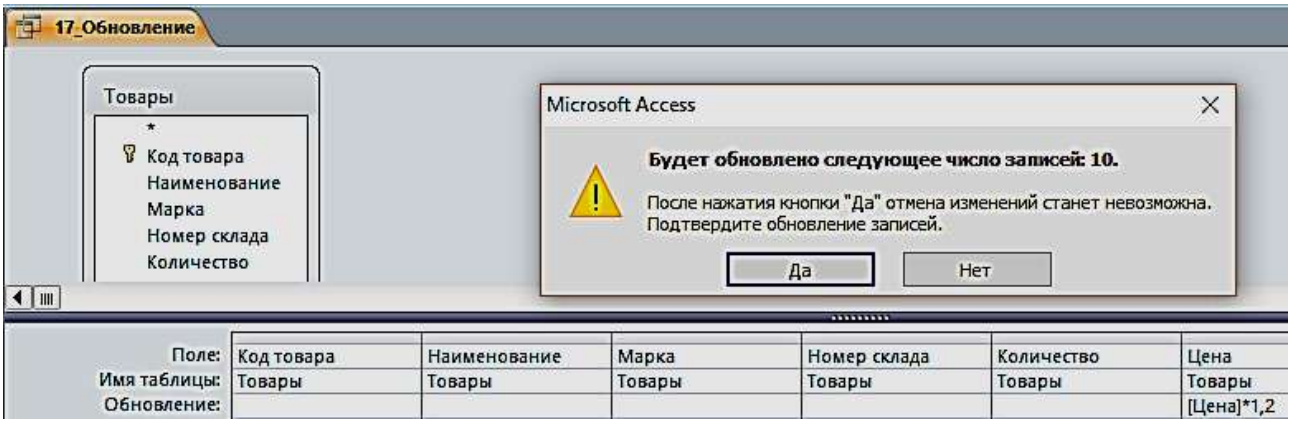


Рис. 3.12. Запрос на обновление в режиме Конструктора

Рис. 3.13. С правой стороны результат обновления таблицы

Цена
319 463,00 ₽
357 487,00 ₽
225 000,00 ₽
240 000,00 ₽
84 193,00 ₽
58 764,00 ₽
50 625,00 ₽
30 000,00 ₽
16 680,00 ₽
12 500,00 ₽

17_Обновление

Цена
383 355,60 ₽
428 984,40 ₽
270 000,00 ₽
288 000,00 ₽
101 031,60 ₽
70 516,80 ₽
60 750,00 ₽
36 000,00 ₽
20 016,00 ₽
15 000,00 ₽

Задание 6. Создать запрос на создание новой таблицы «18_Создание таблицы»:

1. Создайте запрос на выборку по всем таблицам путем отбора нужных полей. Присвойте ему имя и проверьте правильность его выполнения.

2. В области навигации выделите названный запрос и с помощью команды контекстного меню откройте его в режиме Конструктора.

3. Преобразуйте этот запрос на выборку в запрос на создание таблицы, выполнив команду **Создание таблицы** в группе **Тип запроса** на

вкладке Конструктора, или выбрав команду контекстного меню запроса **Тип запроса – Создание таблицы.**

4. В окне **Создание таблицы** введите имя создаваемой таблицы «Объединенная» (рис. 3.14).

5. Для того чтобы просмотреть, какие записи будут помещены в новую таблицу, щелкните по кнопке **Режим** на ленте Конструктора запросов в группе **Результаты**.

6. Выполните запрос. Откроется окно сообщений с запрашиваемым разрешением (рис. 3.15). Подтвердите согласие на создание новой таблицы. После этого таблицу можно увидеть в списке таблиц области навигации (рис. 3.16).

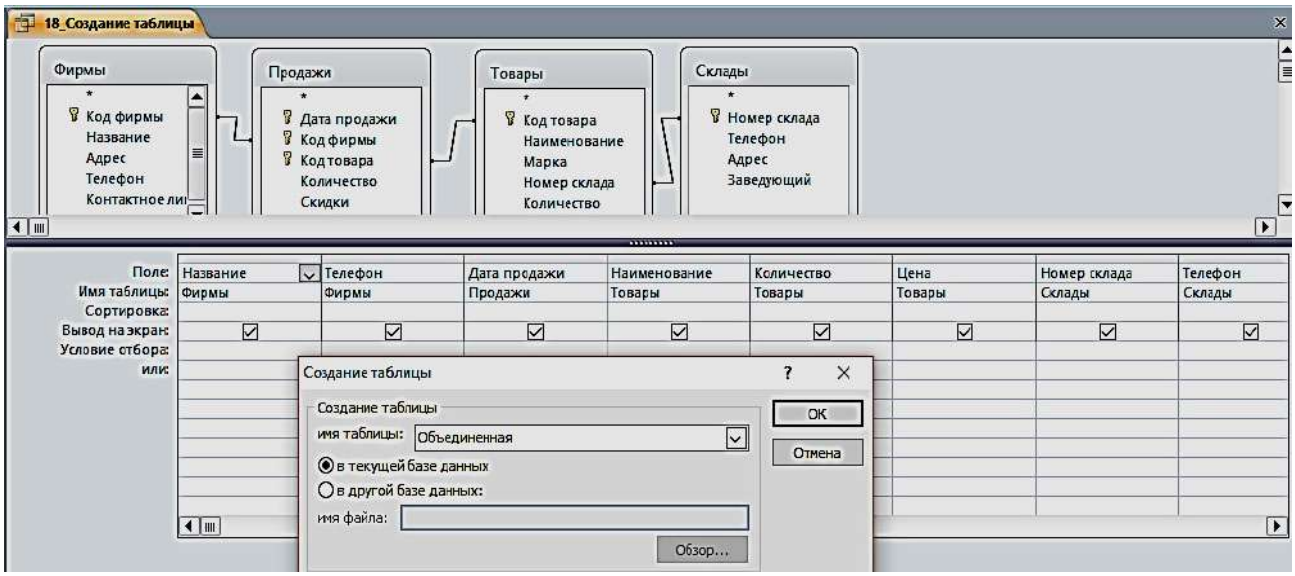


Рис. 3.14. Определение имени таблицы, создаваемой в запросе

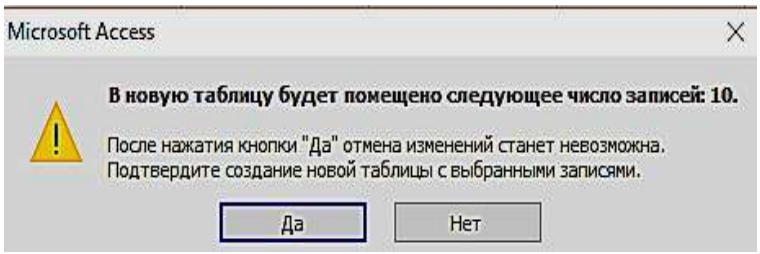


Рис. 3.15. Окно сообщений

Объединенная

Название	Фирмы_Телефон	Дата продажи	Наименование	Количество	Цена	Номер склада	Склады_Телефон
ООО "Геомар Недра"	4956180510	19.01.2018	Тахеометр	7	428 984,40 ₽	1	3433818888
ООО "Геомар Недра"	4956180510	27.01.2018	Тахеометр	5	383 355,60 ₽	1	3433818888
ООО "Навгеоком"	3432535355	25.01.2018	Тахеометр	5	288 000,00 ₽	2	3433795162
ООО "Навгеоком"	3432535355	02.02.2018	Тахеометр	6	270 000,00 ₽	2	3433795162
ООО "А-ГЕО"	9040957045	20.01.2018	Теодолит	9	101 031,60 ₽	3	3432751822
ООО "А-ГЕО"	9040957045	30.01.2018	Теодолит	8	60 750,00 ₽	3	3432751822
ООО "А-ГЕО"	9040957045	10.02.2018	Теодолит	10	36 000,00 ₽	3	3432751822
ООО "А-ГЕО"	9040957045	15.02.2018	Теодолит	9	101 031,60 ₽	3	3432751822
ГеоСтройПрибор	4732712144	15.01.2018	Нивелир	18	15 000,00 ₽	4	3433102222
ГеоСтройПрибор	4732712144	05.02.2018	Нивелир	15	20 016,00 ₽	4	3433102222

Рис. 3.16. Результат запроса на создание новой таблицы

Задание для самостоятельной работы

1. По таблице «Товары» сформировать запрос по наименованию товаров на букву Т.
2. По таблице «Товары» сформировать запрос на выборку товаров, цена которых более 100 000 рублей и количество больше или равно 5.
3. По таблице «Продажи» сформировать запрос на выборку товаров, скидки которых равны 5, за период меньше или равный 02 февраля 2018 г.
4. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, вычислить цену с НДС, при ставке 18 %.
5. Создать параметрический запрос, в котором выдавалось бы сообщение «**Введите наименование товара**».
6. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, об увеличении цены на 10 % в январе месяце.
7. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, вычислить сумму за январь.
8. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, найти увеличение количества нивелиров в 2 раза.
9. Создать новую таблицу, состоящую из таблиц «**Продажи**» и «**Фирмы**», с полями на ваш выбор (поле – количество обязательно).
10. По новой созданной таблице создать запрос на обновление количества товара в 3 раза.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
Работа с формами

Формы являются основой разработки диалоговых приложений пользователя с базой данных. Работая с формой, пользователь может добавлять, удалять и изменять записи таблиц, получать расчетные данные. Форма состоит из элементов управления, которые отображают поля таблиц и графические элементы, не связанные с полями таблиц. Элементы управления предназначены для разработки макета формы: размещение полей таблиц и запросов, надписей, внедряемых объектов (рисунков, диаграмм), вычисляемых полей, кнопок, выполняющих печать и открывающих др. объекты или задачи.

Однотабличная форма предназначена для загрузки, просмотра и корректировки данных одной таблицы. Источником данных такой формы служит единственная таблица. Она может быть создана одним щелчком мыши с помощью команд автоматического создания формы: **Форма, Разделенная форма** или **Несколько элементов**, размещенных на вкладке **Создание** в группе **Формы** (рис. 4.1).

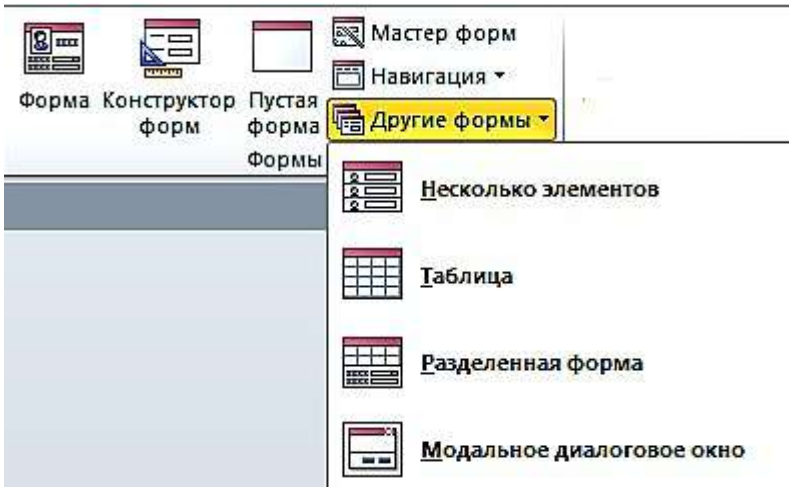


Рис. 4.1. Команды группы формы на вкладке ленты **Создание**

Задание 1. Создать однотабличную форму «**Товары для ввода, просмотра и корректировки данных»** таблицы «**Товары**». Чтобы источником записей формы стала таблица «**Товары»**, выберите её в области навигации и выполните команду форма на вкладке **Создание**. Эта команда обеспечит автоматическое создание формы на основе только выбранной таблицы (рис. 4.2).

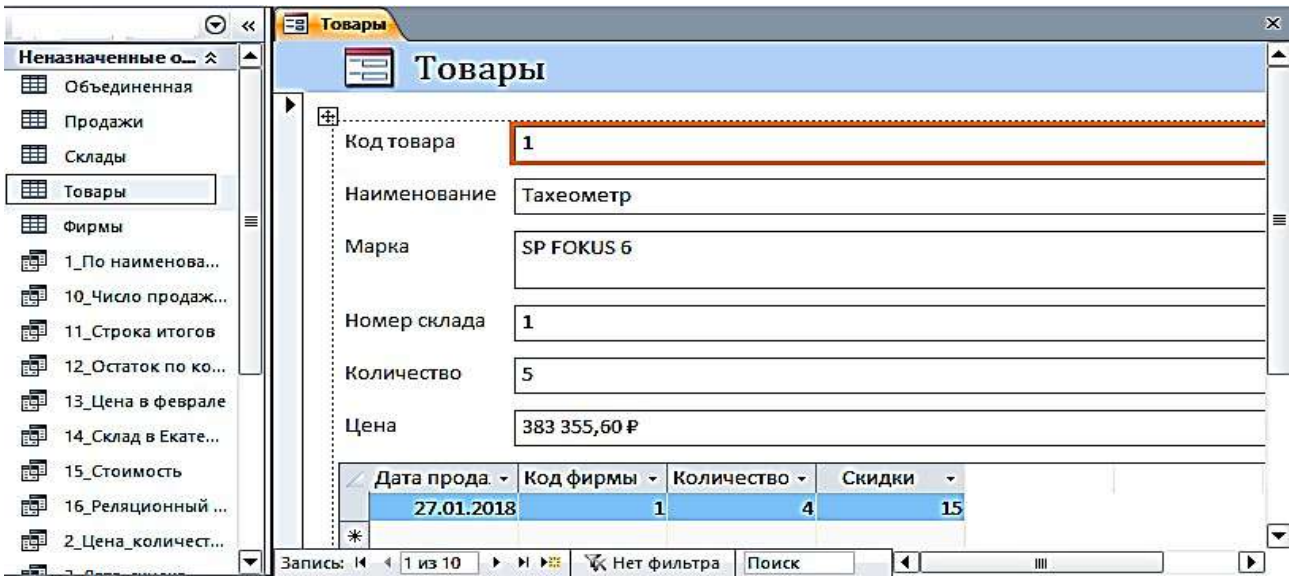


Рис. 4.2. Форма, полученная по команде **Форма**, для работы с таблицей «**Товары**»

Условное форматирование элементов управления

Для изменения внешнего вида элемента управления в форме**,** в зависимости от одного или нескольких условий используйте условное форматирование.

Задание 2. Изменить в форме «**Товары**» цвет денежных значений в поле «**Цена**» на красный, заливку на желтый, шрифт жирный, когда они оказываются выше заданной величины, например, 100 000 руб.

1. Выберите поле Цена, в котором нужно произвести изменения. На вкладке ленты **Формат** в группе **Форматирование элементов управления** выберите команду **Условное форматирование**. Откроется диалоговое окно **Диспетчер правил условного форматирования** (рис. 4.3).

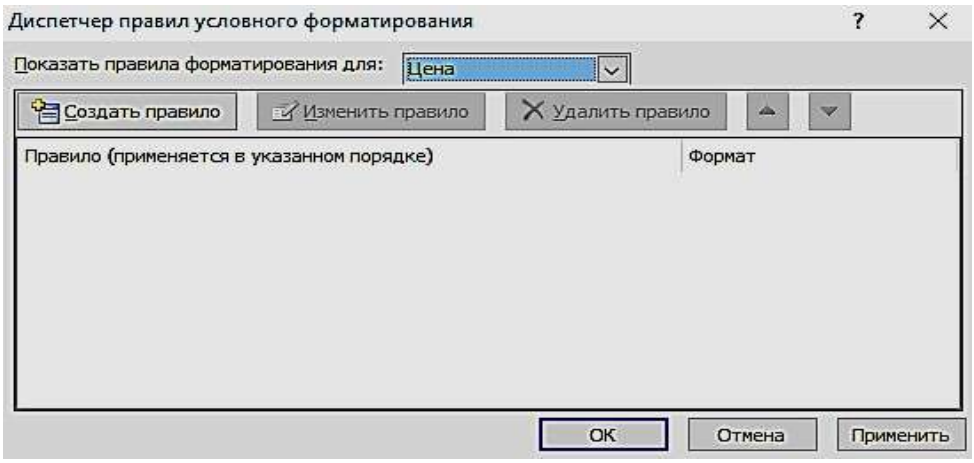


Рис. 4.3. Окно с пустым списком правил форматирования

2. Чтобы создать первое правило условного форматирования щелкните по кнопке **Создать правило**.

3. В окне **Новое правило форматирования** выберите тип правила и сформируйте описание правил, согласно которым будет производиться заданное форматирование поля.

4. В первом поле со списком выберите пункт **Значения поля**, во втором выберите тип сравнения – **больше** и введите постоянное значение в третье поле – 100000, не используя знака денежных единиц.

5. Выберите начертание шрифта, цвет и другие параметры форматирования. Нажмите кнопку ОК (рис. 4.4).

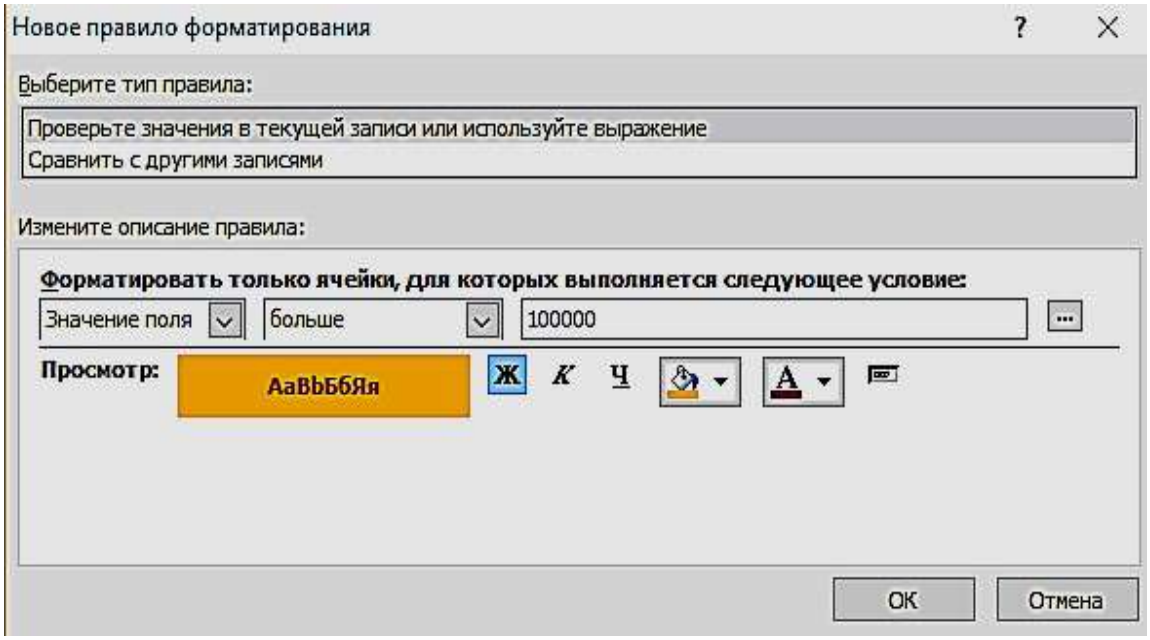


Рис. 4.4. Окно определения условий форматирования

Задание 3. Создать однотабличную форму «**Склады**». Для создания выбрать таблицу «**Склады**», использовать команду **Форма**, автоматически будет создана форма, содержащая встроенную подчиненную таблицу «**Товары**». Источником записей главной формы будет таблица «**Склады**». Такое поведение команды **Форма** вызвано тем, что таблица «**Склады**» имеет подчиненную таблицу «**Товары**», с которой она находиться в отношении 1**:**∞, и эта связь определена в схеме данных (рис. 4.5).

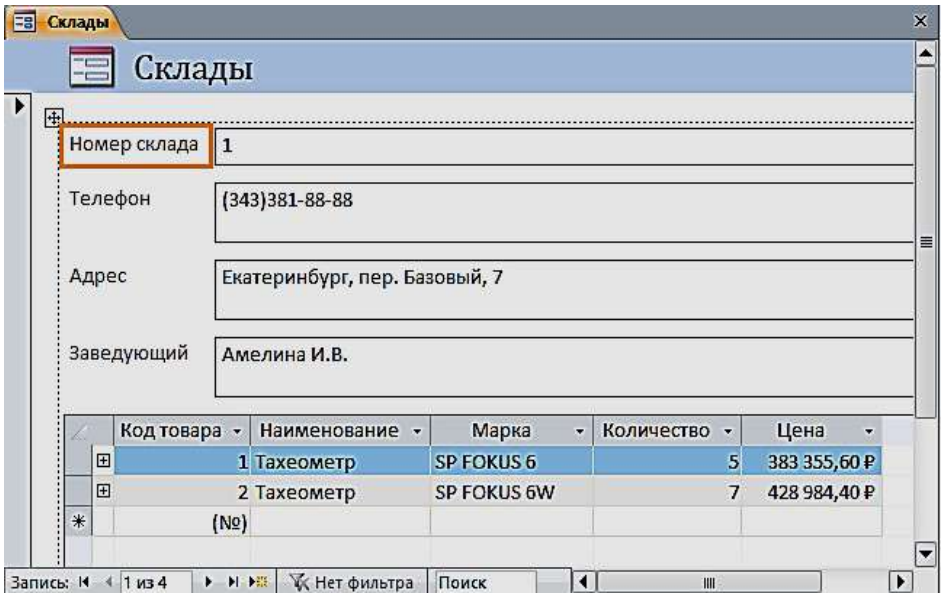


Рис. 4.5. Форма по таблице «**Склады**» с встроенной подчиненной «**Товары**»

Создание разделенной формы

Разделенная форма позволяет синхронно отображать данные одного источника в двух представлениях: в режиме формы и в режиме таблицы.

Задание 4. Создать однотабличную разделенную форму для работы с данными таблицы «**Продажи**». Выберите таблицу «**Продажи**» в области навигации и выполните команду **Разделенная форма** на вкладке ленты **Создание** в группе **Формы**. Эта команда обеспечит автоматическое создание формы на основе только одной выбранной таблицы. Созданная форма отобразится в режиме макета (рис. 4.6).

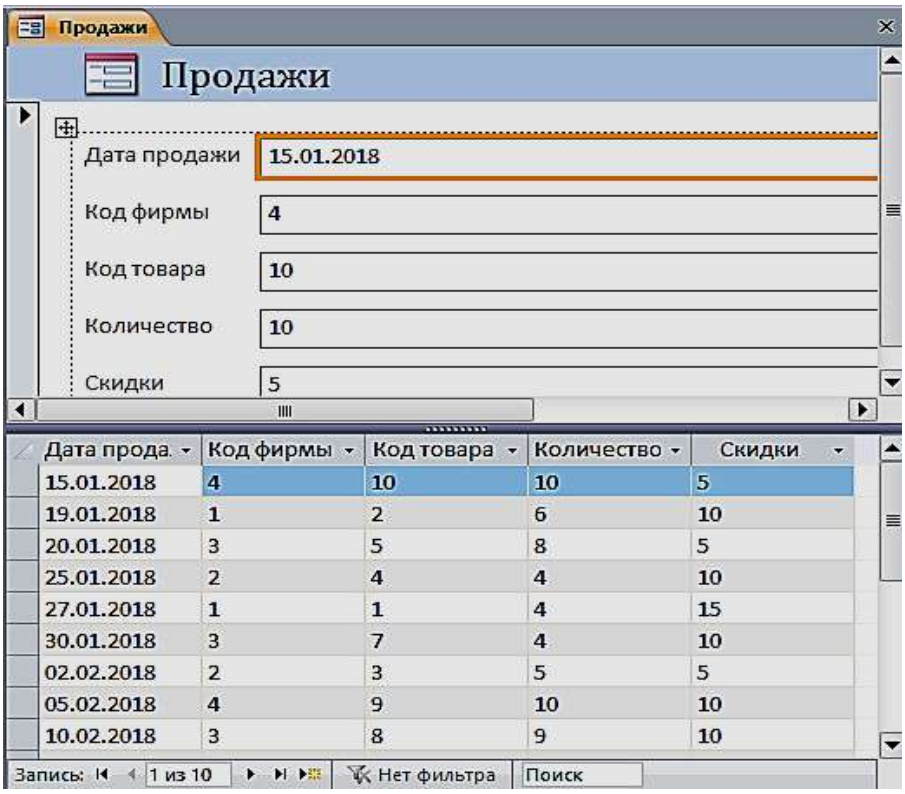


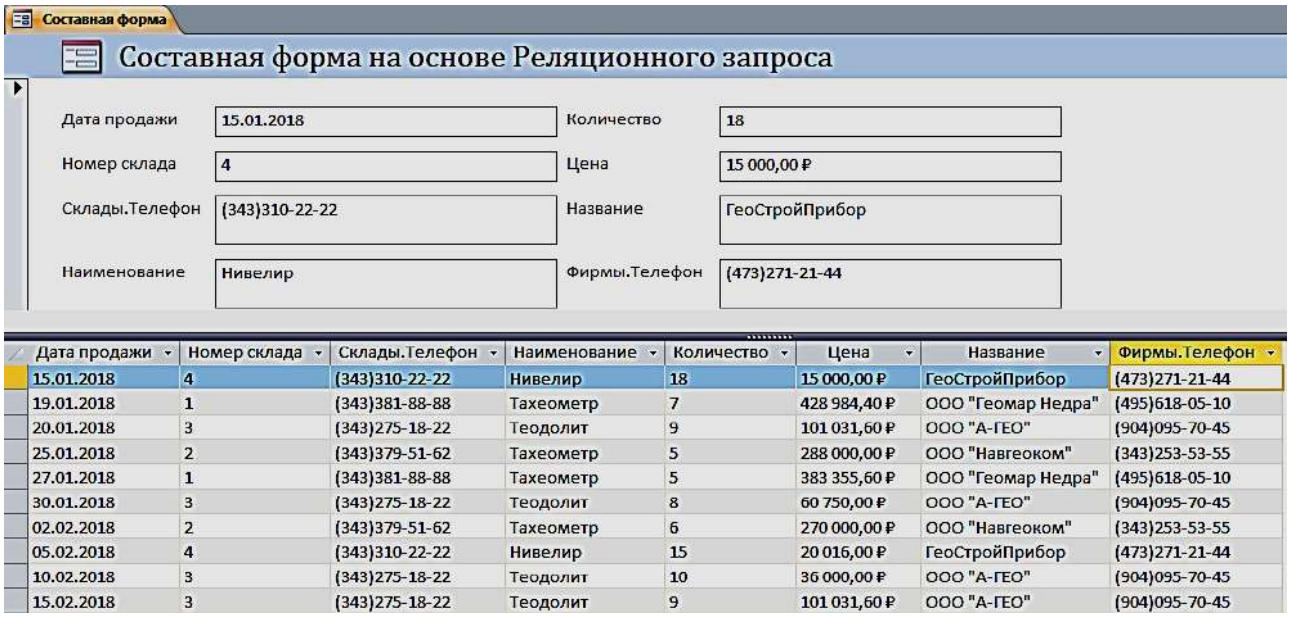
Рис. 4.6. Разделенная форма «**Продажи**»

Многотабличные формы

Многотабличная форма создается для работы с данными нескольких взаимосвязанных таблиц. Источником данных такой формы является многотабличный запрос. При этом форма может быть простой, отображающей одну запись в столбик, или ленточной, отображающей все записи в табличном виде с надписями в заголовке формы. Для такой формы могут быть использованы команды **Форма** или **Несколько элементов**.

Многотабличная форма может быть составной: состоять из главной формы и одной или нескольких подчиненных включаемых форм.

Задание 5. Создать составную форму воспользовавшись реляционным запросом. Выберите запрос «**16_реляционный запрос**» в области навигации и выполните команду **Форма** на вкладке **Создание**. Эта команда обеспечит автоматическое создание формы на основе выбранного запроса (рис. 4.7). В режиме Конструктора можно изменить заголовок.



Дата продажи	Номер склада	Склады.Телефон	Наименование	Количество	Цена	Название	Фирмы.Телефон
15.01.2018	4	(343)310-22-22	Нивелир	18	15 000,00 ₽	ГеоСтройПрибор	(473)271-21-44
19.01.2018	1	(343)381-88-88	Тахеометр	7	428 984,40 ₽	ООО "Геомар Недра"	(495)618-05-10
20.01.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	9	101 031,60 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
25.01.2018	2	(343)379-51-62	Тахеометр	5	288 000,00 ₽	ООО "Навгеоком"	(343)253-53-55
27.01.2018	1	(343)381-88-88	Тахеометр	5	383 355,60 ₽	ООО "Геомар Недра"	(495)618-05-10
30.01.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	8	60 750,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
02.02.2018	2	(343)379-51-62	Тахеометр	6	270 000,00 ₽	ООО "Навгеоком"	(343)253-53-55
05.02.2018	4	(343)310-22-22	Нивелир	15	20 016,00 ₽	ГеоСтройПрибор	(473)271-21-44
10.02.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	10	36 000,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
15.02.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	9	101 031,60 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45

Рис. 4.7. Составная форма

Создание многотабличной формы с помощью мастера

Основным средством создания многотабличной формы можно считать мастер форм, который, запросив у пользователя сведения о включаемых в форму полях из нескольких взаимосвязанных таблиц и запросов, создает составную или одиночную форму.

Задание 6. С помощью мастера создайте форму для работы с данными о продажах товаров

Для вызова мастера форм выполните на вкладке ленты **Создание** в группе **Формы** команду **Мастер форм**. Отобразится окно мастера **Создания форм**, представленное на рис. 4.8.

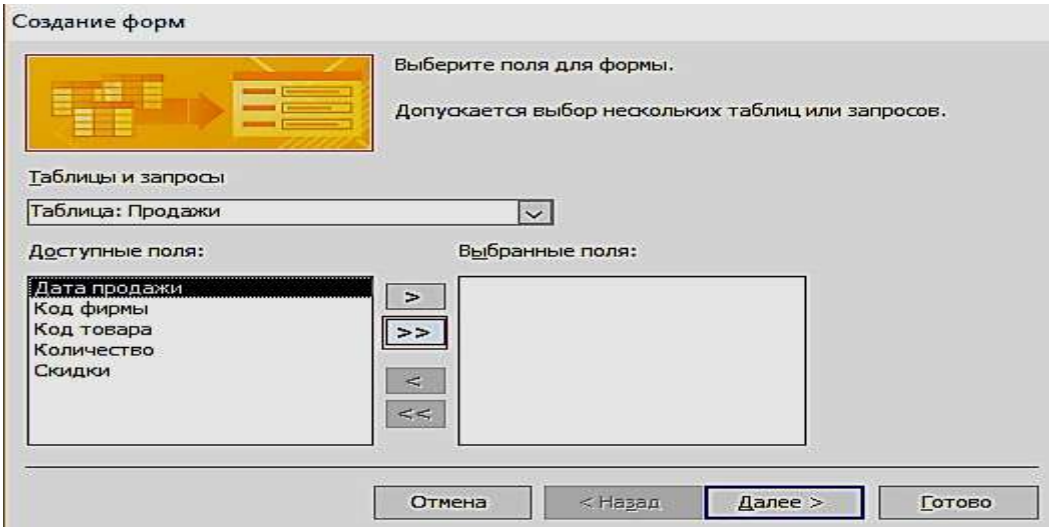


Рис. 4.8. Выбор таблиц и полей для создаваемой формы

Если предварительно в области навигации не была выбрана таблица «**Продажи**», выберите её в раскрывающемся списке **Таблицы и запросы** диалогового окна мастера. Затем отберите из списка **Доступные поля,** в нашем случае все, кроме поля «**Скидки**» (рис. 4.9).

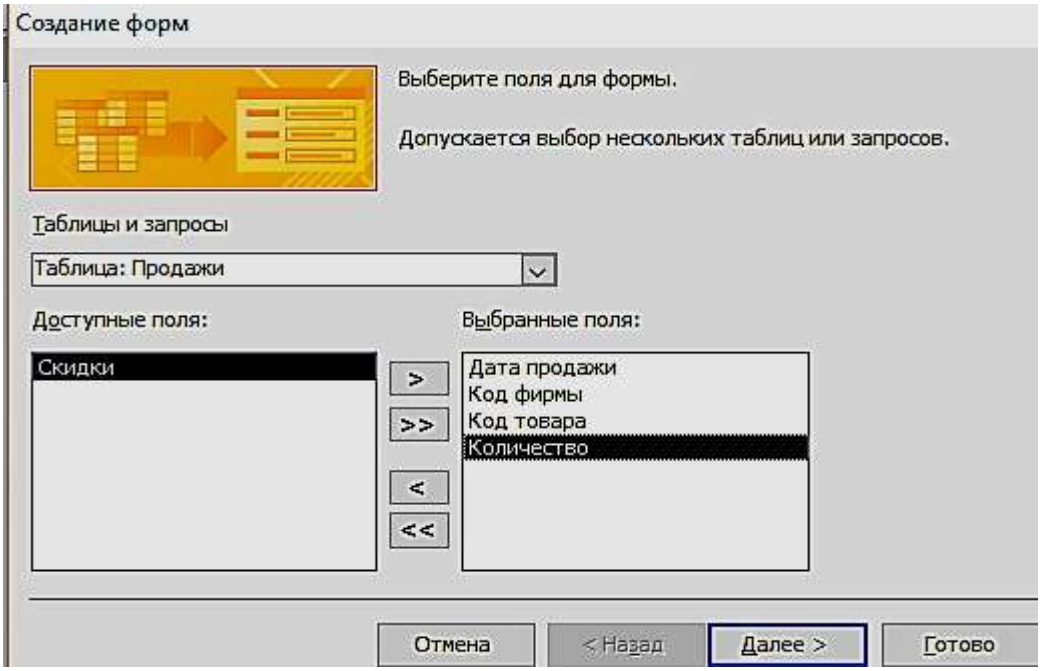


Рис. 4.9. Выбранные поля таблицы «**Продажи**» для создаваемой формы

Переходим к выбору полей из таблицы «**Товары**». Перетаскиваем все поля, кроме поля Код товара. После выбора полей для обеих таблиц и нажатия кнопки Далее в окне создание форм в списке **Выберите тип представления данных** надо выделить имя таблицы Продажи и щелкнуть по кнопке «**Далее**» (рис.
4.10).

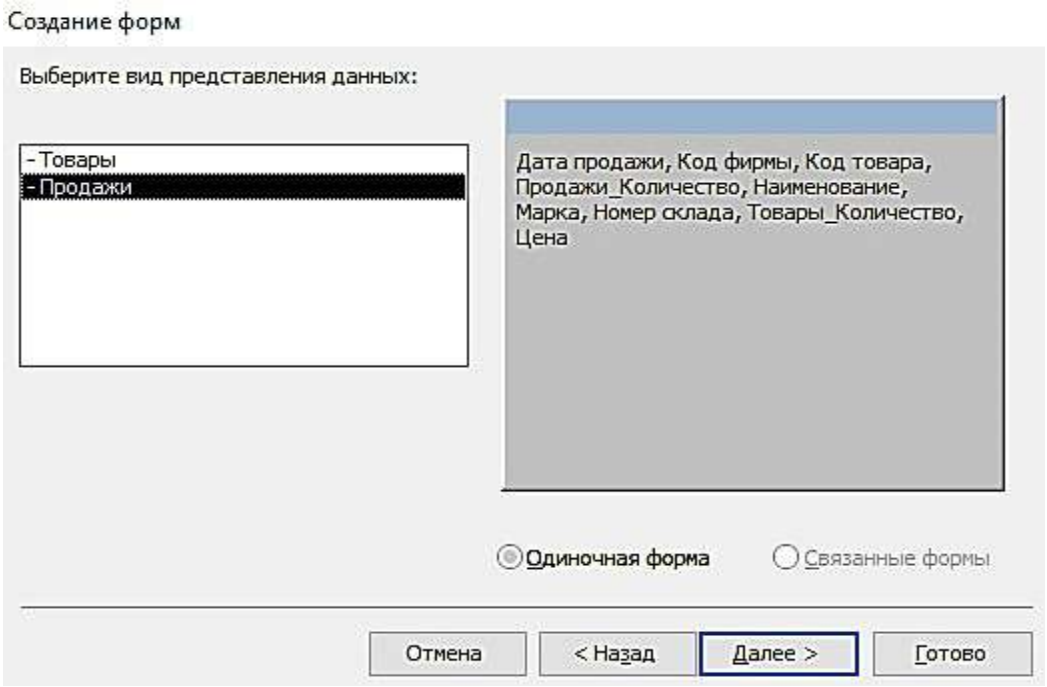


Рис. 4.10. Выбор вида представления данных

В следующем диалоговом окне предоставляется возможность выбрать внешний вид формы и нажать кнопку «**Готово**» (рис. 4.11).

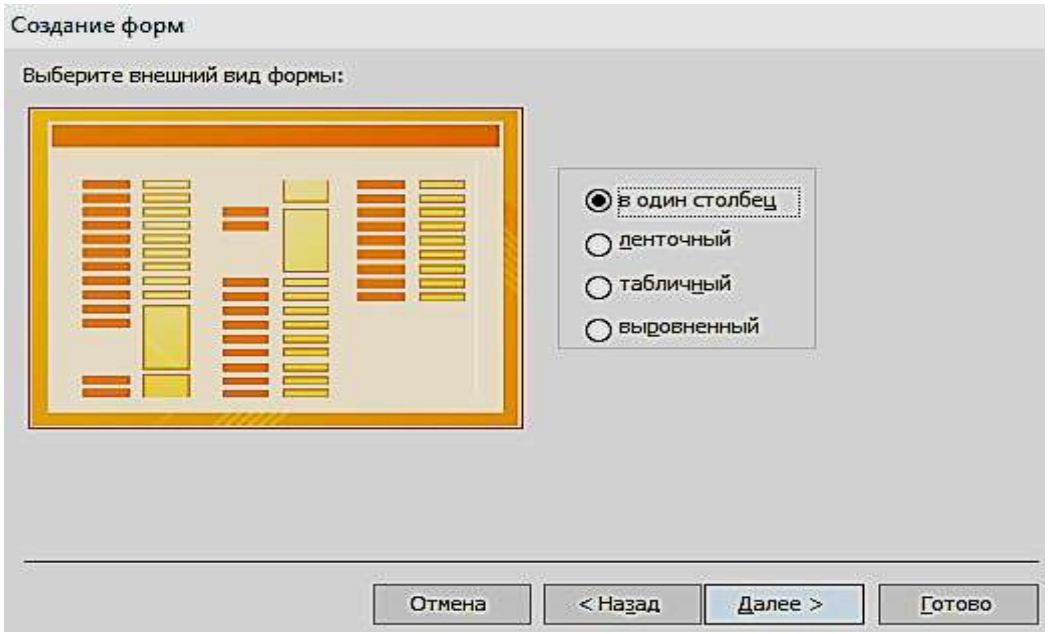


Рис. 4.11. Выбор вида формы в один столбец

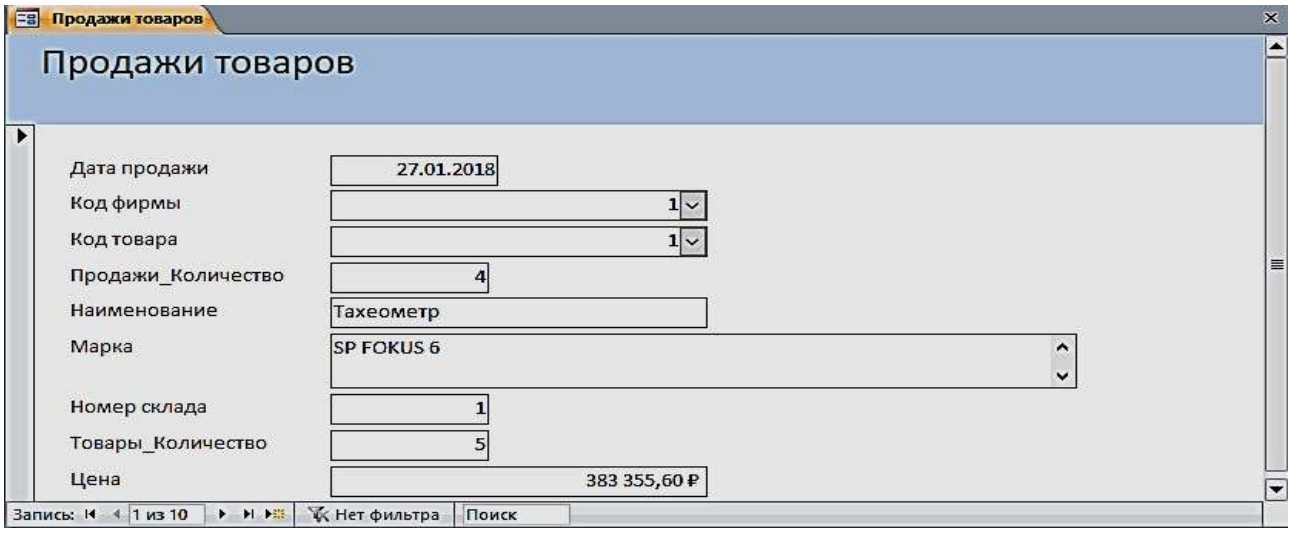


Рис. 4.12. Форма, открытая для просмотра, корректировки и ввода данных

Одиночная многотабличная форма

Одиночную форму, включающую поля из нескольких связанных таблиц, позволяет быстро построить инструмент **Пустая форма.** Выполните команду **Пустая форма** на вкладке ленты **Создать** в группе **Формы**. Откроется пустая форма в режиме макета и отобразится область **Список полей**. В списке перечислены все таблицы базы данных, и предоставляется возможность открыть список полей каждой из них (рис. 4.13). Чтобы добавить поле в форму, щелкните на нем двойным щелчком или перетащите его в форму. Для отображения каждого поля Access создает в форме соответствующий элемент управления и привязывает его к полю. Кроме того, для элемента управления создается присоединенная надпись.

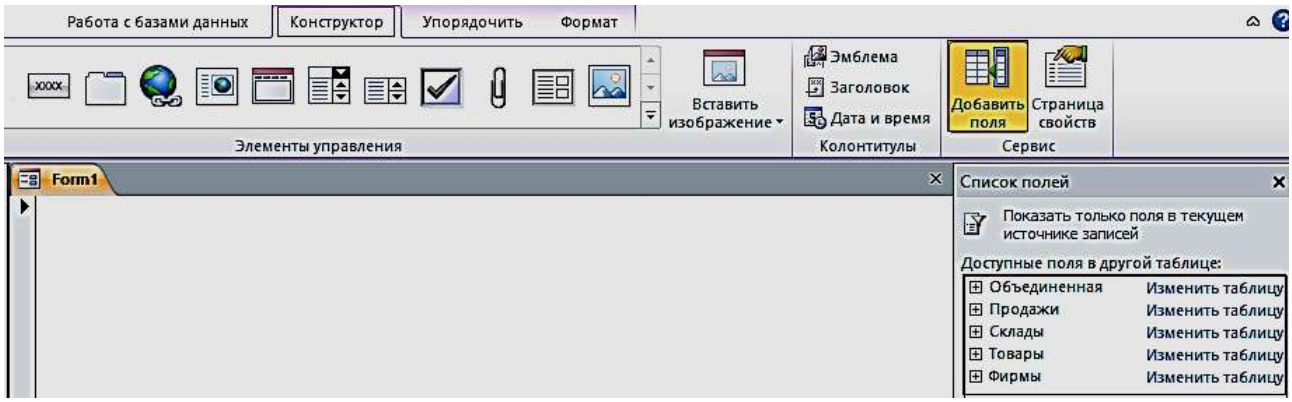


Рис. 4.13. Область **Список полей** при создании одиночной формы

Задание 7. Создать одиночную многотабличную форму для просмотра всех данных базы. Выполните команду **Пустая форма.** В области **Список полей** откройте список полей таблицы «**Продажи**», щелкнув знак «Плюс»

рядом с её именем. Добавьте в форму необходимые поля (Дата продажи, Код фирмы, Код товара, Количество, Скидки). Далее последовательно добавляйте поля из таблицы «**Товары**» (Наименование, Марка, Цена), затем из таблицы «**Склады**» (Номер склада, Телефон, Адрес, Заведующий) и из таблицы «**Фирмы поля**» – (Название, Адрес, Телефон, Контактное лицо, Должность). Сохранить форму под именем «Общие данные».

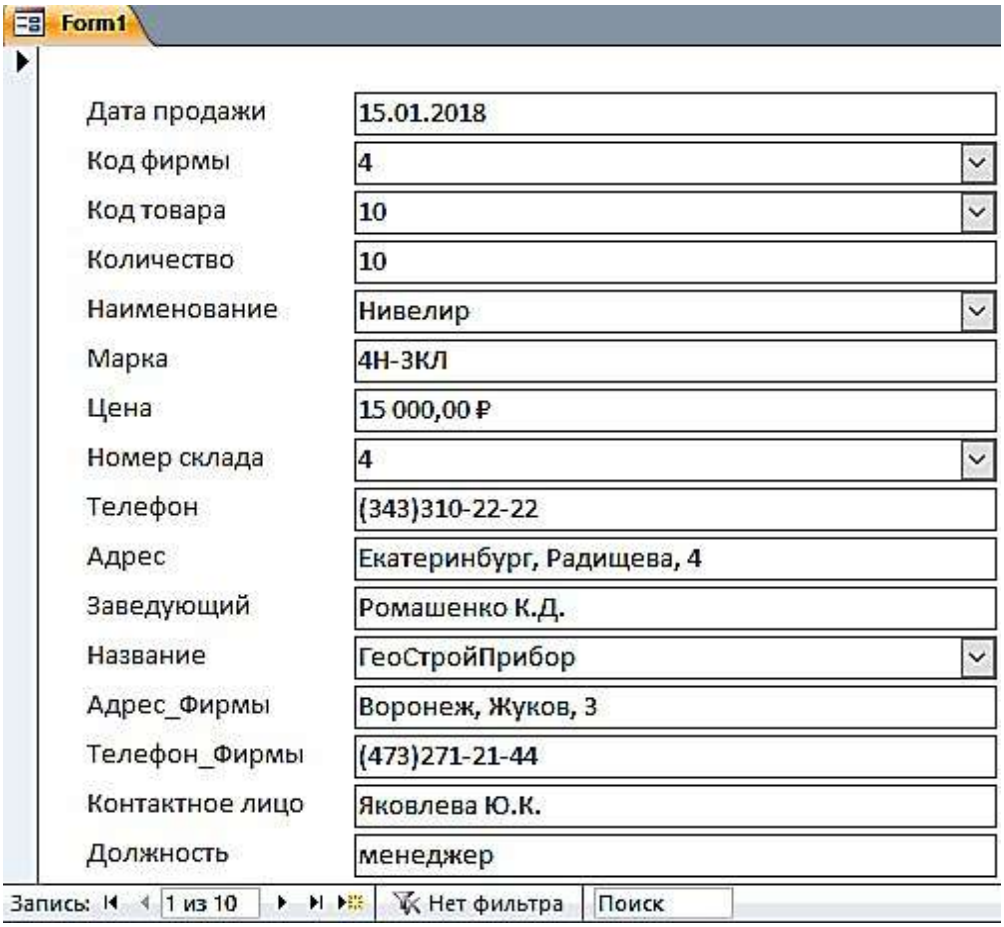


Рис. 4.14. Форма «**Общие данные**», созданная с помощью инструмента **Пустая форма**

Задание 8. Создать одиночную форму с помещенной в неё гистограммой

Для этого откройте таблицу «**Товары**». В группе **Импорт и связи** на вкладке **Внешние данные** выберите на ленте **Экспорт в таблицу Excel** (рис. 4.15).



Товары

Код товара	Наименование	Марка	Номер склада	Количество	Цена
1	Тахеометр	SP FOKUS 6	1	5	383 355,60р.
2	Тахеометр	SP FOKUS 6W	1	7	428 984,40р.
3	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	270 000,00р.
4	Тахеометр	Soutn NTS-362 R	2	5	288 000,00р.
5	Теодолит	3Т2КП	3	9	101 031,60р.
6	Теодолит	4Т15П	3	5	70 516,80р.
7	Теодолит	4Т30П	3	8	60 750,00р.
8	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	36 000,00р.
9	Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	20 016,00р.
10	Нивелир	4Н-3КЛ	4	18	15 000,00р.

Рис. 4.15. Окно экспорта таблицы «**Товары**» на лист Excel

Выберите место назначения для экспорта таблицы «**Товары**», для этого нажмите на кнопку **Обзор**, выберите соответствующую папку (рис. 4.16, 4.17).

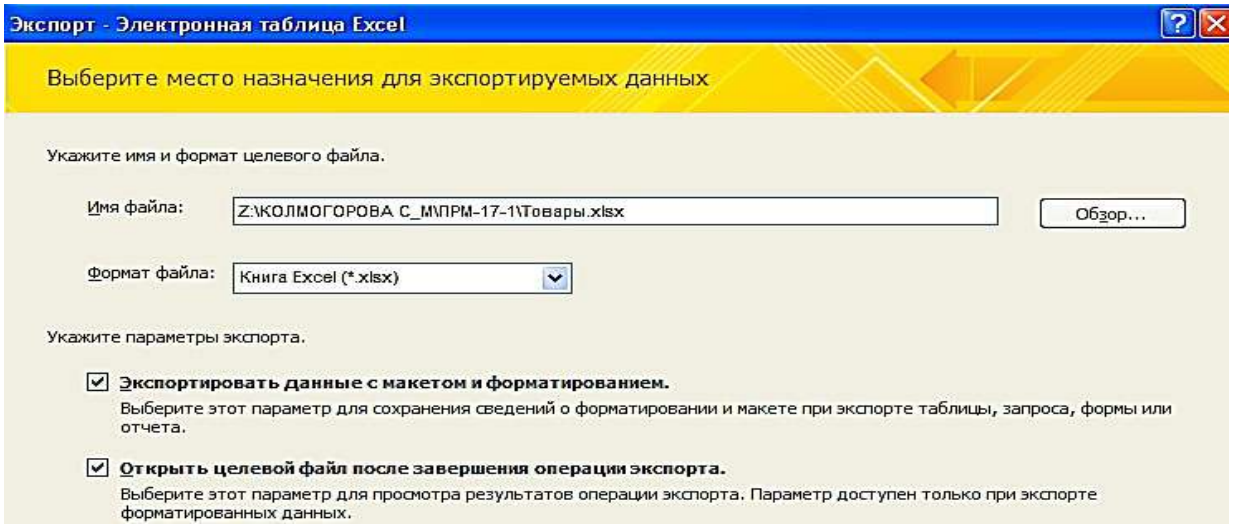


Рис. 4.16. Окно выбора места назначения для экспорта таблицы «**Товары**»

	A	B	C	D	E	F
1	Код товара	Наименование	Марка	Номер склада	Количество	Цена
2	1	Тахеометр	SP FOKUS 6	1	5	383 355,60р.
3	2	Тахеометр	SP FOKUS 6W	1	7	428 984,40р.
4	3	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	270 000,00р.
5	4	Тахеометр	Soutn NTS-362 R	2	5	288 000,00р.
6	5	Теодолит	3Т2КП	3	9	101 031,60р.
7	6	Теодолит	4Т15П	3	5	70 516,80р.
8	7	Теодолит	4Т30П	3	8	60 750,00р.
9	8	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	36 000,00р.
10	9	Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	20 016,00р.
11	10	Нивелир	4Н-3КЛ	4	18	15 000,00р.

Рис. 4.17. Таблица «**Товары**» в Excel, экспортируемая из Access

Построение гистограммы по колонкам «**Наименование**» и «**Цена**» (рис. 4.18).

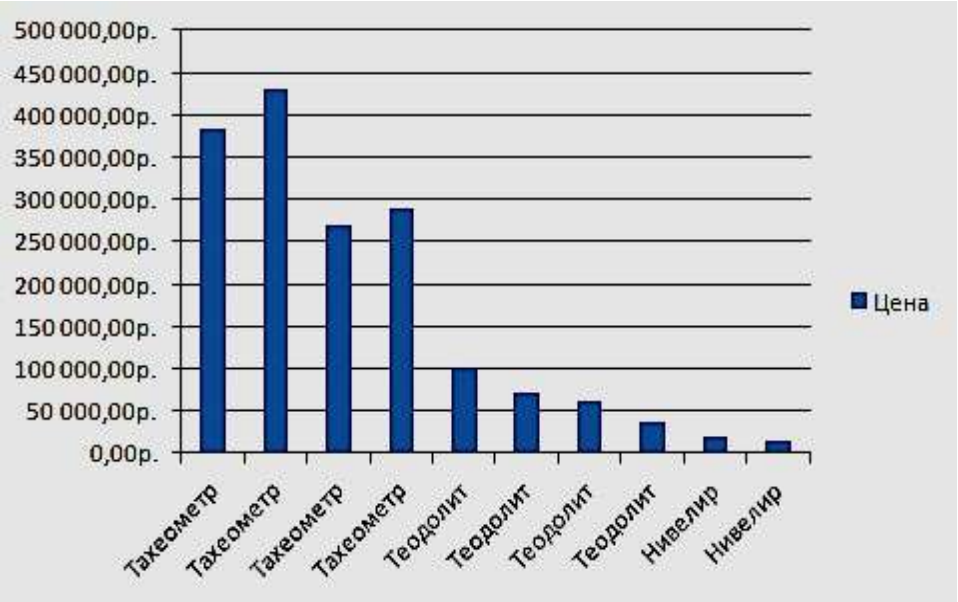


Рис. 4.18. Гистограмма, соответствующая таблице «**Товары**»

Скопируйте гистограмму в Excel. В Access выполните команду **Пустая форма** на вкладке ленты **Создать** в группе **Формы**. В режиме «**Конструктор**» произвести вставку гистограммы. Сохранить форму под названием **Гистограмма** (рис. 4.19).

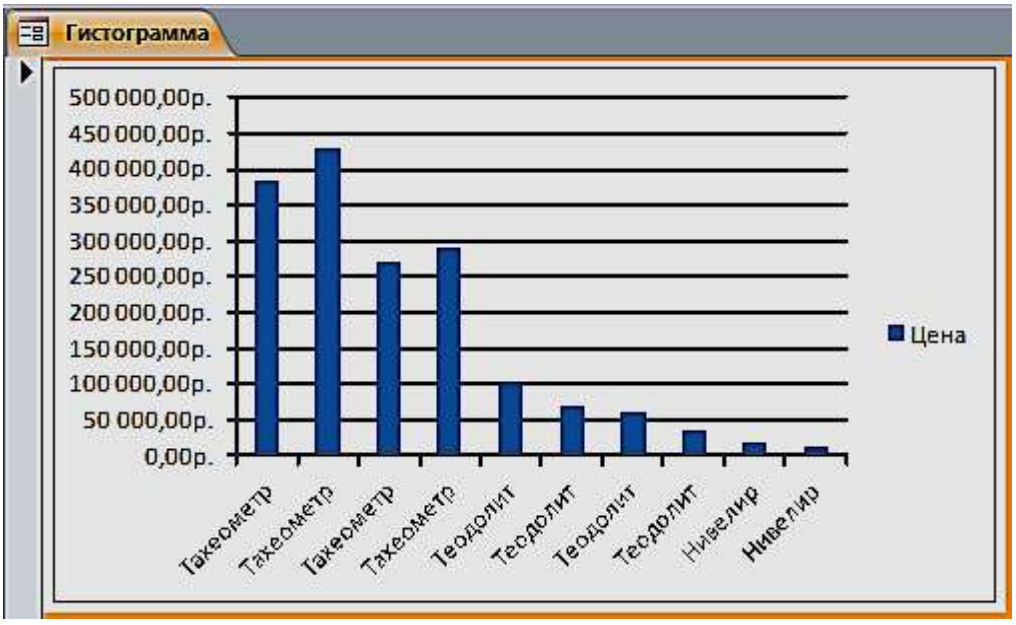


Рис. 4.19. Форма «Гистограмма»

Задание для самостоятельной работы

1. Изменить в форме «**Товары**» цвет денежных значений в поле «**Цена**» на зеленый, заливку на светло-зеленый, начертание шрифта – жирный курсив, когда они оказываются меньше или равны 80000 руб.
2. Создать форму «**Фирмы**» с подчиненной «**Продажи**».

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5
Работа с отчетами

Средства Access по разработке отчетов предназначены для конструирования макета отчета, в соответствии с которым осуществляется вывод данных из определенного источника записей в виде выходного печатного документа.

Отчет может создаваться с помощью Мастера или в режиме Конструктора отчетов.

Задание 1. Выберем в области навигации таблицу «**Фирмы**», данные из которой будут источником записей отчета. На вкладке ленты **Создание** в группе **Отчеты** выполнить команду **Отчет**.

Access создаст отчет и отобразит его в режиме макета (рис. 5.1). В отчете будут представлены все записи таблицы «**Фирмы**». Размещение полей таблицы – источника записей отчета – в разделах отчета представлено на рис. 5.2.

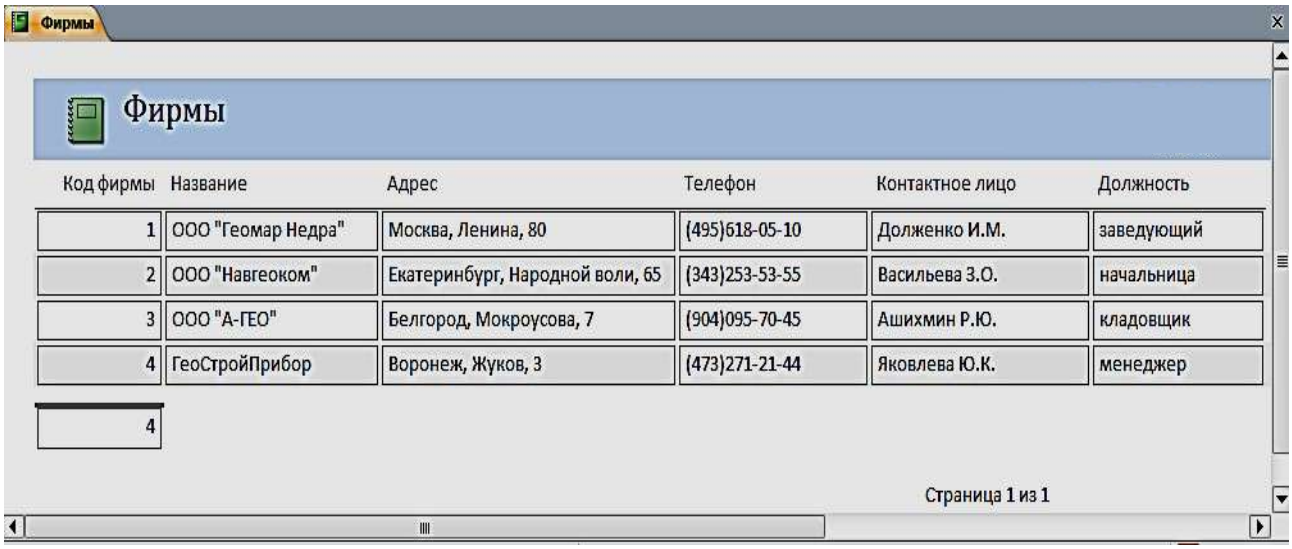


Рис. 5.1. Отчет в режиме «**Макета**»

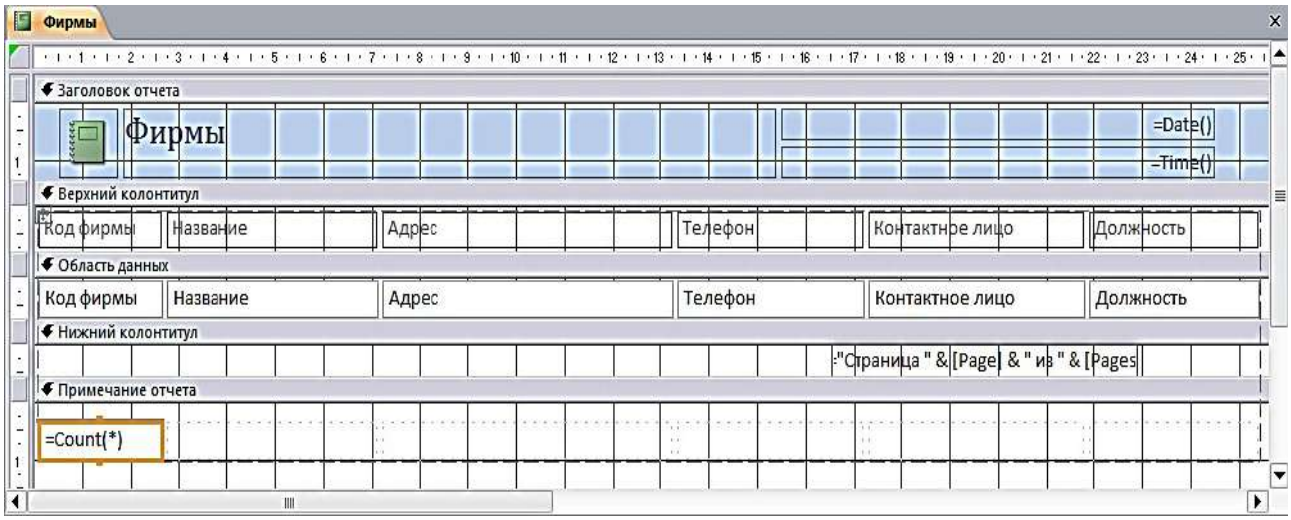


Рис. 5.2. Разделы однотабличного отчета в режиме Конструктора

В режиме макета легко привести созданный отчет в соответствие с заданными требованиями. Измените название отчета на «Контакты». Для этого выполните двойной щелчок на нем и введите новое название. Выделите макет отчета и измените заливку, размер шрифта, выбрав его на вкладке **Главная** в группе **Форматирование текста** или на вкладке **Формат** в группе **Шрифт.** Для изменения параметров страницы выполняйте команды соответствующей вкладки ленты. Пунктирной линией в отчете отмечена граница полей страницы. Отображение этой линии регулируется кнопкой **Показать поля** на вкладке ленты **Параметры страницы.** Для выбора размеров полей страницы может быть использована коллекция, отображаемая при нажатии кнопки **Поля.** На этой же вкладке можно выбрать размер бумаги, ориентацию страницы и ряд др. параметров (рис. 5.3).

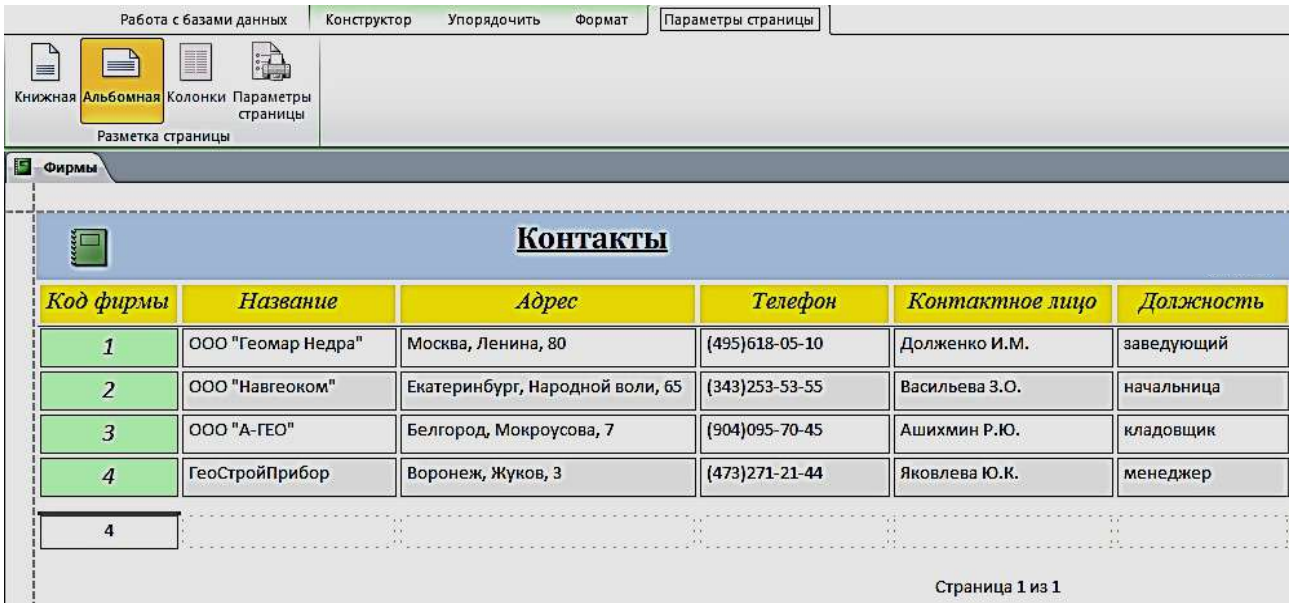


Рис 5.3. Отформатированный отчет в режиме Макета

Задание 2. Выберем в области навигации форму **Продажи товаров**, данные из которой будут источником записей отчета. На вкладке ленты **Создание** в группе **Отчеты** выполнить команду **Отчет**. Для группировки данных по дате продажи выполним команду **Группировка, сортировка и итоги.** Выберем для предлагаемого уровня группировки поле «**Дата продажи**». Откроем список, щелкнув на параметре **по кварталам**, и выберем **по месяцам.** Для закрытия списка щелкните на любом месте за его пределами (рис. 5.4, 5.5).

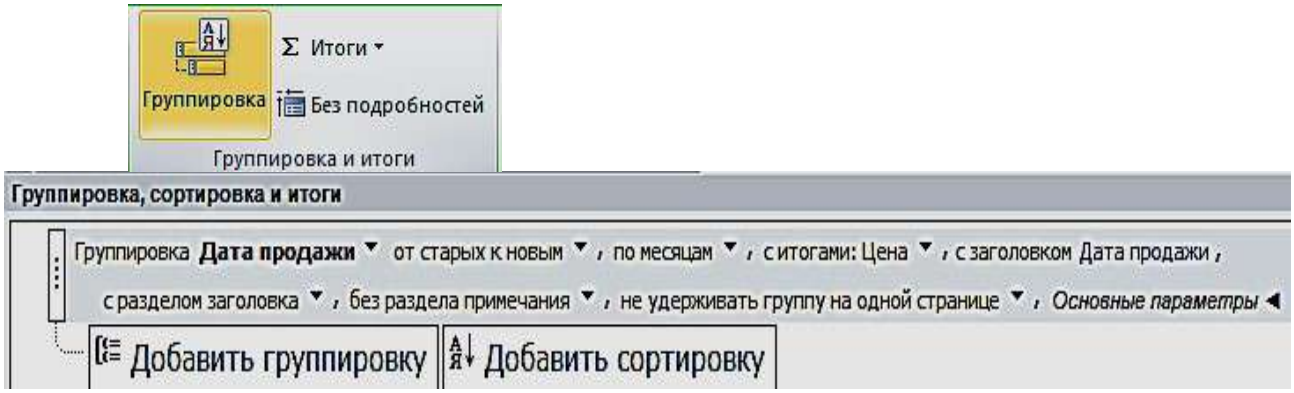
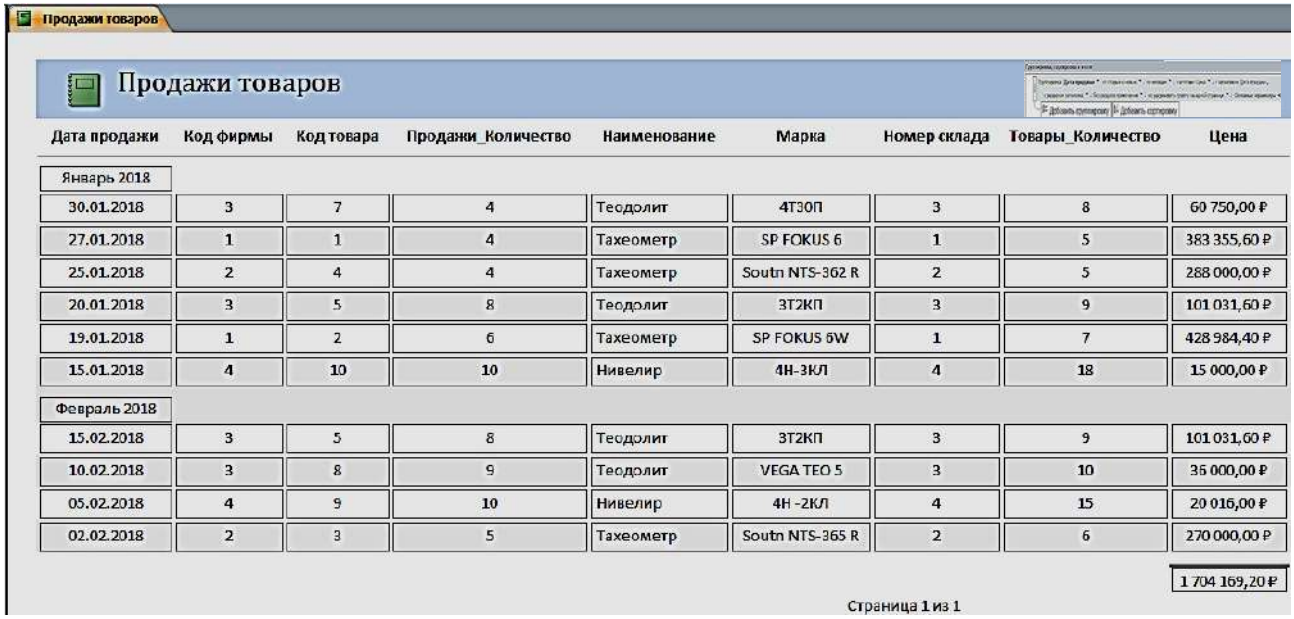


Рис. 5.4. Выбор для поля с датой группировки по месяцам



Продажи товаров

Дата продажи	Код фирмы	Код товара	Продажи_Количество	Наименование	Марка	Номер склада	Товары_Количество	Цена
Январь 2018								
30.01.2018	3	7	4	Теодолит	4Т30П	3	8	60 750,00 ₽
27.01.2018	1	1	4	Тахеометр	SP FOKUS 6	1	5	383 355,60 ₽
25.01.2018	2	4	4	Тахеометр	Soutn NTS-362 R	2	5	288 000,00 ₽
20.01.2018	3	5	8	Теодолит	3Т2КП	3	9	101 031,60 ₽
19.01.2018	1	2	6	Тахеометр	SP FOKUS 6W	1	7	428 984,40 ₽
15.01.2018	4	10	10	Нивелир	4Н-3КЛ	4	18	15 000,00 ₽
Февраль 2018								
15.02.2018	3	5	8	Теодолит	3Т2КП	3	9	101 031,60 ₽
10.02.2018	3	8	9	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	36 000,00 ₽
05.02.2018	4	9	10	Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	20 016,00 ₽
02.02.2018	2	3	5	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	270 000,00 ₽
								1 704 169,20 ₽

Страница 1 из 1

Рис 5.5. Форма с датой группировки по месяцам

Задание для самостоятельной работы

Создать отчет по таблице «**Объединенная**», изображенного на рис. 5.6.

ОТЧЕТ ПРОДАЖИ

Дата продажи - по месяцам	Название	Фирмы_Телефон	Дата продажи	Наименование	Количество	Цена	Номер склада	Склады_Телефон
Январь 2018								
	ГеоСтройПрибор	4732712144	*15.01.2018*	Нивелир	18	15 000,00 ₽	4	3433102222
	ООО "Геомар Недра"	4956180510	*19.01.2018*	Тахеометр	7	428 984,40 ₽	1	3433818888
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	*20.01.2018*	Теодолит	9	101 031,60 ₽	3	3432751822
	ООО "Навгеоком"	3432535355	*25.01.2018*	Тахеометр	5	288 000,00 ₽	2	3433795162
	ООО "Геомар Недра"	4956180510	*27.01.2018*	Тахеометр	5	383 355,60 ₽	1	3433818888
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	*30.01.2018*	Теодолит	8	60 750,00 ₽	3	3432751822
Итоги для 'Дата продажи' = 30.01.2018 (6 записей)								
Сумма					52	1 277 121,60 ₽		
Февраль 2018								
	ООО "Навгеоком"	3432535355	*02.02.2018*	Тахеометр	6	270 000,00 ₽	2	3433795162
	ГеоСтройПрибор	4732712144	*05.02.2018*	Нивелир	15	20 016,00 ₽	4	3433102222
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	*10.02.2018*	Теодолит	10	36 000,00 ₽	3	3432751822
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	*15.02.2018*	Теодолит	9	101 031,60 ₽	3	3432751822
Итоги для 'Дата продажи' = 15.02.2018 (4 записей)								
Сумма					40	427 047,60 ₽		
ИТОГО					92	1 704 169,20 ₽		

Рис. 5.6. Результат отчета

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Создание главной кнопочной формы с использованием макросов

Использования макросов для автоматизации управления реакцией приложения на действия пользователя в формах или отчетах позволяет создавать полноценные интерактивные приложения без написания кода *VBA*.

Макрос (от слова «макрокоманда») – программа, состоящая из последовательности макрокоманд. *Макрокоманда* – это инструкция, ориентированная на выполнение определенного действия над объектами Access и их элементами.

Например, макрокомандой можно открыть форму, отчет, напечатать отчет, запустить на выполнение запрос, применить фильтр, присвоить значение и т. д.

Задание 1. Создать главную форму управления приложением, в которой будут представлены:

- элементы для кнопочных форм запросов и гистограмма;
- макросы для таблиц и отчетов;
- макрос, с помощью которого будет закрыта база данных.

1. Выполним команду **Пустая форма** на вкладке ленты **Создать** в группе **Формы**, режим «**Конструктор**» (рис. 6.1).

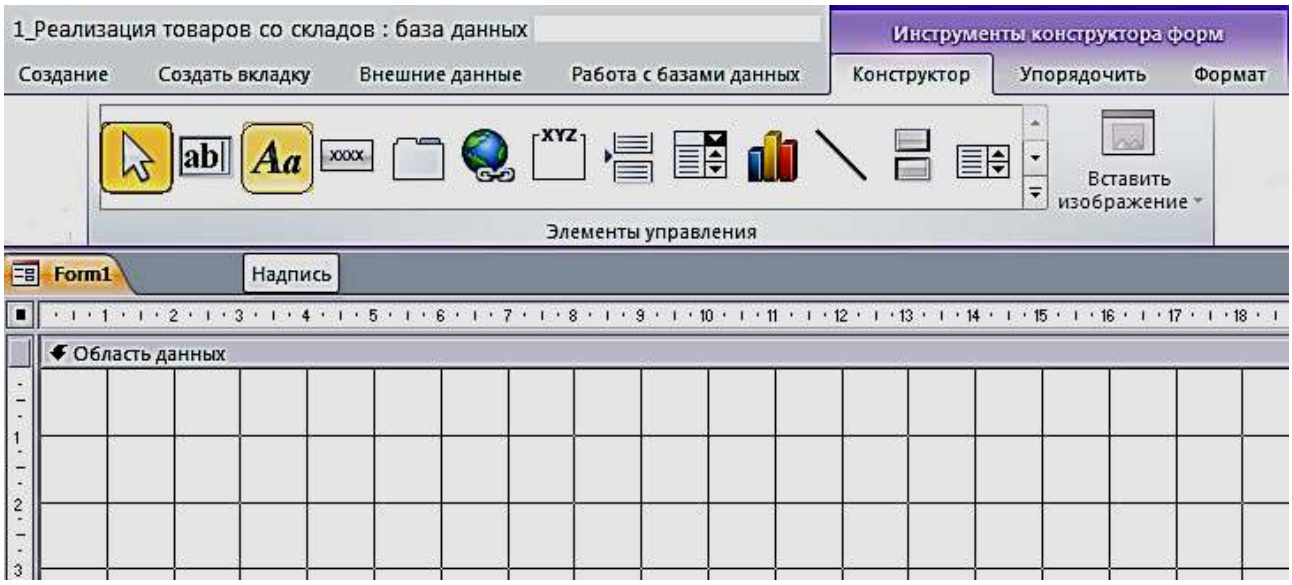


Рис. 6.1. Пустая форма в режиме «**Конструктор**» с элементами управления

2. Расположим в области **Формы** элемент **Надпись**, поместим в него название **Реализация товаров со складов** (рис. 6.2). Форматирование шрифта в надписях и кнопках осуществляется для выделенного объекта, при помощи **Инструмента конструктора форм**, в объекте **Формат**. Сохраним форму под именем «**Главная форма**».

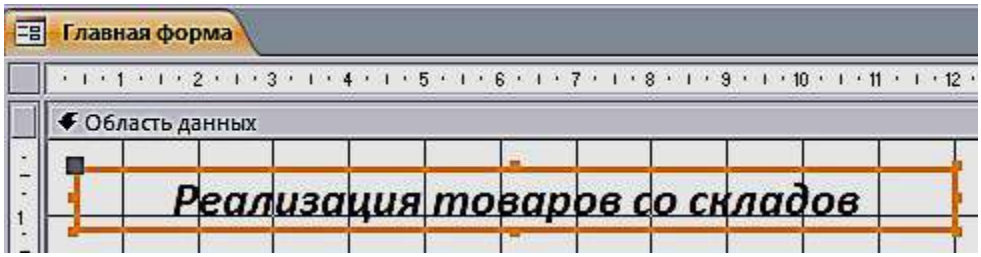


Рис. 6.2. Использование элемента управления **Надпись**

Создание макроса осуществляется в диалоговом режиме и сводится к записи в окне конструктора макроса последовательности макрокоманд, для которых задаются аргументы. Каждому макросу присваивается имя. При выполнении макроса макрокоманды выполняются последовательно в порядке их расположения. При этом используются объекты или данные, указанные в аргументах макрокоманд.

Создание макроса начинается с выполнением команды **Макрос** на вкладке ленты **Создание** в группе **Макросы и код**. В результате выполнения команды открывается окно макроса и каталог макрокоманд (рис. 6.3).

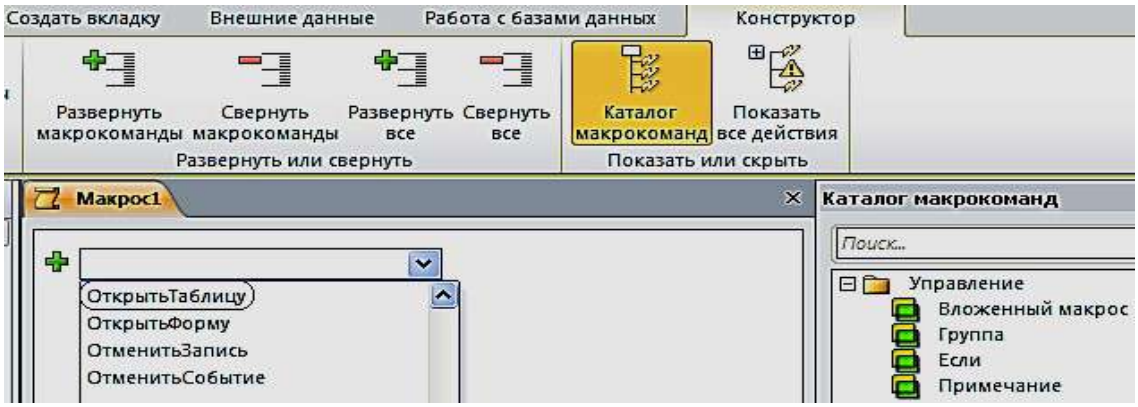


Рис. 6.3. Окно конструирования макроса с Каталогом макрокоманд

3. Создадим первый макрос **Таблицы**, при выполнении которого откроются четыре таблицы: «Продажи», «Склады», «Товары» и «Фирмы». Сохраним его под именем **Таблицы** (рис. 6.4).

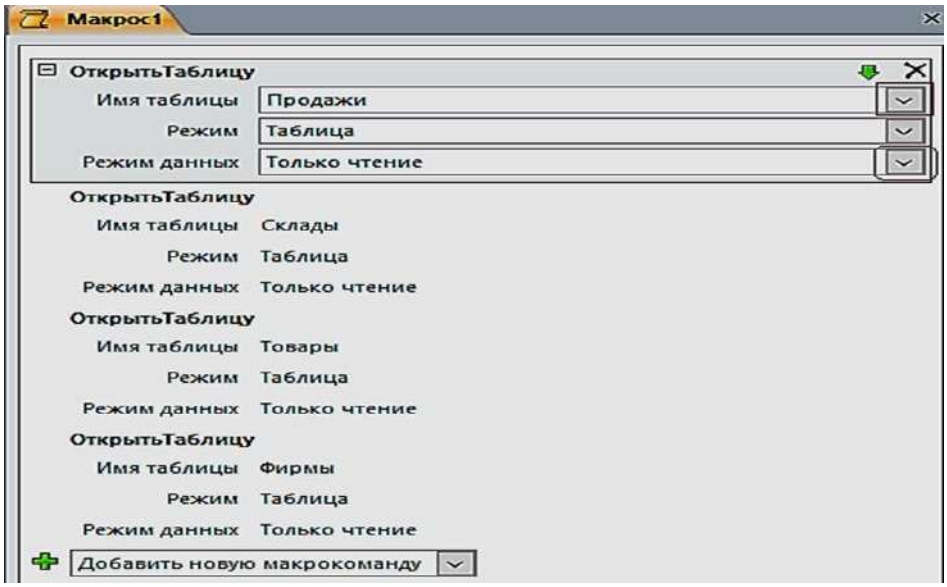


Рис. 6.4. Блок конструирования Макроса «**Таблицы**»

4. Создадим второй макрос, при выполнении которого откроется отчет «Продажи товаров» (рис. 6.5). Сохраним его под именем **Отчет**.

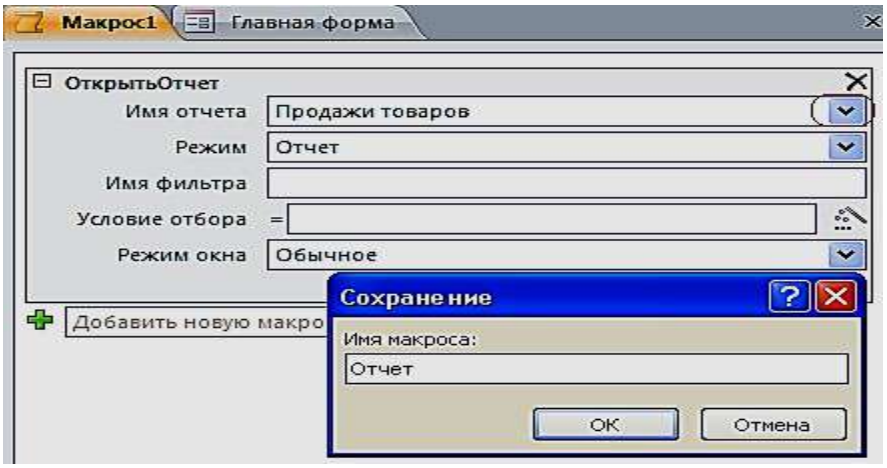


Рис. 6.5. Создание макроса **ОткрытьОтчет**

5. Создадим третий макрос, при выполнении которого откроется отчет «Продажи товаров» (рис. 6.6). Сохраним под именем **Выход**.



Рис. 6.6. Создание макроса **ЗакрытьБазуДанных**

Создание управляющих кнопок на экране

1. Создадим кнопки: **Таблицы**, **Отчет** и **Выход из БД.** Расположим в области **Главной формы** три кнопки с ранее созданными макросами. Для размещения кнопок предусмотрим, чтобы все действия осуществлялись при нажатой кнопке **«Использовать мастера»**. Переместим элемент управления **Кнопка** на форму, появится окно для создания кнопок. Выберем категорию: **Разное**, затем – действия: **Выполнить макрос,** нажмем кнопку **Далее** (рис. 6.7).

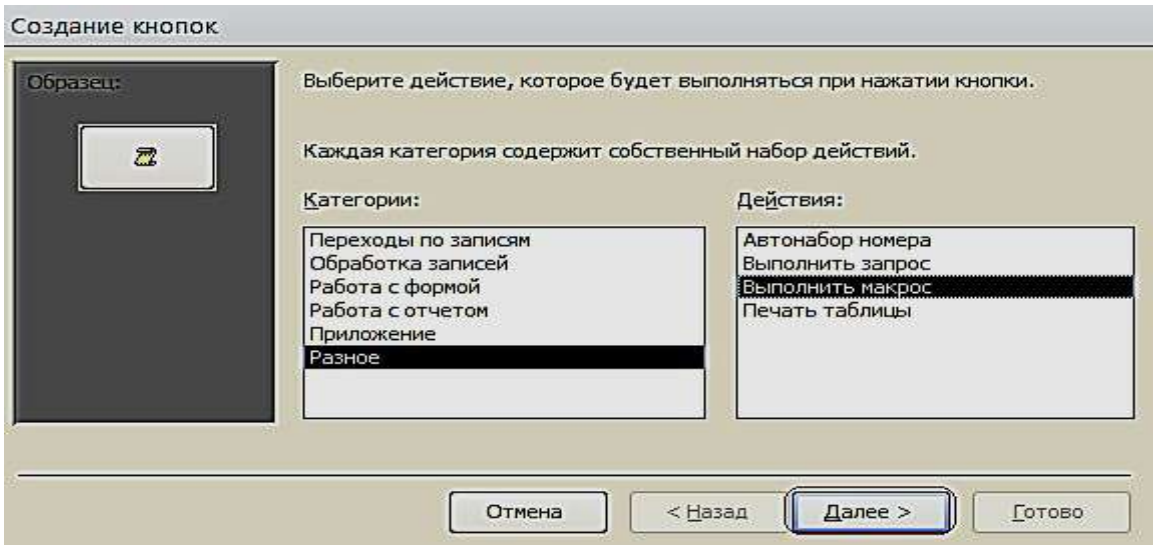


Рис. 6.7. Окно создания кнопок при работе с **Макросами**

2. Выберем соответствующий макрос (рис. 6.8). Разместим текст на кнопке.

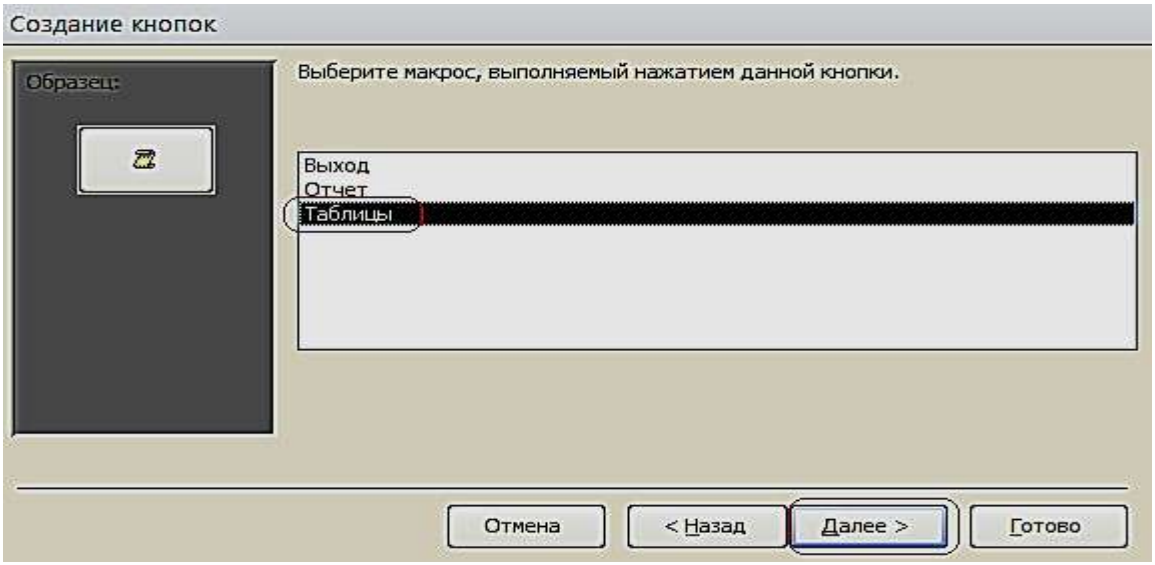


Рис. 6.8. Окно выбора макроса

3. В тексте напишем название **Таблицы** и выполним действия, указанные по кнопке **Далее** (рис. 6.9).

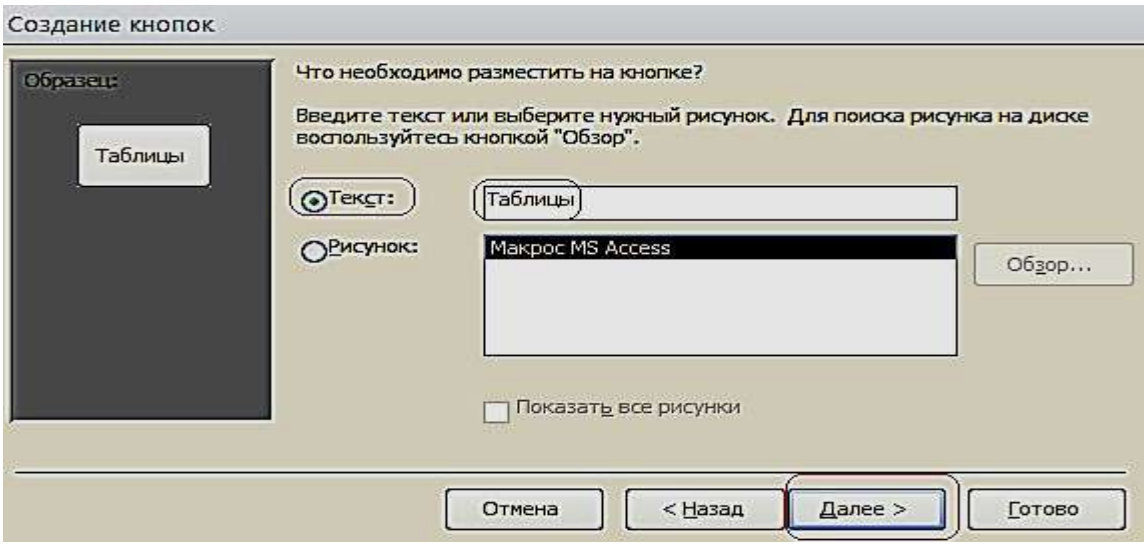


Рис. 6.9. Размещение текста на кнопке

4. Таким образом, создадим все кнопки, которые будут открываться с помощью макросов (рис. 6.10).

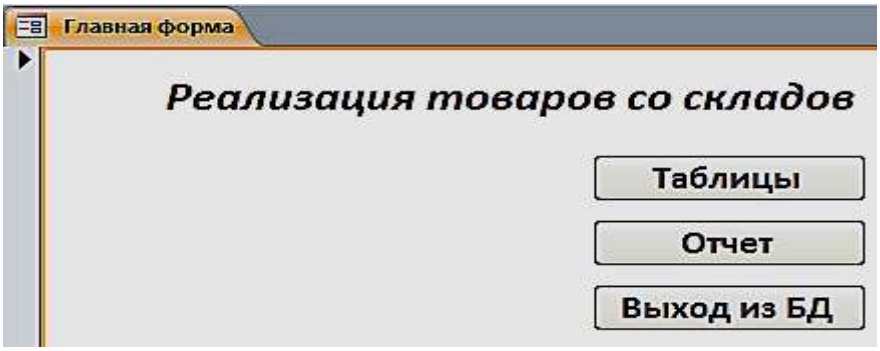


Рис. 6.10. Главная форма в режиме Макета

5. Расположим в области **Главной формы** три кнопки: **Составная форма**, **Общие данные** и **Гистограмма**. Переместим элемент управления **Кнопка** на форму, появится окно для создания кнопок. Выберем категорию: **Работа с формой**, действия: **Открыть форму,** нажмем кнопку **Далее** (рис. 6.11).

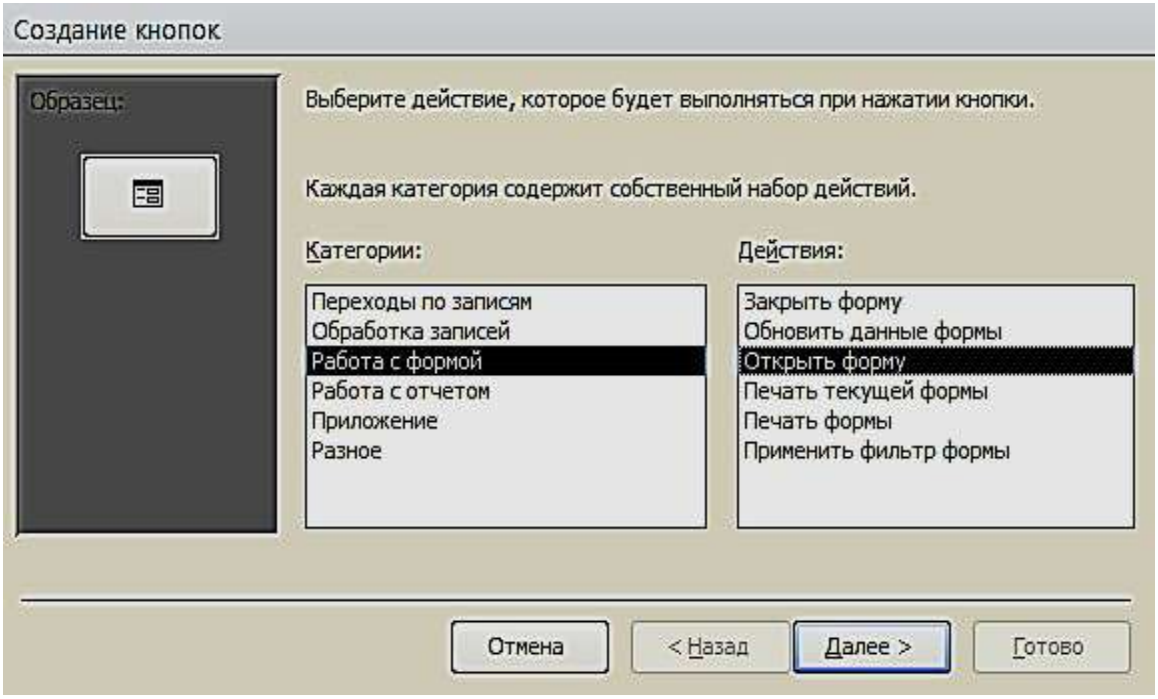


Рис. 6.11. Окно создания кнопок при работе с формами

6. Выберем соответствующую форму (рис. 6.12).

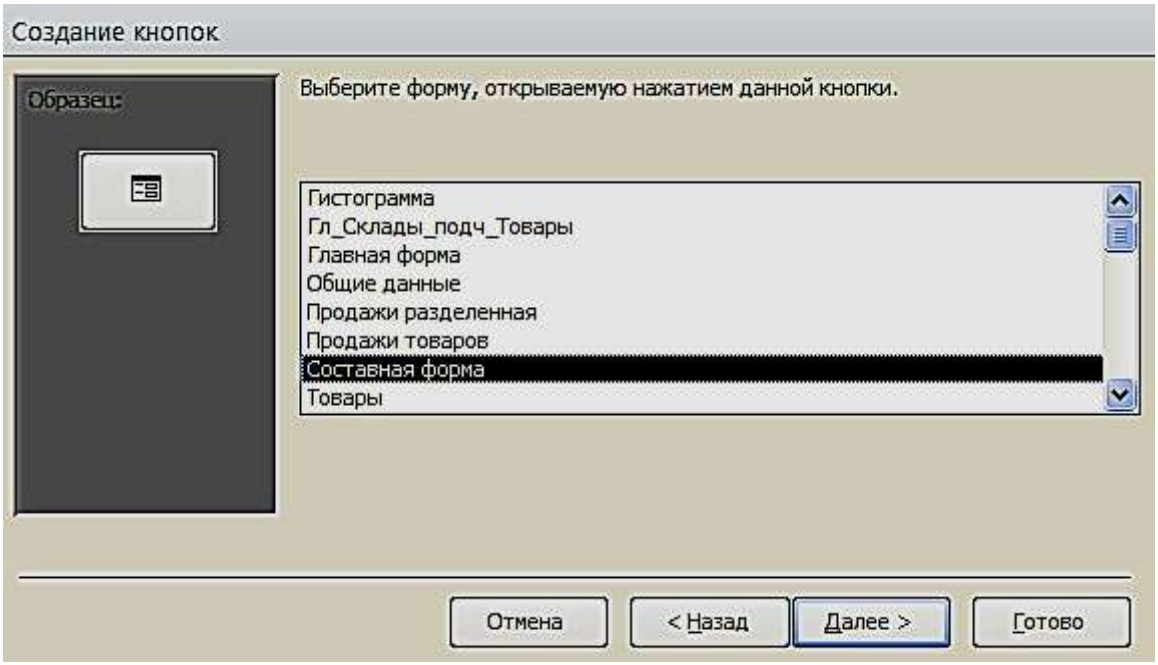


Рис. 6.12. Окно выбора формы

Поместим текст на кнопке (рис. 6.13). В тексте напишем название **Гистограмма** и выполним действия, указанные по кнопке **Далее**. Таким образом, создадим все кнопки, которые будут открываться с помощью Форм.

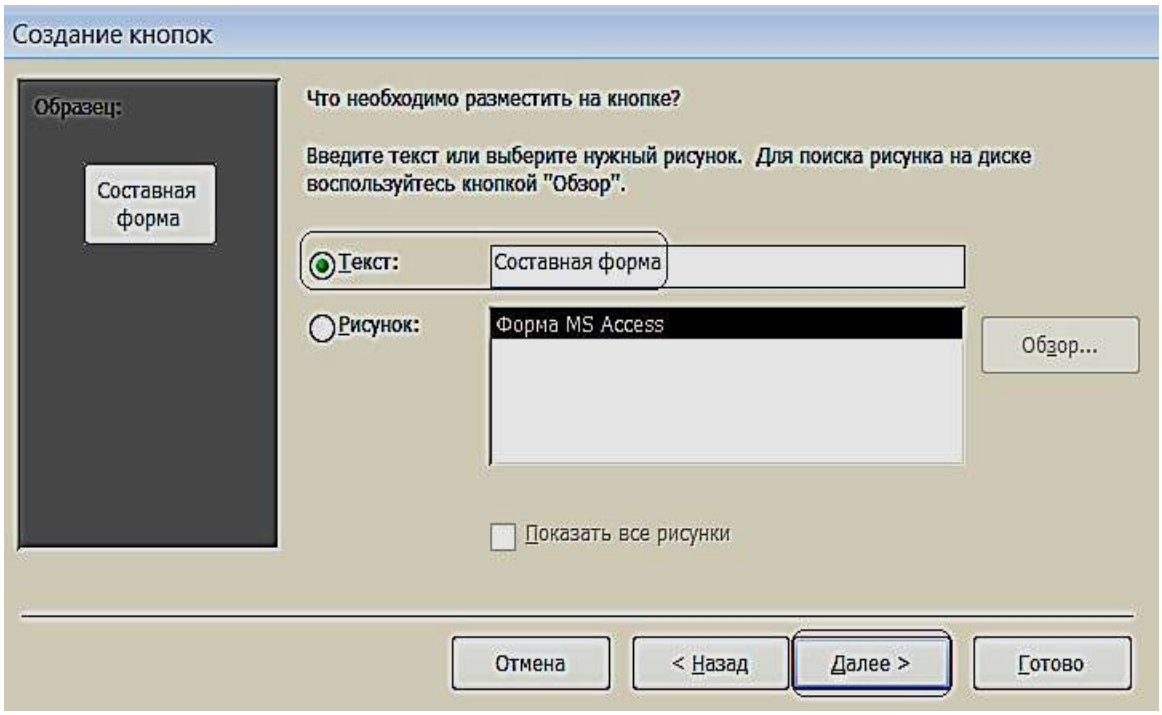


Рис. 6.13. Размещение текста на кнопке

7. Для создания картинки воспользуемся элементом управления «**Рисунок**».

8. По завершению разработки приложения, сохраним и закроем форму. Затем откроем и проверим работоспособность всех её элементов (рис. 6.14).



Рис. 6.14. Управляющая форма в режиме «**Формы**»

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Указания к выполнению работы

- Создать логическую модель базы данных: для заданной предметной области, представленной в виде перечня реквизитов, сформировать таблицы, определить в них ключевые поля, описать имена, типы и свойства полей и создать связи между таблицами.
- Создать формы для ввода данных в таблицы (простая и сложная формы). Заполнить таблицы. Каждая таблица должна содержать не менее 7 строк.
- Создать запросы по пунктам вариантов задания.
- Создать кнопочную форму для вызова созданных объектов.

Варианты заданий

Вариант № 1

Исходные данные:

- ***Рабочие***: табельный номер, фамилия, имя, отчество, дата рождения.
- ***Цеха:*** наименование цеха, категория производства (основное, управление, вспомогательное).
- ***Движение по службе***: должность, оклад, тип работы (штатный, совместитель, почасовик). o *Вычислить* общую сумму выплат за месяц по выбранному цеху, а

также среднемесячный заработок этого цеха.

- o *Создать* ведомость для начисления заработной платы рабочих этого цеха.

Вариант № 2

Исходные данные:

- ***Сотрудники:*** фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу
- ***Оплата труда:*** должность, оклад
- ***Отделы:*** номер отдела, фамилия сотрудника *Определить:* o возраст сотрудников (количество полных лет) при поступлении

на работу и на текущее время; o количество сотрудников заданного отдела младше 30 лет; o минимальный размер оклада.

- ***Создать таблицу,*** которая содержит сведения о 5-и самых высокооплачиваемых сотрудниках фирмы**.**

Вариант № 3

Исходные данные:

Работники: фамилия, имя, отчество, цех.

- ***Изделия:*** наименование изделия, категория изделия (A, B, C), стоимость изготовления.
- ***Итоги:*** шифр сборщика, количество изготовленных изделий по категориям.

Рассчитать: o общее количество изделий каждой категории;

o общее количество изделий, собранных всеми рабочими заданного цеха;

- *Создать ведомость* для начисления заработной платы рабочих заданного цеха. Определить средний размер заработной платы работников этого цеха.

Вариант № 4

Исходные данные:

- ***Абоненты:*** фамилия, имя, отчество, телефон, дата установки.
- ***Расценки:*** тип заказа (по городу, область, Украина, Европа, …), цена 1 мин. разговора.
- ***Заказ:*** телефон вызова, вызываемый пункт, время в минутах.

o *Рассчитать* общее количество телефонов, установленных начиная с заданного года по сегодняшний день. Выдавать по вводимой фамилии абонента номер его телефона. o *Создать таблицу*, которая содержит фамилии задолжников и их телефоны.

Вариант № 5

Исходные данные:

- ***Поставка:*** поставщик, дата поставки, объем поставки.
- ***Игрушки:*** артикул, наименование, цена, нижняя и верхняя возрастные границы.
- ***Чеки: номер чека, дата продажи, сумма.***

- *Определить* стоимость наиболее дорогой игрушки и ее наименование. По введенному значению *A, B* и *X*, выводить названия игрушек, которые по стоимости не превышают *X* и подходят ребенку от *A* до *B* лет. - *Создать таблицу*, которая содержит следующую информацию: наименование игрушек, которые подходят детям от *1* до *3* лет и их цены.

Вариант № 6

Исходные данные:

- ***Студенты:*** фамилия, имя отчество студента; код группы, дата рождения.
- ***Предметы:*** наименование предмета, категория предмета (фундаментальный, профессионально-ориентированный, на выбор), тип аттестации (зачет, экзамен).

Журнал: оценки по 5 экзаменам, признак участия в общественной работе. - *Определить* общее число активистов в списке.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о начислении стипендии студентам заданной группы. Рассчитать размер стипендии по следующему алгоритму: студенту, который получил все оценки «5» и активно принимает участие в общественной работе, назначается повышенная стипендия – доплата 50 %; студенту, который получил «4» и «5», назначается обычная стипендия – ее необходимо задать; студенту, который получил одну оценку «3», но активно занимается общественной работой, также назначается обычная стипендия; другим студентам стипендия не назначается.

Вариант № 7

Исходные данные:

- ***Авторы:*** фамилия, имя отчество, название книги.
- ***Книги:*** год издания, количество экземпляров.
- ***Местоположение:*** шифр книги, номер стеллажа, номер шкафа, номер полки. - *Определить* общее количество книг в коллекции, а также число книг заданного года издания. По заданному автору и названию книги выдать информацию о местонахождении книги. - *Создать таблицу*, которая содержит информацию о книгах за-

данного автора, которые находятся в коллекции.

Вариант № 8

Исходные данные:

- ***Группа:*** факультет, шифр группы, фамилия куратора, должность.
- *Студент*. Фамилия студента, шифр группы, номер зачетной книжки, дата рождения, дата поступления.
- ***Результаты сессии:*** оценки по 5-и экзаменам и результаты сдачи 5 зачетов («З» – зачет, «Н» – незачет). o *Вычислить* средний балл, полученный каждым студентом за-

данной группы, и средний балл этой группы по каждому предмету. Определить общее количество задолженностей (по экзаменам и зачетам в сумме) каждого студента заданной группы и общее число студентов-должников той же группы.

- o *Создать таблицу*, которая содержит сведения о неуспевающих студентах: группу, фамилия и количество задолженностей.

Вариант № 9

Исходные данные:

- ***Рейсы:*** номер рейса, пункт назначения, время вылета, время прибытия, стоимость билета.

Самолеты: шифр самолета, марка, количество посадочных мест, срок службы.

- ***Билеты:*** дата вылета, количество свободных мест в самолете.

Определить: o номера рейсов и время отправления самолетов в заданный го-

род; o по заданному городу и времени отправления наличие свободных мест на рейс; o общее количество рейсов через сутки в заданный город. *Создать таблицу,* которая содержит номера рейсов и время отправления самолетов в заданный город.

Вариант № 10

Исходные данные:

- ***Поставка:*** артикул обуви (артикул начинается с буквы *Ж* – для женской обуви, *М* – для мужской, *Д* – для детской обуви, например: *Д0321*), наименование, объем поставки.
- ***Обувь:*** цвет, стоимость.
- *Наличие*: размер, количество**.**

Определить:

- o стоимость обуви заданного артикула, и какие размеры есть в

наличии; o общее количество пар детской обуви, имеющейся в магазине, и

ее суммарную стоимость.

- *Создать таблицу*, которая содержит информацию обо всех моделях женской обуви.

Вариант № 11

Исходные данные:

- ***Игроки:*** фамилия, имя, отчество, год рождения, название футбольного клуба.
- ***Футбольный клуб:*** название клуба, фамилия директора, фамилия главного тренера.
- ***Результаты:*** шифр игрока, число заброшенных им шайб, число сделанных им голевых передач, заработанное штрафное время. o *Вычислить* общее число шайб, забитых хоккеистами каждой ко-

манды, и суммарное штрафное время. o *Создать таблицу*, которая содержит фамилии шести лучших

игроков, и сумму очков каждого игрока (голы + передачи).

Вариант № 12

Исходные данные:

- ***Студенты:*** фамилия, имя, дата рождения дата поступления.

Выбор дисциплины: код студента, наименование пяти дисциплин (выбираемая дисциплина отмечается символом «*1*», иначе – *пробел*).

- ***Успеваемость:*** средний балл, наличие задолженности.

o *Вычислить* количество слушателей каждой дисциплины. Определить число слушателей заданной дисциплины, у которых средний балл превышает заданный. o *Создать таблицу*, которая содержит фамилию, группу и сред-

ний балл всех слушателей заданной дисциплины. Если число их превысит заданное, то отобрать студентов, которые имеют более высокий средний балл успеваемости.

Вариант № 13

Исходные данные:

- ***Рейсы:*** номер поезда, станция назначения, время отправления, время прибытия, стоимость билета в вагоны каждого вида отдельно.

- ***Поезда:*** количество посадочных мест в купейных вагонах, плацкартных, количество мест в вагоны повышенной комфортности.
- ***Билеты:*** дата отправления, номер поезда, наличие билетов в вагоны каждого вида отдельно.

Определить:

- количество свободных мест в купейные вагоны поезда с заданным номером;
- количество поездов, которые отправляются к заданной станции назначения.

- *Создать таблицу***,** содержащую информацию о поездах, которые отправляются к заданной станции в заданном интервале времени (временной интервал задать двумя значениями, например, *13:00* и *18:30*).

Вариант № 14

Исходные данные:

- ***Сотрудники:*** табельный номер фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу.
- ***Отделы:*** номер отдела, количество сотрудников, фамилия начальника.
- ***Движение по службе***: должность, оклад, тип работы (штатный, совместитель, почасовик).
  - *Рассчитать* стаж работы всех сотрудников; средний стаж работы сотрудников заданного отдела; количество сотрудников с окладом ниже заданного.
  - *Создать таблицу*, которая содержит список сотрудников пенсионного возраста (на сегодняшний день) с указанием стажа работы.
  - *Определить разницу* в стаже работы женщин и мужнин пенсионного возраста.

Вариант № 15

Исходные данные:

- ***Пациенты:*** фамилия, имя, отчество, пол, дата рождения, местожительство (город).
- ***Палата:*** количество мест в палате.
- ***Учет:*** дата поступления, диагноз поступления, уточненный диагноз, дата выписки, если выписался).

Определить: o количество иногородних граждан, прибывших в клинику; o количество пациентов с заданным диагнозом; o количество пациентов пенсионного возраста.

- *Создать таблицу*, которая содержит список пациентов старше заданного возраста с заданным диагнозом.

Вариант № 16

Исходные данные:

- ***Пассажир:*** фамилия, шифр багажа.
- ***Багаж:*** количество вещей, вес.
- ***Учет:*** дата сдачи, время сдачи, номер секции, номер стойки.

Определить: o общий средний вес одной вещи;

o багаж, у которого средний вес одной вещи отличается не больше чем на 0,3 кг от общего среднего веса одной вещи; o количество пассажиров, которые имеют больше 2 вещей. □ *Создать таблицу,* содержащую информацию о багаже, вес которого превышает заданный.

Вариант № 17

Исходные данные:

- ***Компания:*** наименование компании, дата создания компании, фамилия директора, номинал акции.
- ***Курс:*** дата, продажа, покупка.
- ***Учет:*** количество проданных акций, количество купленных акций.

Определить: o среднее количество проданных и купленных акций; o максимальное различие между курсом продажи и покупки акций; o суммарное количество акций, проданных всеми фирмами, и общую сумму, на которую они проданы.

- *Создать таблицу*, которая содержит наименование фирмы и стоимость проданных акций.

Вариант № 18

Исходные данные:

- ***Заказчик:*** фамилия, адрес, телефон.
- ***Ремонт:*** номер заказа, наименование оборудования, вид ремонта, стоимость.
- ***Учет:*** фамилия мастера, дата начала ремонта, дата окончания ремонта.

Определить: o суммарную стоимость всех заказов; o количество заказов на ремонт заданного вида; o минимальная стоимость ремонта.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о продолжительности ремонта заказов, оформленных весной: номер заказа, фамилия заказчика, наименование оборудования, продолжительность заказа.

Вариант № 19

Исходные данные:

- ***Абоненты:*** фамилия, имя, отчество, телефон, дата установки.
- ***Расценки:*** код города, стоимость *1* минуты разговора.
- ***Заказ:*** дата разговора, телефон вызова, вызываемый пункт, продолжительность в минутах. *Определить:* o максимальную стоимость разговора; o суммарную стоимость всех разговоров; o общее количество разговоров в город с заданным кодом. *Создать таблицу*, которая содержит сведения о стоимости разговоров, которые состоялись в интервале между двумя заданными датами.

Вариант № 20

Исходные данные:

- ***Товары:*** шифр товара, наименование товара, категория (*A, B, C*), страна-производитель.
- ***Поставка:*** дата поставки, поставщик (наименование фирмы), объем, оптовая цена.
- ***Учет:*** дата продажи, розничная цена, количество проданного товара.

o По заданному шифру товара выдавать информацию о нем.

Определить: o суммарную прибыль от продажи всех товаров;

- наименование товаров, продаваемых по наивысшей и наиболее низкой цене.

• *Создать таблицу*, которая содержит наименование товара и суммарную выручку.

Вариант № 21

Исходные данные:

• ***Продукция***: номер цеха изготовителя, наименование изделия

• ***Стоимость:*** код изделия, себестоимость

• ***Учет:*** дата изготовления, количество изготовленных изделий, цена.

Определить: o суммарное различие между себестоимостью и ценой всех изго-

товленных изделий; o общее количество изделий, изготовленных до заданной даты; o цену изделия по заданному наименованию.

• *Создать таблицу*, которая содержит сведения о товарах, изготовленных в заданном цехе.

Вариант № 22

Исходные данные:

• ***Рабочие:*** фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу, номер цеха.

• ***Расценки:*** разряд, стоимость одного часа.

• ***Учет:*** дата, количество отработанных часов.

Определить: o среднее количество часов, отработанных за день; o максимальную стоимость одного часа; o по заданной дате количество отработанных часов.

• *Создать таблицу*, которая содержит следующие сведения о работниках заданного цеха: o фамилия работника; o суммарная стоимость отработанного им времени.

Вариант № 23

Исходные данные:

• ***Клиенты:*** фамилия, адрес, телефон**.**

• ***Заказ:*** номер заказа, наименование изделия, фамилия мастера.

• ***Учет:*** дата приема, дата выполнения заказа, стоимость заказа.

Определить: o количество заказов, выполненных мастером с заданной фа-

милией; o стоимость самого дорого

заказа; o среднюю стоимость

заказов.

- *Создать таблицу*, которая содержит фамилию клиента, номер заказа и продолжительность его выполнения.

Вариант № 24

Исходные данные:

- ***Импортеры:*** фирма-импортер, страна, наименование товара.
- ***Поставка:*** шифр товара, объем партии в штуках, стоимость *1* штуки в условных единицах.
- ***Учет:*** дата поставки, дата получения, подтверждение приема партии. *Определить:* o суммарный объем товаров, импортированных заданной страной;

o суммарную стоимость партии товара по заданному шифру; o минимальную стоимость товара.

- *Создать таблицу,* которая содержит сведения о стоимости товаров, импортированных заданной страной. Таблица должна содержать наименование товара и суммарную стоимость партии.

Вариант № 25

Исходные данные:

- ***Рабочие:*** фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу, номер цеха.
- ***Оплата:*** разряд, оплата за изготовление одной качественной детали.
- ***Учет:*** дата, количество изготовленных деталей, количество бракованных деталей. Определить: o общее количество бракованных деталей, изготовленных всеми

мастерами заданного цеха; o сумму штрафа за каждую бракованную деталь, которая состав-

ляет 20 % от оплаты за качественную работу; o фамилию мастера, который изготовил максимальное количе-

ство качественных деталей.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения об оплате труда рабочих. Таблица должна содержать фамилию рабочего, номер цеха и сумму к

выплате с учетом штрафа и налога (налог составляет 15 % от стоимости оплаты).

Вариант № 26

Исходные данные:

- ***Отделение:*** номер отделения, фамилию заведующего, номер корпуса, этаж.
- ***Лечение:*** шифр болезни, продолжительность.
- ***Оплата:*** диагностика, стоимость *1* дня лечения, затраты на лекарство.
- ***Суммарная стоимость:*** отработанного им времени.

Определить:
- по названию болезни затраты на лекарство;
- среднюю стоимость *1* дня лечения;
- рассчитать суммарную стоимость лечения каждой болезни, включая затраты на лекарство.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о стоимости лечения в заданном отделении.

Вариант № 27

Исходные данные:

- ***Книги:*** наименование книги, фамилия автора, издательство, год издания, тираж.
- ***Магазины:*** шифр книги, номер магазина, цена.
- ***Учет продаж:*** код продажи, продано, остаток.

Определить:
- количество проданных книг в заданном магазине;
- суммарную стоимость всех непроданных книг;
- среднюю цену одной книги.

- *Создать таблицу,* которая содержит суммарную стоимость книг, проданных каждым магазином.

Вариант № 28

Исходные данные:

- ***Детали:*** наименование детали, цех-изготовитель
- ***Изготовление:*** шифр материала, шифр детали, затрата материала на *1* деталь.

- ***Учет:*** дата изготовления, количество изготовленных деталей, количество брака.

Определить: o для всех деталей суммарные затраты материала на брак; o количество качественных деталей; o деталь, на которую тратится более всего материала. □

Создать таблицу, которая содержит шифр детали и процент брака.

Вариант № 29

Исходные данные:

- ***Лекарство:*** название лекарства, категория (антибиотик, жаропонижающее, витамины, противовоспалительное, антидепрессант), дата изготовления, дата истечения срока.
- ***Стоимость:*** шифр лекарства, код аптеки, цена за *1* упаковку.
- ***Продажа:*** количество проданных упаковок, остаток.

Определить: o суммарное количество упаковок лекарства, проданных всеми аптеками и принадлежащее заданной категории.

- o стоимость всех непроданных упаковок;
- o среднюю стоимость лекарства.

- *Создать таблицу*, которая содержит информацию о просроченных лекарствах: номер аптеки, название, категория и дату истечения срока.

Вариант № 30

Исходные данные:

- ***Продавцы:*** табельный номер, фамилия, имя, отчество, дата рождения.
- ***Товары:*** шифр товара, тип товара, сложность продажи (средняя, высокая);
- ***Журнал регистрации:*** количество проданных товаров по дням недели (понедельник, вторник, ..., суббота); *Определить:* o общее количество товаров, проданных каждым продавцом; o фамилия продавца, который продал наибольшее число товаров, и определить день, когда он достиг наивысшей производительности труда.
- *Создать таблицу,* которая содержит следующую информацию: фамилия продавца и общее количество товаров, проданное им за неделю.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. *Бекаревич Ю. Б., Пушкина Н. В*. СПб.: БХВ - Петербург, 2016. 464 с. (Самоучитель Microsoft Access 2013).

2. *Гурвиц Г.* Microsoft Access 2013. Разработка приложений на реальном примере:
М., 2012. 258 с.

3. *Одиночкина С. В.* Разработка баз данных в Microsoft Access 2010, НИУ ИТМО, 2012. 81 с.

Дополнительная литература:

1. *Домострой А.* MS Access 2013. Создание базы данных. Урок 1. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=uCenTUX1QcQ

2. *Домострой А.* MS Access 2013. Таблицы. Урок 2. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=VDuyue8ra2Q

3. *Домострой А.* MS Access 2013. Запросы. Урок 3. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=nSIHUvfBy34

4. *Домострой А.* MS Access 2013. Формы. Урок 4. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=54ZZhSYrz8s

5. *Домострой А.* MS Access 2013. Многотабличные формы. Урок 5. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=ou-1q4Q6NjY

6. *Домострой А.* MS Access 2013. Создание отчетов. Урок 6. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=PrH-S8r0nlE

7. *Домострой А.* MS Access 2013. Главная Кнопочная форма Урок 7. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=Ou0HJtzypOU

8. *Макарова Н. В.* Информатика: учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. СПб: Питер, 2011. 576 с.: ил.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Автор: Дружинин А.В., доцент, канд. техн. наук

Одобрены на заседании кафедры

Информатики
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Дружинин А.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 16.09.2021
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

Факультета геологии и геофизики
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол №2 от 07.10.2021
(Дата)

Екатеринбург

Оглавление

ЧАСТЬ I. ПОНЯТИЕ ППП.....3
Тема 1.1 Введение в предмет. Понятие ППП.....4
Тема 1.2 Структура и основные компоненты ППП.....10
Тема 1.3 Эволюция ППП. Примеры современных ППП.....13
ЧАСТЬ II. ППП MS OFFICE.....22
Тема 2.1 Структура и состав MS Office. Основные приложения 23
Тема 2.2 Введение в офисное программирование.....29
Тема 2.3 Макросы. Использование макрорекордера.....34
Тема 2.4 Среда разработки
VBA.....38

ЧАСТЬ I. ПОНЯТИЕ ППП
ТЕМА 1.1 ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ. ПОНЯТИЕ ППП

Цели и задачи дисциплины

- Изучение основных принципов, используемых в разработке интегрированных программных продуктов.
- Изучение структуры, состава и назначения компонентов интегрированного ПО, а также средств организации взаимодействия между компонентами и инструментальных средств расширения функциональности.
- Формирование навыков работы со средствами автоматизации решения прикладных задач.
- Формирование навыков использования встроенных средств разработки.
- Требования к уровню освоения дисциплины
- В результате изучения дисциплины студенты должны:
- знать принципы построения прикладных информационных систем
- уметь использовать современные программные средства для обработки разнородной информации;
- уметь автоматизировать процесс решения прикладных задач с помощью встроенных языков программирования;
- иметь представление о современном состоянии и тенденциях развития рынка прикладного ПО.

Основные понятия и определения

Информационная система (ИС) - организационно упорядоченная совокупность документов (массивов документов) и информационных технологий, в том числе с использованием средств вычислительной техники и связи, реализующих информационные процессы. Информационные системы предназначены для хранения, обработки, поиска, распространения, передачи и представления информации.

Автоматизированная (информационная) система (АС) - совокупность программных и аппаратных средств, предназначенных для хранения и/или управления данными и ин-

формацией и производства вычислений и управляемая человеком-оператором (в этом главное отличие автоматизированной системы от автоматической).

Многоуровневое представление ИС - модель представления информационной системы в виде совокупности взаимосвязанных уровней, разделенных по функциональному назначению (рис. 1).



Рис. 1. Многоуровневое представление информационных систем.

Аппаратное обеспечение ИС - комплекс электронных, электрических и механических устройств, входящих в состав информационной системы или сети.

Программное обеспечение (ПО) — совокупность программ и данных, предназначенных для решения определенного круга задач и хранящиеся на машинных носителях.

Программа — последовательность формализованных инструкций, представляющих алгоритм решения некоторой задачи и предназначенная для исполнения устройством управления вычислительной машины. Инструкции программы записываются при помощи машинного кода или специальных языков программирования. В зависимости от контекста термин «программа» может относится к исходным текстам, при помощи которых записывается алгоритм, или к исполняемому машинному коду.

Программист - специалист, занимающийся разработкой и проверкой программ. Различают системных и прикладных программистов.

Пользователь - человек, принимающий участие в управлении объектами и система ми некоторой предметной области и являющийся составным элементом автоматизированной системы.

Прикладное программное обеспечение - программное обеспечение, ориентированное на конечного пользователя и предназначенное для решения пользовательских задач.
Прикладное ПО состоит из:

- отдельных прикладных программ и пакетов прикладных программ, предназначенных для решения различных задач пользователей;
- автоматизированных систем, созданных на основе этих пакетов.

Пакет прикладных программ - комплект программ, предназначенных для решения задач из определенной проблемной области. Обычно применение пакета прикладных программ предполагает наличие специальной документации: лицензионного свидетельства, паспорта, инструкции пользователя и т.п.

Классификация программного обеспечения

Любая классификация подразумевает выбор некоторого группировочного признака (или нескольких), на основании которого и производится отнесение объектов к тому или иному классу. Так, при классификации программного обеспечения по способу распространения можно выделить следующие категории список не полный):

- Commercial Software - коммерческое (с ограниченными лицензией возможностями на использование), разрабатываемое для получения прибыли.
- Freeware - свободное ПО, распространяемое без ограничений на использование, модификацию и распространение.
- Shareware - условно-бесплатное ПО, с частичными ограничениями при работе в ознакомительном режиме (например, определенное количество запусков программы).
- Abandonware - «заброшенное» ПО, поддержка которого непосредственным разработчиком прекращена, но продолжается третьими лицами (например, партнерами или энтузиастами).
- Adware - ПО, в код которого включены рекламные материалы. Такое ПО распространяется бесплатно, но для отключения рекламных блоков необходима оплата.
- Careware - «благотворительное» ПО, оплату за которое разработчик (или распро странитель) просит переводить на благотворительные нужды.

При классификации программного обеспечения по назначению в качестве критерия используют уровень представления ИС, на который ориентирована та или иная программа.
Соответственно выделяют следующие классы ПО:

1. Системное ПО - решает задачи общего управления и поддержания работоспособности системы в целом. К этому классу относят операционные системы, менеджеры загрузки, драйверы устройств, программные кодеки, утилиты и программные средства защиты информации.
2. Инструментальное ПО включает средства разработки (трансляторы, отладчики, интегрированные среды, различные SDK и т.п.) и системы управления базами данных (СУБД).
3. Прикладное ПО - предназначено для решения прикладных задач конечными пользователями.

Прикладное ПО - самый обширный класс программ, в рамках которого возможна дальнейшая классификация, например, по предметным областям. В этом случае группировочным признаком является класс задач, решаемых программой. Приведем несколько примеров:

- Офисные приложения - предназначены для автоматизации офисной деятельности (текстовые редакторы и процессоры, электронные таблицы, редакторы презентаций и т.п.)
- Корпоративные информационные системы - бухгалтерские программы, системы корпоративного управления, системы управления проектами (Project Management), инструменты автоматизации документооборота (EDM-системы) и управления архивами документов (DWM-системы)
- Системы проектирования и производства - системы автоматизированного проектирования (САПР, CAD/CAM-системы), системы управления технологическими (SCADA) и производственными (MES) процессами
- Научное ПО - системы математического и статистического расчета, анализа и моделирования
- Геоинформационные системы (ГИС)
- Системы поддержки принятия решений (СППР)
- Клиенты доступа к сетевым сервисам (электронная почта, веб-браузеры, передача сообщений, чат-каналы, клиенты файлообменных сетей и т.п.)
- Мультимедийное ПО - компьютерные игры, средства просмотра и редактирования аудио- и видеоинформации, графические редакторы и вьюеры, анимационные редакторы и т.п.

С точки зрения конечного пользователя такая классификация оправданна и наглядна, для разработчика же более значимым фактором является структура прикладной программы, в общем случае состоящей из нескольких компонентов. Назначение этих компонентов, связи между ними и способность к взаимодействию определяют интеграцию прикладного ПО. Чем теснее связаны программные компоненты, тем выше степень интеграции.

В зависимости от степени интеграции многочисленные прикладные программные средства можно классифицировать следующим образом[1]:

1. отдельные прикладные программы;
2. библиотеки прикладных программ;
3. пакеты прикладных программ;
4. интегрированные программные системы.

Отдельная прикладная программа пишется, как правило, на некотором высокоуровневом языке программирования (Pascal, Basic и т.п.) и предназначается для решения конкретной прикладной задачи. Такая программа может быть реализована в виде набора модулей, каждый из которых выполняет некоторую самостоятельную функцию (например, модуль пользовательского интерфейса, модуль обработки ошибок, модуль печати и т.п.).
При этом доступ к функциям модулей из внешних программ невозможен.

Библиотека представляет собой набор отдельных программ, каждая из которых решает некоторую прикладную задачу или выполняет определенные вспомогательные функции (управление памятью, обмен с внешними устройствами и т.п.). Библиотеки программ зарекомендовали себя эффективным средством решения вычислительных задач. Они интенсивно используются при решении научных и инженерных задач с помощью ЭВМ.
Условно их можно разделить на библиотеки общего назначения и специализированные библиотеки.

Пакет прикладных программ (ППП) - это комплекс взаимосвязанных программ, ориентированный на решение определенного класса задач. Формально такое определение не исключает из числа пакетов и библиотеки программ, однако у ППП, как отдельной категории, есть ряд особенностей, среди которых: ориентация на решение классов задач, унифицированный интерфейс, наличие языковых средств.

[1] Следует отметить отсутствие безусловных границ между перечисленными формами прикладного программного обеспечения

Интегрированная программная система - это комплекс программ, элементами которого являются различные пакеты и библиотеки программ. Примером служат системы автоматизированного проектирования, имеющие в своем составе несколько ППП различного назначения. Часто в подобной системе решаются задачи, относящиеся к различным классам или даже к различным предметным областям.

Понятие пакета прикладных программ

Итак, пакет прикладных программ (ППП) – это комплекс взаимосвязанных программ для решения определенного класса задач из конкретной предметной области. На текущем этапе развития информационных технологий именно ППП являются наиболее востребованным видом прикладного ПО. Это связано с упомянутыми ранее особенностями ППП. Рассмотрим их подробней:

- Ориентация на решение класса задач. Одной из главных особенностей является ориентация ППП не на отдельную задачу, а на некоторый класс задач, в том числе и специфичных, из определенной предметной области. Так, например, офисные пакеты ориентированы на офисную деятельность, одна из задач которой - подготовка документов (в общем случае включающих не только текстовую информацию, но и таблицы, диаграммы, изображения). Следовательно, офисный пакет должен реализовывать функции обработки текста, представлять средства обработки табличной информации, средства построения диаграмм разного вида и первичные средства редактирования растровой и векторной графики.
- Наличие языковых средств. Другой особенностью ППП является наличие в его составе специализированных языковых средств, позволяющих расширить число задач, решаемых пакетом или адаптировать пакет под конкретные нужды. Пакет может представлять поддержку нескольких входных языков, поддерживающих различные парадигмы. Поддерживаемые языки могут быть использованы для формализации исходной задачи, описания алгоритма решения и начальных данных, организации доступа к внешним источникам данных, разработки программных модулей, описания модели предметной области, управления процессом решения в диалоговом режиме и других целей. Примерами входных языков ППП являются VBA в пакете MS Office, AutoLISP/VisualLISP в Autodesk AutoCAD, StarBasic в OpenOffice.org

- Единообразие работы с компонентами пакета. Еще одна особенность ППП состоит в наличии специальных системных средств, обеспечивавших унифицированную работу с компонентами. К их числу относятся специализированные банки данных, средства информационного обеспечения, средства взаимодействия пакета с операционной системой, типовой пользовательский интерфейс и т.п.
-

ТЕМА 1.2 СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ППП

Несмотря на разнообразие конкретных пакетных разработок, их обобщенную внутреннюю структуру можно представить в виде трех взаимосвязанных элементов1 (рис. 2):

1. входной язык (макроязык, язык управления) - представляет средство общения пользователя с пакетом;
2. предметное обеспечение (функциональное наполнение) - реализует особенности конкретной предметной области;
3. системное обеспечение (системное наполнение) - представляет низкоуровневые средства, например, доступ к функциям операционной системы.

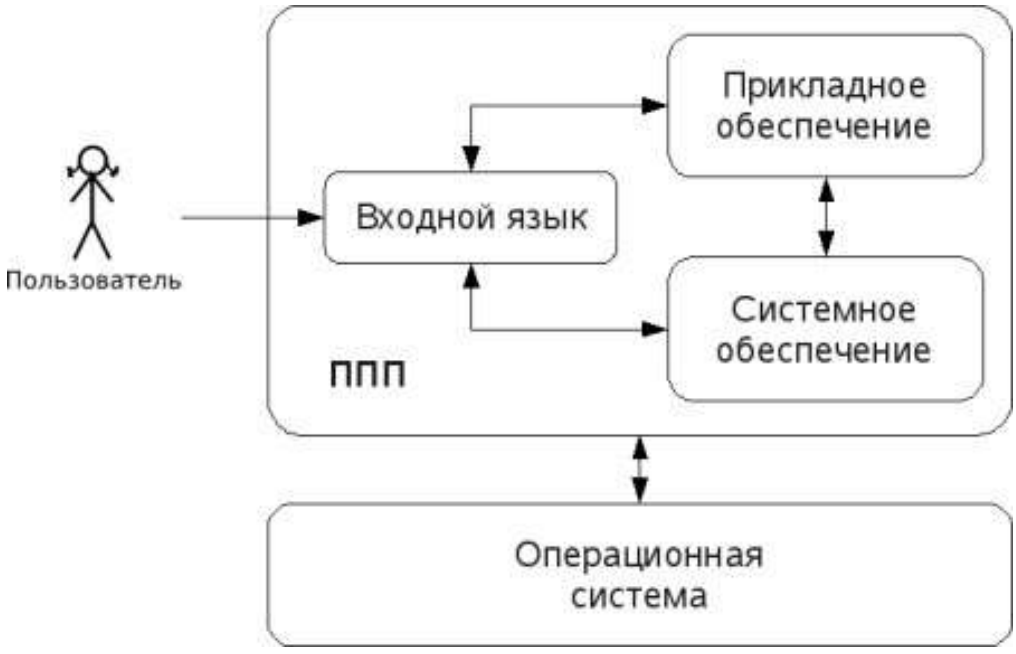


Рис. 2. Структура ППП.

Входной язык - основной инструмент при работе пользователя с пакетом прикладных программ. В качестве входного языка могут использоваться как универсальные (Pascal, Basic и

т.п.), так и специализированные, проблемно-ориентированные языки программирования (Cobol - для бизнес-приложений, Lisp - списочные структуры данных, Fortran и MathLAB - математические задачи и т.п.).

Развитый пакет может обладать несколькими входными языками, предназначенными для выполнения различных функций в рамках решаемого класса задач. Так, например, в пакете OpenOffice.org поддерживаются языки StarBasic, Python, JavaScript и Java. StarBasic является основным входным языком, предназначенным для автоматизации работы с пакетом, для этого языка имеется интегрированная среда разработки и встроенный отладчик. Скрипты на языках Python и JavaScript загружаются и исполняются из внешних файлов. На Java (через SDK и функции API OpenOffice) можно создавать модули расширения и полнофункциональные приложения-компоненты.

Входные языки отражают объем и качество предоставляемых пакетом возможностей, а также удобство их использования. Таким образом, именно входной язык является основным показателем возможностей ППП. Однако стоит отметить, что в современных пакетах обращение пользователя к языковым средствам обычно происходит косвенно, через графический интерфейс.

Предметное обеспечение отражает особенности решаемого класса задач из конкретной предметной области и включает:

- программные модули, реализующие алгоритмы (или их отдельные фрагменты) прикладных задач;
- средства сборки программ из отдельных модулей.

Наиболее распространено в настоящее время оформление программных модулей в виде библиотек, подключаемых статически или динамически. В зависимости от использованного разработчиками подхода к проектированию и реализации ППП такие библиотеки содержат встроенные классы и описания их интерфейсов (при использовании объектно-ориентированного программирования). При использовании парадигмы структурного программирования в библиотечных модулях содержатся процедуры и функции, предназначенные для решения некоторых самостоятельных задач. В обоих случаях библиотеки связаны с другими модулями пакета лишь входной и выходной информацией.

Системное обеспечение представляет собой совокупность низкоуровневых средств (программы, файлы, таблицы и т.д.), обеспечивающих определенную дисциплину работы

пользователя при решении прикладных задач и формирующих окружение пакета. К системному обеспечению ППП относят следующие компоненты:

- монитор - программа, управляющая взаимодействием всех компонентов ППП;
- транслятор(ы) с входных языков - для ППП характерно использование интерпретируемых языков;
- средства доступа к данным - драйверы баз данных и/или компоненты, представляющие доступ через унифицированные интерфейсы (ODBC, JDBC, ADO, BDE и т.п.);
- информационно-справочный модуль - предоставляет функции поддержки, среди которых информационные сообщения, встроенная справочная системы и т.п.

различные служебные программы, выполняющие низкоуровневые операции (автосохранение, синхронизация совместно используемых файлов и т.д.)

Приведенная логическая структура ППП достаточна условна и в конкретном ППП может отсутствовать четкое разделение программ на предметное и системное обеспечение. Например, программа планирования вычислений, относящаяся к прикладному обеспечению, может одновременно выполнять и ряд служебных функций (информационное обеспечение, связь с операционной системой и т.п.).

Кроме того, одни и те же программы в одном пакете могут относиться к предметному обеспечению, а в другом - к системному. Так, программы построения диаграмм в рамках специализированного пакета машинной графики естественно отнести к предметному обеспечению. Однако те же программы следует считать вспомогательными и относящимися к системному обеспечению, например, в пакете решения вычислительных задач.

ТЕМА 1.3 ЭВОЛЮЦИЯ ППП. ПРИМЕРЫ СОВРЕМЕННЫХ ППП

Этапы развития ППП

Первые ППП представляли собой простые тематические подборки программ для решения отдельных задач в той или иной прикладной области, обращение к ним выполнялось с помощью средств оболочки ОС или из других программ. Современный пакет является сложной программной системой, включающей специализированные системные и языковые средства. В относительно короткой истории развития вычислительных ППП можно выделить *4 основных поколения* (класса) пакетов. Каждый из этих: классов характеризуется определенными

особенностями входящих состав ППП компонентов - входных языков, предметного и системного обеспечения.

Первое поколение

В качестве входных языков ППП первого поколения использовались универсальные языки программирования (Фортран, Алгол-60 и т.п.) или языки управления заданиями соответствующих операционных систем. Проблемная ориентация входных языков достигалась за счет соответствующей мнемоники в идентификаторах. Составление заданий на таком языке практически не отличалось от написания программ на алгоритмическом языке.

Предметное обеспечение первых ППП, как правило, было организовано в форме библиотек программ, т.е. в виде наборов (пакетов) независимых программ на некотором базовом языке программирования (отсюда впервые возник и сам термин «пакет»). Такие ППП иногда называют *пакетами библиотечного типа*, или *пакетами простой структуры*.

В качестве системного обеспечения пакетов первого поколения обычно использовались штатные компоненты программного обеспечения ЭВМ: компиляторы с алгоритмических языков, редакторы текстов, средства организации библиотек программ, архивные системы и т.д. Эти пакеты не требовали сколько-нибудь развитой системной поддержки, и для их функционирования вполне хватало указанных системных средств общего назначения. В большинстве случаев разработчиками таких пакетов были прикладные программисты, которые пытались приспособить универсальные языки программирования к своим нуждам.

Второе поколение

Разработка ППП второго поколения осуществлялась уже с участием системных программистов. Это привело к появлению специализированных входных языков на базе универсальных языков программирования. Проблемная ориентация таких языков достигалась не только за счет использования определенной мнемоники, но также применением соответствующих языковых конструкций, которые упрощали формулировку задачи и делали ее более наглядной. Транслятор с такого языка представлял собой препроцессор (чаще всего макропроцессор) к транслятору соответствующего алгоритмического языка.

В качестве модулей в пакетах этого класса стали использоваться не только программные единицы (т.е. законченные программы на том или ином языке программирования), но и такие объекты, как последовательность операторов языка программирования, совокупность данных, схема счета и др.

Существенные изменения претерпели также принципы организации системного обеспечения ППП. В достаточно развитых пакетах второго поколения уже можно выделить элементы системного обеспечения, характерные для современных пакетов: монитор, трансляторы с входных языков, специализированные банки данных, средства описания модели предметной области и планирования вычислений и др.

Третье поколение

Третий этап развития ППП характеризуется появлением самостоятельных входных языков, ориентированных на пользователей-непрограммистов. Особое внимание в таких ППП уделяется системным компонентам, обеспечивающим простоту и удобство. Это достигается главным образом за счет специализации входных языков и включения в состав пакета средств автоматизированного планирования вычислений.

Четвертое поколение

Четвертый этап характеризуется созданием ППП, эксплуатируемых в интерактивном режиме работы. Основным преимуществом диалогового взаимодействия с ЭВМ является возможность активной обратной связи с пользователем в процессе постановки задачи, ее решения и анализа полученных результатов. Появление и интенсивное развитие различных форм диалогового общения обусловлено прежде всего прогрессом в области технических средств (графическая подсистема ЭВМ и средства мультимедиа, сетевые средства). Развитие аппаратного обеспечения повлекло за собой создание разнообразных программных средств поддержки диалогового режима работы (диалоговые операционные системы, диалоговые пакеты программ различного назначения и т. д.).

Прикладная система состоит из *диалогового монитора* - набора универсальных программ, обеспечивающих ведение диалога и обмен данными, и базы знаний об области. Информация о структуре, целях и форма диалога задает сценарий, в соответствии с который монитор управляет ходом диалога. Носителями процедурных знаний о предметной области являются прикладные модули, реализующие функции собственной системы. Таким образом, создание прикладной системы сводится к настройке диалогового монитора на конкретный диалог, путем заполнения базы знаний. При этом программировать в традиционном смысле этого слова приходится лишь прикладные модули, знания о диалоге вводятся в систему с помощью набора соответствующих средств - редактора сценариев. Логично требовать, чтобы редактор сценариев также представлял собой диалоговую программу, отвечавшую

рассмотренным выше требованиям. Благодаря готовому универсальному монитору программист может сосредоточиться на решении чисто прикладных задач, выделение же знаний о диалоге в сценарий обеспечивает в значительной степени необходимая гибкость программного продукта.

Большое внимание в настоящее время уделяется проблеме создания *«интеллектуальных ППП»*. Такой пакет позволяет конечному пользователю лишь сформулировать свою задачу в содержательных терминах, не указывая алгоритма ее решения. Синтез решения и сборка целевой программы производятся автоматически. При этом детали вычислений скрыты от пользователя, и компьютер становится интеллектуальным партнером человека, способным понимать его задачи. Предметное обеспечение подобного ППП представляет собой некоторую базу знаний, содержащую как процедурные, так и описательные знания. Такой способ решения иногда называют концептуальным программированием, характерными особенностями которого является программирование в терминах предметной области использование ЭВМ уже на этапе постановки задач, автоматический синтез программ решения задачи, накопление знаний о решаемых задачах в базе знаний.

Краткий обзор некоторых ППП

Для иллюстрации ранее рассмотренных материалов приведем несколько примеров современных пакетов прикладных программ из различных предметных областей. Учитывая, что постоянно появляются новые версии программных продуктов, здесь будут рассматриваться не возможности конкретных версий, а лишь основные структурные компоненты, входящие в состав того или иного пакета.

Autodesk AutoCAD

Основное назначение ППП AutoCAD - создание чертежей и проектной документации. Современные версии этого пакета представляют существенно большие возможности, среди которых построение трехмерных твердотельных моделей, инженерно-технические расчеты и многое другое.

Первые версии системы AutoCAD, разрабатываемой американской фирмой Autodesk, появились еще в начале 80-х годов двадцатого века, и сразу же привлекли к себе внимание своим оригинальным оформлением и удобством для пользователя. Постоянное развитие системы, учет замечаний, интеграция с новыми продуктами других ведущих фирм сделали

AutoCAD мировым лидером на рынке программного обеспечения для автоматизированного проектирования.

Языковые средства

В основе языковых средств ППП AutoCAD - технология Visual LISP, базирующаяся на языке AutoLISP (подмножество языка LISP) и используемая для создания приложений и управления в AutoCAD. Visual LISP представляет полное окружение, включающее:

- Интегрированную среду разработки, облегчающую написание, отладку и сопровождение приложений на AutoLISP
- Доступ к объектам ActiveX и обработчикам событий
- Защиту исходного кода
- Доступ к файловым функциям операционной системы
- Расширенные функции языка LISP для обработки списочных структур данных.

Для разработчиков совместимых приложений в AutoCAD включена поддержка ObjectARX. Это программное окружение представляет объектно-ориентированный интерфейс для приложений на языках C++, C# и VB.NET и обеспечивает прямой доступ к структурам БД, графической подсистеме и встроенным командам пакета.

Кроме того, в AutoCAD имеется поддержка языка Visual Basic for Applications (VBA), что позволяет использовать этот пакет совместно с другими приложениями, в частности, из семейства Microsoft Office.

Предметное обеспечение

К предметному обеспечению пакета в первую очередь относятся функции построения примитивов - различных элементов чертежа. Простые примитивы - это такие объекты как точка, отрезок, круг (окружность) и т.д. К сложным примитивам относятся: полилиния, мультилиния, мультитекст (многострочный текст), размер, выноска, допуск, штриховка, вхождение блока или внешней ссылки, атрибут, растровое изображение. Кроме того, есть пространственные примитивы, видовые экраны и пр. Операции построения *большей части* примитивов могут быть выполнены через пользовательский интерфейс, *все* - через команды языка.

Высокоуровневые средства представлены расширениями и приложениями AutoCAD для конкретных предметных областей. Например в машиностроении используется Autodesk

Mechanical Desktop - предназначенный для сложного трехмерного моделирования, в том числе валов и пружин. Для проектирования деталей из листовых материалов предназначена система Copra Sheet Metal Bender Desktop (разработчик - Data-M Software GmbH). Моделирование динамики работы механизмов может выполняться в системе Dynamic Designer (Mechanical Dynamics). В числе известных архитектурных и строительных приложений можно отметить системы АРКО (АПИО-Центр), СПДС GraphiCS (Consistent Software), ArchiCAD. Для проектирования промышленных объектов может использоваться система PLANT-4D (CEA Technology). Это лишь некоторые из областей использования AutoCAD.

Системное обеспечение

Среди системного обеспечения следует отметить основной формат файлов AutoCAD .dwg, который стал стандартом «де факто» для прочих САПР.

К системному же обеспечению относятся типовые и специализированные библиотеки деталей и шаблонов, использование которых позволяет существенно ускорить процесс проектирования. Здесь же упомянем требования отраслевых и государственных стандартов, которым должны соответствовать чертежи и спецификации.

Конфигурация и настройки различных режимов AutoCAD устанавливаются через т.н. системные переменные. Изменяя их значения можно задавать пути к файлам, точность вычислений, формат вывода и многое другое.

Adobe Flash

Adobe (ранее Macromedia) Flash - это технология и инструментарий разработки интерактивного содержания с большими функциональными возможностями для цифровых, веб- и мобильных платформ. Она позволяет создавать компактные, масштабируемые анимированные приложения (ролики), которые можно использовать как отдельно, так и встраивая в различное окружение (в частности, в веб-страницы). Эти возможности обеспечиваются следующими компонентами технологии: языком Action Script, векторным форматом .swf и видеоформатом .flv, всевозможными flash-плейерами для просмотра и редакторами для создания.

Рассмотрим интегрированную среду Adobe Flash как основное средство создания flash-приложений. При этом отметим, что языковые и системные средства относятся не только к этому пакету, а к технологии в целом.

Язык ActionScript

ActionScript — объектно-ориентированный язык программирования, который добавляет интерактивность, обработку данных и многое другое в содержимое Flash-приложений. Синтаксис ActionScript основан на спецификации ECMAScript (сюда же относятся языки JavaScript и JScript). Библиотека классов ActionScript, написанная на C++, представляет доступ к графическим примитивам, фильтрам, принтерам, геометрическим функциям и пр.

ActionScript как язык появился с выходом 5 версии Adobe (тогда еще Macromedia) Flash, которая стала первой программируемой на ActionScript средой. Первый релиз языка назывался ActionScript 1.0. Flash 6 (MX). В 2004 году Macromedia представила новую версию ActionScript 2.0 вместе с выходом Flash 7 (MX 2004), в которой было введено строгое определение типов, основанное на классах программирование: наследование, интерфейсы и т. д. Также Macromedia была выпущена модификация языка Flash Lite для программирования под мобильные телефоны. ActionScript 2.0 является не более чем надстройкой над ActionScript 1.0, то есть на этапе компиляции ActionScript 2.0 осуществляет некую проверку и превращает классы, методы ActionScript 2.0 в прежние прототипы и функции ActionScript 1.0.

В 2005 году вышел ActionScript 3.0 в среде программирования Adobe Flex, а позже в Adobe Flash 9.

ActionScript 3.0 (текущая версия на момент подготовки этого материала) представляет, по сравнению с ActionScript 2.0 качественное изменение, он использует новую виртуальную машину AVM 2.0 и дает взамен прежнего формального синтаксиса классов настоящее классовое (class-based) Объектно-ориентированное программирование. ActionScript 3.0 существенно производительней предыдущих версий и по скорости приблизился к таким языкам программирования, как Java и C++.

С помощью ActionScript можно создавать интерактивные мультимедиа-приложения, игры, веб-сайты и многое другое.

Системное обеспечение

ActionScript исполняется виртуальной машиной (ActionScript Virtual Machine), которая является составной частью Flash Player. ActionScript компилируется в байткод, который включается в SWF-файл.

SWF-файлы исполняются Flash Player-ом. Flash Player существует в виде плагина к веб-браузеру, а также как самостоятельное исполняемое приложение. Во втором случае возможно создание исполняемых exe-файлов, когда swf-файл включается во Flash Player.

Для создания и просмотра видеофайлов в формате flv используются программные кодеки, поддерживающие этот формат.

Прикладное обеспечение

К прикладному обеспечению в рамках технологии Flash относятся средства создания роликов в форматах .swf, .flv и .exe. Основным инструментом является среда среда Adode Flash, включающая различные средства для создания и редактирования мультимедийного содержания, в т.ч. видео- и аудиофайлов, интегрированную среду разработки на ActionScript и множество дополнительных функций упрощения процесса создания роликов.

Пакет MatLab

MatLab (сокращение от англ. «Matrix Laboratory») — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений, и язык программирования, используемый в этом пакете. По данным фирмы-разработчика, более 1000000 инженерных и научных работников используют этот пакет, который работает на большинстве современных операционных систем, включая GNU/Linux, Mac OS, Solaris и Microsoft Windows.

Язык MatLab

MATLAB как язык программирования был разработан Кливом Моулером (англ. Cleve Moler) в конце 1970-х годов. Целью разработки служила задача использования программных математических библиотек Linpack и EISPACK без необходимости изучения языка Фортран. Акцент был сделан на матричные алгоритмы.

Программы, написанные на MATLAB, бывают двух типов — функции и скрипты. Функции имеют входные и выходные аргументы, а также собственное рабочее пространство для хранения промежуточных результатов вычислений и переменных. Скрипты же используют общее рабочее пространство. Как скрипты, так и функции не компилируются в машинный код, а сохраняются в виде текстовых файлов. Существует также возможность сохранять так называемые pre-parsed программы — функции и скрипты, приведенные в вид, удобный для машинного исполнения и, как следствие, более быстрые по сравнению с обычными.

Системное обеспечение

Язык MATLAB является высокоуровневым интерпретируемым языком программирования, включающим основанные на матрицах структуры данных, широкий спектр функций, интегрированную среду разработки, объектно-ориентированные возможности и интерфейсы к программам, написанным на других языках программирования. Имеются интерфейсы для получения доступа к внешним данным, клиентам и серверам, общающимся через технологии Component Object Model (COM) или Dynamic Data Exchange (DDE), а также периферийным устройствам, которые взаимодействуют напрямую с MATLAB. Многие из этих возможностей известны под названием MATLAB API.

Встроенная среда разработки позволяет создавать графические интерфейсы пользователя с различными элементами управления, такими как кнопки, поля ввода и другими. С помощью компонента MATLAB Compiler эти графические интерфейсы могут быть преобразованы в самостоятельные приложения.

Для MATLAB имеется возможность создавать специальные наборы инструментов (англ. toolbox), расширяющие его функциональность. Наборы инструментов представляют собой коллекции функций, написанных на языке MATLAB для решения определенного класса задач.

Прикладное обеспечение

MATLAB предоставляет удобные средства для разработки алгоритмов, включая высокоуровневые с использованием концепций объектно-ориентированного программирования. В нем имеются все необходимые средства интегрированной среды разработки, включая отладчик и профайлер.

MATLAB предоставляет пользователю большое количество (несколько сотен) функций для анализа данных, покрывающие практически все области математики, в частности:

- Матрицы и линейная алгебра — алгебра матриц, линейные уравнения, собственные значения и вектора, сингулярности, факторизация матриц и другие.
- Многочлены и интерполяция — корни многочленов, операции над многочленами и их дифференцирование, интерполяция и экстраполяция кривых и другие.
- Математическая статистика и анализ данных — статистические функции, статистическая регрессия, цифровая фильтрация, быстрое преобразование Фурье и другие.

- Обработка данных — набор специальных функций, включая построение графиков, оптимизацию, поиск нулей, численное интегрирование (в квадратурах) и другие.
- Дифференциальные уравнения — решение дифференциальных и дифференциально-алгебраических уравнений, дифференциальных уравнений с запаздыванием, уравнений с ограничениями, уравнений в частных производных и другие.
- Разреженные матрицы — специальный класс данных пакета MATLAB, использующийся в специализированных приложениях.

В составе пакета имеется большое количество функций для построения графиков, в том числе трехмерных, визуального анализа данных и создания анимированных роликов, функции для создания алгоритмов для микроконтроллеров и других приложений.

ЧАСТЬ II. ППП MS OFFICE

ТЕМА 2.1 СТРУКТУРА И СОСТАВ MS OFFICE. ОСНОВНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Структура MS Office и назначение компонентов

ППП Microsoft Office - это совокупность программных средств автоматизации офисной деятельности. В состав пакета входит множество приложений, каждое из которых предназначено для выполнения определенных функций и может быть использовано автономно и независимо от остальных. Весь набор офисных приложений можно разделить на *основные* и *дополнительные*.

Основные компоненты Microsoft Office

Список и назначение основных компонентов, входящих в состав Microsoft Office приведен в таб. 1.

Таблица 1. Основные компоненты Microsoft Office

Название приложения	Функциональное назначение приложения
Microsoft Word	Текстовый процессор
Microsoft Excel	Табличный процессор
Microsoft PowerPoint	Система подготовки презентаций
Outlook	Система управления персональной информацией

Microsoft Access	Система управления базами данных
Microsoft Binder	Система управления подшивками
Microsoft FrontPage	Система управления Web-узлами
Microsoft PhotoDraw	Графический редактор
Microsoft Publisher	Настольная издательская система
Microsoft Project	Система управления проектами
Microsoft Team Manager	Система управления персоналом

Дополнительные компоненты MS Office

Кроме основных компонентов, в семейство Microsoft Office входит большое количество вспомогательных приложений, которые устанавливаются (или не устанавливаются) вместе с основными. Ими можно воспользоваться из основных приложений или вызвать независимо. В таб. 2 перечислены некоторые из вспомогательных приложений.

Таблица 2. Некоторые вспомогательные приложения Microsoft Office

Название приложения	**Функциональное назначение приложения**
Microsoft Query	Интерпретатор запросов к внешним базам данных
Microsoft Organization Chart	Программа рисования блок-схем
Microsoft WordArt	Программа создания фигурных текстов
Microsoft Equation	Редактор математических формул
Microsoft Map	Программа отображения данных на географических картах
Microsoft Graph	Программа построения диаграмм
Microsoft Photo Editor	Графический редактор
Microsoft Draw	Средство рисования
Microsoft Find Fast	Служба индексации документов
Microsoft Extended Finder	Средство поиска документов в папках файловой системы и электронной почты
Microsoft Script Editor	Редактор сценариев
Microsoft ClipArt	Коллекция картинок и клипов

Панель Microsoft Office	Средство быстрого доступа к приложениям Office

Кроме основных и вспомогательных приложений, могут быть установлены и использованы различные расширения (надстройки). Их можно условно разделить на три группы:

1. *Самостоятельные приложения*, разработанные фирмой Microsoft, которые являются компонентами семейства Microsoft Office, но формально не входят в состав пакета. Примерами являются приложения Microsoft Project и Microsoft Team Manager.
2. *Надстройки* над компонентами Microsoft Office, разработанные фирмой Microsoft и представляющие собой дополнительные функции. Как правило, надстройки оформляются не в виде готовых к выполнению программ, а в виде документов специального типа: шаблонов, рабочих книг, библиотек динамической компоновки (DLL) и т.п.
3. *Приложения третьих фирм*, разработанные для пользователей Microsoft Office. В этот класс попадают как продукты сторонних фирм, так и собственные разработки пользователей. Сюда можно отнести средства распознавания текстов (OCR), автоматического перевода текста, средства управления большими массивами документов (перечисленные задачи не реализованы или слабо развиты в самом пакете MS
   Office).

Приведенный перечень основных компонентов носит условный характер, поскольку состав пакета зависит от следующих факторов:

1. *Устанавливаемый комплект (или редакция) пакета*. Пакет выпускается в нескольких редакциях, и состав приложений в разных редакциях различен.
2. *Источник установки. Установка* может быть выполнена с компакт-диска или с сетевого сервера. Наборы файлов, которые устанавливаются на компьютер, существенно различаются.
3. *Операционная система*. Microsoft Office может работать под управлением различных ОС: MS Windows и Mac OS. Эти операционные системы могут иметь разные версии и модификации, что также влияет на состав устанавливаемых компонентов.

4. *Наличие на компьютере в момент установки предшествующих версий*. Некоторые компоненты старых версий автоматически включаются в состав обновляемой версии Microsoft Office (если они уже установлены на компьютере).
5. *Параметры, заданные при установке*. В случае так называемой выборочной (т.е. по выбору пользователя) установки, можно указать несколько десятков независимых параметров, влияющих на состав пакета.

Несмотря на большое число различных приложений в составе пакета, все они в совокупности образуют единое целое. Для каждого из приложений MS Office характерно наличие следующих отличительных признаков:

1. совместимость по данным;
2. унифицированный интерфейс;
3. единые средства программирования.

Документы Microsoft Office

Единица данных самого верхнего уровня структуризации в Microsoft Office называется **документом**.

Документы классифицируются по типам в зависимости от того, какого сорта информация в них хранится. Как правило, документы разных типов обрабатываются разными приложениями Microsoft Office. Основные типы документов, с которыми работают программы Microsoft Office, перечислены в таб. 3.

Таблица 3. Основные типы документов Microsoft Office

Название	Расширение	Приложение	Краткое описание
Документ	.doc	Word	Основной тип документов Word. Содержит форматированный текст, т.е. текст с дополнительной информацией о шрифтах, отступах, интервалах и т.п., а также рисунки, таблицы и другие элементы
Рабочая книга	.xls	Excel	Основной тип документов Excel. Содержит данные различных типов: формулы, диаграммы и макросы
База данных	.mdb	Access	Основной тип документов Access. Содержит как собственно базу данных, то есть совокупность таблиц, так и соответствующие запросы, макросы, модули, формы и отчеты

Презентация	.ppt	PowerPoint	Основной тип документов PowerPoint. Содержит презентацию, состоящую из набора слайдов, заметок выступающего, раздаточных материалов и другой информации
Публикация	.pub	Publisher	Основной тип документов Publisher. Как и Word, содержит форматированный текст, рисунки, таблицы и т.п.
План проекта	.mpp	Project	Основной тип документов Project. Содержит календарный план проекта, описание задач, ресурсов и их взаимосвязи

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующий вывод: входящие в состав пакета MS Office приложения способны тесно взаимодействовать при решении прикладных задач; они создают единую информационную среду и позволяют обмениваться объектами. Документы Microsoft Office являются частными примерами объектов. Поэтому Microsoft Office является *документо-ориентированным пакетом* (средой).

Программная среда

Основным средством разработки приложений в MS Office является комплексное решение на основе языка Visual Basic, а именно - Visual Basic for Application (VBA). Эта технология включает макрорекордер, интерпретатор Visual Basic, интегрированную среду разработки с встроенным отладчиком, библиотеки времени выполнения (runtime library) и библиотеки типов, представляющие объекты пакета. Эти средства позволяют расширять функциональность пакета и адаптировать его к решению специализированных задач.

Интерфейс MS Office

Приложения Microsoft Office имеют унифицированный интерфейс, суть которого заключается в следующем: сходные функции имеют одинаковое обозначение (название команды или значок на кнопке), а несходные функции имеют различные обозначения.

В большей степени унификация коснулась интерфейсов таких приложений, как Microsoft Word, Microsoft Excel и Microsoft PowerPoint.

Одним из достоинств пакета Microsoft Office является последовательное использование графического интерфейса пользователя (Graphical User Interface, GUI), представляемого операционной системой и различных элементов управления. Как

правило, отдельные элементы группируются в более крупные конструкции, такие как окна, панели инструментов, меню. Рассмотрим характеристику каждой из этих групп.

Оконный интерфейс

Оконный интерфейс - такой способ организации пользовательского интерфейса программы, когда каждая интегральная часть располагается в *окне* — собственном субэкранном пространстве, находящемся в произвольном месте «над» основным экраном. Несколько окон одновременно располагающихся на экране могут перекрываться, находясь
«выше» или «ниже» друг относительно друг

В MS Office использует окна четырех типов:

- окно приложения;
- окно документа; • диалоговое окно;
- форма.

Панели инструментов

Панели инструментов - это элементы пользовательского интерфейса, на которых могут располагаются такие элементы управления, как кнопки быстрого вызова и раскрывающиеся списки. Панели инструментов разных приложений могут содержать кнопки, сходные по функциям и внешнему виду, что упрощает освоение интерфейса Microsoft Office.

Панели инструментов могут быть:

- пристыкованными вдоль границы окна приложения;
- плавающими, т.е. находится в любой части окна приложения;
- представленными в отдельных окнах; в этом случае форму и размеры панели инструментов можно менять произвольно.

Меню

Меню представляет доступ к иерархическим спискам доступных команд. Результатом выбора команды из меню может быть:

- непосредственное выполнение некоторого действия;
- раскрытие еще одного меню;

- раскрытие диалогового окна или формы.

Меню интерфейса Microsoft Office, кроме строки меню любого приложения, можно разделить (по способу перехода к ним) на раскрывающиеся и контекстные (или всплывающие).

Элементы управления

Элементы управления - это объекты оконного интерфейса, реализующие типовые операции с интерфейсом: щелчок мышью, выбор из списка, выбор вариантов, прокрутка и т.п. К элементам управления относятся следующие: кнопки, текстовые поля (или поля ввода), флажки, переключатели, списки и раскрывающиеся списки, полосы прокрутки, палитры, счетчики и прочие, специфичные для некоторых приложений или условий.

ТЕМА 2.2 ВВЕДЕНИЕ В ОФИСНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Офисное программирование — это процесс разработки приложений, предназначенных для автоматизации офисной деятельности с использованием специализированных пакетов (MS Office, OpenOffice.org или подобных).

Офисное программирование имеет ряд особенностей, отличающих его от программирования в общем смысле:

- цели разработки;
- область применения;
- макроязык;
- среда разработки;
- поддержка объектно-ориентированного программирования.

Рассмотрим эти особенности на примере MS Office.

Цели разработки

В офисной среде *программный проект неразрывно связан с документом*, хранится как часть документа и не может существовать независимо от него. *Документ, а не программа, является целью разработки.*

Стандартные возможности среды по работе с документами велики. Однако возможность изменить типовой документ, снабдив его дополнительными функциями – это одна из важнейших задач офисного программирования. Для ее решения офисная среда представляет совокупность библиотек классов, которые составляют каркас (Framework)

текстовых документов, электронных таблиц, презентаций, баз данных и приложений на основе этих документов. Всякий раз, когда создается новый документ, его каркас составляют объекты библиотек, заданные по умолчанию. Этот каркас можно существенно изменить, добавив в документ новые свойства. Расширение каркаса не требует от программиста значительных усилий – достаточно включить в него необходимые библиотеки классов.

Область применения

Область применения офисного программирования широка – от настройки отдельных документов до решения задач автоматизации офисной деятельности масштаба предприятия, в т.ч. ориентированных на совместную работу в глобальной сети.

Visual Basic for Application

Visual Basic для приложений (Visual Basic for Application, VBA) – это инструмент разработки приложений, который позволяет создавать программные продукты, решающие практически все задачи, встречающиеся в среде Windows. Эти продукты можно использовать, например, для оформления документов (подготовки текстов) или анализа данных таблиц (электронных таблиц). VBA – уникальное приложение, поскольку оно встраивается в другое приложение и расширяет его функциональные возможности.

Visual Basic for Application (VBA) - стандартный макроязык пакета Microsoft Office, предназначенный для расширения функциональных возможностей приложения в котором используется.

С помощью VBA можно:

- создать собственное диалоговое окно и придать ему требуемый внешний вид;
- создать макросы, расширяющие функциональные возможности приложения, в которое встроен VBA;
- изменить меню приложения Microsoft Office;
- управлять другим приложением Microsoft Office или принадлежащими ему данными;
- объединить данные из нескольких приложений Microsoft Office в одном документе;
- автоматически создавать или изменять страницы Web, совместно используя приложения Microsoft Office и VBA.

Для разработчика доступны следующие инструменты и средства, которые используются при создании проекта VBA:

- отладка приложений без предварительной компиляции;
- средства Win32 API;
- SQL и объекты доступа к данным для управления данными и извлечения их из внешних источников данных, таких как Microsoft SQL Server;
- построение и проверка элементов интерфейса непосредственно в среде разработки VBA (Integrated Development Environment, IDE);
- связывание программ и процедур с событиями, которые возникают в приложениях VBA.

Среда разработки

Среда приложений Office ориентирована в первую очередь на пользователей, а не на программистов и в ней можно создавать документы без всякого программирования. Поэтому программист обычно начинает работать с документами не на пустом месте, а с их заготовками, созданными пользователями, т.е. и сам программист может выступать в роли пользователя. Средства совместной работы над документами Office обеспечивают одновременную работу программистов и пользователей.

Среда MS Office предлагает два способа создания программ, отличающихся подходом к процессу: использование макрорекордера и ручное кодирование (на языке VBA). Эти подходы ориентированы на разные категории: непосредственно пользователей и программистов соответственно.

Макрорекордер (MacroRecorder) – это программный инструмент, записывающий действия пользователя при работе с документами и приложениями, с сохранением записи в виде макроса -исходного кода на языке VBA. При вызове сохраненного макроса воспроизводится вся сохраненная последовательность действий.

Макрорекордер представляет возможность создания программного проекта или, по крайней мере, его отдельных компонентов автоматически, без программирования. Для записи и воспроизведения макроса не требуется специальных знаний, поэтому пользователь может самостоятельно создавать программы (макросы), в общем случае даже не представляя себе, как они работают.

Для программиста макрорекордер полезен тем, что позволяет создавать фрагменты программы автоматически, тем самым увеличивая скорость разработки и уменьшая время отладки.

Интегрированная среда разработки на VBA (Visual Basic Environment, VBA) - встроенное в MS Office средство для написания, тестирования и отладки приложений на VBA. Среда VBA представляет все возможности для создания законченных офисных приложений, включая средства визуального проектирования пользовательского интерфейса. VBA ориентирована на использование программистами для разработки офисных приложений (это отнюдь не означает, что пользователи не могут применять VBA).

Поддержка ООП

Разработка приложений для MS Office тесно связана с парадигмой объектно-ориентированного программирования. Все документы (более того, сами компоненты пакета) в MS Office - суть объекты, наделенные собственными наборами свойств (характеристик объекта), методов (подпрограмм управления свойствами) и событий (подпрограмм, обрабатывающих изменения состояния объекта в результате некоторых действий). Соответственно, для обеспечения более полной интеграции с пакетом, входной язык (VBA) также поддерживает ООП.

Все объекты приложения MS Office образуют иерархическую структуру, которая определяет связь между ними и способ доступа. Такая структура называется объектной моделью (object model). За рамки объектной модели выходят, но также могут использоваться в офисных приложениях, внешние объекты, поддерживающие технологии DDE, OLE/ActiveX и ряд других.

В объектно-ориентированную концепцию удачно вписывается технология *визуального программирования*. Все отображаемые элементы графического интерфейса, такие как формы, элементы управления, меню и панели инструментов являются объектами, наделенными набором свойств и методов и способными реагировать на события (например, щелчки мыши, нажатия клавиш и т.п.). При визуальном подходе не требуется программного задания (хотя это и возможно) их основных свойств (например, ширина или высота, цвет фона и т.п.). Эти свойства можно задать при помощи мыши (например, ширину и высоту формы путем операции "перетаскивания" маркеров) или

установить их в окне свойств (название формы, цвет фона формы и т. д.). Таким образом, визуальное программирование делает проектирование интерфейса программы более наглядным и быстрым. При этом сохраняется возможность управлять всеми объектами и программно.

Преимущества офисного программирования

Преимущества, которые получает конечный пользователь, использующий программируемые офисные документы:

- Пользователь получает документы, обладающие новыми функциями и способные решать задачи, характерные для проблемной области пользователя.
- Пользователь находится в единой офисной среде независимо от того, с каким документом он работает в данный момент и какой программист разрабатывал этот документ.
- Большинство доступных при работе с документами функций являются общими для всех документов, поскольку их предоставляет сама офисная среда. Единый стиль интерфейса разных документов облегчает работу с ними.
- Пользователь сам, не будучи программистом, способен создавать простые виды программируемых офисных документов, постепенно совершенствуясь в этой деятельности.

Преимущества, которые получает программист, работающий в Office:

- В распоряжении программиста находится мощная интегрированная среда. Для него эта среда представлена в виде совокупности хорошо организованных объектов, доступных в языке программирования и по принципу работы ничем не отличающихся от встроенных объектов языка или объектов, создаваемых самим программистом.
- Большинство повседневных задач становятся для него простыми, – чтобы их решить, зачастую достаточно стандартных средств.
- Там, где стандартных средств не хватает, где у документа должны появиться новые функциональные возможности, где необходимо создать документ по заказу, вступает в силу язык программирования – VBA, существенная особенность которого – возможность работы с объектами любого из приложений Office.

- Офисное программирование позволяет применять на практике идеи компонентного программирования. Компонентный подход предполагает взаимодействие компонентов, создаваемых в разных программных средах, на разных языках, на разных платформах и находящихся на разных машинах. Работа с компонентами (DLL, ActiveX, AddIns, ComAddIns) является неотъемлемой частью офисного программирования.

ТЕМА 2.3 МАКРОСЫ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКРОРЕКОРДЕРА

Макросы

Независимо от используемых операционной системы и программных приложений MS Office пользователь часто выполняет одни и те же последовательности команд для многих рутинных задач. Вместо повторения последовательности команд каждый раз, когда необходимо выполнить какую-либо задачу, можно создать макрос (macro), который вместо пользователя будет выполнять эту последовательность. Термин macro произошел от греческого слова, означающего расширенный или растянутый.

Макрос – это программа (в контексте офисного программирования - созданная автоматически), состоящая из списка команд, которые должны быть выполнены приложением.

Основными преимуществами использования макросов являются:

- повышение точности и скорости работы, поскольку компьютеры лучше приспособлены для выполнения повторяющихся задач, чем человек;
- при выполнении макросов обычно нет необходимости в присутствии человека-оператора; в случае, если макрос очень длинный и выполняет операции, требующие значительного времени (например, поиск в базе данных и сортировка), пользователь может переключиться на другое приложение.

Макрос служит для объединения нескольких различных действий в одну процедуру, которую можно легко вызвать. Этот список команд состоит в основном из макрокоманд, которые тесно связаны с приложением, в котором создается макрос – т.е. с командами Word, Excel или других приложений Microsoft Office.

Можно выделить *три основные разновидности макросов*:

1. *Командные макросы* – это наиболее распространенные макросы, обычно состоящие из операторов, эквивалентным тем или иным командам меню или параметрам диалоговых окон. Основным предназначением такого макроса является выполнение действий, аналогичных командам меню – т.е. изменение окружения и основных объектов приложения.
2. *Пользовательские функции* – работают аналогично встроенным функциям приложения. Отличие этих функций от командных макросов состоит в том, что они используют значения передаваемых им аргументов, производят некоторые вычисления и возвращают результат в точку вызова, но не изменяют среды приложения.
3. *Макрофункции* – представляют сочетание командных макросов и пользовательских функций. Они могут использовать аргументы и возвращать результат, подобно пользовательским функциям, а также могут изменять среду приложения, как и командные макросы. Чаще всего эти макросы вызываются из других макросов, и активно используются для модульного программирования.

Поддержка макросов позволяет порой обойтись вообще безо всякого программирования: достаточно включить автоматическую запись выполняемых пользователем действий и в результате получить готовый макрос, а затем назначить ему кнопку на панели инструментов или новую команду меню, которые будут использоваться для вызова. Простые макросы удается создавать, не написав вручную ни одной строки программного кода.

Для разработки же серьезных приложений приходится программировать.

Таким образом, различают 2 способа разработки макроса:

- автоматическое создание, с использованием макрорекордера;
- написание макроса "с нуля", используя язык программирования VBA.

Отметим, что возможен и комбинированный подход: фрагменты будущей программы записываются автоматически, а затем они корректируются и дополняются "рукописным" кодом.

Для записи макросов из приложений Microsoft Office используется **макрорекордер**. Это встроенный инструмент, который фиксирует все действия пользователя, включая ошибки и неправильные запуски. При выполнении макроса интерпретируется каждая

записанная макрорекордером команда точно в такой последовательности, в которой пользователь выполнял их во время записи.

Для **записи макроса** в приложении Microsoft Office можно использовать меню "Сервис/Макрос/Начать запись" или выбрать кнопку "Записать макрос" на панели инструментов Visual Basic. До начала записи нужно указать имя макроса и определить, где он будет храниться и как будет доступен. Затем выполнить действия, которые требуется сохранить в макросе. Для завершения записи нужно на панели инструментов "Остановка записи" щелкнуть кнопку "Остановить запись".

Для **выполнения макроса** необходимо:

1. Установить курсор в место вставки выполнения макроса.
2. Выбрать пункт меню "Сервис/Макрос/Макросы".
3. В появившемся диалоговом окне "Макрос" выбрать имя нужного макроса и выбрать "Выполнить".

Чтобы **просмотреть код** записанного макроса, надо выбрать меню "Сервис/Макрос/Макросы". В появившемся диалоговом окне выбрать имя нужного макроса и щелкнуть кнопку "Изменить". Исходный код указанного макроса будет загружен в окно редактора Visual Basic.

Структура записанного макроса

Макросы, создаваемые макрорекордером MS Office, сохраняются в специальной части файла данных, называемой *модулем*. Модуль VBA содержит исходный код программы на языке VBA. Фактически макрос является подпрограммой (а точнее, процедурой) VBA. Записанный макрос имеет строго определенную структуру. Ниже представлен исходный код простого макроса, созданного в Microsoft Word.

Листинг 1. Пример макроса

```
Sub Hello()
' Макрос изменяет размер, начертание шрифта, выравнивание абзаца и
' выводит надпись в активный документ MS Word
'
    Selection.Font.Size = 24
    Selection.Font.Bold = wdToggle
    Selection.ParagraphFormat.Alignment = wdAlignParagraphCenter
```

```
    Selection.TypeText Text:="Hello, World!"
End Sub
```

В общем виде структуру кода макроса можно представить следующим образом[2]:

```
Sub имяМакроса ()
' текст комментария
    Оператор1
    Оператор2 ...
    ОператорN
End Sub
```

Каждый макрос VBA начинается с ключевого слова Sub, за которым следует имя макроса. Строку, содержащую ключевое слово Sub и имя макроса, называют *строкой объявления (declaration)* макроса. За именем макроса всегда следуют пустые круглые скобки (т.к. макрос является процедурой VBA без параметров).

За строкой объявления макроса следуют строки комментариев. *Комментарий (comment)* – это строка в макросе VBA, которая не содержит инструкций, являющихся частью этого макроса. Каждая строка комментария начинается с символа апострофа ('). Комментарии содержат имя макроса и текст, который был введен пользователем в текстовое поле "Описание" ("Description") диалогового окна "Запись макроса" ("Record Macro") в момент записи этого макроса.

Сразу за объявлением макроса следует *тело макроса (body)*. Каждая строка в теле макроса состоит из одного или более операторов VBA. *Оператор VBA (statement)* – это последовательность ключевых слов и других символов, которые вместе составляют одну полную инструкцию для VBA. Макрос VBA состоит из одного или нескольких операторов.

Конец макроса выделяется ключевой строкой End Sub, завершающей тело макроса.

ТЕМА 2.4 СРЕДА РАЗРАБОТКИ VBA

Visual Basic for Application (VBA) – это система программирования, которая используется как единое средство программирования во всех приложениях Microsoft

[2] Локализованные версии пакета MS Office позволяют использовать в макросах символы национальных алфавитов (например, в идентификаторах). Однако не следует пользоваться этой сомнительной возможностью во избежании сложностей с отладкой и портированием приложений на VBA.

Office. Всякая система программирования включает в себя, по меньшей мере, три составные части:

1. Язык (или языки) программирования.
2. Среду разработки, т.е. набор инструментов для написания программ, редактирования, отладки и т.п.
3. Библиотеку (или библиотеки) стандартных программ, т.е. набор готовых программ (процедур, функций, объектов и т.д.), которые можно использовать как готовые элементы при построении новых программ.

Для создания офисных приложений в MS Office имеется *интегрированная среда разработки* (Integrated Development Environment, *IDE*) с унифицированным интерфейсом. VBA IDE – это набор инструментов разработки программного обеспечения, таких как редактор Visual Basic (Visual Basic Editor, VBA), средства отладки, средства управления проектом и т.д.

Вызов VBA IDE из любого приложения выполняется через комбинацию клавиш Alt+F11 или меню "Сервис/Макрос/Редактор Visual Basic".

Структура VBA

VBA – это стандартное интерфейсное окно, содержащее меню, панели инструментов, другие окна и элементы, которые применяются при создании проектов VBA. Общий вид окна редактора Visual Basic представлен на рис. 3.

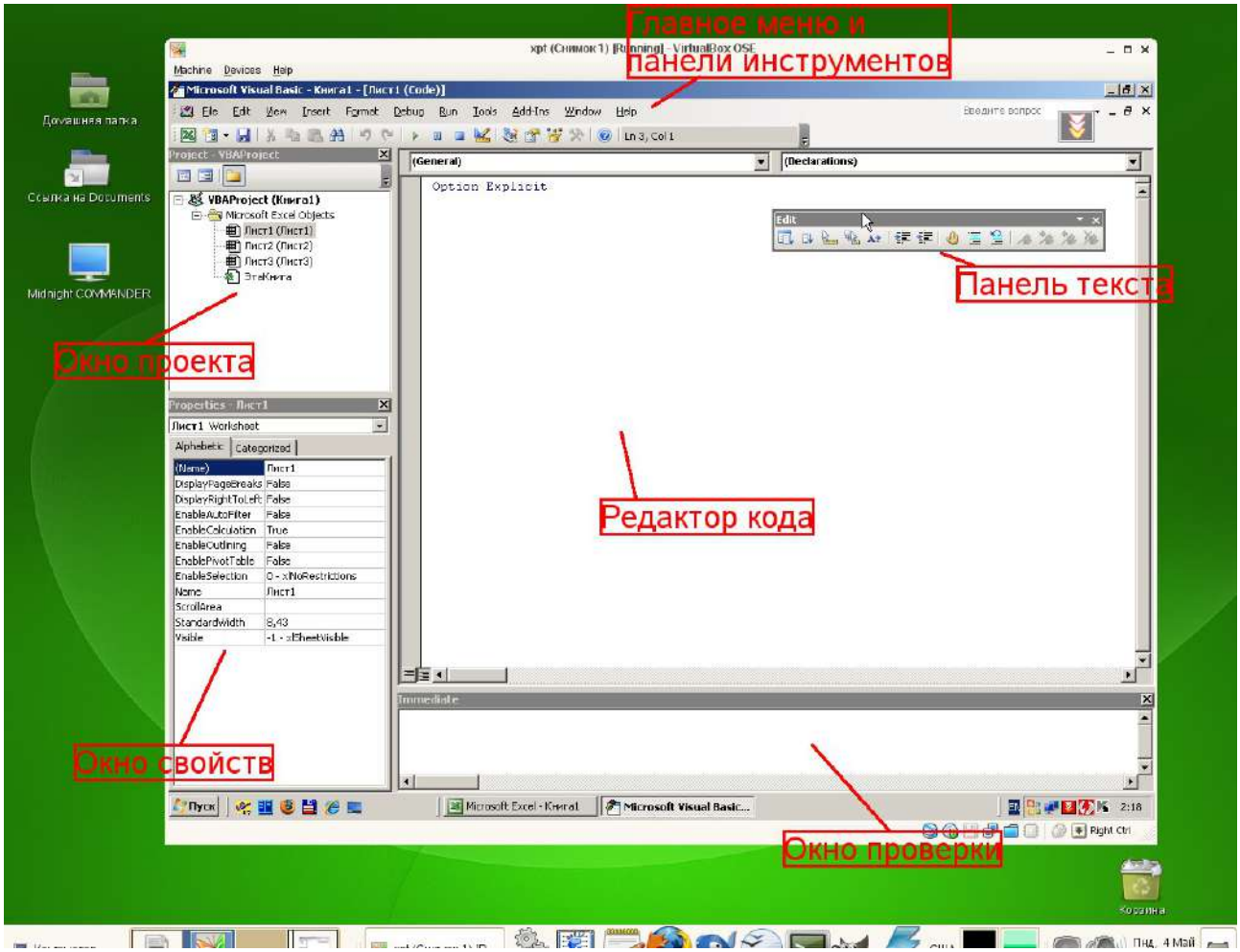


Рисунок 3. Окно редактора Visual Basic

Основными (открывающимися по умолчанию) являются три окна: окно проекта, окно свойств и окно редактирования кода. Краткое описание этих и некоторых других компонентов VBA приведено в таб. 4. Все они доступны через команды, представленные в меню "Вид".

Таблица 4. Назначение компонентов VBA

Наименование окна	**Описание**
Project (Проект)	Предназначено для отображения всех открытых проектов, а также их составляющих: модулей, форм и ссылок на другие проекты
Toolbox (Панель элементов)	Содержит элементы управления для конструирования форм
UserForm	Используется для создания форм путем размещения на них элементов

Наименование окна	Описание
	управления
Code (Программа)	Предназначено для просмотра, написания и редактирования программы на языке VBA. Поскольку среда разработки является многооконной, то для каждого модуля проекта можно открыть отдельное окно
Properties (Свойства)	Отображает свойства выделенных объектов. В этом окне можно задавать новые значения свойств формы и элементов управления
Object Browser (Просмотр объектов)	Отображает классы, свойства, методы, события и константы различных библиотек объектов. Используется для быстрого получения информации об объектах
Immediate (Проверка)	Предназначено для быстрого выполнения вводимых в него инструкций. В данном окне также выводятся результаты выполнения вводимых инструкций
Locals (Локальные переменные)	Автоматически показывает все переменные данной процедуры
Watches (Контрольные значения)	Применяется при отладке программ для просмотра значений выражений

Характеристики компонентов VBA

Окно проекта (Project)

Проект – это совокупность всех программных модулей, связанных с документом Microsoft Office. Окно *Project (Проект)* предназначено для быстрого получения информации о различных составляющих проекта.

Проект может содержать модули следующих видов:

- *Объекты основного приложения*. Проекты VBA выполняются совместно с другими приложениями. Приложение, в котором разрабатывается и выполняется проект VBA, называется основным.
- *Модули форм*. В VBA имеется возможность создавать пользовательские формы, предназначенные для ввода или вывода данных, а также процедуры обработки событий, возникающие в этих формах.

- *Модули кода*. Модульность - один из основных принципов парадигмы структурного программирования. Каждый модуль, как правило, содержит подпрограммы, сход-

  ные по назначению. Небольшие модули проще отлаживать и использовать повторно. В частности, в VBA имеются средства импорта/экспорта готового кода.
- *Модули классов*. VBA позволяет создавать и использовать собственные объекты. Описание объектов включается в модули класса. Каждый модуль класса содержит полную информацию об одном типе объекта.

С помощью окна проекта можно добавить или удалить какой-либо объект из проекта. Модули кода добавляются в проект командой "Вставить/Модуль". Формы создаются командой "Вставить/UserForm", а модули класса командой "Вставить/Модуль класса".

Окно проекта можно использовать также для быстрой навигации по формам проекта и программному коду. Для этого необходимо выбрать в контекстном меню соответственно команды "Объект" или "Программа".

Окно свойств (Properties)

Список свойств выделенного объекта выводится в окне Properties (Свойства). Для того чтобы выделить объект, необходимо с помощью окна проекта выбрать форму и перейти в режим конструктора, используя команду "View Object". Свойства объекта можно упорядочить в алфавитном порядке (Alphabetic (По алфавиту)) или по категориям (Categorized (По категориям)), выбрав соответствующую вкладку. Предусмотрена также возможность получения быстрой справки по какому-либо свойству объекта. Для этого достаточно установить курсор на нужное свойство и нажать клавишу F1.

Окно просмотра объектов(Object Browser)

Окно Object Browser (Просмотр объектов) предназначено для просмотра объектов, доступных при создании программы. Точнее, в этом окне отображаются не сами объекты, а структура соответствующего класса объектов. Окно просмотра объектов может использоваться для поиска метода или свойства объекта.

Окно Code (Окно редактирования кода)

Окно Code (Программа) представляет собой текстовый редактор, предназначенный для написания и редактирования кода процедур приложения. Это окно появляется на экране, например, при создании нового модуля. Код внутри модуля организован в виде отдельных разделов для каждого объекта, программируемого в модуле. Переключение между разделами выполняется путем выбора значений из списка "Object" ("Объект"), который находится в левом верхнем углу окна. Каждый раздел может содержать несколько процедур, которые можно выбрать из списка "Procedure" ("Процедура") в правом верхнем углу.

Интеллектуальные возможности редактора кода:

1. При написании кода пользователю предлагается список компонентов, логически завершающих вводимую пользователем инструкцию.
2. На экране автоматически отображаются сведения о процедурах, функциях, свойствах и методах после набора их имени.
3. Автоматически проверяется синтаксис набранной строки кода сразу после нажатия клавиши Enter. В результате проверки выполняется выделение определенных фрагментов текста:
   - красным цветом – синтаксические ошибки; • синим цветом – зарезервированные ключевые слова;
   - зеленым цветом – комментарии.
4. Если курсор расположить на ключевом слове VBA, имени процедуры, функции, свойства или метода и нажать клавишу F1, то на экране появится окно со справочной информацией об этой функции.

Окно редактирования форм (UserForm)

Для создания диалоговых окон, разрабатываемых приложений VBA, используются формы. Редактор форм является одним из основных средств визуального программирования. При добавлении формы в проект (команда "Insert" – "UserForm" ("Вставить" – "UserForm")) на экран выводится незаполненная форма с панелью инструментов Toolbox (Панель элементов).

Используя панель инструментов Toolbox (Панель элементов) из незаполненной формы конструируется требуемое для приложения диалоговое окно. Размеры формы и

размещаемых на ней элементов управления можно изменять. Также окно редактирования форм поддерживает операции буфера обмена. Кроме того, команды меню "Format" ("Формат") автоматизируют и облегчают процесс выравнивания элементов управления как по их взаимному местоположению, так и по размерам.

Окна отладочной информации

Окно Immediate (Проверка) позволяет ввести инструкцию и выполнить ее. При этом инструкция должна быть записана в одну строку, директивы которой будут выполнены после нажатия клавиши Enter. Данное окно можно использовать для быстрой проверки действий, выполняемой той или иной инструкцией. Это позволяет не запускать всю процедуру, что удобно при отладке программ.

Окно Locals (Локальные переменные) автоматически отображает все объявленные переменные текущей процедуры и их значения.

Окно Watches (Контрольные значения) применяется при отладке программ для просмотра значений выражений.

Федеральное агентство по образованию
ФБГОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине «Прикладное программное обеспечение»
для студентов технологических специальностей
очной и заочной форм обучения
Часть 1.

УДК
И57
Рецензент: Боровков В. А., доцент кафедры информатики

Прикладное программное обеспечение. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» для студентов технологических специальностей очной и заочной форм обучения / В. В. Тимухина, А. В. Дружинин, Т. Г. Завражина, Р. А. Мезенцева, Т. А. Самакаева, С. М. Колмогорова. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ.–2021 – с.118

В методическом руководстве студентам предложены задания и методические указания по их выполнению в Windows, Word, Excel.

© Уральский государственный горный университет, 2021
© Авторы, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Методическое руководство для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» для студентов технологических специальностей очной и заочной форм обучения состоит из двух частей в соответствии с поточными лекциями по дисциплине Прикладное программное обеспечение, читаемыми большинству студентов технологических специальностей очной формы обучения.

Часть 1. Включает изучение следующих тем:

1. Встроенные приложения Windows.
2. Текстовый редактор Word.
3. Табличный процессор Excel.

Часть 2. Включает изучение следующих тем:

1. Система управления базами данных.
2. Система проектирования «AutoCAD».
3. Программирование на VBA.
4. Работа в Internet

Методическое руководство содержит лабораторные работы разной степени сложности, что соответствует разному уровню подготовки студентов 1 курса по дисциплине «Прикладное программное обеспечение». Количество предложенных работ превышает часовую нагрузку, соответствующую учебным планам.

Каждый преподаватель может на основе предложенных работ создать свой набор лабораторных работ в соответствии с уровнем знаний студентов или предложить отдельным студентам индивидуальную практическую программу работы.

Студенты менее подготовленные, при наличии компьютера дома, могут самостоятельно выполнить набор предложенных работ, повышая свои навыки работы в рассматриваемых приложениях.

Студенты заочной формы обучения могут выполнить указанные преподавателем работы до приезда на сессию, в течение семестра, что положительно скажется на их навыках работы за компьютером.

Результат каждой выполненной работы студент должен сохранить в папке с именем своей группы. Файлы именовать номером выполненной работы.

По всем выполненным лабораторным работам студент должен оформить электронный отчет. Результат каждой работы необхо-

димо дополнить кратким описанием команд, использованных при выполнении работы.

Правила оформления отчета описаны в работе 2.6.

1. Встроенные приложения Windows

1. ВСТРОЕННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ WINDOWS

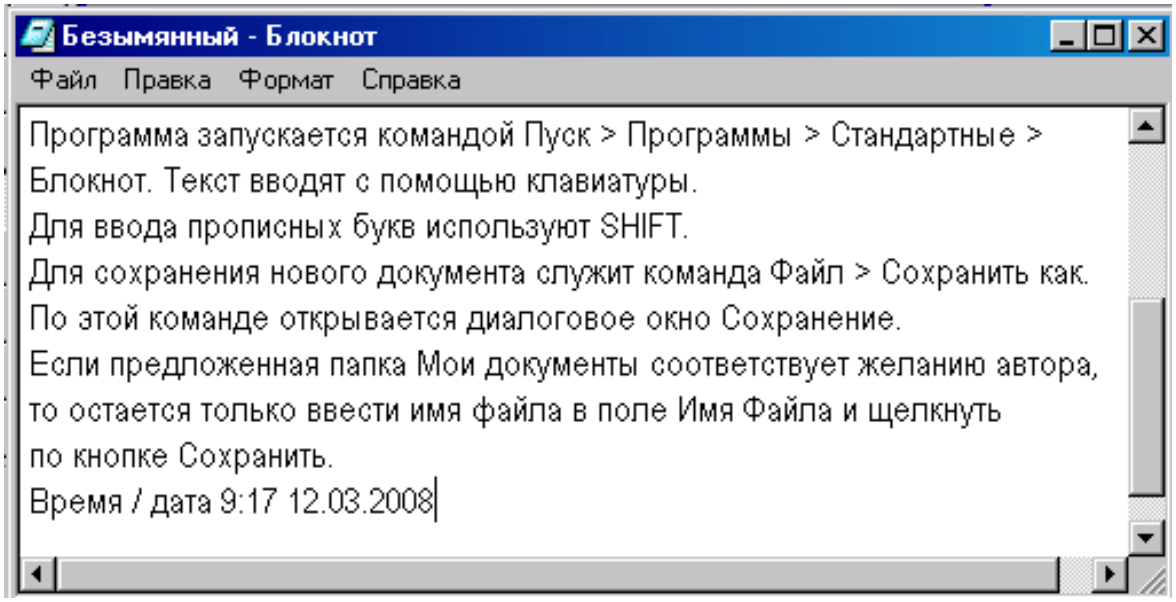
Работа 1.1. Стандартные приложения Windows

I. NOTEPAD (БЛОКНОТ) – это простейший текстовый редактор, который можно использовать в качестве удобного средства просмотра текстовых файлов (формат ***.txt***).

Для создания текстовых документов его применяют редко, обычно для создания системных файлов типа ***.bat*** (командных), так как редактор не имеет форматирования. Данную программу удобно использовать для отработки навыков работы с клавиатурой.

ЗАДАНИЕ 1

1. Запустите программу *Блокнот.*
2. Наберите текст.
3. Вставьте время / дату.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Программа запускается командой *Пуск —> Программы —> Стандартные —> Блокнот.*
2. В этой программе есть единственное средство автоматизации и состоит оно в том, что при нажатии на клавишу *F5* в документ автоматически впечатывается текущее время и дата. Это удобно для ведения деловых записей и дневников.

II. PAINT — простейший графический редактор (основные форматы *.dib* или *.bmp*). Может работать и с форматами: *.jpeg, .gif, .png, .tiff.*

В состав его элементов управления, кроме строки меню, входят панель инструментов, палитра настройки инструмента и цветовая палитра. Кнопки панели инструментов служат для вызова чертежно–графических инструментов.

ЗАДАНИЕ 2

1. Запустите программу *Paint***.** Создайте 1 и 2 рисунки.
2. Задайте размер будущего рисунка (высота, ширина).
3. Наложите рис.1 на рис 2.
4. Подпишите рисунки.

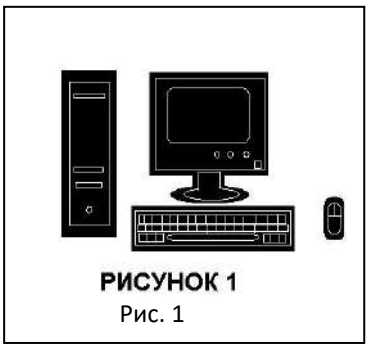


Рис. 1

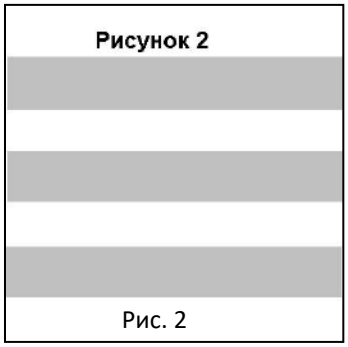


Рис. 2



Рис. 3

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Программа запускается командой *Пуск —> Программы —> Стандартные —> Paint.*

2. Размеры задают в полях «Ширина» и «Высота» диалогового окна «Атрибуты» *(Рисунок —> Атрибуты).*

3. Все инструменты: карандаш, кисть, распылитель, геометрические фигуры, кроме *Ластика* выполняют рисование основным цветом (выбирается щелчком левой кнопки мыши по палитре красок). *Ластик* стирает изображение, заменяя его фоновым цветом (выбирается щелчком правой кнопки мыши в палитре красок).

4. Для ввода текста используют инструмент «Надпись». Выбрав инструмент, щелкните на рисунке примерно там, где надпись должна начинаться, на рисунке откроется поле ввода.

5. Для сохранения рисунка в файле используется подменю «Файл». В нем есть две команды – «Сохранить» и «Сохранить

как». Команда «Сохранить» сохраняет рисунок в файле с ранее заданным названием. Команда “Сохранить как” сохраняет рисунок в файле под новым названием. Свои файлы сохраните под названием *ris1.jpg и ris2.jpg*.

6. В качестве цвета текста используют основной цвет. Чтобы сделать фон надписи прозрачным, щелкните значок  . Чтобы сделать непрозрачным и выбрать цвет фона, щелкните значок  .

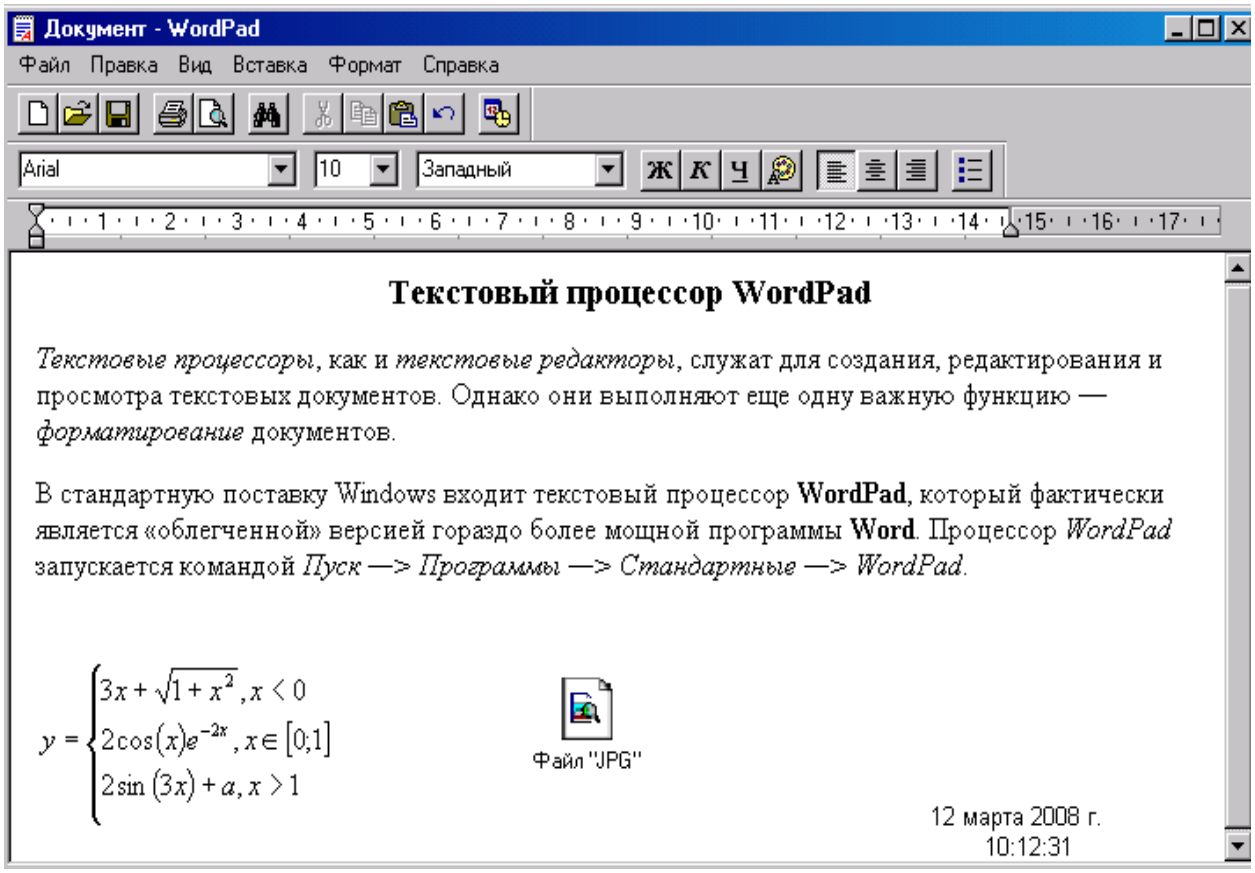
7. Чтобы открыть ранее созданный файл с рисунком, используют пункты меню *Файл —> Открыть*. Далее на экране появится диалоговое окно «Открытие файла».

8. Открыть файл *ris2.jpg* и наложить на него рис.1, для этого *Правка—>Вставить из файла ris1.jpg*, сделать прозрачным фон.

III. WORDPAD – текстовый редактор, служит для создания, редактирования и просмотра текстовых документов.

ЗАДАНИЕ 3

1. Запустите программу **WordPad**.
2. На странице WordPad наберите текст, дату, время.
3. Отформатируйте текст.
4. Вставьте формулу и рисунок.
5. Измените размер рисунка и формулы.

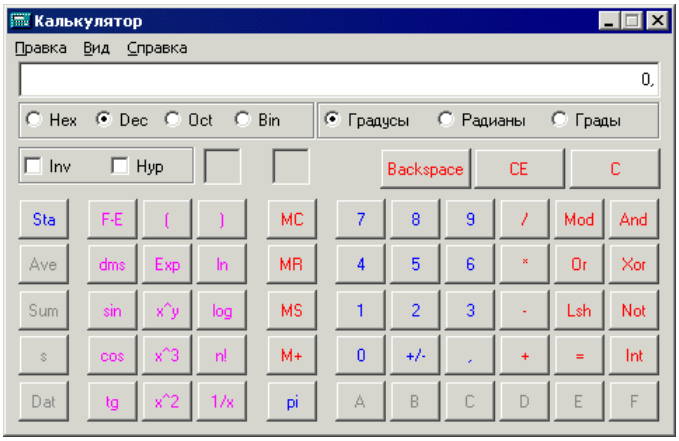


МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Запустите программу командой *Пуск —> Программы —> Стандартные —> WordPad.*
2. Набрать в окне документа *WordPad* предлагаемый текст.
3. Вставить рисунок. *Вставка —> Объект —>Создание из файла —>Обзор.* Для внедрения объекта снять флажок. Чтобы связать объект, установить флажок.
4. Набрать предлагаемую формулу *Вставка—>Объект—>Microsoft Equation 3.0*

5. Вставить в документ время и дату: *Вставка —> Дата, время.*

IV. КАЛЬКУЛЯТОР может быть в двух вариантах: **стандартного** калькулятора, выполняющего основные арифметические операции, и **инженерного** калькулятора с дополнительными функциями.



ЗАДАНИЕ 4

Вычислите значение уравнения: $Y = x^3 + 2{,}28 \cdot x^2 - 1{,}9347 \cdot x - 3{,}907$ при $x = 5$ с помощью калькулятора, сравните ваш ответ с правильным ответом 168,4195

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для выполнения расчета выполняется следующая последовательность действий: выберите *Вид – Инженерный*; выберите систему счисления; выберите требуемую разрядность результата и приступайте к расчету.

Клавиша Функция

( ) Открыть (закрыть) скобки

A–F Клавиши ввода для шестнадцатеричных чисел

cos Косинус (Inv: арккосинус)

dms Преобразование градусов в градусы–минуты–секунды (Inv: наоборот)

Exp Ввод показателя степени для экспоненциального представления числа

F–E Переключение на экспоненциальное представление чисел (только в десятичном режиме)

Int Целая часть числа (Inv: дробная часть числа)

In Натуральный логарифм (Inv: экспонента)

log Десятичный логарифм (Inv: показательная функция с основанием 10)

Mod Остаток от деления по модулю

n! Факториал

PI Число π (3,1415926)

Sin Синус введенного значения (Inv: арксинус)
Tan Тангенс введенного значения (Inv: арктангенс)
x^2 Квадрат введенного значения (Inv: корень квадратный)
x^3 Третья степень введенного значения (Inv: корень третьей степени)
x^y *Y*–я степень введенного значения (Inv: корень *y*–й степени)

Работа 1.2. Создание документа с использованием нескольких приложений

ЗАДАНИЕ 1

Создайте нижеприведенный текст с рисунком и результатами вычислений.

Для питания главного электропривода наиболее эффективно применение генераторов постоянного тока со смешанным возбуждением. Упрощенная схема магнитной цепи генератора для этого случая показана на рисунке, где приняты следующие обозначения: $r_н$ и $\omega_н$, $r_ш$ и $\omega_ш$ – сопротивление и число витков соответственно обмотки независимого возбуждения и шунтовой обмотки возбуждения; $r_д$ – добавочное сопротивление в цепи шунтовой обмотки возбуждения; $Ф$ – общий магнитный поток главных полюсов генератора; E_r – э. д. с. Источника независимого возбуждения.

Для данной схемы возбуждения справедлива система уравнений:

$$E_н = r_н i_н + 2\omega_н Ф \qquad (1)$$

$$E_r = r_ш i_ш + 2\omega_ш Ф \qquad (2)$$

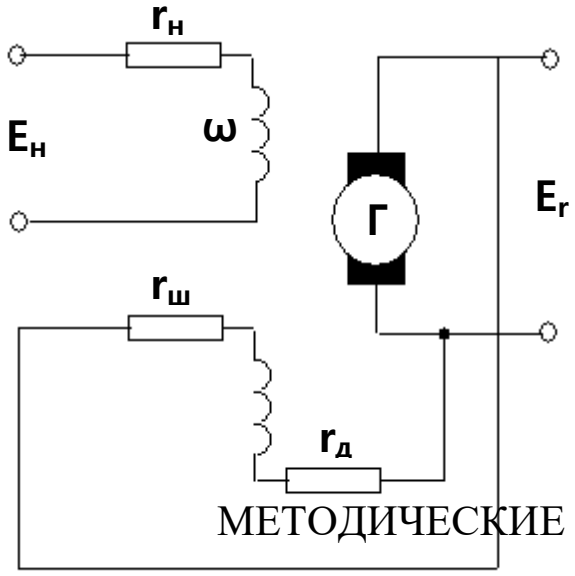
$$a\omega_\Sigma = i_н \omega_н + i_ш \omega_ш \qquad (3)$$

При заданных значениях

$\boldsymbol{i_н}$=1250; $\boldsymbol{r_н}$=12,2; $\boldsymbol{\omega_н}$=600, $\boldsymbol{r_ш}$=0,79; $\boldsymbol{\omega_ш}$=150**;** $\boldsymbol{i_ш}$=1250; $Ф$=5,81.

Вычислены:

$E_н$= _____; E_r= _____**;** $a\omega_\Sigma$= _____**;**



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Запустить MS Word: *Пуск – Все программы – MS Office – MS Word*. Набрать текст до системы уравнений.
2. Сохранить текст: *Файл – Сохранить как* – на диске D создать папку с названием вашей группы (Имя папки), в папке сохранить текст под названием ЛабРаб_1 (D:\Имя папки\ЛабРаб_2.doc). Закрыть документ и выйти из MS Word (команда *Файл – Выход*).
3. Открыть файл и продолжить набор текста с символами.
4. Символы ω, Σ, Φ вставить с помощью команды *Вставка – Символ – Symbol.*
5. Вставка подстрочных индексов: *Формат – Шрифт– Подстрочный.*
6. Для выполнения расчетов открыть калькулятор *Пуск – Все программы – Стандартные – Калькулятор*.
7. Вычислить значение $E_н$ и поместить его в буфер памяти путем – *Правка – Копировать*, поместить калькулятор на панель задач. Вставить вычисленное значение в текст: *Правка – Вставить.*
8. Аналогичным образом выполнить оставшиеся вычисления, открывая калькулятор на панели задач.
9. Запустить приложение *Paint*, вычертить рисунок упрощенной схемы возбуждения таким образом, чтобы все однотипные элементы были одного размера, сделать надписи у элементов схемы.
10. Скопировать рисунок в буфер памяти, предварительно выделив его.
11. Вставить рисунок в свой файл: *Правка – Вставить*

Задание 2

Создайте документ «Основные электротехнические закономерности».

Наберите приведенный ниже текст и формулы.

Общее сопротивление цепи при параллельном соединении:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}} \ .$$

Общая емкость конденсаторов при последовательном соединении:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n}}.$$

Закон Ома при переменном токе: $U = IZ$,

где Z — полное сопротивление, Ом.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2},$$

где $X_L = \omega L$ – индуктивное сопротивление, Ом; ω – угловая частота равная $\omega = 2\pi f$, где f – частота переменного тока, Гн, L– индуктивность, Гн, C– емкость, Гн.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Создание формул: *Вставка – Объект – Microsoft Equation 3.0* – панель инструментов.

2. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Общие принципы создания текстового документа

1. **Набор текста**.

Текст создается на основе шаблона. Обычно это шаблон Normal.dot, но может быть и другой шаблон. Набор текста осуществляется в точку вставки. Существуют два режима ввода текста.

ВСТАВКА – набранный текст раздвигается, и вновь набираемый символ помещается в точку вставки. Этот режим действует по умолчанию.

ЗАМЕНА – текст набирается поверх ранее набранного.

Переключение режимов ВСТАВКА/ЗАМЕНА – клавишей *Insert.*

Набор текста осуществляется абзацами. Только в конце абзаца нажимается клавиша *Enter*. Текст в абзаце переходит на другую строку в соответствии с параметром выравнивания абзаца.

2. **Проверка орфографии**, в том числе создание вспомогательных словарей.

Установить язык**:** *Сервис – Язык* – выбрать язык (по умолчанию настройка на русский).

Установить проверку орфографии**:** *Сервис – Параметры – вкладка Правописание – Автоматически проверять орфографию; Автоматически проверять грамматику. Установить соответствующие флажки.*

Создание вспомогательного словаря.

Если в набираемом тексте много специальных терминов (слов), они подчеркиваются красной линией (эти слова отсутствуют в словаре *Custom.dic*).

Создать новый словарь: *Сервис – Параметры – вкладка Правописание – Словари… – Создать* – введите имя словаря (например, geolog).

Добавить слова в словарь: *– Сервис – Параметры – вкладка Правописание – Словари…* – выберите имя словаря (например, geolog) *– Изменить* – введите слова в словарь.

3. **Вставка: объектов, полей, файлов, гиперссылок.**

Объекты – элементы документа, которые заключаются в прямоугольник, обрамленный маркерами, позволяющими изменять его размер: поля – элементы документа, принимающие вид – значение/код; файлы – внешние документы; гиперссылка – командная строка для загрузки, указанного в ней файла или сайта. Для вставки

объекта используется команда *Вставка – Объект* **–** указываете объект (др.).

4. **Редактирование** – это исправление ошибок, а также поиск неверного текста и замена его правильным и изменение структуры документа путем копирования, перемещения и удаления фрагментов текста.

Исправление ошибок: удаление символа – клавиши *Backspase* или *Delete*; отмена ошибочного ввода**:** *Правка – Отменить ввод;* найти ошибку и заменить: *Правка – Найти* – ввести ошибочный текст, *Правка – Заменить* – ввести правильный текст.

Изменение структуры документа: выделите фрагмент документа.

Копировать**:** *Правка – Копировать*, мышью показать куда, *Правка – Вставить*.

Переместить*: Правка – Вырезать*, мышью указать куда, *Правка – Вставить.*

Удалить**:** *Правка – Вырезать*

5. **Форматирование** – придание документу привлекательного вида. Команда меню *Формат* (*Шрифт, Абзац, Регистр, Список*, *Колонки, Границы и заливка, Буквица* и др.). При форматировании выделите фрагмент текста (или объект) либо перед набором текста установите нужные параметры форматирования.

Форматирование символа: Высота символа измеряется в пунктах. Пункт – 1/72 часть дюйма. Дюйм – 25 мм. Самая высокая буква равна 72 пунктам, т.е. 1 дюйму. Команда *Формат – Шрифт* – окно диалога *Шрифт* – вкладка *Шрифт.* Параметры – Начертание; Размер; Цвет; Интервал. Команда *Формат – Шрифт* – вкладка *Интервал.* Параметры – Масштаб, интервал, смещение. Команда *Формат – Шрифт* – вкладка *Анимация*.

Форматирование абзаца: абзац – фрагмент текста между двумя нажатиями на клавишу *Enter*. Команда *Формат – Абзац*. Параметры**:** *Отступ от поля; Отступ 1 строки; Выравнивание; Межстрочный интервал; Список и др.*

Обрамление: *Формат – Границы и заливка.* Параметры: тип границы; тип, цвет и ширину линий; стороны обрамления. Можно обрамить страницу, залить цветом фрагмент.

Форматирование объекта (рисунка; автофигуры; надписи; формулы и др.) *Формат – Объект*: вкладка *Цвета и линии* содержит параметры обрамления и заливки; вкладка *Размер* – установить

размеры; вкладка *Положение* – расположение объекта в тексте (обтекание объекта текстом); вкладка *Рисунок* – обрезать рисунок; вкладка *Надпись* – изменить внутренние поля надписи.

Форматирование раздела. Раздел – часть документа, ограниченная вставленными жесткими разрывами. Разделы могут быть по–разному отформатированы, например, иметь разные колонтитулы. Разрыв вставляется командой: *Вставка – Разрыв – новый раздел***.** Для каждого раздела можно установить свои колонтитулы. Колонтитулы размещаются в верхнем или нижнем поле страницы. Обычно содержат название раздела, параграфа. Создать колонтитул: *Вид – Колонтитул* – выберите из меню «Колонтитулы» верхний или нижний, введите текст, отформатируйте его, вставьте номер страницы.

Форматирование колонок. *Колонки* **–** это раздел текста с особым форматированием. Команда *Формат – Колонки***,** указать тип колонок, их количество и размер, если надо поставить разделитель.

Вид страницы: *Поля; Ориентация* и др. Команда *Файл – Параметры страницы***:** Вкладка *Поля – Размер полей; Переплет*; *Ориентация страницы*; Вкладка *Размер бумаги* и *Подача бумаги*; Вкладка *Источник бумаги – начать раздел, различать колонтитулы*.

Стиль форматирования – имеет имя и включает набор параметров форматирования, например стиль «Обычный». Стиль можно изменить, добавив или удалив параметры форматирования, или создать новый стиль на основе имеющегося, присвоив ему новое имя. *Формат – Стили и форматирование – Создать стиль.*

6. **Создание таблиц:** *Таблица – Вставить – Таблица* – Укажите число строк и столбцов. *Таблица – Нарисовать таблицу* – заполнить таблицу информацией.

Редактирование таблицы: *Таблица – Добавить – Строки – (Столбцы, Ячейки) – Удалить – Таблица – (Столбцы, Строки*, *Ячейки***) –** *Объединить ячейки – Разбить ячейки* – введите число строк, число столбцов.

Форматирование таблицы: *Таблица – Автоформат* – выберите один из предлагаемых форматов. *Автоподбор – Выровнять высоту строк; ширину столбцов; По содержимому; Фиксированная* ширина – *Свойства таблицы* – вкладка *Таблица* – Положение

таблицы на странице; Обтекание таблицы текстом; вкладка *Строка – Высота строки;* вкладка *Столбец – Ширина столбца.*

Работа с информацией внутри таблицы: *Сортировка; Преобразование в текст; Вычисления* – см. подробно в лабораторных работах 2.2 –2.4.

7. **Создание рисунков:** команда *Вставка – Объект – Рисунок MS Word.* Используя инструменты панели «Рисование» создайте рисунок. По завершению рисунка восстановите его границы и закройте. Созданный рисунок появится в документе в точке вставки.

8. **Создание оглавления:** *Вставка – Ссылка – Оглавления и указатели.*

9. **Просмотр и печать документа**: *Файл – Предварительный просмотр. Файл – Печать* – выберите параметры печати.

Приведенная последовательность создания текстового документа содержит команды основного меню, эти же команды могут быть выполнены с использованием кнопок Панелей инструментов.

Работа 2.1. Работа со списками. Объекты WordArt

Списки – это отформатированные (маркированные или нумерованные) абзацы.

ЗАДАНИЕ 1

1.Наберите в столбец приведенные фамилии, имена, отчества. Создайте копию. Отформатируйте одну копию в две колонки. Дополните первоначальный список новой информацией.
2. Создайте нумерованные и маркированные списки по приведенным образцам.

СПИСОК СТУДЕНТОВ 1 КУРСА ГРУППЫ ОПИ:

1. Иванова Екатерина Петровна;
2. Степанов Петр Иванович;
3. Балабан Анна Станиславовна;
4. Котов Евгений Семенович;
5. Ломакин Герман Александрович;
6. Сильвестова Инна Леонидовна

.

ОЦЕНКИ СТУДЕНТОВ 1 КУРСА ГРУППЫ ОПИ
ПО МАТЕМАТИКЕ, ФИЗИКЕ И РУССКОМУ ЯЗЫКУ:

1. Иванова Екатерина Петровна:
   1.1. Контр. работа: Матем. 4; Физика 4; Рус. 4.
   1.2. Экзамен: Матем. 5; Физика 4; Рус. 5
2. Степанов Петр Иванович:
   2.1. Контр. работа: Матем.3; Физика 3; Рус.3.
   2.2. Экзамен: Матем. 4; Физика 4; Рус.4
3. Балабан Анна Станиславовна:
   3.1. Контр. работа: Матем. 4; Физика 4; Рус. 4.
   3.2. Экзамен: Матем. 4; Физика 4; Рус. 4.
4. Котов Евгений Семенович:
   4.1. Контр. работа: Матем. 3; Физика 3; Рус. 3.
   4.2. Экзамен: Матем. 5; Физика 4; Рус.4.
5. Ломакин Герман Александрович:
   5.1. Контр. работа: Матем. 5; Физика 5; Рус. 5.
   5.2. Экзамен: Матем. 5; Физика 5; Рус. 5.
6. Сильвестова Инна Леонидовна:
   6.1. Контр. работа: Матем. 5; Физика 5; Рус.4.
   6.2. Экзамен: Матем. 4; Физика 5; Рус .5.

ОЦЕНКИ СТУДЕНТОВ 1 КУРСА ГРУППЫ ОПИ ПО ИНФОРМАТИКЕ:

- ❖ Иванова Екатерина Петровна
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 5
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Степанов Петр Иванович
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Балабан Анна Станиславовна
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Котов Евгений Семенович
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 5
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Ломакин Герман Александрович
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Сильвестова Инна Леонидовна
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для создания простого нумерованного или маркированного списка следует:

- ➢ Выделить текст, который будет оформлен в виде списка.
- ➢ Выбрать команду *Формат – Список* – вкладка *Нумерованный* (либо *Маркированный*) – выбрать тип списка, затем вид списка. Кроме того, возможно отредактировать или создать свой вид списка с использованием кнопки *Изменить*.
- ➢ После выбора вида списка применить его к выделенному тексту.
- ➢ Для создания многоуровневого списка следует текст, который будет оформлен в виде списка, предварительно подготовить:
  - ✓ Создать отступы текста для вложенных уровней. Для этого предназначены кнопки Уменьшить отступ и Увеличить отступ на панели инструментов «*Форматирование*», либо можно воспользоваться сочетанием клавиш *Shift* + *Alt* + ← или *Shift* + *Alt* + →, либо использовать маркеры отступов на горизонтальной линейке.
  - ✓ Выделить текст, который будет оформлен в виде многоуровнего списка.
  - ✓ Воспользоваться командой *Формат – Список* – вкладка *Многоуровневый*.

- ✓ Выбрать вид списка из предложенных.

➢ Для разделения текста на две колонки: выделить текст, команда *Формат – Колонки* – установить параметры: количество колонок и их размер.

ЗАДАНИЕ 2

Создайте различные текстовые эффекты, используя объект WordArt

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ



1. В меню *«Вставка»* вызовите подменю *«Объект»* и запустите приложение WordArt или воспользуйтесь кнопкой 

, расположенной на панели инструментов. Можно изменить текст и задать иную графическую форму.
2. Пользуйтесь коллекцией WordArt и 
Меню "Текст - Фигура".

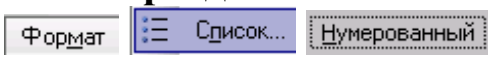


Работа 2.2 Форматирование: создание списков, колонок, буквицы. Преобразование текста в таблицу

ЗАДАНИЕ 1
Создайте новый документ, набрав следующий текст:

Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается, во – первых, тем, что промышленное использование полезных ископаемых началось более 300 лет назад; во – вторых, не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых; в – третьих, в решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы»; в – четвертых, центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

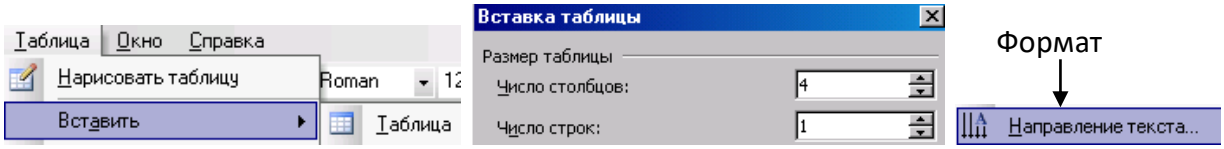
Для выполнения последующих заданий создавайте копии текста.

ЗАДАНИЕ 2
Текст разделить на абзацы. Пронумеровать абзацы текста. 

Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:
1. Промышленным использованием полезных ископаемых, которое началось более 300 лет назад.
2. Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.
3. В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».
4. Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 3

Преобразовать текст в таблицу с изменением направления текста в ячейках.



Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

Промышленное использование полезных ископаемых началось более 300 лет назад.	Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.	В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».	Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 4

Разбить текст на две колонки с разделителем и промаркировать текст.

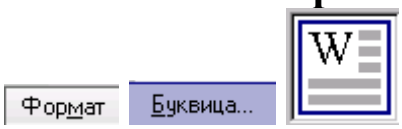


Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

- Промышленным использованием полезных ископаемых, которое началось более 300 лет назад.
- Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.
- В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».
- Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 5

Разбить на четыре колонки и вставить буквицу.



Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

Промышленным использованием полезных ископаемых, которое началось более 300 лет назад.

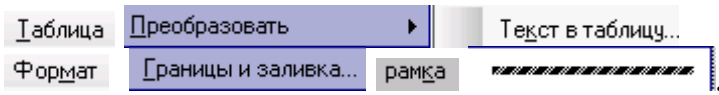
Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.

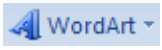
В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».

Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 6

Вставить текст в таблицу с одним столбцом, в рамке.



, ВСТАВКА – 

– для заголовка

Урал – обширный и богатый регион России.
От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

Промышленное использование полезных ископаемых началось более 300 лет назад.
Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.
В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».
Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

Работа 2.3. Создание и форматирование таблицы, вычисления в таблице с использованием функций

Текстовый процессор Word позволяет выполнять вычисления, записывая в отдельные ячейки таблицы формулы с помощью команды *Таблица – Формулы*.

Формула задаётся как выражение, в котором использованы:

- **абсолютные** ссылки на ячейки таблицы в виде списка, разделяемые точкой с запятой – A1; B5; E10 и т.д., или блока – начало и конец блока ячеек – A1:F1;
- **ключевые слова** для ссылки на блок ячеек:
  LEFT – ячейки, расположенные в строке левее ячейки с формулой;
  RIGHT– ячейки, расположенные в строке правее ячейки с формулой;
  ABOVE– ячейки, расположенные в столбце выше ячейки с формулой;
  BELOW– ячейки, расположенные в столбце ниже ячейки с формулой;
- **константы** – числа, текст в двойных кавычках;
- **встроенные функции** Word;
- **знаки операций** (+ , –, *, /, %, ^, =, <, <=, >=, < >,>)

Таблица 1

Виды встроенных функций

Категория	Функция	Назначение
Статистические	AVERAGE()	Вычисление среднего значения для диапазона ячеек, например: =AVERAGE(A1:C20)
	COUNT()	Подсчёт числа значений в указанном диапазоне ячеек, например: =COUNT(A1:C20; B25; A30)
	MAX()	Нахождение максимального значения в указанном блоке ячеек, например: =MAX(A1:C20; B25; A30)
	MIN()	Нахождение минимального значения в указанном блоке ячеек, например: =MIN (A1:C20; B25; A30)

Категория	Функция	Назначение
Статистические	SUM()	Нахождение суммы чисел в указанном блоке ячеек, например: =SUM (A1:C20; B25; A30)
Математические	ABS(x)	Абсолютное значение вычисляемого выражения, например: = ABS(A1*B12–C25+100)
	MOD(x, y)	Остаток от деления первого числа на второе, например: = MOD(A1,C12)
	INT(x)	Целая часть числа, например: = INT(234.45)
	PRODUCT()	Произведение чисел в указанном диапазоне ячеек, например: = PRODUCT(A1:C20; B25; A30)
	ROUND(x, y)	Округление значения до указанного числа знаков, например, округлить до сотен: = ROUND(2345.45.–2)
	SIGN(x)	Определение знака числа, например (–1 для отрицательных и 1 для положительных): = SIGN(–2345.45)
Логические	IF(x,y,z)	Проверка заданного условия и присвоение значения ячейке: если условие истинно – *значение 1*, иначе *значение 2:*= IF (E12>G12; *значение 1;значение 2)*
	AND(x,y)	Вычисляет значение 1, если заданы истинные значения логических аргументов, иначе – 0, например: = AND(A4>3; B3<3)
	OR(x,y)	Вычисляет значение 0, если заданы истинные значения любого логического аргумента, иначе – 1, например: = OR (A2>3; D3<=4)
	NOT(x)	Вычисляет значение 0, если задано истинное значение логического аргумента, иначе – 1, например: = NOT(D4>2)

Категория	Функция	Назначение

Логические	DEFINED(x)	Определяет значение в ячейке.
	FALSE	Логическая константа ***ложь***, которой соответствует число 0.
	TRUE	Логическая константа ***истина***, которой соответствует число 1.
	DEFINED(x)	Определяет значение в ячейке.

ЗАДАНИЯ

1. Создайте таблицу (табл. 2), вычислите средний и суммарный балл успеваемости.
2. Создайте две копии таблицы. Отсортируйте таблицы. Одну копию – по возрастанию значений столбца «Ф.И.О.». Вторую – по убыванию значений столбца «Суммарный балл успеваемости».

Таблица 2

Успеваемость студентов

Ф. И. О.	Оценки по предметам			Суммарный балл успеваемости
Иванов. П. А.	4	5	3	12
Арбузов И. И.	4	5	5	14
Сидоров П. П.	5	5	5	15
Николаев А. А.	3	5	3	11
Федоров И. А.	3	4	5	12
Лазарева Л. В.	4	4	3	11
Средний балл успеваемости	3,83	4,67	4	12,5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Создать таблицу с помощью команды *Таблица – Вставить*, ввести данные, приведенные в таблице.
   - При добавлении строк (столбцов) и объединении (разбивке) ячеек использовать соответствующие команды меню *Таблица.*

- Для столбца «Суммарный балл» и «Средний балл успеваемости» произвести вычисления, воспользоваться командой *Таблица – Формула* (использовать таблицу 1).

2. Для сортировки используйте команду *Таблица – Сортировка*



или значок «Сортировка» на панели инструментов, предварительно поставив курсор в любую ячейку таблицы со значением.

Работа 2.4. Вычисления в таблицах

ЗАДАНИЕ 1

Создайте таблицу сложной структуры (табл.1) используя команды объединения и разбивки ячеек, вычислите значения столбцов «Всего», «Итого» и строк «Итого», «Средний», «Максимальный», «Минимальный» объем продаж.

Таблица 1

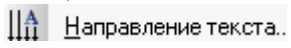
Объем продаж на внутреннем и внешнем рынках, тыс.руб.

№ П/П	НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ВНУТРЕННИЙ РЫНОК			ВНЕШНИЙ РЫНОК			ИТОГО
		I пол.	II пол.	Всего	I пол.	II пол.	Всего	
1.	Печь СВЧ	150	200	350	300	300	600	950
2.	Телевизор	850	1020	1870	-	-	-	1870
3.	Пылесос	1350	1400	2750	720	850	1570	4320
4.	Кофемолка	345	344	689	769	32	801	1490
5.	Миксер	2345	463	2808	34	456	490	3298
Итого		5040	3427	8467	1823	1638	3461	11928
Средний				1693,4			692,2	2385,6
Максимальный				2808			1570	4320
Минимальный				350			490	950

ЗАДАНИЕ 2

Создайте таблицу 2, итоговые показатели вычислите по формулам.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Для создания таблицы 1 и 2 с помощью команды *Таблица – Вставить* введите необходимые данные.
2. При добавлении строк (столбцов) и объединении (разбивке) ячеек использовать соответствующие команды меню *Таблица*.
3. Для выбора направления текста нажать ПКМ 

и выбрать соответствующее направление.

4. Для вычисления воспользоваться командой *Таблица – Формула*

Таблица 2

Успеваемость студентов инженерно–экономического факультета УГГУ

СВЕДЕНИЯ ОБ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНО–ЭКОНОМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА УГГУ																	
№ п.п.	Группа	Учебная дисциплина	Средний балл	Всего сдавало	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно	Неявки	Учебная дисциплина	Средний балл	Всего сдавало	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно	Неявки
		I семестр								**II семестр**							
1	3	Прикладное программное обеспе-	3.8	32	12	10	6	3	1	Прикладное программное обеспе-	4.4	32	12	10	6	3	1
2	2		3.5	27	7	9	6	3	2		3.4	20	6		5	2	0
3	1		3.4	28	9	8	3	5	3		3.9	23	9	8	3	5	5
4	4		3.5	29	8	8	8	3	2		3.5	29	8	4	6		4
	Итого			116	36	35	23	14	8	Итого		104	35	12	20	10	10

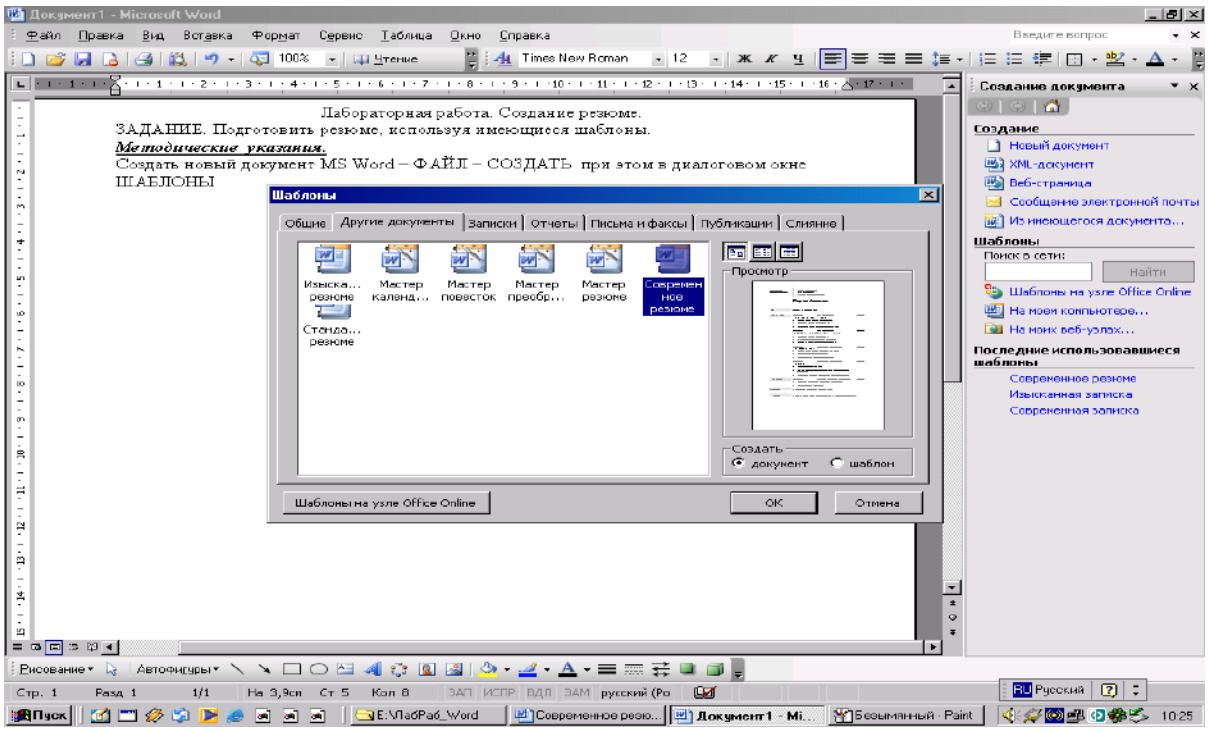
Работа 2.5. Создание резюме по шаблону

ЗАДАНИЕ

Подготовить резюме, используя специальный шаблон.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

Создать новый документ *MS Word – Файл – Создать*. Выбрать в *Области Задач* шаблоны на моем компьютере. В диалоговом окне *Шаблоны* открыть вкладку *Другие документы* – выбрать шаблон, например *Стандартное резюме*.



Введите в поля шаблона требуемую информацию о себе
Ниже приведен пример резюме.

Екатеринбург, ул. Строителей, д. 20, кв. 45
тел. 8 915 275–17–22, ivano@mail.ru

Алексей Сергеевич Иванов

Цель	Участие в конкурсе на получение стипендии академика Ферсмана
Краткая характеристика претендента	2002–2005 Уральский государственный горный университет г. Екатеринбург **Студент инженерно экономического факультета** • Первое место на Республиканской олимпиаде по программированию среди студентов ВУЗов(2008). • Первое место на Республиканской олимпиаде по математике среди студентов ВУЗов(2007). • Публикации трех научных статей в реферируемых журналах. • Выступление на пяти Международных математических конференциях 2001 Золотая медаль Москва • Международная олимпиада по математике. • Губернаторская стипендия лучшему студенту. 2000 Серебряная медаль Пекин • Международная олимпиада по математике. • Студент года.
Образование	1991–2002 Школа – лицей № 13 Екатеринбург • Школа – лицей окончена с золотой медалью. • Класс с углубленным изучением математики и информатики.
Увлечения	• Компьютеры, путешествия, чтение.

Работа 2.6 Создание отчета о проделанных лабораторных работах

Результат выполнения каждой лабораторной работы должен быть сохранен в файле с именем, отражающем номер лабораторной работы.

Текст файла по каждой лабораторной работе должен содержать: номер работы, название работы, задания, краткие методические указания и результат выполнения.

Отчет по оформлению должен быть близок к данным методическим указаниям.

ЗАДАНИЕ

1. Объединить последовательно файлы всех работ в один файл с именем «Отчет …(далее фамилии студентов)».
2. Вставить колонтитулы для каждой работы, содержащие номер работы, номер страницы.
3. В начало отчета вставить титульный лист и оглавление.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. **Объединение файлов**: открыть файл с 1–й лабораторной работой, поставить курсор в конец файла, выполнить команду *Вставка – Файл* **–** открыть папку с файлами по лабораторным работам, выбрать файл по 2–й работе – Вставить. Повторить эти действия, вставив все файлы. Выполнить команду *Файл – Сохранить как* **–** указать Вашу папку и новое имя объединенного файла « Отчет (Фамилии студентов)».
2. *Вставка колонтитулов***:** поставьте курсор в конец работы; вставьте разрыв: *Вставка – Разрыв – Новый раздел со следующей страницы;* перейдите на начало работы, скопируйте её название; выполните команду *Вид – Колонтитулы***;** вставьте название работы в область колонтитула и номера страниц; отожмите кнопку меню колонтитулов «Как в предыдущем»; закройте колонтитул. Повторите все действия для каждой работы.
3. **Вставка оглавления.** Убедитесь, что названия всех лабораторных работ имеют одинаковый стиль форматирования, например, «Заголовок 1». Поставьте курсор в начало документа и вы-

полните команду *Вставка – Ссылка – Оглавления и указатели*, выберите вид оглавления.

4. Наберите титульный лист.

Пример титульного листа.

Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО « Уральский государственный горный университет»

Кафедра информатики

ОТЧЕТ

по лабораторным работам

по дисциплине « Прикладное программное обеспечение»

Выполнил: Иванов И.И.

Группа: ПРМ–16–1

Проверил: Тимухина В.В.

Екатеринбург – 2016

ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР Excel

Общие принципы создания и оформления расчетной таблицы.

Создание расчетной таблицы

Основой таблицы Excel является ячейка. Адрес ячейки определяется именем столбца и номером строки, на пересечении которых находится ячейка, например, A1, B15. Интервал ячеек определяется адресом левой верхней ячейки и правой нижней B2:D4.

Таблица создается на рабочем листе. Контекстное меню ярлыка рабочего листа содержит команды работы с рабочим листом. Рабочие листы можно добавлять, копировать, перемещать, переименовывать, удалять. Удаленный лист восстановить нельзя.

1**.** Ввод данных в ячейки таблицы.

Два вида данных: константы и формулы.

Константы: числовые, текстовые, даты/время, логические, значения ошибок.

Ввод данных: выберите ячейку, введите информацию, нажмите Enter. Старое значение в ячейке сотрется, вводимая информация отражается в строке формул. Курсор (по умолчанию) переместится вниз.

ПРИ ВВОДЕ ЧИСЕЛ. Вид вводимого числа зависит от формата ячейки: обычный, числовой, дробный, процентный, денежный, экспоненциальный (по умолчанию – обычный). Число прижимается к правой стороне ячейки.

ПРИ ВВОДЕ ТЕКСТА. Если вводимый длинный текст не помещается в ячейке, то он перекрывает другие ячейки, но принадлежит той ячейке, в которую вводится. Для размещения текста в ячейке можно изменить ширину ячейки или набрать текст в ячейке в несколько строк *Формат – Ячейки*–вкладка *Выравнивание – переносить по словам*.

2. Автозаполнение ячеек.

Используется команда *Правка – Заполнить***.** Автозаполнением можно заполнить ряды дат, времени, прогрессия: арифметическая (например, номер по порядку) или геометрическая.

3. *Ввод формул.*

Формула вводится одновременно в строку формул и в ячейку. Формула начинается с символа = (равно), и может содержать константы, адреса ячеек, знаки арифметических действий и функции. Константы и знаки арифметических действий вводятся с клавиату-

ры, адреса ячеек указываются щелчком мыши, функции вводятся с использованием *Мастера функций*.
Функции – ранее определённые формулы, они имеют такой синтаксис: *Имя_Функции* (аргументы). Имя выбирается из списка функций, аргументами могут быть адреса ячеек, константы, либо выражения. Аргумент может отсутствовать, но скобки обязательны.
4**. Выделение фрагментов таблицы.**
Выделение строк – провести указателем мыши, при нажатой левой клавиши, по номерам соответствующих строк.
Выделение столбцов – провести указателем мыши по именам столбцов.
Выделение интервала ячеек – провести указателем мыши от верхнего левого угла интервала до правого нижнего угла.
5**. Редактирование: вырезать, копировать, вставить, удалить, удалить лист и т.д.**
Команды редактирования применимы к ячейке, интервалу ячеек или к рабочему листу. Для выполнения этих команд необходимо выделить фрагмент (интервал) ячеек и из меню *Правка* выбрать соответствующую команду.
6. **Добавление (удаление) строк, столбцов, ячеек.**
Добавление: команда *Вставка – Строки (Столбцы, Ячейки).*
Удаление: Выделить нужный интервал *Правка – Удалить.*
При добавлении и удалении ячеек таблица может деформироваться.
7. **Форматирование чисел, текста, шрифта, обрамление и заливка ячеек цветом.**
Используется команда *Формат – Ячейки* и соответствующая вкладка. Для форматирования чисел – вкладка *Число.* Например, для задания нужного количества знаков после запятой: команда *Формат– Ячейки* **–**вкладка *Число* **–** формат *Числовой* **–** число знаков после запятой. Для ввода текста в ячейку в несколько строк: *Формат – Ячейки* **–** вкладка *Выравнивание – переносить по словам.*
8. **Построение графиков и диаграмм.**
Выделить столбцы данных с названиями. Обратиться к *Мастеру диаграмм*, шаг 1 –выбрать *тип диаграммы*, шаг 2 – исходные данные уже выделены до вызова *мастера,* шаг 3– указать *параметры диаграммы*, шаг 4 – указать *место размещения диаграммы*: на рабочем листе или на отдельном листе.
9. **Работа с таблицей как с базой данных: сортировка, фильтрация, форма ввода данных, промежуточные итоги.**

Эти действия выполняются командами меню *Данные.* Для работы с этими командами необходимо:

1. «Шапка» таблицы должна находиться в одной строке.
2. Таблица должна быть отделена от строки названия и строки итогов пустой строкой.
3. Слева и справа от таблицы не должно быть никаких данных.
4. Курсор поставить в любую ячейку таблицы.

- Сортировка – перестановка строк таблицы по возрастанию или убыванию значений выбранного столбца.

Команда *Данные – Сортировка* – выбрать столбец – вид сортировки (по убыванию или по возрастанию).

- Фильтрация – выборка строк таблицы, удовлетворяющих условию.

Команда *Данные – Фильтр – Автофильтр* – задать условие.

- Добавление исходных данных:

Команда *Данные – Форма* – введите данные в поля формы.

- Промежуточные итоги можно получить на предварительно отсортированной таблице по тому параметру, по которому нужно подвести итоги.

Команда *Данные – Итоги* – указать имя столбца, по которому была проведена сортировка, выбрать операцию и отметить столбцы, по которым подводить итоги.

10. **Таблицы подстановки.**

Позволяет использовать формулу, введенную в одну ячейку, рассчитать данные целой таблицы. Существуют таблицы с одной (для функций с одной переменной) или двумя ячейками подстановки (для функций с двумя переменными). Таблицу нужно подготовить определенным образом. С одной ячейкой подстановки:

1. Ввести исходные данные в столбец (или строку);
2. Ввести формулу, которая будет содержать ссылку на ячейку подстановки над столбцом, где будет результат.
3. Затем выделить интервал ячеек, включающий исходные данные, ячейку с формулой и будущий результат и выполнить команду *Сервис – Таблица подстановок* – сослаться на адрес ячейки ввода.

11. **Сводные таблицы.**

Позволяют из большой таблицы сделать выборки. Используется *Мастер Сводных таблиц*. Команда: *Данные – Сводная таблица.* Указать источник данных, место расположения сводной таблицы, указать поля и данные, по которым нужно получить сводку.

12. **Специальные инструменты: подбор параметра, поиск решения.**

Позволяют найти оптимальное (наилучшее) решение. При подборе изменяется один параметр. Команда – *Сервис – Подбор параметра* – указать ячейку с искомым параметром и изменяющуюся ячейку. При поиске решения можно изменять много параметров. Для чего необходимо записать математическую постановку задачи, определив целевую функцию и ограничения, подготовить таблицу и выполнить команду *Сервис – Поиск решения* – задать все параметры. Если *Поиска решения* нет в меню, его нужно подключить *Сервис – Надстройки – Поиск решения.*

Работа 3.1. Основные приемы работы: ввод данных и формул, форматирование таблицы, построение графиков

ЗАДАНИЕ 1

Создать таблицу под названием «Анализ показателей производства» и построить графики.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

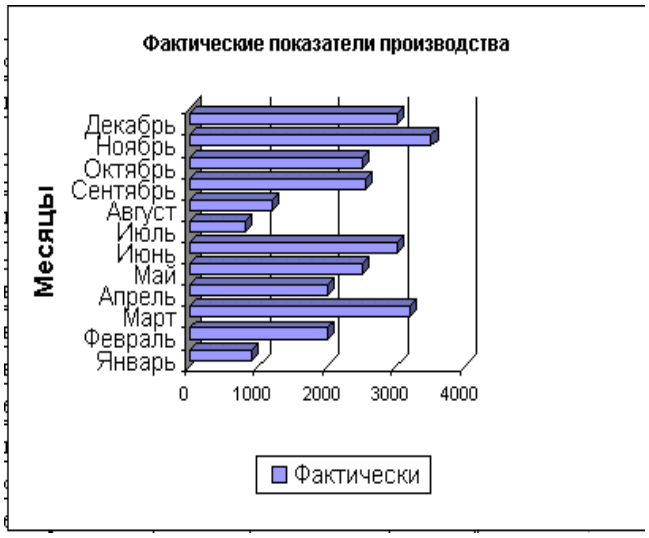
	A	B	C	D
1	**Анализ показателей производства**			
2	Показатели производства			
3	Пок. / месяцам	План	Фактически	%
4	Январь	**1000**	**900**	90%
5	Февраль	**2000**	**2000**	100%
6	Март	**3000**	**3200**	107%
7	Апрель	**1500**	**2000**	133%
8	Май	**3000**	**2500**	83%
9	Июнь	**2000**	**3000**	150%
10	Июль	**1000**	**800**	80%
11	Август	**1500**	**1200**	80%
12	Сентябрь	**2000**	**2550**	128%
13	Октябрь	**2000**	**2500**	125%
14	Ноябрь	**3000**	**3500**	117%
15	Декабрь	**4000**	**3000**	75%
16	Квартал I	6000	6100	
17	Квартал II	6500	7500	
18	Квартал III	4500	4550	
19	Квартал IV	9000	9000	

Поместите курсор в ячейку A1 и наберите «Анализ показателей производства», нажмите Enter, затем в ячейке A2 – «Показатели производства».

- Далее, перемещая курсор, заполните ячейки данными.
- Название месяца введите автозаполнением: в ячейке A4 наберите слово «Январь», установите курсор в правый нижний угол ячейки A4 на маркер заполнения, нажмите ЛКМ и протащите до ячейки A15.
- Для того чтобы вычислить проценты необходимо фактические показатели производства разделить на плановые. Формула начинается со знака = и мышкой указываются адреса ячеек.
- Для вычисления квартального показателя используем *Автосуммирование* Σ или функцию *=СУММ( )*. Не забудьте, что в квартал входит три месяца.
- Для построения диаграммы 1 выделите ячейки A3:A15, затем, нажав кнопку Ctrl, выделите ячейки C3:C15, вставка - нажмите значок *диаграмма – Линейчатая с группировкой.* На вкладке *Работа с диаграммой – макет – название диаграммы,* введите названия. Для построения диаграммы 2 выделите интервал ячеек

A16:B19, выберите вставка - *гистограмма с группировкой*, на вкладке *Работа с диаграммой – макет – Таблица данных - Дополнительные параметры таблицы данных*.

- Обрамите таблицу, используя команду *Формат – Ячейки – Граница.*



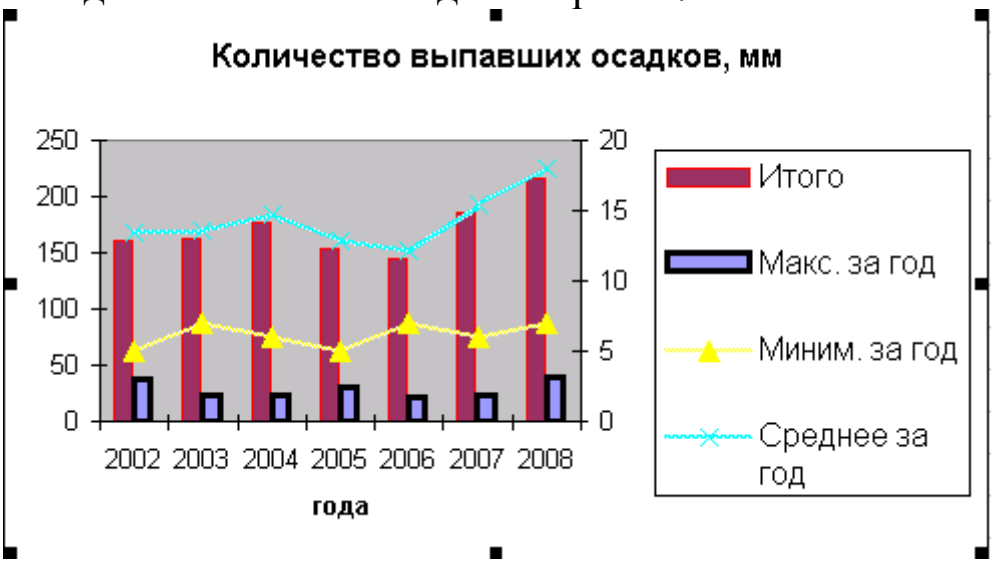


ЗАДАНИЕ 2

1. Составьте электронную таблицу, вычисляющую количество выпавших осадков.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Количество выпавших осадков, мм									
2		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Макс. кол. за месяц	Мин. кол. за месяц
3	Январь	25	17	23	25	17	23	35		
4	Февраль	37	12	13	20	21	23	40		
5	Март	8	16	6	7	9	20	16		
6	Апрель	10	7	11	12	8	16	7		
7	Май	12	8	16	5	9	9	8		
8	Июнь	7	9	20	8	16	12	9		
9	Июль	6	11	23	7	9	20	11		
10	Август	8	16	12	8	16	6	16		
11	Сентябрь	13	13	9	14	12	13	13		
12	Октябрь	5	9	9	7	9	20	10		
13	Ноябрь	10	24	12	10	7	11	24		
14	Декабрь	20	21	23	31	12	13	27		
15	Итого									
16	Макс. за год									
17	Миним. за год									
18	Среднее за год									

2. **Постройте гистограмму** «Количество выпавших осадков». Вставка - *гистограмма с группировкой*, в которой по годам отражено «Итого», «Макс. за год», «Миним. за год», «Среднее за год». «Среднее за год» и «Миним. За год» построить.



Работа 3.2. Мастер функций

Задание 1

Рассчитать комиссионную ставку для торговых агентов. Она зависит от объема продаж. Если объем продаж свыше 100 тыс.руб., то комиссионная ставка равна 6%, если не превышает 100 тыс.руб., то комиссионная ставка равна 5%.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

	A	B	C
1	***Комиссионные торговых агентов***		
2			
3	**Торговые агенты**	**Продажи за месяц**	**Комиссионные**
4	Романцев	130 658,00	
5	Бабий	41 209,00	
6	Сидоров	965 840,00	
7	Левченко	56 023,00	
8	Молчанов	69 845,00	
9	Колесников	185 926,00	
10	Арутюнянц	116 523,00	
11	Кудрявцева	33 565,00	
12	Лившиц	69 954,00	

Для решения данной задачи нужно воспользоваться функцией *Если.*

Синтаксис любой функции имеет имя и аргументы – *Имя функции* **(***аргументы***).**

Все функции объединены в категории. Функция ЕСЛИ относится к категории логические и имеет следующий синтаксис: *Если.* (*проверяемое условие; величина, возвращаемая в случае, если данное условие выполняется;*

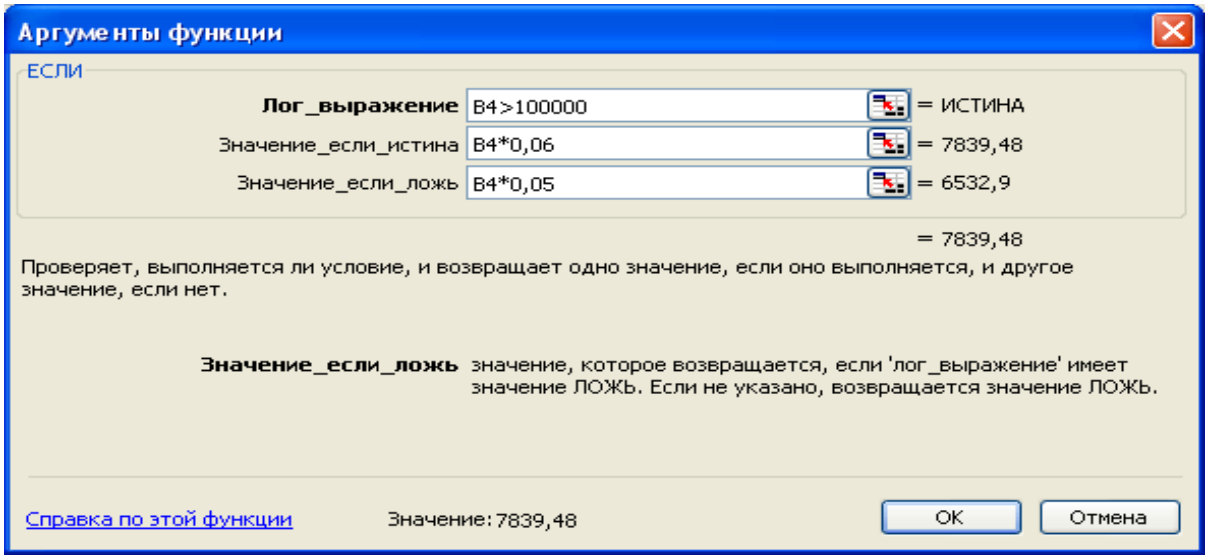
величина, возвращаемая при невыполнении данного условия).

Для работы с функциями используют *Мастер функций* . Он состоит из двух шагов: выбор *Имени функции* и задание *аргументов.*

Выделите ячейку, в которой вы собираетесь разместить результат выполнения функции *ЕСЛИ,* например С4.

1. Щелкните на кнопке *Мастер функций* из списка «Категория» выберите *«Логические»,* в следующем окне выберите функцию *ЕСЛИ.*

2. В диалоговом окне «Аргументы функции» в поле *Лог_выражение* введите проверяемое условие, например B4>100000, считая, что объем продаж содержится в ячейке B4.



3. В поле *Значение_если_истина* введите величину, которая будет возвращена, если окажется, что заданное условие выполняется. Например, если нужно задать 6 % комиссионных для тех, у кого объем продаж превышает 100 тыс.руб., в это поле нужно ввести B4*0,06.

4. В поле *Значение_если_ложь* введите величину, которая будет возвращена, если окажется, что заданное условие не выполняется. Например, если нужно задать 5 % комиссионных для тех, у кого объем продаж не превышает 100 тыс.руб., в это поле нужно ввести B4*0,05. Щелкните кнопку ОК. Excel внесет функцию в рабочую таблицу и будет помещать результаты ее выполнения в выделенную ячейку. (Примечание: Если оставить пустым поле *Значение_если_ложь*, то при невыполнении заданного условия Excel возвратит не число, а слово «Ложь».)

5. Вид функции в ячейке C4 приведен в строке формул: *=ЕСЛИ(B4>100000;B4*0,06;B4*0,05)*. Чтобы рассчитать комиссионные для всех других работников скопируйте данную формулу одним из известных методов. Например, протащив маркер заполнения с ячейки C4 до ячейки C12.

C4 =ЕСЛИ(B4>100000;B4*0,06;B4*0,05

	A	B	C	D
1	*Комиссионные торговых агентов*			
2				
3	**Торговые агенты**	**Продажи за месяц**	**Комиссионные**	
4	Романцев	130 658,00	7 839,48	
5	Бабий	41 209,00	2 060,45	
6	Сидоров	965 840,00	57 950,40	
7	Левченко	56 023,00	2 801,15	
8	Молчанов	69 845,00	3 492,25	
9	Колесников	185 926,00	11 155,56	
10	Арутюнянц	116 523,00	6 991,38	
11	Кудрявцева	33 565,00	1 678,25	
12	Лившиц	69 954,00	3 497,70	

ЗАДАНИЕ 2

Скопируйте рассчитанную таблицу и рассчитайте новые комиссионные ставки для торговых агентов.

Если объем продаж выше 130 тыс.руб. – задать 10 % комиссионных, для тех, у кого объем продаж превышает 100 тыс.руб., но меньше 130 тыс.руб. – 5 % комиссионных, для тех, у кого объем продаж не превышает 100 тыс.руб. – 3 % комиссионных.

Работа 3.3. Автозаполнение, абсолютные и относительные ссылки.

ЗАДАНИЕ

Создать электронную таблицу учета платы за квартиру согласно образцу.

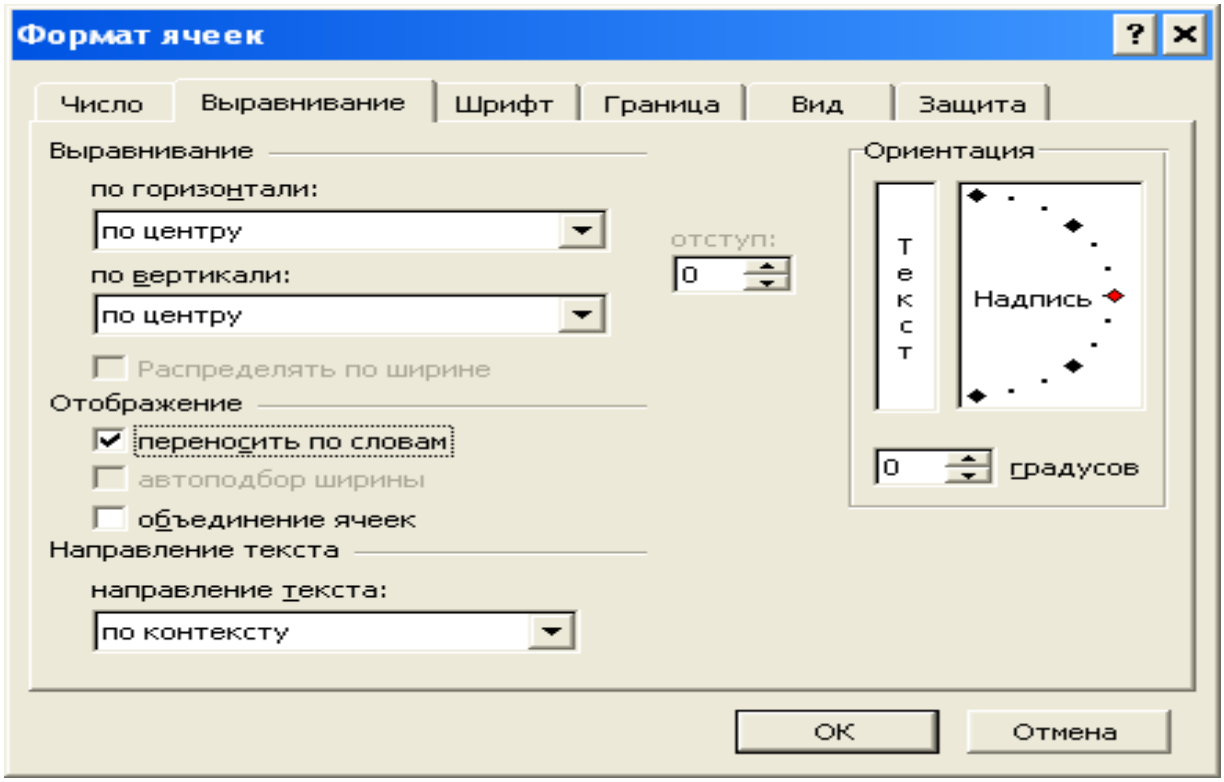
1. Все заголовки столбцов должны быть выровнены по центру, как по горизонтали, так и по вертикали, при определении формата ячейки, примите опцию переноса слов. Отформатируйте таблицу по образцу.
2. Столбец «№ квартиры» – автозаполнение с 10 (шаг 1). Форомат: курсив, по центру.
3. Столбец «Фамилия квартиросъемщика» формат: по левому краю.
4. Столбец «Площадь» – автозаполнение с 70 (шаг – 0,5), формат: курсив, по центру
5. Столбец «Сумма»: для каждой квартиры умножается значение из графы «Площадь» (с относительным адресом) на значение из ячейки «Тариф» (с абсолютным адресом).
6. Столбец «Дата оплаты» – автозаполнение с 10 марта (шаг 1), каждая последующая квартира произвела оплату на день позже предыдущей.
7. Столбец «Просрочка»: если оплата была произведена до срока оплаты включительно, то автоматически ставиться 0 (нуль); если позже срока, то должно подсчитываться количество дней просрочки («Дата оплаты» относительный адрес – «Срок оплаты» абсолютный адрес). Формат: курсив, по центру.
8. Столбец «Штраф»: для каждой квартиры умножается значение из графы «Пени за 1 день» (абсолютный адрес) на значение из графы «Просрочка». Формат « денежный», целый.
9. Столбец «Итого»: суммируется значение из граф «Сумма» и «Штраф», формат «денежный», целый.
10. В конце ведомости подсчитать: среднюю площадь, минимальную сумму, максимальную просрочку, максимальный штраф, итого, используя соответствующие функции.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Квартплата							
2	Тариф за 1 кв. м:		5р.					
3	Срок оплаты:		10 мар					
4	Пени за 1 день :		1,5р.					
5	№ квартиры	Фамилия квартирос.	Площадь кв. м	Сумма	Дата оплаты	Прос-рочка	Штраф	Итого
6	10	Ивашкина	70	350р.	10 мар	0	0р.	350р.
7	11	Баранова	69,5	348р.	11 мар	1	2р.	349р.
8	12	Корнилова	69	345р.	12 мар	2	3р.	348р.
9	13	Воробьев	68,5	343р.	13 мар	3	5р.	347р.
10	14	Скоркин	68	340р.	14 мар	4	6р.	346р.
11	15	Новиков	67,5	338р.	15 мар	5	8р.	345р.
12	16	Зубков	67	335р.	16 мар	6	9р.	344р.
13	17	Сырников	66,5	333р.	17 мар	7	11р.	343р.
14	18	Миронов	66	330р.	18 мар	8	12р.	342р.
15	19	Рублева	65,5	328р.	19 мар	9	14р.	341р.
16	20	Лобанова	65	325р.	20 мар	10	15р.	340р.
17		Средняя площадь	67,5					
18		Минимальная сумма		325р.				
19		Максимальная просрочка				10		
20		Максимальный штраф					15р.	
21		Итого						3 795р.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Для форматирования столбцов использовать правую клавишу мыши (ПКМ): *Формат ячеек* – вкладка *Выравнивание*.
2. Автозаполнение ячеек: *Правка – Заполнить – Прогрессия– Арифметическая (ряды даты*), либо введите значение в первую и вторую ячейки, выделите их и протяните ЛКМ, зацепив маркер заполнения, либо введите значение в первую ячейку (для дат) и протяните маркер.
3. При вычислениях используйте в ссылках (адреса ячеек) относительные и абсолютные адреса. Относительный адрес при копировании формул изменяется: при копировании по столбцу в адресах ячеек изменяется номер строки; при копировании по строке в адресах ячеек изменяется имя столбца. *Абсолютные адреса при копировании не изменяются!* Абсолютный адрес устанавливают клавишей F4, например, для «Штрафа» = $C$4*F6.

Относительный адрес – C4, абсолютный адрес – $C$4, смешанные адреса – $C4 и C$4.



4. Для вычисления формул используйте *Мастер функций*. Для поля «Просрочки» используется функция *ЕСЛИ*. Синтаксис и правило использования функции см. в лабораторной работе 3.2. Например, = *ЕСЛИ(E6 <= $C$3;0;E6 – $C$3).*
5. Для вычисления параметров: «Средняя площадь», «Минимальная сумма», «Максимальная просрочка», «Максимальный штраф», «Итого» используйте функции: *(СРЗНАЧ(аргументы)*, *СУММ(аргументы), МИН(аргументы)*, *МАКС(аргументы).* Ввод функций в формулы осуществляйте *Мастером функций*.

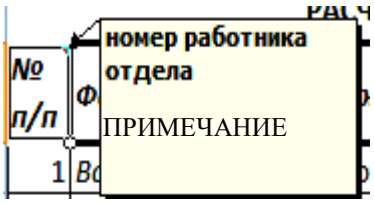
Работа 3.4. Создание примечаний, числовое форматирование

ЗАДАНИЕ

Сформировать на рабочем листе ведомость «Расчет заработной платы работников научно–проектного отдела «Альфа».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	РАСЧЕТ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ РАБОТНИКОВ НАУЧНО-ПРОЕКТНОГО ОТДЕЛА "АЛЬФА"										
3	*п/п*	*Фамилия И. О.*	*Должность*	*Тарифная ставка*	*Стаж*	*k*	*Надбавка за стаж*	*Итого*	*Процент налога*	*Удержать*	*Выплата*
4	1	*Вольская А. Д.*	лаборант	5 670,00							
5	2	*Ермакова Л. П.*	инженер	8 000,00							
6	3	*Заяц В. Д.*	мл. н. сотрудник	7 700,00	11						
7	4	*Иванова А. С.*	лаборант	5 500,00							
8	5	*Игнатович В. П.*	ст. н. сотрудник	9 700,00	6						
9	6	*Котов В. А.*	инженер	8 000,00							
10	7	*Михайлова Н. п.*	инженер	8 000,00	8						
11	8	*Мороз В. И.*	ст. н. сотрудник	9 700,00							
12	9	*Никонова Е. И.*	мл. н. сотрудник	7 700,00							
13	10	*Петрашевич Г. С.*	зав.лаборатории	12 200,00	16						
14	11	*Петров В. М.*	лаборант	5 670,00							
15	12	*Сергейчик П. П.*	мл. н. сотрудник	7 700,00	11						
16	13	*Степаненко А. В.*	ст. н. сотрудник	9 700,00							
17	14	*Уланович А. С.*	лаборант	5 500,00	7						
18	15	*Уткие П. И.*	ст. н. сотрудник	9 700,00	6						
19	*Всего к выдаче:*										

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ



1. В ячейку А2 поместить название ведомости
2. В ячейки А3:К3 ввести названия полей ведомости: *№ п/п…Выплата.*
3. К шапке ведомости – к каждому столбцу – создать скрытые примечания.

Примечания создаются командой *Вставка – Примечание* (также можно использовать панель инструментов *Рецензтрование*, которая добавляется командой *Вид – Панели Инструментов – Рецензирование).*

Тексты Примечаний по столбцам:

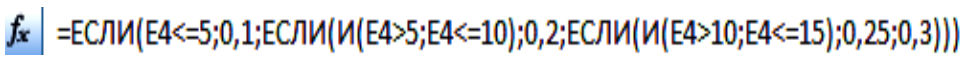
№ п/п – номер работника отдела;

Фамилия И. О. – заносятся все фамилии работающих в научно–проектном отделе;

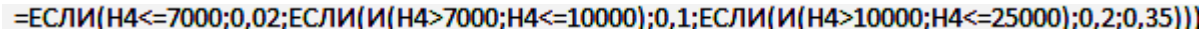
Должность – занимаемая должность на момент заполнения ведомости;
Тарифная ставка – денежный эквивалент занимаемой должности;
Стаж – вносится целое число отработанных лет на момент заполнения ведомости;
k – коэффициент за стаж работы;
Надбавка за стаж – денежный эквивалент за стаж работы;
Итого – начисление заработной платы с учетом тарифной ставки и стажа работы;
Процент налога – определяет процент отчислений в бюджет;
Удержать – денежный эквивалент отчислений в бюджет;
Выплата – сумма, предназначенная к выдаче.

4. При расчетах в ведомости учитывать следующее:

Коэффициент *k* присваивается из следующего расчета: 0,1 – отработано до 5 лет включительно, 0,2 – от 5 до 10 лет включительно, 0,25 – от 10 до 15 лет включительно, 0,3 – свыше 15 лет. Формула для ячейки F4:



Надбавка за стаж – произведение *тарифной ставки* на *k*,
G4 =D4*F4
Формат числа для ячейки G4: *Формат – Ячейки* –вкладка *Число*, из списка *Числовые форматы* выбрать *Все форматы* и в поле *Тип* ввести формат # ##0,00р.
Итого – сумма *Тарифной ставки* и *Надбавки за стаж* *(H4=D4 + G4).* Формат числа аналогичен предыдущему.
Процент налога – учитывает, что : 2 % – начисление (по *Итого*) составляет до 7000 р. включительно, 10 % – более 7000 р. до 10000 р. включительно, 20 % – более 10000 р. до 25000 р. включительно, 35 % – превышающие 25000 р. Пример формулы для I4:



Формат числа (I4) – *Процентный.*
Удержать – произведение *Итого* на *Процент налога.* Формат пользовательский, аналогичный ячейкам столбцов D, G,H**:** # ##0,00р.
Выплата – разность между *Итого* и *Удержать.*

5. Подсчитайте *Всего к выдаче,* используя *Автосуммирование.*
6. Объедините ячейки в соответствии с образцом *Формат – Ячейки* – вкладка *Выравнивание – Объединить ячейки.*
7. Обрамите таблицу *Формат – Ячейки* – вкладка *Граница.*

8. Отформатируйте текстовую информацию по образцу *Формат – Ячейки* – вкладка *Шрифт*.

Результат решения задачи

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	РАСЧЕТ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ РАБОТНИКОВ НАУЧНО-ПРОЕКТНОГО ОТДЕЛА "АЛЬФА"										
3	№ п/п	Фамилия И. О.	Должность	Тарифная ставка	Стаж	k	Надбавка за стаж	Итого	Процент налога	Удержать	Выплата
4	1	Вольская А. Д.	лаборант	5 670,00р.		0,1	567,00р.	6 237,00р.	2%	124,74р.	6 112,26р.
5	2	Ермакова Л. П.	инженер	8 000,00р.		0,1	800,00р.	8 800,00р.	10%	880,00р.	7 920,00р.
6	3	Заяц В. Д.	мл. н. сотрудник	7 700,00р.	11	0,25	1 925,00р.	9 625,00р.	10%	962,50р.	8 662,50р.
7	4	Иванова А. С.	лаборант	5 500,00р.		0,1	550,00р.	6 050,00р.	2%	121,00р.	5 929,00р.
8	5	Игнатович В. П.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.	6	0,2	1 940,00р.	11 640,00р.	20%	2 328,00р.	9 312,00р.
9	6	Котов В. А.	инженер	8 000,00р.		0,1	800,00р.	8 800,00р.	10%	880,00р.	7 920,00р.
10	7	Михайлова Н. п.	инженер	8 000,00р.	8	0,2	1 600,00р.	9 600,00р.	10%	960,00р.	8 640,00р.
11	8	Мороз В. И.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.		0,1	970,00р.	10 670,00р.	20%	2 134,00р.	8 536,00р.
12	9	Никонова Е. И.	мл. н. сотрудник	7 700,00р.		0,1	770,00р.	8 470,00р.	10%	847,00р.	7 623,00р.
13	10	Петрашевич Г. С.	зав.лаборатории	12 200,00р.	16	0,3	3 660,00р.	15 860,00р.	20%	3 172,00р.	12 688,00р.
14	11	Петров В. М.	лаборант	5 670,00р.		0,1	567,00р.	6 237,00р.	2%	124,74р.	6 112,26р.
15	12	Сергейчик П. П.	мл. н. сотрудник	7 700,00р.	11	0,25	1 925,00р.	9 625,00р.	10%	962,50р.	8 662,50р.
16	13	Степаненко А. В.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.		0,1	970,00р.	10 670,00р.	20%	2 134,00р.	8 536,00р.
17	14	Уланович А. С.	лаборант	5 500,00р.	7	0,2	1 100,00р.	6 600,00р.	2%	132,00р.	6 468,00р.
18	15	Уткие П. И.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.	6	0,2	1 940,00р.	11 640,00р.	20%	2 328,00р.	9 312,00р.
19	Всего к выдаче:							140524,00р.		18 090,48р.	122 433,52р.

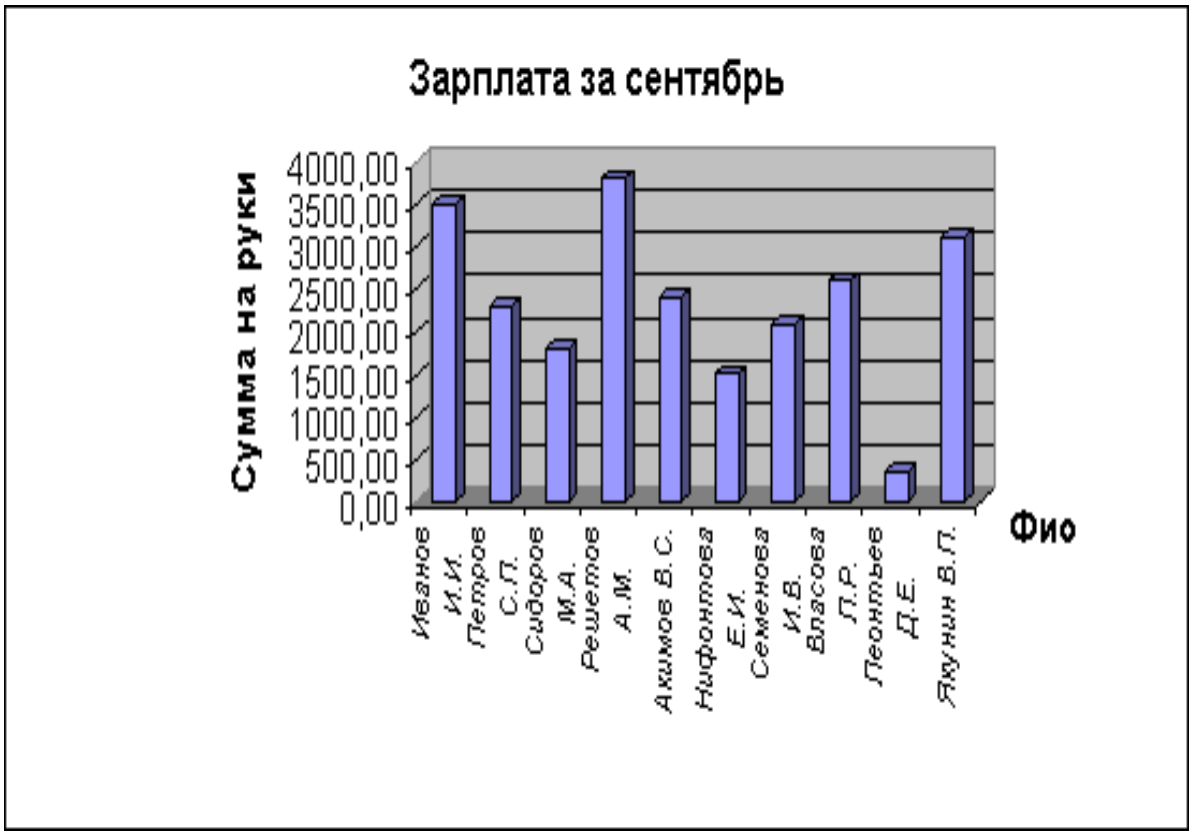
Работа 3.5. Вычисления с использованием функций, форматирование графиков

ЗАДАНИЕ

1. Дайте название рабочему листу «Зарплата».
2. Создайте таблицу, заполнив шапку и значения столбцов приведенными в таблице данными: «№ », «Фамилия И.О.», «Оклад», «Дети».
3. Вычислите по формулам значения в первых ячейках столбцов: «Уральский коэффициент», «З/плата с уральским коэф.», «С начала года», «Налоги», «Сумма на руки».
4. Скопируйте полученные формулы в остальные ячейки соответствующих столбцов.
5. Вычислите итоговые значения и скопируйте их в соседние ячейки этих строк.
6. Отформатируйте таблицу в соответствии с приведенным видом.
7. Постройте столбиковую диаграмму рассчитанной «Зарплаты за сентябрь».

	A	B	C	D	E	F		H	I
1	Сентябрь 2006 г.								
2	№	Фамилия И.О.	Оклад	Уральский коэф.	З/плата с урал. коэф.	С начала года	Дети	Налоги	Сумма на руки
3	1	Иванов И.И.	3500	525,00	4025,00	36225,00	2	523,25	3501,75
4	2	Петров С.П.	2300	345,00	2645,00	23805,00	2	343,85	2301,15
5	3	СидоровМ.А.	1800	270,00	2070,00	18630,00	1	269,10	1800,90
6	4	РешетовА.М.	3800	570,00	4370,00	39330,00	1	568,10	3801,90
7	5	Акимов В.С.	2400	360,00	2760,00	24840,00	2	358,80	2401,20
8	6	Нифонтова Е.И.	1500	225,00	1725,00	15525,00	0	224,25	1500,75
9	7	Семенова И.В.	2100	315,00	2415,00	21735,00	1	313,95	2101,05
10	8	Власова Л.Р.	2600	390,00	2990,00	26910,00	2	388,70	2601,30
11	9	Леонтьев Д.Е.	320	48,00	368,00	3312,00	0	0,00	368,00
12	10	Якунин В.П.	3100	465,00	3565,00	32085,00	2	463,45	3101,55
13		Всего	23420	3513,00	26933,00	242397,00	13	3453,45	23479,55
14		Среднее	2342	351,30	2693,30	24239,70	1	345,35	2347,96
15		Max	3800	570,00	4370,00	39330,00	2	568,10	3801,90
16		Min	320	48,00	368,00	3312,00	0	0,00	368,00

Налоговый вычет	400



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Ввод формул**.** Формула начинается со знака =. Адреса ячеек со значениями, участвующими в вычислениях, указываются щелчком мыши. Для выбора функций используется команда *Вставка – Функции* или *Мастер функций* f_x.
2. Формулы для вычислений:
   - «Уральский коэф.» составляет 15 % от оклада. «Уральский коэф.»=0,15* «Оклад».
   - «З/плата с уральским коэф.» = «Оклад» + «Уральский коэф.».
   - Начисления заработной платы накопительным итогом за девять месяцев с начала года. «С начала года» = З/плата с урал. коэф.* кол. месяцев. В данном примере количество месяцев равно 9.
   - «Налоги». *Если* «З/плата с уральским коэф.» *меньше, чем* налоговый вычет, в нашем случае это 400 рублей, то *налог будет равен 0. Если* начисления «С начала года», *меньше или равны 15000руб., то налог равен* – («З/плата с уральским коэф.» – «Налоговый вычет» – *300** «Дети»*)*0,13; в противном случае* «З/плата с уральским коэф.» **0,13.*

Адрес ячейки D18 – «Налоговые вычеты» необходимо задать в виде абсолютной ссылки – $D$18, которая задается функциональной клавишей F4.

- «Сумма на руки» = «З/плата с уральским коэф.» – «Налоги».
- Вычисления формул итоговых строк***:*** *Мастер функций – Категории – Статистические* **–** найдите нужную функцию *(СУММ( ), СРЗНАЧ( ), MAX( ), MIN( )).* Введите диапазон ячеек с данными для вычисления значений функций.
- Скопируйте формулы в соответствующие строки.

3. Построение графика по данным, расположенным не в соседних столбцах: выделить диапазон ячеек, данные которых будут располагаться по оси *X* (столбец «Фамилия И.О.»), нажать клавишу.*Ctrl* и не отпуская ее, выделить диапазон ячеек, данные которых будут располагаться на оси *Y* **(**столбец «Сумма на руки»). Далее обычные действия: Вызвать *Мастер построения диаграмм,* выбрать *Тип диаграммы* и ее вид. Ввести *Параметры диаграммы***,** задать *Размещение диаграммы.*
4. Отформатировать график (изменение его оформления)**.** Выделить нужный фрагмент графика, вызвать контекстное меню (КМ), выбрать *Формат* **–** изменить значения параметров: шрифт, вид и толщину линий, вид стрелок и т.д.

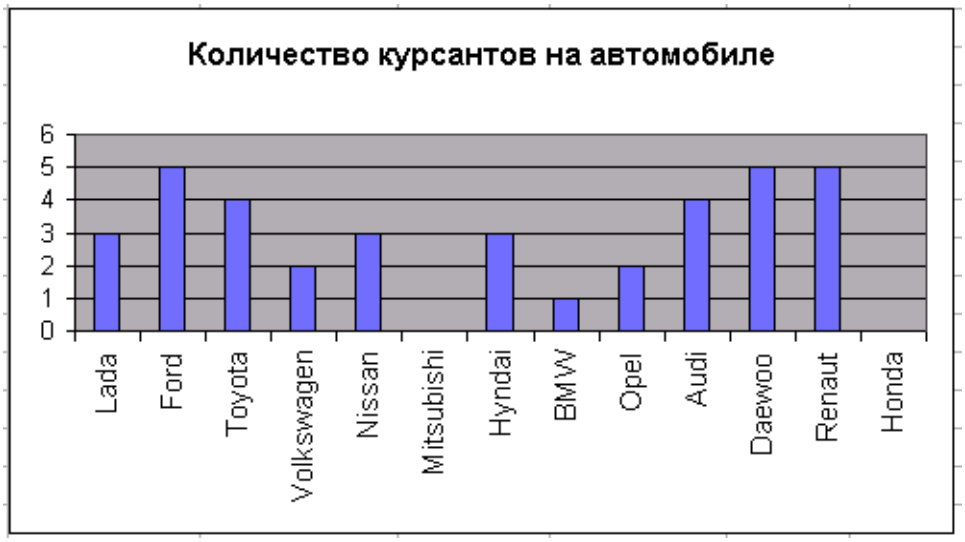
Работа 3.6. Использование сложных функций
ВАРИАНТ 1

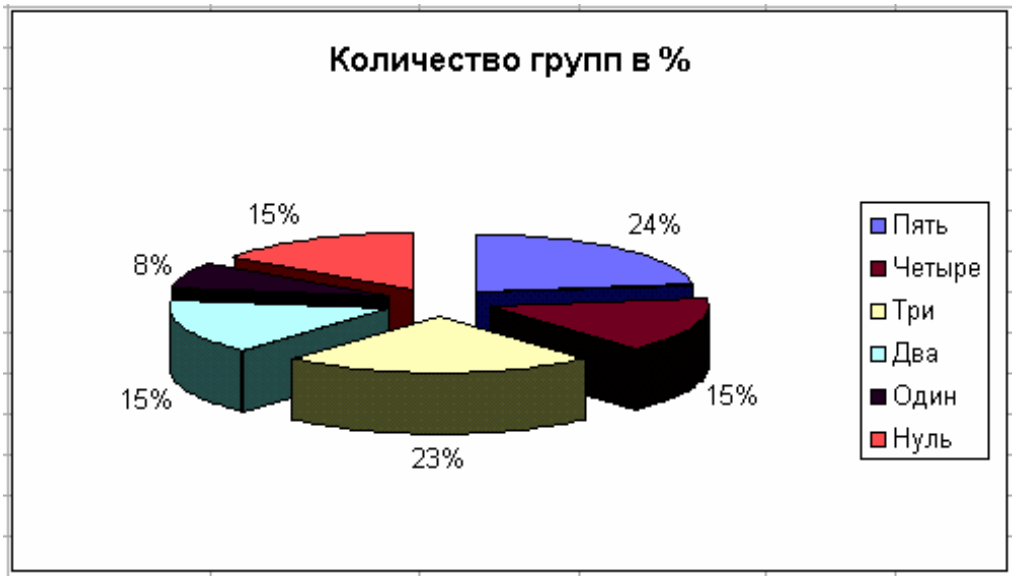
ЗАДАНИЕ

1. Введите название рабочего листа – «Автошкола «Автолайн».
2. Наберите «шапку» ведомости, заполните значение столбцов: «№» – автозаполнением; «Фамилия инструктора» – 13 – ю фамилиями, «Число курсантов» разбить на два столбца, в столбце «Цифрой» ввести числовое значение с клавиатуры.
3. В первую ячейку столбца «Прописью» введите формулу, используя, *Мастер формул*. Если число цифрой равно 0, то прописью «Нуль», если – 1, то «Один», если – 2, то прописью «Два», если – 3, то прописью «Три», если – 4, то «Четыре», если – 5, то «Пять».
4. Скопируйте формулу во все ячейки столбца.
5. В отдельной таблице подсчитайте количество оценок.
6. По результатам этой таблицы постройте две диаграммы – *Гистограмму* со значениями и *Круговую* (в процентном формате).

	A	B	C	D	E
1	Автошкола "АвтоЛайн"				
2	№	Фамилия инструктора	Автомобили	Число курсантов	
3				Цифрой	Прописью
4	1	Абакумов	Lada	3	Три
5	2	Воронцов	Ford	5	Пять
6	3	Дроздов	Toyota	4	Четыре
7	4	Зубкова	Volkswagen	2	Два
8	5	Колосов	Nissan	3	Три
9	6	Ладыгин	Mitsubishi	0	Нуль
10	7	Михайлов	Hyndai	3	Три
11	8	Никонов	BMW	1	Один
12	9	Плотников	Opel	2	Два
13	10	Важенина	Audi	4	Четыре
14	11	Дозморова	Daewoo	5	Пять
15	12	Иванова	Renaut	5	Пять
16	13	Сараева	Honda	0	Нуль

	A	B	C
18		Численность курсантов в группе	Количество групп
19		Пять	3
20		Четыре	2
21		Три	3
22		Два	2
23		Один	1
24		Нуль	2
25		Итого	13





МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Ввод формулы с использованием функции *ЕСЛИ*. *Мастер функций* – функция *ЕСЛИ***.** Синтаксис функции: *ЕСЛИ (Условие; Действие «истина»; Действие «ложь»)*

В приведенном ниже примере формула анализирует содержимое ячейки D4 – цифровое число курсантов для инструктора Абакумова.

=ЕСЛИ(D4=5;"Пять";ЕСЛИ(D4=4;"Четыре";ЕСЛИ(D4=3;"Три";ЕСЛИ(D4=2;"Два";ЕСЛИ(D4=1;"Один";ЕСЛИ(D4=0;"Нуль";"Ошибка ввода")))))).

2. Для подсчета количества групп используется функция *СЧЁТЕСЛИ:*

СЧЁТЕСЛИ (Диапазон ячеек, в которых ведется подсчет; Условие). Например, для «Пять» формула = *СЧЁТЕСЛИ (D4:D16;"=5")*.



3. Круговая диаграмма строится для столбца «Количество групп», выбирается соответствующий вид диаграммы. Надписи задаются в окне «Параметры диаграммы» на вкладке «Подписи данных».

ВАРИАНТ 2

ЗАДАНИЕ

1. Измените название рабочего листа – «Экзаменационная ведомость».
2. Наберите «шапку» ведомости, заполните значение столбцов: «№» – автозаполнением; «Фамилия И. О.» – любыми 10 – ю фамилиями», «№ зачетной книжки» и числовое значение оценки введите с клавиатуры.
3. В первую ячейку столбца «Прописью» введите формулу, используя, *мастер формул*. Если числовая оценка равна 2, то прописью «Неудовлетворительно», если – 3, «Удовлетворительно», если – 4, то «Хорошо», если – 5, то «Отлично», если – «н/я», то «Неявка»
4. Скопируйте формулу во все ячейки столбца.
5. В отдельной табличке подсчитайте количество оценок.
6. По результатам этой таблицы постройте кольцевую диаграмму.

	A	B	C	D	E	F
1	Экзаменационная ведомость					
2						
3	Группа_____ Дисциплина_____					
4						
5				Оценка		
6	№	Фамилия И. О.	№ зачетной	Число	Прописью	Роспись
7	1	Иванов И. И.	275	3	Удовлетворительно	
8	2	Петров П. П.	265	5	Отлично	
9	3	Сидоров С. С.	232	н/я	Неявка	
10	4	Решетников Р. Р.	214	4	Хорошо	
11	5	Абрамов А. А.	193	5	Отлично	
12	6	Кац В. Ш.	171	н/я	Неявка	
13	7	Бильбао К. Ф.	150	2	Неудовлетворительно	
14	8	Нифонтов К. Р.	128	5	Отлично	
15	9	Русинов Р. Д.	107	4	Хорошо	
16	10	Якушин Я. Т.	85	3	Удовлетворительно	
17						
18		"Отлично"	3			
19		"Хорошо"	2			
20		"Удовлетворительно"	2			
21		"Неудовлетворительно"	1			
22		"Неявка"	2			
23		Итого	10			



Методические указания аналогичны варианту 1.

Работа 3.7. Команды сортировки и фильтрации

ЗАДАНИЕ

1. Наберите в MS Excel таблицу с выделенными значениями (кроме значений в колонках «% жилого фонда» и «Стоимость 1 кв. м.), оформите и отформатируйте по указанному образцу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Квартирное агенство "МЕЧТА"								
2	№	Кол-во комнат	Район	Теле-фон	Общий метраж	Жилой метраж	Стоимость квар-тиры, тыс. руб	% жилого фонда	Стоимость 1 кв. м., тыс. руб
3	1	3	Ленинский	Есть	58,3	38,5	286	66,0	4,91
4	2	3	Чкаловский	Нет	48	40,6	89	84,6	1,85
5	3	2	Кировский	Есть	43	32	115	74,4	2,67
6	4	1	Октябрьский	Есть	35	25	75	71,4	2,14
7	5	1	Юго-Западный	Есть	32	21	126	65,6	3,94
8	6	1	Юго-Западный	Есть	26	16	64	61,5	2,46
9	7	1	Юго-Западный	Нет	50	32	95	64,0	1,90
10	8	2	Октябрьский	Нет	46	40	185	87,0	4,02
11	9	2	Кировский	Нет	62	45	246	72,6	3,97
12	10	2	Чкаловский	Нет	48	35	94	72,9	1,96
13	11	3	Чкаловский	Нет	96	75	192	78,1	2,00
14	12	2	Ленинский	Нет	29	21	126	72,4	4,34
15	13	3	Ленинский	Нет	56	49	164	87,5	2,93
16	14	3	Ленинский	Нет	108,5	80	580	73,7	5,35
17	15	4	Кировский	Есть	96	71	396	74,0	4,13
18	16	2	Кировский	Есть	48,2	40	180	83,0	3,73
19	17	2	Ленинский	Есть	38	32	195	84,2	5,13
20	18	1	Чкаловский	Есть	26	16	48	61,5	1,85
21	19	1	Октябрьский	Нет	28	18	85	64,3	3,04
22	20	1	Юго-Западный	Есть	36	22,3	45	61,9	1,25
23	21	2	Юго-Западный	Есть	51	40	97	78,4	1,90
24	22	2	Кировский	Нет	65	42	115	64,6	1,77
25	23	3	Кировский	Нет	86	50	200	58,1	2,33
26	24	3	Кировский	Нет	84,3	58	215	68,8	2,55
27	25	2	Ленинский	Есть	68,6	36	325	52,5	4,74
28	Итого				1364,9	975,4	4338		
29	Средние показатели				54,60	39,02	173,52	71,33	3,07

2. Вычислите «% жилого фонда» и «Стоимость 1 кв. м.».
3. Определите Итоговые и Средние показатели.
4. **Примените Автофильтр** и выполните следующие действия:
   - выделите все однокомнатные квартиры и перенесите их на лист 2;

- выделите все двухкомнатные квартиры и перенесите их на лист 3;
- выделите все трехкомнатные квартиры и перенесите их на лист 4;
- выделите все четырехкомнатные квартиры и перенесите их на лист 5;

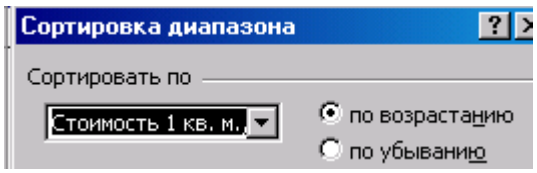
5. Переименуйте указанные в п.4 рабочие листы следующим образом: «1–комнатные», «2–комнатные» и т. д.
6. На листах 2 – 5 вычислите показатели, указанные в п.3.
7. **Отсортируйте**: 1–комнатные квартиры – по возрастанию стоимости 1 кв. м.; 2–комнатные квартиры – по возрастанию стоимости квартиры; 3–комнатные квартиры – по убыванию жилого метража.
8. На листе 1 отфильтруйте квартиры с жилым метражом более 30 м и стоимостью 1 кв. м менее 2 тыс.руб., результат скопируйте на лист 6.
9. На листе 1 найдите: самую дорогую квартиру; самую большую по общему метражу; имеющую самую низкую стоимость; с самым высоким процентом жилого фонда.
10. Найденные квартиры скопируйте на лист 7.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Для определения итоговых и средних показателей воспользуйтесь функциями *СУММ(аргумент)* и *СРЗНАЧ(аргумент)*.

При фильтрации и сортировке данных в таблице поставьте курсор в любую ячейку таблицы и выполните соответствующую команду.

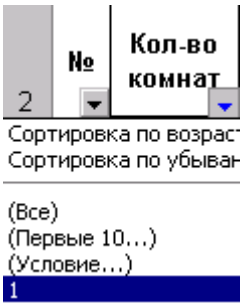
2. Сортировка выполняется командой *Данные – Сортировка*. Выберите столбец, по которому осуществляется сортировка и параметр



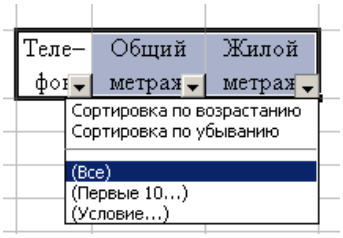
№	Кол-во комнат	Стоимость 1 кв. м., тыс. руб
20	1	1,25
18	1	1,85
7	1	1,90
4	1	2,14
6	1	2,46
19	1	3,04
5	1	3,94

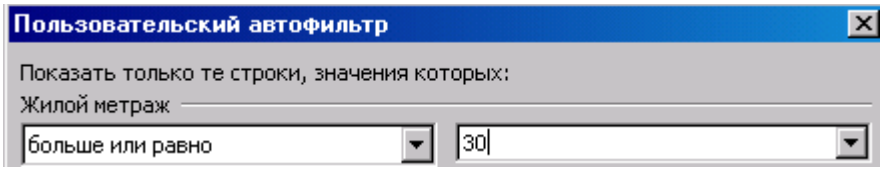
3. Фильтрация осуществляется командой *Данные – Фильтр – Автофильтр*. Выберите параметр фильтрации или задайте *Условие.*

1	Квартирное агенство "МЕЧТА"								
2	№	Кол-во комнат	Район	Теле-фон	Общий метраж	Жилой метраж	Стоимость квар-тиры, тыс. руб	% жилого фонда	Стоимость 1 кв. м., тыс. руб
6	4	1	Октябрьский	Есть	35	25	75	71,4	2,14
7	5	1	Юго-Западный	Есть	32	21	126	65,6	3,94
8	6	1	Юго-Западный	Есть	26	16	64	61,5	2,46
9	7	1	Юго-Западный	Нет	50	32	95	64,0	1,90
20	18	1	Чкаловский	Есть	26	16	48	61,5	1,85
21	19	1	Октябрьский	Нет	28	18	85	64,3	3,04
22	20	1	Юго-Западный	Есть	36	22,3	45	61,9	1,25



Задание условия фильтрации





Работа 3.8. Подбор параметра на примере решения уравнения

ЗАДАНИЕ

Решите уравнение своего варианта, используя команду *«Подбор параметра».*

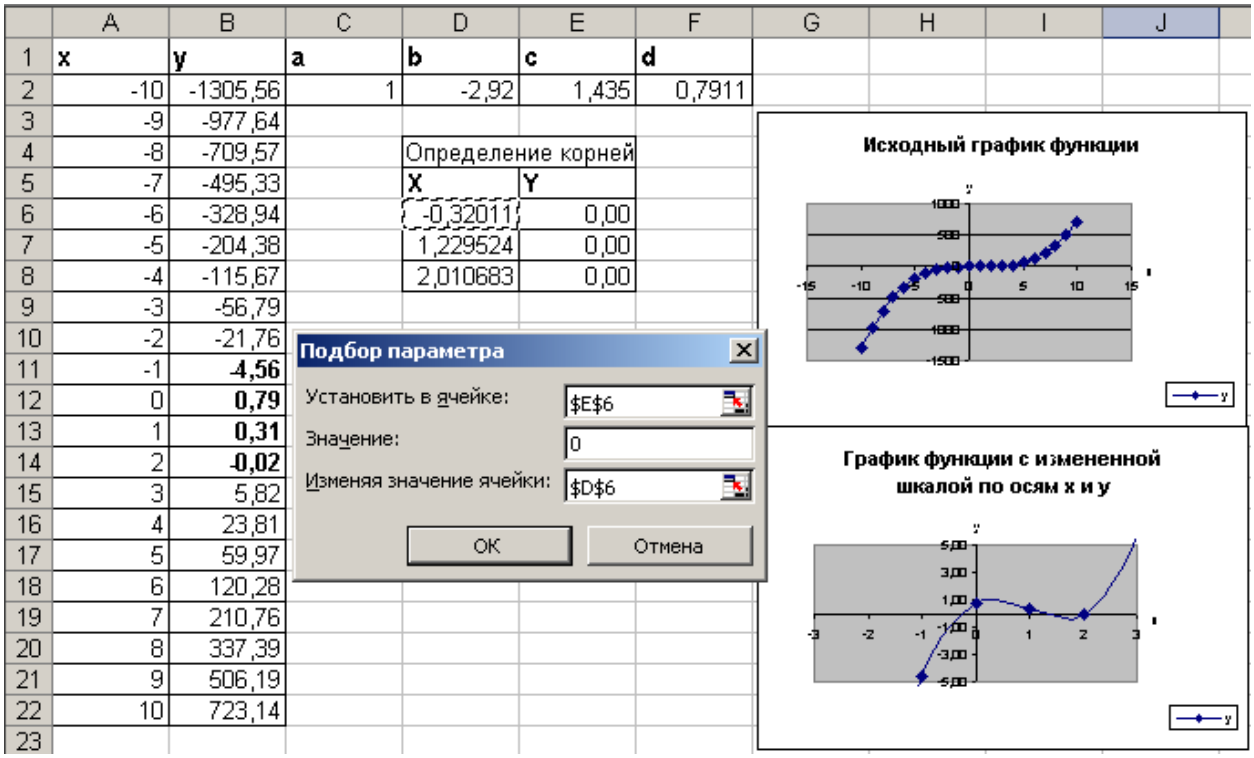
Решить уравнение, значит найти значение аргумента (*X*), при котором функция (*Y)* принимает значение равное нулю, т. е пересекает ось *X.*

№ вари–анта	Уравнение	№ вари–анта	Уравнение
1	X^3–2,92x^2+1,435x+0,7911=0	6	X^3–0,12x^2+1,4775x+0,191 =0
2	X^3–2,56 x^2+1,325 x+4,395 =0	7	X^3–0,77x^2+0,251x+0,016=0
3	X^3–2,84x^2+5,6064x+14,766=0	8	X^3–0,88x^2+0,399x+0,03 =0
4	X^3–1,41x^2+5,472x+7,380=0	9	X^3–0,78x^2+0,826x+0,1467=0
5	X^3–0,85x^2+0,4317x+0,0439=0	10	X^3–2,28x^2+1,9347x+3,907=0

Пример решения уравнения: $ax^3+bx^2+cx+d=0$ при $a = 1; b = – 2,92; c = 1,435; d = 0,7911$ на интервале изменения X [–10;10] с шагом изменения X равном 1.

1. Создайте таблицу изменения *X* в заданном интервале и вычислите *Y* по заданной формуле (=$C$2*A2^3+$D$2*A2^2+$E$2*A2+$F$2) . Коэффициенты *a, b, c, d* заданы абсолютным адресом.

2. Выделите интервал ячеек A1:B22 и постройте график функции (тип графика «Точечный»). Назовите его «Исходный график функции». Скопируйте график при нажатой клавише *Ctrl* и потяните его мышью. Переформатируйте копию графика, изменив диапазон для *X* [–3, 3] и *Y* [–5, 5]. Это позволит увидеть точки пересечения функции с осью аргумента.



	A	B	C	D	E	F
1	x	y	a	b	c	d
2	-10	-1305,56	1	-2,92	1,435	0,7911
3	-9	-977,64				
4	-8	-709,57		Определение корней		
5	-7	-495,33		X	Y	
6	-6	-328,94		-0,32011	0,00	
7	-5	-204,38		1,229524	0,00	
8	-4	-115,67		2,010683	0,00	
9	-3	-56,79				
10	-2	-21,76				
11	-1	**-4,56**				
12	0	**0,79**				
13	1	**0,31**				
14	2	**-0,02**				
15	3	5,82				
16	4	23,81				
17	5	59,97				
18	6	120,28				
19	7	210,76				
20	8	337,39				
21	9	506,19				
22	10	723,14				
23						

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Найти интервалы, на которых существуют корни уравнения. Это интервалы изменения аргумента, на концах которых функция изменяет знак. Для наглядности определения интервалов нужно построить график функции. Для этого создайте таблицу, в которой выполните следующие действия.

- Протабулируйте аргумент: введите значения аргумента в некотором диапазоне, например, от –1 до 1 или от –10 до 10 с малым шагом изменения (ячейки A2:A22).
- Протабулируйте функцию. Вычислите значения функции для всех значений аргумента (ячейки B2:B22).
- Постройте график.
- Визуально определите интервалы аргумента, в которых функция меняет знак. На каждом из этих интервалов имеется свой корень.
- Если по первоначальному графику трудно определить точки пересечения графика с осью *X*, то график необходимо переформатировать. Команды выбирайте в контекстном меню соответствующего объекта. Указатель мыши поместите на ось графика, вызовите *КМ Формат оси* – вкладка *Шкала* установите для оси *X* максимум 3, минимум –3, для *Y* максимум 5, минимум –5. На графике

посмотрите точки пересечения функции с осью *X*. Это будут корни уравнения.

- Для определения точных корней выделите ячейки, например D6:D8, в них поместите примерные значения корней (взятые с графика или из таблицы). В диапазон ячеек E6:E8 поместите формулы для вычисления функций (скопируйте из соответствующих ячеек таблицы, принадлежащих этим же строкам).
- Выполните команду *Сервис – Подбор параметра – Установить в ячейке* E6 (введите ссылку на ячейку, содержащую функцию) – *Значение* 0 – *Изменяя значение ячейки* D6 (введите ссылку на ячейку, содержащую аргумент). Повторите эти действия. В ячейках E6:E8 установятся значения функции 0, в ячейках D6:D8 значения корней.

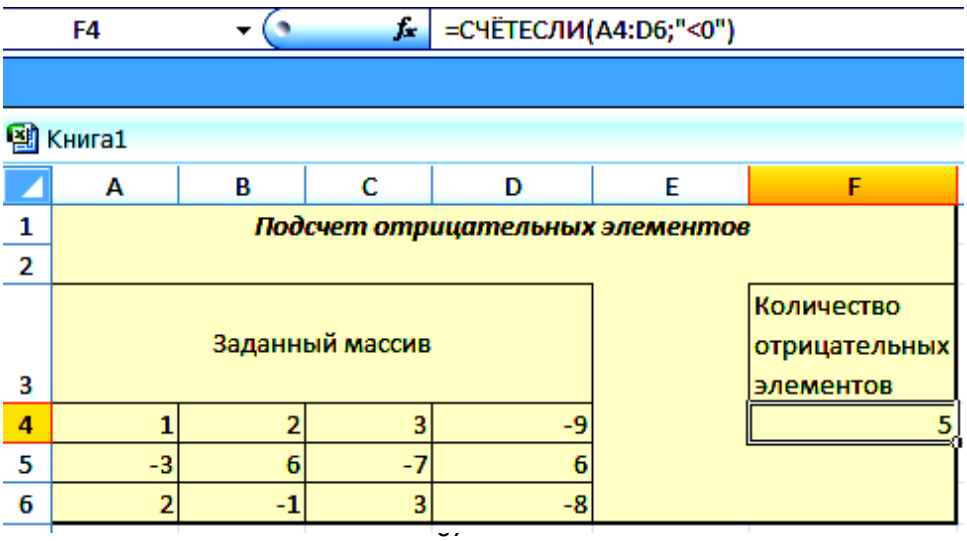
Работа 3.9. Работа с массивами и матрицами

При работе с матрицами используются специальные формулы: МУМНОЖ(аргументы) – умножение матриц; МОБР(аргументы) – вычисление обратной матрицы; МОПРЕД(аргументы) – вычисляется определитель матрицы; ТРАСП(аргументы) –транспонирование матрицы.

Для получения численных результатов с использованием данных функций следует: выделить диапазон ячеек для вывода результата, ввести формулу в строку формул и нажать одновременно клавиши <*Ctrl*>+<*Shift*>+<*Enter*>.

ЗАДАНИЕ 1

Подсчитать в заданном двумерном массиве количество отрицательных элементов.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Заполните ячейки A4:D6 необходимыми значениями.
2. В ячейку F4 введите формулу; =СЧЁТЕСЛИ(A4:D6;"<0")

ЗАДАНИЕ 2

Решить систему линейных уравнений $A^2X = B$, где значения соответствующих матрицы и вектора–столбца имеют вид:

$A = \begin{bmatrix} 23 & 7 \\ 11 & 4 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \end{bmatrix}$. Алгебраический вид системы: $\begin{matrix} a_{11}^2 \cdot x_1 + a_{12}^2 \cdot x_2 = b_1 \\ a_{21}^2 \cdot x_1 + a_{22}^2 \cdot x_2 = b_2 \end{matrix}$.

	A	B	C	D	E	F
7						
8	*Решение системы линейных уравнений*					
9						
10	Матрица А			Свободный столбец		Вектор решений
11	23	7		3		-0,44
12	11	4		2		1,426666667

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Можно перемножить только те матрицы, у которых количество строк матрицы 2 равняется количеству столбцов матрицы 1. Для решения системы уравнений нужно вычислить обратную матрицу коэффициентов А и умножить на столбец свободных элементов.
В ячейку F11 введите формулу, используя мастер функций:

=МУМНОЖ(МОБР(МУМНОЖ(A11:B12;A11:B12));D11:D12)

ЗАДАНИЕ 3

Решить систему уравнений $A\ X = B$, если $A = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 \\ 5 & 12 & -4 \\ 1 & 8 & 6 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 3 \\ 7 \\ 1 \end{bmatrix}$.

Запишите систему в алгебраическом виде.

ЗАДАНИЕ 4

Заданы четыре матрицы *A, B, C* и *D* одинаковой размерности, содержащие по 3 строки и по 4 столбца. Вычислить результирующую матрицу $E = 5A - \cos(B) + C^2 - D$.

Вычислите результирующую матрицу $F= 3A+B+2C–D$, проверьте результат.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. На рабочий лист поместите данные соответствующих матриц *A, B, C* и *D*.
2. Используя команду *Вставка – Объект – Тип объекта* , поместите на лист формулу Microsoft Equation 3.0 $E = 5A - \cos(B) + C^2 - D$.
3. Выделите диапазон ячеек для результата, установите указатель мыши в строку формул, введите формулу: =5*I21:L23-COS(I26:L28)+I31:L33*I31:L33-I36:L38 и нажмите клавиши *Ctrl+Shift+Enter*.

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
20	Матрица A								
21	1	67	0	4					
22	2	8	9	5		Результирующая матрица			
23	3	9	8	6		$5A-\cos(B)+C^2-D$			
24									
25	Матрица B								
26	4	0	-9	3		-67,3464	3283	-4,08887	45,98999
27	7	8	-11	0		10,2461	7586,146	118,9956	86
28	6	7	6	3		-5,96017	125,2461	2786,04	65,98999
29									
30	Матрица C								
31	5	55	0	4					
32	2	-87	9	-8					
33	-6	9	52	6					
34									
35	Матрица D								
36	98	76	5	-9					
37	3	23	7	2					
38	56	0	-43	1					

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ EXCEL

Работа 4.1. Определение места числа в списке, функция *РАНГ*

ЗАДАНИЕ

Сформировать и заполнить отчетную ведомость работы сети компьютерных клубов по форме:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	*Ведомость работы сети компьютерных клубов*							
2								
3	*Клуб*	*Январь*	*Февраль*	*Март*	*Суммарная выручка*	*Место*	*Средняя выручка*	*Процент*
4	Альтаир	345	543,9	423,9				
5	Грувит	657,7	234	982,4				
6	Полигон	765,2	1007,5	873,1				
7	Гелакс	123,5	734	487,7				
8	Звезда	879	985,9	980,3				
9	Хексен	348	591,2	678				
10	Антей	987	634	1009,4				
11	Арсенал	1009,5	793,2	987,9				
12	Арена	434	934	567				
13	Блиндаж	835,8	879	934				
14	*Итого*							

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

- В ячейку А1 ввести название ведомости.
- В ячейки А3 : Н3 ввести название полей ведомости.
- В поле «Клуб» – строки «Альтаир»… «Блиндаж», «*Итого»*.
- Вычислить «Суммарную выручку» по каждому клубу используя функцию *Сумм(аргументы*). При вводе функций пользоваться *Мастером функций*
- Определить «Место», для этого используется функция *Ранг (аргументы).*

Данная функция возвращает ранг числа в списке чисел. Ранг числа – это его величина относительно других значений в списке. (Если список отсортировать, то ранг числа будет его позицией) .

Синтаксис**:** *Ранг(число;ссылка;порядок)*

Число – это число, для которого определяется ранг; *ссылка* – это массив или ссылка на список чисел (нечисловые значения в ссылке игнорируются); *порядок* – это число, определяющее способ упорядочения (0 – ранг 1 у максимального числа ; любое число – ранг 1 у минимального числа).

Например, в ячейке F4 формула =РАНГ(E4;$E$4:$E$13) определяет ранг числа в ячейке E4 среди чисел столбца E4:E13.

- Вычислить «Среднюю выручку» по каждому клубу, используя функцию =*Срзнач(аргументы)* .
- Вычислить общие итоги, используя функцию *Сумм(аргументы).*

Работа 4.2. Определение частоты попадания числа в заданный интервал. Функция *ЧАСТОТА*

ЗАДАНИЕ

Составить отчет торговой сети

Менеджер торговой сети магазинов имеет значения выручки за три летних месяца по шести магазинам. Необходимо составить отчетную ведомость по результатам деятельности за этот период с простейшей обработкой данных.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Выручка сети магазинов в млн.руб.									
2	Магазин	Июнь	Июль	Август	Суммарная выручка	Место	Средняя выручка	Процент	Диапа-зоны	Коли-чество
3	1	324	435	534	1293	6	431,00	12%	1000	0
4	2	435	645	354	1434	5	478,00	13%	1500	2
5	3	532	623	451	1606	4	535,33	15%	2000	1
6	4	723	634	751	2108	2	702,67	20%		3
7	5	536	734	876	2146	1	715,33	20%		
8	6	834	811	435	2080	3	693,33	19%		
9	Итого	3384	3882	3401	10667					

Создайте таблицу, в которой заполните исходной информацией столбцы: «Магазин», «Июнь», «Июль», «Август» (кроме итоговой строки), и вычислите:

1. Суммарную и среднюю выручку каждого из магазинов за отчетный период.
2. Итоговую выручку всех магазинов за каждый месяц отчетного периода.
3. Место, которое занимает каждый из магазинов в суммарном объеме выручки.
4. Процентную долю каждого из магазинов в суммарном объеме выручки.
5. Количество магазинов, имеющих суммарную выручку до 1000 млн. руб., от 1000 до 1500 млн. руб., от 1500 до 2000 млн. руб. и свыше 2000 млн. руб.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. «Суммарная выручка» по магазинам и «Итого» по месяцам определяется с использованием функции *СУММ(диапазон ячеек)*. Запишите формулу в ячейку Е3 и скопируйте по

столбцу для всех магазинов. Запишите аналогичную формулу в ячейку B9 и скопируйте итог по строке для каждого месяца и суммарной выручке.

2. «Место» магазина среди остальных определяется функцией *РАНГ (адрес ячейки* для значения которой определяется место; *диапазон ячеек).* Для первого магазина в ячейке F3 записана формула =*РАНГ(E3;$E$3 :$E$8)*
3. «Средняя выручка» вычисляется с использованием функции = *СРЗНАЧ (диапазон ячеек).* Вид формулы в ячейке G3 = *СРЗНАЧ(B3:D3).*
4. Доля объема выручки магазина в общей выручки. «Процент» = «Суммарная выручка» магазина / Итоговая «Суммарная выручка». Вид формулы в ячейке H3 =E3/$E$9.
5. Скопируйте формулы из диапазона ячеек E3:H3 в соседние ячейки по указанным столбцам.
6. Определение количества магазинов, попавших в заданный интервал по значению «Суммарной выручки» основано на использовании массива формул с функцией *ЧАСТОТА (диапазон ячеек значений; диапазон ячеек граничных значений*). Для массива формула вводится не в одну ячейку, а в выделенный диапазон. Выделите диапазон J3:J6, введите в него формулу = *ЧАСТОТА(E3:E8;I3:I5).* Завершить ввод формулы нажатием комбинации клавиш Ctrl + Shift + Enter.

Работа 4.3. Текстовые функции и функции даты и времени

ЗАДАНИЕ

Разработать рабочую книгу «Список сотрудников». Она должна включать следующие рабочие листы: Лист 1– Список сотрудников, лист 2 – Возраст и стаж работы, лист 3– Анкетные данные.

1. Измените название 1 рабочего листа – «Список сотрудников».
2. Создайте таблицу 1 и заполните её данными.

Список сотрудников Таблица 1

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество	Место работы	Должность	Дата рождения	Город	Улица	Дом	Квар–тира	Оклад	Дата поступления
1	Вольская	Анна	Дмитриевна	ЦКТ	инженер	03.12.1979	Екатеринбург	Декабристов	12	3	13000,00	01.01.1998
2	Ермаков	Леонид	Викторович	ИНФ	ассистент	12.06.1980	Екатеринбург	Фрунзе	1	125	10000,00	28.10.1985
3	Заяц	Виктор	Сергеевич	АКТ	доцент	05.08.1960	Екатеринбург	Мельникова	4	67	20000,00	30.10.1984
4	Аванова	Алла	Борисовна	ЭГП	ассистент	09.09.1978	Екатеринбург	Щорса	7	89	15000,00	25.08.1990
5	Игнатович	Валерий	Иванович	ОПИ	профессор	10.05.1952	Екатеринбург	Декабристов	12	23	11000,00	11.03.1977
6	Котов	Сергей	Сергеевич	ИНФ	инженер	18.02.1980	Екатеринбург	Фурманова	34	46	10500,00	19.01.2002
7	Михайлова	Екатерина	Михайловна	ИНФ	лаборант	23.04.1980	Екатеринбург	Гоголя	2	135	5000,00	20.08.2000
8	Мороз	Александр	Петрович	АКТ	доцент	29.05.1960	Екатеринбург	Чапаева	78	12	20000,00	30.06.1985
9	Никонова	Светлана	Ивановна	ЭГП	ассистент	13.12.1984	Екатеринбург	Пушкина	36	67	12000,00	29.08.2005
10	Петрашевич	Елена	Юрьевна	ЦКТ	инженер	19.06.1975	Екатеринбург	Щербакова	29	89	13000,00	16.05.2000
11	Петров	Юрий	Алексеевич	ЦКТ	уч.мастер	17.07.1974	Екатеринбург	Белинского	30	20	10000,00	01.01.1999
12	Сергейчик	Иван	Матвеевич	ОПИ	доцент	07.07.1972	Екатеринбург	Крауля	40	50	20000,00	01.03.2002
13	Степаненко	Любовь	Михайловна	ЭГП	доцент	06.08.1960	Екатеринбург	Токарей	19	27	20000,00	16.08.1980
14	Уланович	Алексей	Владимирович	ЭГП	ассистент	01.01.1987	Екатеринбург	Заводская	25	15	14000,00	12.12.2005
15	Уткин	Петр	Ильич	АКТ	профессор	03.11.1949	Екатеринбург	Татищева	58	78	25000,00	08.12.1985

3. Перейдите на лист 2, назовите его «Возраст и стаж работы» и создайте таблицу 2, которая создается по таблице 1 (с листа «Список сотрудников») с использование формул.
4. Посчитайте средний, максимальный и минимальный возраст сотрудников.

Возраст и стаж работы Таблица 2

			Стаж работы	
№	Фамилия И.О.	Возраст	Годы	Месяцы
1	Вольская А.Д.	27	08	11
2	Ермаков Л.В.	26	21	2
3	Заяц В.С.	46	22	1
4	Аванова А.Б.	28	16	4
5	Игнатович В.И.	54	29	9
6	Котов С.С.	26	04	11
7	Михайлова Е.М.	26	06	4
8	Мороз А.П.	46	21	5
9	Никонова С.И.	22	01	3
10	Петрашевич Е.Ю.	31	06	7
11	Петров Ю.А.	32	07	11
12	Сергейчик И.М.	34	04	9
13	Степаненко Л.М.	46	26	4
14	Уланович А.В.	19	01	0
15	Уткин П.И.	57	21	0
	Среднее	35		
	Максимум	57		
	Минимум	19		

5. Перейдите на лист 3, назовите его «Анкетные данные» и создайте таблицу 3 по данным таблицы 1 (с листа «Список сотрудников») с использование формулы с последующим копированием ее во все ячейки столбца.

4. Использование функций Excel

Анкетные данные Таблица 3

№	Анкетные данные
1	Вольская Анна Дмитриевна, 03.12.1979 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Декабристов, д.12, кв.3
2	Ермаков Леонид Викторович, 12.06.1980 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Фрунзе, д.1, кв.125
3	Заяц Виктор Сергеевич, 05.08.1960 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Мельникова, д.4, кв.67
4	Аванова Алла Борисовна, 09.09.1978 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Щорса, д.7, кв.89
5	Игнатович Валерий Иванович, 10.05.1952 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Декабристов, д.12, кв.23
6	Котов Сергей Сергеевич, 18.02.1980 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Фурманова, д.34, кв.46
7	Михайлова Екатерина Михайловна, 23.04.1980 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Гоголя, д.2, кв.135
8	Мороз Александр Петрович, 29.05.1960 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Чапаева, д.78, кв.12
9	Никонова Светлана Ивановна, 13.12.1984 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Пушкина, д.36, кв.67
10	Петрашевич Елена Юрьевна, 19.06.1975 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Щербакова, д.29, кв.89
11	Петров Юрий Алексеевич, 17.07.1974 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Белинского, д.30, кв.20
12	Сергейчик Иван Матвеевич, 07.07.1972 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Крауля, д.40, кв.50
13	Степаненко Любовь Михайловна, 06.08.1960 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Токарей, д.19, кв.27
14	Уланович Алексей Владимирович, 01.01.1987 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Заводская, д.25, кв.15
15	Уткин Петр Ильич, 03.11.1949 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Татищева, д.58, кв.78

4. Использование функций Excel

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. При создании таблицы 2 используются функции категории *Дата и время* и *Текстовые – Мастера функций* f_x.

✓ Столбец «Фамилия И.О.» может быть заполнен двумя способами:

а) с использованием текстовых функции *Сцепить() и Левсимв().* Сцепляются «Фамилия» и левые символы имени и отчества с точкой, например:

=Сцепить('Список сотрудников'!B3;
" ";Левсимв('Список сотрудников'!C3;1);
"."; Левсимв('Список сотрудников' !D3;1);".";)

б) С использованием символа сцепления – &, выполняя те же действия, что и в 1–м пункте дополнительно включая пробелы, например:

='Список сотрудников'!B3&" "&Левсимв('Список сотрудников'!C3;1)
&"."&Левсимв ('Список сотрудников'!D3;1)&"."

✓ Столбец «Возраст» *=Сегодня() – 'Список сотрудников'!G3)* формируется по столбцу «Дата рождения»

✓ Столбец «Годы» *=Сегодня()* – ('Список сотрудников'!M3) формируется по столбцу «Дата поступления»

} Формат ячеек установить ГГ

✓ Столбец «Месяцы»*=Месяц(D4–1)* } Формат ячеек – числовой

2. Все формулы копируются с помощью маркера заполнения.

3. Вычисление формул итоговых строк: – *Мастер функций* f_x – *Категории – Статистические – функции Срзнач(), Max(), Мин().*

4. При создании таблицы 3 применяется формула с использованием символа сцепления (&): «Фамилия», «Имя», «Отчество», переведённой в текст «Дата рождения», символов «г.р., Место проживания : г. », «Город», «ул.», «Улица», «д.», «Дом», «кв.», «Квартира», например:

='Список сотрудников'!B3&" "&'Список сотрудников'!C3&
" " &'Список сотрудников'!D3 &", "&
Текст('Список сотрудников'!G3;"ДД.ММ.ГГГГ")&
" г.р., Место проживания: г."& 'Список сотрудников'!H3&
", ул."&'Список сотрудников'!I3&", д."&'Список сотрудников'! J3&
", кв."&'Список сотрудников'!K3.

или используется функция *Сцепить* (), например:

=Сцепить('Список сотрудников'!B3;" ";'Список сотрудников'!C3;
" ";'Список сотрудников'!D3;",";
ТЕКСТ('Список сотрудников'!G3;"ДД.ММ.ГГГГ");

*" г.р., Место проживания : г.";'Список сотрудников'!H3;
", ул.";'Список сотрудников'!I3;",";" Д.";'Список сотрудников'!J3;",";
" кв.";'Список сотрудников'!K3)*

Работа 4.4. Экономические расчеты с использованием финансовых функций

ЗАДАНИЕ 1

Расчет амортизационных отчислений.

Приобретено оборудование стоимостью 100000 руб. Продолжительность эксплуатации оборудования – 8 лет. Остаточная стоимость – 12000 руб. Рассчитать величину амортизационных отчислений за каждый (любой) год эксплуатации.

B5 =АПЛ(B1;B2;B3)

	A	B	C
1	Стоимость оборудования при покупке	100 000,00р.	
2	Стоимость оборудования в конце срока эксплуатации	12 000,00р.	
3	Продолжительность эксплуатации (в годах)	8	
4			
5	Ежегодные амортизационные отчисления	**11 000,00р.**	
6			

Рис. 1. Расчет амортизационных отчислений с использованием функции *АПЛ*.

Определить величину ежегодной амортизации оборудования для условий своего варианта. Исходные данные и таблицу результатов представить на рабочем листе Excel.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для расчета амортизационных отчислений необходимо знать три параметра: начальная стоимость имущества; остаточная стоимость по окончании эксплуатации; продолжительность эксплуатации.

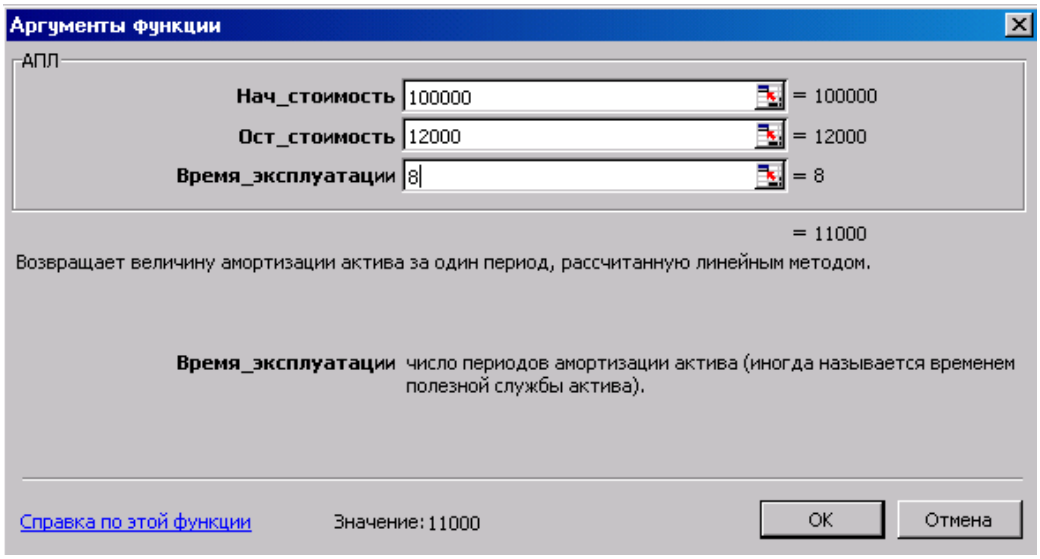
Расчет амортизационных отчислений может быть произведен с использованием различных методик. В зависимости от этого могут быть применены и различные функции Excel.

В простейшем случае амортизация разносится равномерно на каждый год эксплуатации имущества. При этом для расчета величины амортизационных отчислений используют функцию *АПЛ*.

Синтаксис функции: *АПЛ(Нач_стоим;Ост_стоим;Время),*

где *Нач_стоим* – начальная стоимость имущества; *Ост_стоим* – остаточная стоимость имущества; *Время* – продолжительность эксплуатации.

Функция *АПЛ* вводится в формулу с использованием *Мастера функций*. Ниже приведено окно задания аргументов данной функции.



Варианты заданий

№ варианта	Начальная стоимость оборудования, тыс. руб.	Остаточная стоимость оборудования, тыс. руб.	Срок эксплуатации, лет
1	5800	400	8
2	6000	350	5
3	2000	150	9
4	16400	4150	7
5	11700	2900	10
6	4300	190	9
7	8400	2100	4
8	3100	750	6
9	2210	450	3
10	5590	780	7
11	1500	200	5
12	14600	4300	8
13	10800	3260	7
14	6100	180	10
15	8200	240	9
16	3440	200	8
17	4580	580	4
18	2550	170	6
19	1900	700	3
20	7340	1600	5

ЗАДАНИЕ 2

Расчет суммы вклада (либо величины займа)

1. Рассчитать будущую сумму вклада в размере 1000 руб., внесенного на 10 лет с ежегодным начислением 10 % (рис. 2). Будущую сумму вклада при тех же условиях, но с ежегодным пополнением 1000 руб.(рис. 3).

B5 =БС(B2;B3;;B1)

	A	B	C
1	Начальный вклад	-1 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	10%	
3	Количество лет хранения вклада	10	
4			
5	Итоговая величина вклада	2 593,74р.	
6			
7			

Рис. 2. Расчет величины вклада без пополнений

B6 =БС(B2;B3;B4;B1)

	A	B	C
1	Начальный вклад	-1 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	10%	
3	Количество лет хранения вклада	10	
4	Объем ежегодных вложений	-1 000,00р.	
5			
6	Итоговая величина вклада	18 531,17р.	
7			

Рис. 3. Расчет величины вклада с пополнением

2. Рассчитать будущую сумму вклада при ежемесячном внесении 200 руб. в течение 8 лет с ежегодным начислением 6%. Начальный вклад равен 0 (рис. 4).

B5 =БС(B1/12;B2*12;B3)

	A	B	C
1	Годовая процентная ставка	6%	
2	Количество лет хранения вклада	8	
3	Объем ежемесячных платежей	-200,00р.	
4			
5		24 565,71р.	
6			

Рис. 4. Расчет величины вклада при регулярном пополнении с нулевой начальной суммой

3. Расчет величины возможного займа. Требуется рассчитать, какую сумму можно занять на 8 лет под 6 % годовых, если есть возможность выплачивать ежемесячно по 200 руб.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

Во всех примерах использована функция *БС (будущая стоимость)*.

- Эта функция вычисляет будущую величину вклада, который образуется в результате единовременного вложения и/или регулярных периодических вложений под определенный процент.
- Эту же функцию можно использовать для вычисления возможной величины займа под определенный процент, при определенных регулярных периодических выплатах по погашению займа.

Синтаксис функции: *БС(Ставка; Кпер; Плт; Пс; Тип)*,
где *Ставка* – процентная ставка за период; *Кпер* – период времени или количество платежей; *Плт* – выплата, производимая в каждый период; *Пс* – первоначальный размер вклада. Если аргумент опущен, он полагается равным 0 (будущая стоимость займа, например, равна 0); *Тип* – число 0 или 1, обозначающее, когда должна производиться выплата. 0 или опущен – в конце периода, 1 – в начале периода.

При создании формулы следует устанавливать одинаковую размерность периода для процентной ставки и числа платежей. Например, если платежи производятся один раз в год, то и процентная ставка должна быть дана в годовом исчислении, а если платежи производятся ежемесячно, то должна быть задана месячная процентная ставка.
Все аргументы, означающие денежные средства, которые должны быть выплачены, представляются отрицательными числами; денежные средства, которые должны быть получены, представляются положительными числами.
При создании формулы не обязательно указывать все аргументы функции. Вместо отсутствующего аргумента в строке формул должна быть точка с запятой.

Примеры использования функции *БС* приведен на рис. 2 – 4. Функцию вводить с помощью *Мастера функций*, она относится к категории финансовых функций.

ЗАДАНИЕ 3

Расчет стоимости инвестиции.

1. Рассчитать величину вложения под 10 % годовых, которое будет ежегодно в течение 10 лет приносить доход 1000 руб. (рис. 1.).

B5 =ПС(B2;B3;B1)

	A	B	C
1	Требуемый ежегодный доход	1 000,00р.	
2	Процентная ставка	10%	
3	Число лет выплат	10	
4			
5	Стоимость инвестиции	-6 144,57р.	
6			

Рис. 1. Расчет стоимости инвестиции по известному ежегодному доходу

Результат вычисления получается отрицательным (–6 144,57 руб.), поскольку эту сумму необходимо заплатить (инвестировать).

2. Рассчитать величину вложения под 10 % годовых, которое через 10 лет принесет доход 10000 руб. (рис. 2).

B5 =ПС(B1;B2;;B3)

	A	B	C
1	Процентная ставка	10%	
2	Число лет выплат	10	
3	Итоговый доход	10 000,00р.	
4			
5	Стоимость инвестиции	-3 855,43р.	
6			

Рис. 2. Расчет стоимости инвестиции по известному итоговому доходу

Результат вычисления получается отрицательным (–3855,43 руб.), поскольку эту сумму необходимо заплатить (инвестировать).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В данных расчетах можно использовать функцию *ПС*– (первоначальная стоимость**)**. Эта функция вычисляет для текущего момента времени необходимую величину вложения под определенный процент, для того чтобы в будущем единовременно получить и/или периодически получать заданную сумму (доход).

Синтаксис функции: *ПС(Ставка; Кпер; Плт; Бс; Тип)*,

где *Ставка* – процентная ставка за период; *Кпер* – общее число платежей или срок выплат; *Плт* – выплата, производимая в каждый период; *Бс* – значение будущей стоимости или остатка средств после последней выплаты. Если аргумент опущен, он полагается равным 0.

Тип – число 0 или 1, обозначающее, когда должна производиться выплата. 0 или опущен – в конце периода, 1 – в начале периода.

Примеры использования функции ПС приведены на рис. 1,2. Функцию вводить с помощью *Мастера функций,* она относится к категории финансовых функций.

ЗАДАНИЕ 4

Расчет размера платежей.

1. Рассчитать величину ежемесячного вложения под 6 % годовых, которое через 12 лет составит сумму вклада 50000 руб. (рис. 3). Или при тех же условиях, но с начальным вкладом 10000 руб. (рис.4).

B5 =ПЛТ(B2/12;B3*12;;B1)

	A	B	C
1	Требуемое величина сбережений	50 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	6%	
3	Число лет хранения	12	
4			
5	Необходимая сумма месячного платежа	**-237,93р.**	
6			
7			

Рис. 3**.** Расчет ежемесячных платежей без начального вклада.

B6 =ПЛТ(B2/12;B3*12;B4;B1)

	A	B	C
1	Требуемое величина сбережений	50 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	6%	
3	Число лет хранения	12	
4	Начальный вклад	-10 000,00р.	
5			
6	Необходимая сумма месячного платежа	**-140,34р.**	
7			

Рис. 4. Расчет ежемесячных платежей с начальным вкладом.

Результаты вычислений получаются отрицательными, поскольку эти суммы необходимо выплачивать.

2. Рассчитайте платежи по займу. Например, необходимо рассчитать величину ежемесячной выплаты по займу в 50000 руб. под 6 % годовых на 12 лет. Используйте ту же функцию.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для данных расчетов используется функция *ПЛТ* – платёж.

Функция *ПЛТ* вычисляет размер периодических выплат, необходимых для погашения займа, полученного под определенный процент, за определенный срок. Эту же функцию можно использовать для вычисления величины регулярных вложений под определенный процент, необходимых для достижения определенной величины вклада за определенный срок.

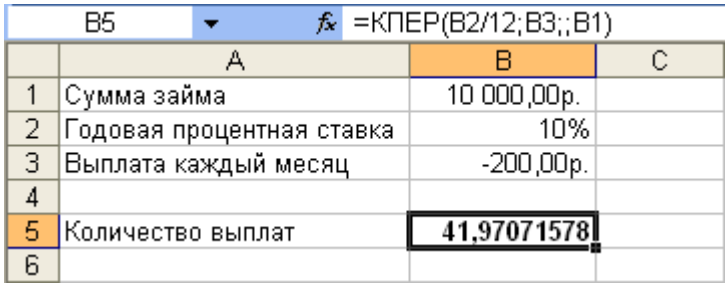
Синтаксис функции: *ПЛТ(Ставка; Кпер; Пс; Бс; Тип)*, значения аргументов смотри задания 2,3.

Примеры использования функции *ПЛТ* приведены на рис. 3,4. Функцию вводить с помощью *Мастера функций*, она относится к категории финансовых функций.

ЗАДАНИЕ 5

Расчет продолжительности платежей.

Рассчитать количество ежемесячных платежей для погашения займа в 10000 руб., полученного под 10 % годовых, при условии ежемесячной выплаты 200 руб. (рис. 5).



	A	B	C
1	Сумма займа	10 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	10%	
3	Выплата каждый месяц	-200,00р.	
4			
5	Количество выплат	41,97071578	
6			

Рис. 5**.** Расчет количества платежей или длительности периода выплат.

Результат вычисления – 42 ежемесячные выплаты.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для расчета используют функцию *КПЕР* – количество периодов.

Функция *КПЕР* вычисляет количество периодических выплат, необходимых для погашения займа, полученного под определенный процент. Эту же функцию можно использовать для вычисления количества периодических вложений под определенный процент, необходимых для достижения определенной величины вклада.

Синтаксис функции *КПЕР(Ставка; Плт; Пс; Бс; Тип***)**, значения аргументов смотри задания 2,3.

Пример использования функции *КПЕР* приведены на рис.9. Функцию вводить с помощью *Мастера функций*, она относится к категории финансовых функций

ЗАДАНИЕ 6

Расчет платежей по займу (кредиту). Платеж, вычисляемый функцией *ПЛТ,* состоит из двух частей: Основной платеж – это часть платежа (ПЛТ), идущая на погашение основного долга (кредита), вычисляется функцией *ОСПЛТ*. Другая часть платежа идет на погашение процентов по кредиту и вычисляется функцией *ПРПЛТ.*
Определить величину платежа по кредиту, долю основного платежа и долю погашения процентов за четвертый год, если выдана ссуда размером 1 000 000 000 сроком на 5 лет под 12 % годовых.

	A	B
1	РАСЧЕТ ПЛАТЕЖЕЙ ПО ЗАЙМУ	
2		
3	Размер выданной ссуды	1 000 000 000
4	Срок ссуды (срок выплат)	5
5	Годовая процентная ставка	12%
6	Период выплаты	4
7		
8	Выплата по погашению займа	-221 149 339,88р.
9	Выплата по погашению процентов	-56 260 392,06р.
10	Размер платежа	-277 409 731,94р.
11	Размер платежа (проверка)	-277 409 731,94р.

Рис. 6. Расчет размера платежа и доли, идущей на погашения долга и процентов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Используются функции: *ПЛТ, ОСПЛТ ПРПЛТ*.

Напомним, функция *ПЛТ* рассчитывает ежегодный равный платеж по кредиту.

Синтаксис: *ПЛТ(Ставка; Кпер; Пс; Бс; Тип).*

Функция *ОСПЛТ* возвращает величину платежа в погашение основной суммы долга.

Синтаксис функции: *ОСПЛТ (Ставка; Период; Кпер; Пс; Бс).*

Функция *ПРПЛТ* возвращает величину платежа в погашение суммы процентов.

Синтаксис функции: *ПРПЛТ(Ставка; Период; Кпер; Пс; Бс).*

Период — период, для которого требуется найти платежи (должен находиться в интервале от 1 до *Кпер*); остальные аргументы см. задания 2, 3.

Выше приведен пример использования описанных функций. Функции вводить с помощью *Мастера функций,* они относятся к категории финансовых функций.

Работа 4.5. Использование функции ПЛТ (платеж) в финансовых расчетах

ЗАДАНИЕ 1

Рассчитать 20–летнюю ипотечную ссуду со ставкой 10 % годовых при начальном взносе 25 % и ежемесячной (ежегодной) выплате.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для вычисления величины постоянной периодической выплаты ренты (например, регулярных платежей по займу) при постоянной процентной ставке используется функция *ПЛТ (Ставка; Кпер; Бс; Пс; Тип)*.

	A	B	C	D	E
1	РАСЧЕТ ИПОТЕЧНОЙ ССУДЫ				
2	**Исходные данные**				
3	Цена	350 000р.			
4	Первый взнос	25%			
5	Годовая процентная ставка	10%			
6	Размер ссуды				
7					
8	Срок погашения ссуды		мес.	20	лет
9	**Расчетные данные**	выплаты в месяц		выплаты в год	
10	Переодические выплаты				
11	Общая сумма выплат				
12	Общая сумма комиссионных				
13					

Расчетные формулы:

Цена=Цена(1–Первый взнос);

*Срок погашения ссуды(мес.)= Срок погашения ссуды(лет) *12;*

Периодические выплаты(мес.) =ПЛТ(% ставка/12; Срок погашения ссуды(мес.); – Размер ссуды);

Периодические выплаты(год) =ПЛТ(% ставка; Срок погашения ссуды(год); – Размер ссуды);

*Общая сумма выплат(мес.) = Срок погашения ссуды(мес.) * * Периодические выплаты(мес.);*

*Общая сумма выплат(год) = Срок погашения ссуды(год) * *Периодические выплаты(год);*

Общая сумма комиссионных(мес.)=Общая сумма выплат(мес.) – – Размер ссуды;

Общая сумма комиссионных(год)=Общая сумма выплат(год)– –Размер ссуды.

Результат расчета

	A	B	C	D	E
1	РАСЧЕТ ИПОТЕЧНОЙ ССУДЫ				
2	**Исходные данные**				
3	Цена	350 000р.			
4	Первый взнос	25%			
5	Годовая процентная ставка	10%			
6	Размер ссуды	262 500р.			
7					
8	Срок погашения ссуды	240	мес.	20	лет
9	**Расчетные данные**	выплаты в месяц		выплаты в год	
10	Переодические выплаты	2 533,18р.		30 833,15р.	
11	Общая сумма выплат	607 963,64р.		616 663,03р.	
12	Общая сумма комиссионных	345 463,64р.		354 163,03р.	
13					

ЗАДАНИЕ 2

На приобретение автомобиля в банке взят кредит на сумму 50000 руб. на 4 года под 15 % годовых. По условиям кредитного договора выплаты будут производиться в начале каждого месяца. **Определить размер ежемесячной выплаты по кредиту.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Необходимо выбрать одну временную единицу измерения для аргументов — *Ставка* – % ставка и *Кпер* – срок кредита. Так как по условиям договора выплаты будут производиться ежемесячно, необходимо задать эти аргументы применительно к одному временному периоду — месяцу. Поэтому *Ставка* в пересчете на 1 месяц равна 15 % / 12 = 1,25 %. *Кпер* = 4*12=48.

	A	B	C	D	E	F
1	**Секреты депозита**					
2	Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
3	**Пс**	**Ставка**	**Кпер**	**Плт**	**Тип**	**Бс**
4						
5	**50000**	**1,25%**	**48**	**-1 374,36р.**	**1**	**0**

2. Основная сумма кредита *Пс* = 50000 руб.

3. *Тип* = 1, так как ежемесячная выплата будет производиться в начале месяца.

4. Размер ежемесячного платежа по кредиту вычисляется по формуле с использованием функции = *ПЛТ((Ставка;Кпер;Пс;Бс;Тип).* В результате вычисления появится отрицательное значение: –1374,36 руб. (это означает, что деньги выплачиваются заемщиком).

В данном случае в формуле присутствует аргумент *Бс*, значение которого равно 0. Его нельзя опускать, так как значение следующего за ним аргумента *Тип* равно 1. Если бы они оба были равны 0, их можно было бы не вносить в формулу.

Интересный нюанс. Если бы вы погашали этот кредит не в начале, а в конце каждого месяца, рассчитанная сумма увеличилась на 17,18 руб. и составила 1391,54 руб. Это при условии, что значение аргумента *Тип*=0.

ЗАДАНИЕ 3

Решено открыть накопительный депозитный вклад сроком на 3 года. Предложенные банком условия депозита гарантируют получение 7,5 % годовых. При открытии депозита 1 июля 2008 года был внесен первый взнос в размере $1000. Все последующие пополнения депозита решено делать в начале каждого следующего месяца. **Рассчитать какой должна быть сумма ежемесячного взноса, чтобы через 3 года иметь сбережений на сумму $10000.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Используем для расчета *ПЛТ(Ставка;Кпер;Пс;Бс;Тип).* В данном случае в формуле будет использован еще и аргумент *Бс,* определяющий будущую сумму накоплений с учетом начисленных процентов к моменту окончания депозита.

2. *Ставка = Ставка/12.*

3. *Кпер=Кпер*12–1* – здесь вычтен первый месяц, в счет которого был внесен начальный вклад ($1000).

4. *Пс* (первоначальная сумма) имеет отрицательное значение (–1000). Это значит, что данная сумма была внесена вкладчиком, а не получена им.

5. *Бс* (будущая стоимость) имеет положительное значение (+10000), так как накопленная сумма будет получена вкладчиком по окончании действия депозита.

6. Размер платежа = *ПЛТ(Ставка; Кпер: Пс;Бс; Тип)*

D4 =ПЛТ(B4;C4;A4;F4;E4)

	A	B	C	D	E	F
1	Секреты депозита					
2	Сумма вклада	Процент-ная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накоплен-ная сумма
3	Пс	Ставка	Кпер	Плт	Тип	Бс
4	-1000,00	0,625%	35	-223,20р.	1	10000

Как видите, для накопления $10000 в течение 3–х лет нужно ежемесячно вносить на 7,5 % депозит по $223,20 при условии, что начальный взнос составил $1000.

7. Если бы вы решили первое пополнение сделать не 1 августа, а 31 августа, т. е. в конце месяца и все последующие пополнения делать в последний день месяца, то аргумент *Тип* имел бы значение 0.

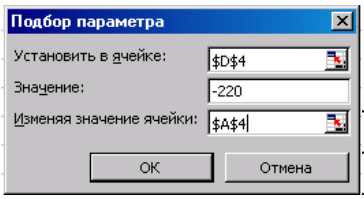
Секреты депозита					
Сумма вклада	Процент-ная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накоплен-ная сумма
Пс	Ставка	Кпер	Плт	Тип	Бс
-1000,00	0,625%	35	-224,59р.	0	10000

В этом случае размер ежемесячного вклада по сравнению с первым вариантом увеличился на $1,39 и *Плт* составил –224,59$.

8. Пополнение без сдачи. Полученное значение ежемесячного взноса — $223,20 — неудобно для реальных расчетов в банке при пополнении депозитного вклада. Проще вносить $200 или $220 и пополнять депозит, что называется, «без сдачи». Но если вы хотите накопить такую же сумму ($10000) и на тех же условиях, то придется пересмотреть размер первичного взноса.

Воспользуемся для этого механизмом *Сервис – Подбор параметра*. В окне *Подбор параметра* введите адрес ячейки, в которой рассчитана функция *ПЛТ*, в поле *Значение* — число –220 (обязательно со знаком «минус»), в поле *Изменяя значение ячейки* — ссылку на ячейку, в которой внесена сумма первичного взноса (A4), и нажмите *ОК*. Новая сумма первичного взноса — $1100,85.

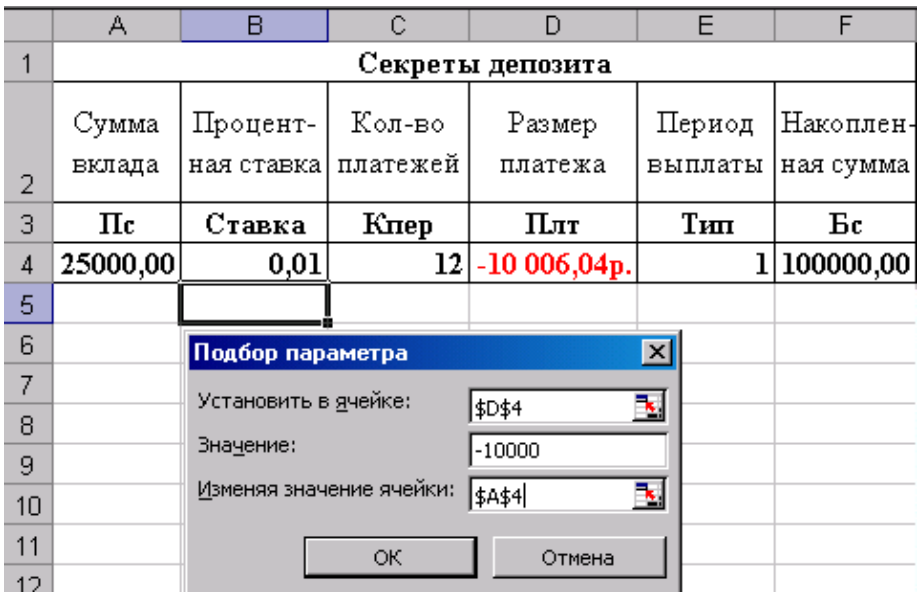
Внимание! В функцию *ПЛТ* должно быть введено значение аргументов *Ставка* и *Кпер* приведенные к месяцам.



Секреты депозита					
Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
Пс	**Ставка**	**Кпер**	**Плт**	**Тип**	**Бс**
-1100,85	0,625%	35	-220,00р.	1	10000

ЗАДАНИЕ 4

Открыт накопительный депозитный вклад сроком на 1 год. Предложенные банком условия депозита гарантируют получение 12 % годовых. При открытии депозита 1 января 2008 года был внесен первый взнос в размере 25000 руб. Все последующие пополнения депозита решено делать в начале каждого следующего месяца. **Рассчитать какой должна быть сумма ежемесячного взноса, чтобы через 1 год иметь сбережения на сумму100000 руб.**



Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
Пс	**Ставка**	**Кпер**	**Плт**	**Тип**	**Бс**
24931,36	0,01	12	-10 000,00р.	1	100000,00

ЗАДАНИЕ 5

Выполнить самостоятельно.

При открытии накопительного депозитного вклада сроком на 5 лет банк предложил условия депозита гарантирующие получение 15 % годовых. При открытии депозита 31 декабря 2008 года был внесен первый взнос в размере 5000 руб. Все последующие пополнения депозита решено делать в конце каждого следующего месяца. **Рассчитать какой должна быть сумма ежемесячного взноса, чтобы через 5 лет иметь сбережения на сумму 300000 руб.**

Работа 5.1. Построение графика функции на заданном диапазоне изменения аргумента.

ЗАДАНИЕ

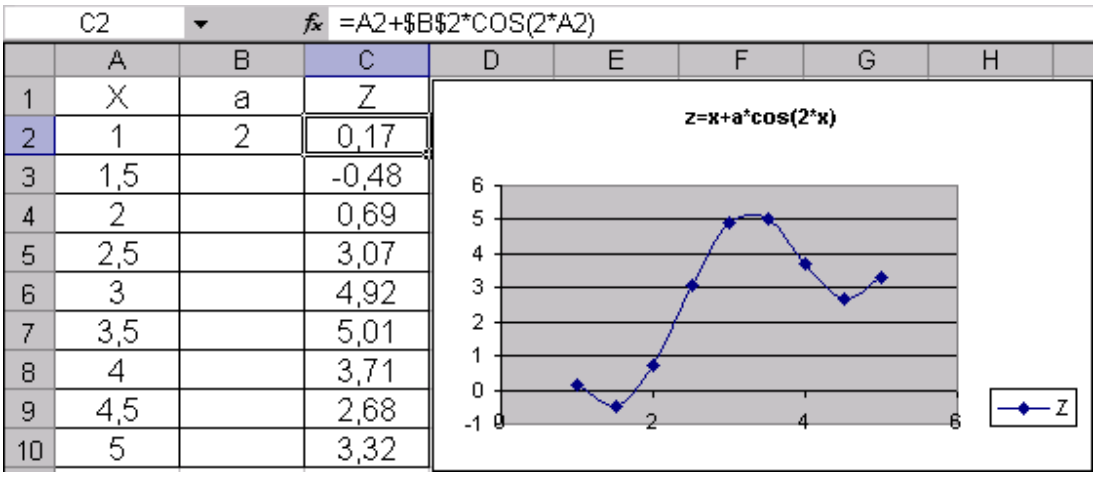
1. Постройте график функции $Z = x + a \cdot Cos(2x)$ интервал $x \in [1;5]$, $\Delta x = 0{,}5$

Создайте таблицу: X изменяйте в заданном интервале, a – любое число, например 2, вычислите Z по заданной формуле. Назовите график: $Z = x + a \cdot Cos(2x)$.

2. Постройте график функции соответствующий вашему варианту.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Протабулируйте аргумент X: введите начальное значения аргумента 1, затем следующее значение аргумента 1,5, выделите эти две ячейки и протяните маркер заполнения до конечного значения X=5.
2. Вычислите значения функции для всех значений аргумента. Адрес коэффициента a – задайте абсолютным адресом.
3. Постройте график функции: выделите диапозон ячеек значений аргумента и функции с «шапкой» – **МАСТЕР ДИАГРАММ – Тип графика –Точечный.**
4. Задайте параметр: **Параметры диаграммы – Название и т.д.**



	A	B	C
1	X	a	Z
2	1	2	0,17
3	1,5		-0,48
4	2		0,69
5	2,5		3,07
6	3		4,92
7	3,5		5,01
8	4		3,71
9	4,5		2,68
10	5		3,32

5. Построение графиков

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1	$Y = t^2 \cdot \frac{t+\sqrt{t+a}}{t-\sqrt{t-b}}$ интервал t∈[2;4], Δt=0,2	7	$Z = 2^{-x} arctg(x+a)$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2
2	$Y = \frac{bx^2 - a}{e^{ax}+1}$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2	8	$S = e^{-ax}\sqrt{ax + bSin(2x)}$ интервал x∈[1;2], Δx=0,1
3	$Z = x^a + a \cdot Cos(2x)$ интервал x∈[1;5], Δx=0,5	9	$Y = -Cos(x) + x^a$ интервал x∈[0,85;2,35], Δx=0,15
4	$Y = Sin\left(\frac{x}{a}\right) + e^x$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2	10	$S = b \cdot Sin(ax^2)$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2
5	$Z = x + \sqrt{a + b \cdot Sin(3x)}$ интервал x∈[1;2], Δx=0,1	11	$Z = b \cdot t \cdot e^{at^2}$ интервал t∈[–1;1], Δt=0,2
6	$Y = e^{-bx}\sqrt{x+1}$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2	12	$f = \frac{a}{x+2}x^2$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2

Работа 5.2. Построение графика сложной функции.

ЗАДАНИЕ

Построить график функции $y = \begin{cases} 3x + \sqrt{1+x^2}, при & x < 0 \\ 2\cos(x)e^{-2x}, при & 0 < x < 1 \\ 2\sin(3x), при & x > 1 \end{cases}$ при x∈[–2;1.5]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Создайте таблицу из столбцов X и У.
2. Столбец X заполните автозаполнением: введите начальное значение X = – 2, затем второе значение X= –1,5. Выделите эти ячейки и зацепив мышью за маркер заполнения протяните до получения конечного значения X=1,5.
3. Столбец У значениями вычисленной функции.

Если x<0, то функция вычисляется по формуле $y = 3x + \sqrt{1+x^2}$,

если x>1, то функция вычисляется по формуле $y = 2\sin(3x)$,

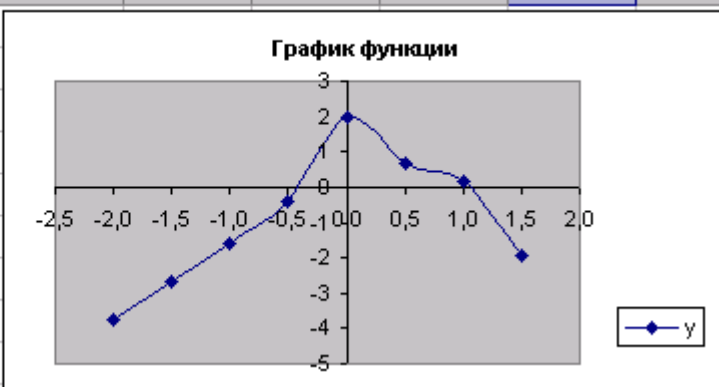
иначе (то есть при 0 < x < 1) функция вычисляется по формуле $y = 2\cos(x)e^{-2x}$.

4. То есть формула для вычисления функция формируется с использованием функции

ЕСЛИ. В ячейке B2 формула:

```
=ЕСЛИ(A2<0;3*A2+КОРЕНЬ(1+A2^2);ЕСЛИ(A2>1;2*SIN(3*A2);2*COS(A2)*EXP(A2)^-2))
```

	A	B
1	x	y
2	-2	-3,8
3	-1,5	-2,7
4	-1	-1,6
5	-0,5	-0,4
6	0	2,0
7	0,5	0,6
8	1	0,1
9	1,5	-2,0



5. Построение графиков

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1	$y=\begin{cases}\dfrac{1+x+x^2}{1+x^2}, x<0\\ \sqrt{1+\dfrac{2x}{1+x^2}}, x\in[0;1]\\ 2\lvert 0{,}5+\sin(x), x\ge 1\rvert\end{cases}$ При x∈[–1,7;1,5]	6	$y=\begin{cases}\sqrt{1+\dfrac{x^2}{1+x^2}}, x<0\\ 2\cos^2(x), x\in[0;1]\\ \sqrt{1+\lvert 2\sin(3x)\rvert^{1/3}}, x>1\end{cases}$ При x∈[–1,5;1,5]
2	$y=\begin{cases}\dfrac{1+\lvert x\rvert}{1+x+x^2}, x\le -1\\ 2\ln(1+x^2)+\dfrac{1+\cos^4(x)}{2+x}, x\in[-1;0]\\ \left(1+x^{\frac{3}{5}}\right)+b, x\ge 0\end{cases}$ При x∈[–2;2], b=1,2	7	$y=\begin{cases}\left\lvert x^{1/3}\right\rvert, x<0\\ -2x+\dfrac{x}{1+x}, x\in[0;1]\\ \dfrac{\lvert 3-x\rvert}{1+x}, x\ge 1\end{cases}$ При x∈[–1,8;1,8]
3	$y=\begin{cases}\dfrac{a+1+\lvert x\rvert}{1+x+x^2}, x<-1\\ 2\ln(1+x^2)+\dfrac{1+\cos^4(x)}{2+x}, x\in[-1;0]\\ \left(1+x^{\frac{3}{5}}\right)+b, x>0\end{cases}$ При x∈[–2;2], a=1,5	8	$y=\begin{cases}\dfrac{1+x}{1+x^2}, x<0\\ \sqrt{1+\dfrac{x}{1+x}}, x\in[0;1]\\ 2\lvert\sin(3x)\rvert, x\ge 1\end{cases}$ При x∈[–2;1,8]
4	$y=\begin{cases}3x+\sqrt{1+x^2}, x<0\\ 2\cos(x)e^{-2x}, x\in[0;1]\\ 2\sin(3x), x>1\end{cases}$ При x∈[–2;1.5]	9	$y=\begin{cases}\dfrac{1+x+a}{1+x^2}, x<0\\ \sqrt{1+\dfrac{x}{1+x}}, x\in[0;1]\\ 2\lvert\sin(3x)\rvert, x\ge 1\end{cases}$ При x∈[–2;1,8], Δx=0,1; a=2
5	$y=\begin{cases}3x+\sqrt{1+x^2}, x<0\\ 2\cos(x)e^{-2x}, x\in[-2;-1]\\ 2\sin(3x)+a, x>1\end{cases}$ При x∈[–2;1,5], a=2	10	$y=\begin{cases}ax+\sqrt{1+x^2}, x<0\\ \sin(x)e^{-3x}, x\in[-2;0]\\ 3\cos(2x)+a, x>1\end{cases}$ При x∈[–2;1,5], a=2

Работа 5.3. Графическая интерпретация данных.

ЗАДАНИЕ

Часто по результатам экспериментальных работ или по результатам расчетов требуется построить графики для данных, которые графически несопоставимы (например: числа 1000 и 0,001). Для того, чтобы совместить несопоставимые данные на одном графике в Excel есть тип графика с двумя осями (т.е. для чисел порядка 1000 будет одна ось, а для чисел порядка 0,001 – другая)

Используя, мастер диаграмм постройте графики типа точечный. При построении графиков установите все возможные параметры в диалоговом окне 3 шага «Параметры диаграммы»: Заголовки; Оси; Линии сетки; Легенду; Подписи данных; таблицу данных.

1. Рассчитайте значение функции $У_1=X^2$, $У_2=X^3$, $У_3=X^4$, для изменения аргумента **X** от –1 до 1, с шагом 0,1.
2. Рассчитайте значение функции $У_4=X_2^2$, для изменения аргумента $\mathbf{X_2}$ от –5 до 5 с шаг. 1.
3. Рассчитайте значение функции $У_5=X_3^2$ для изменения аргумента $\mathbf{X_3}$ от 1 до 10, с шаг. 1.
4. Построить совмещенные графики $У_1$, $У_2$, $У_3 = F(x)$ на отдельном листе, добавьте на него графики $У_4$, $У_5 = F(x)$, используя две оси для значений Y и X.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. При расчете значений аргументов **X, $\mathbf{X_2}$,$\mathbf{X_3}$** используйте **автозаполнение**: введите в 1 ячейку начальное значение и во 2 ячейку следующее значения аргумента, выделите эти две ячейки и пртяните за маркер заполнения до конечного значения.

2. Для создания диаграммы: **МАСТЕР ДИАГРАММ** вкладка **Нестандартные** – **Графики** (**2 оси**).

3. Добавить на существующий график новый (по одному новому графику): выделить график, в меню **ДИАГРАММА (**или **Контекстное Меню) – Исходные данные –** вкладка **Ряд – Добавить – (**перейти на таблицу) и последовательно указать адреса ячеек: имя ряда; диапозон аргумента Х и диапозон функции У.

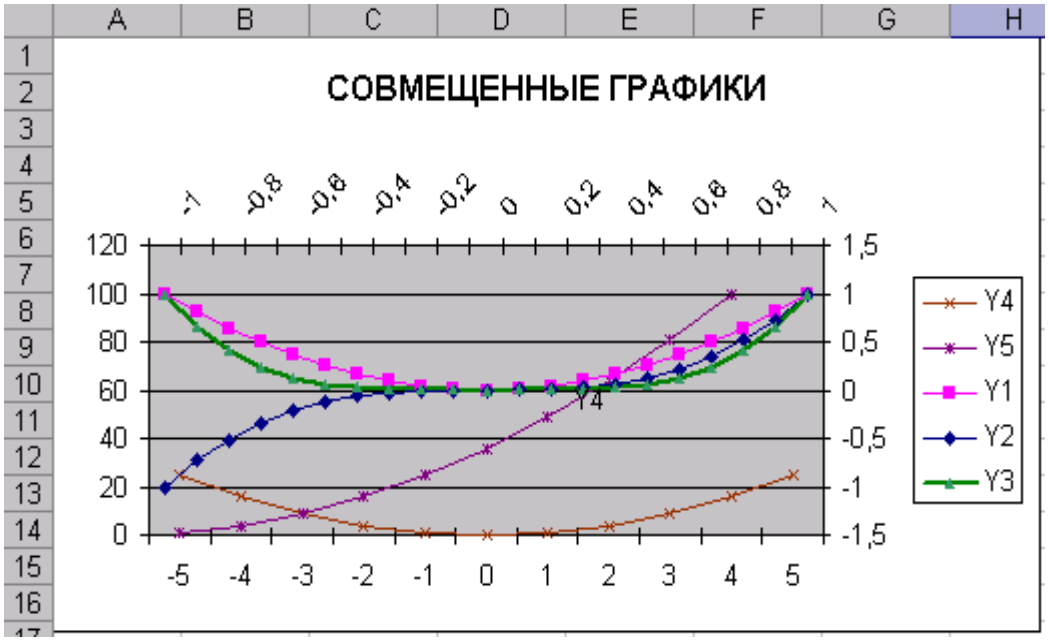
4. Для создания второй оси: в меню **ДИАГРАММА (**или **Контекстное Меню) –Параметры диаграммы** – вкладка **Оси** – **Вспомогательные оси** .

5. Подписи второй оси создаются: в меню **ДИАГРАММА (**или **Контекстное Меню) – Исходные данные –** вкладка **Ряд – Добавить –** указать адреса соответствующих ячеек.

Расчетная таблица

5. Построение графиков

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**X**	**Y1**	**Y2**	**Y3**	**X2**	**Y4**	**X3**	**Y5**
2	-1	1	-1	1	-5	25	1	1
3	-0,9	0,81	-0,729	0,6561	-4	16	2	4
4	-0,8	0,64	-0,512	0,4096	-3	9	3	9
5	-0,7	0,49	-0,343	0,2401	-2	4	4	16
6	-0,6	0,36	-0,216	0,1296	-1	1	5	25
7	-0,5	0,25	-0,125	0,0625	0	0	6	36
8	-0,4	0,16	-0,064	0,0256	1	1	7	49
9	-0,3	0,09	-0,027	0,0081	2	4	8	64
10	-0,2	0,04	-0,008	0,0016	3	9	9	81
11	-0,1	0,01	-0,001	0,0001	4	16	10	100
12	0	0	0	0	5	25		
13	0,1	0,01	0,001	0,0001				
14	0,2	0,04	0,008	0,0016				
15	0,3	0,09	0,027	0,0081				
16	0,4	0,16	0,064	0,0256				
17	0,5	0,25	0,125	0,0625				
18	0,6	0,36	0,216	0,1296				
19	0,7	0,49	0,343	0,2401				
20	0,8	0,64	0,512	0,4096				
21	0,9	0,81	0,729	0,6561				
22	1	1	1	1				



Работа 5. 4. Построение функции заданной уравнением в полярных координатах. (Трехлепестковая роза).

ЗАДАНИЕ.

Построить график функции, заданный уравнением в полярных координатах: $\rho = a \sin(3\varphi)$.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Рассчитать координаты точек графика в декартовых координатах.

Формулы для расчета:

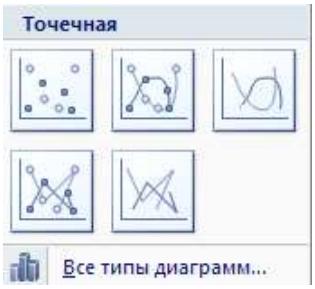
Дать пояснения к вычислению X и У

Координата	Ячейка	Значение
фи	**A2**	От 0 до 70 с шагом 0,05
ро	**B2**	=6*SIN(3*A2)
X	**D2**	=B2*COS(A2)
Y	**E2**	=B2*SIN(A2)

Рассчитанные значения:

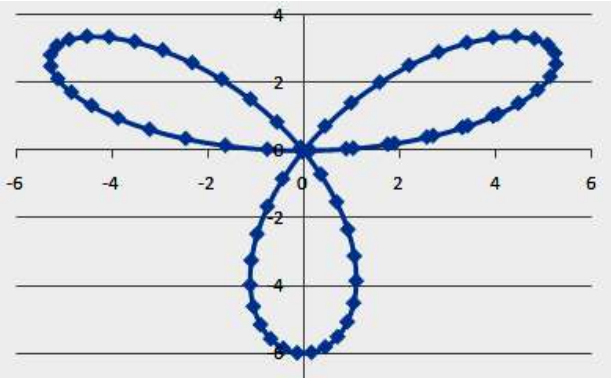
	A	B	C	D	E
1	фи	ро		X	Y
2	0	0		0	0
3	0,05	0,896629		0,895508	0,044813
4	0,1	1,773121		1,764263	0,177017
5	0,15	2,609793		2,580488	0,390003
6	0,2	3,387855		3,320323	0,673063
7	0,25	4,089833		3,96269	1,011841
8	0,3	4,699961		4,490045	1,388934
9	0,35	5,204539		4,889002	1,784625
10	0,4	5,592235		5,150789	2,177719
11	0,45	5,85434		5,271524	2,546436
12	0,5	5,98497		5,252305	2,869347
13	0,55	5,98119		5,099111	3,126292
14	0,6	5,843086		4,822507	3,299254
15	0,65	5,573758		4,437179	3,373163
16	0,7	5,179256		3,961314	3,336568
17	0,75	4,668439		3,415845	3,182189
18	0,8	4,052779		2,823598	2,907286
19	0,85	3,346102		2,208371	2,513861
20	0,9	2,564279		1,593982	2,008669

2 По значениям X и У построить график. Тип графика **точечный.**



5. Построение графиков

Построенный график:



Работа 5.5. Построение поверхности

Общие указания

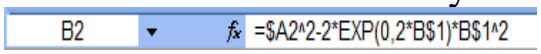
Работа по построению поверхности второго порядка предполагает использование следующей методики:

1. Подготовить диапазон изменения значений функции по двум координатам, расположив изменения одной координаты вдоль некоторого столбца вниз, а другой – вдоль прилегающей строки вправо.
2. Ввести на пересечении строки и столбца координат необходимую формулу для построения поверхности воспользоваться маркером автозаполнения для ее копирования на всю область построения поверхности.

ЗАДАНИЕ

Построить поверхность, заданную функцией Z=X2 – 2e0,2У У2 ,
при изменении X на интервале [–1;1] с шагом 0,1

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Задать изменение аргумента X в столбце A от –1 с шагом 0,1 до значения 1 автозаполнением.
2. Задать изменение аргумента У в строке (в примере это строка 1) от 1 с шагом 0,1 до значения 1 автозаполнением.
3. Ввести в ячейку B2 (в примере) формулу функции 

На ячейки аргументов X и У задаются смешанные ссылки: для X ($A2) фиксируется столбец A(клавишей F4 добавляется знак $ к букве A), для У (B$1) фиксируется строка 1 (клавишей F4 добавляется знак $ к цифре 1).
4. Скопировать формулу на весь диапозон ячеек изменения X и У.

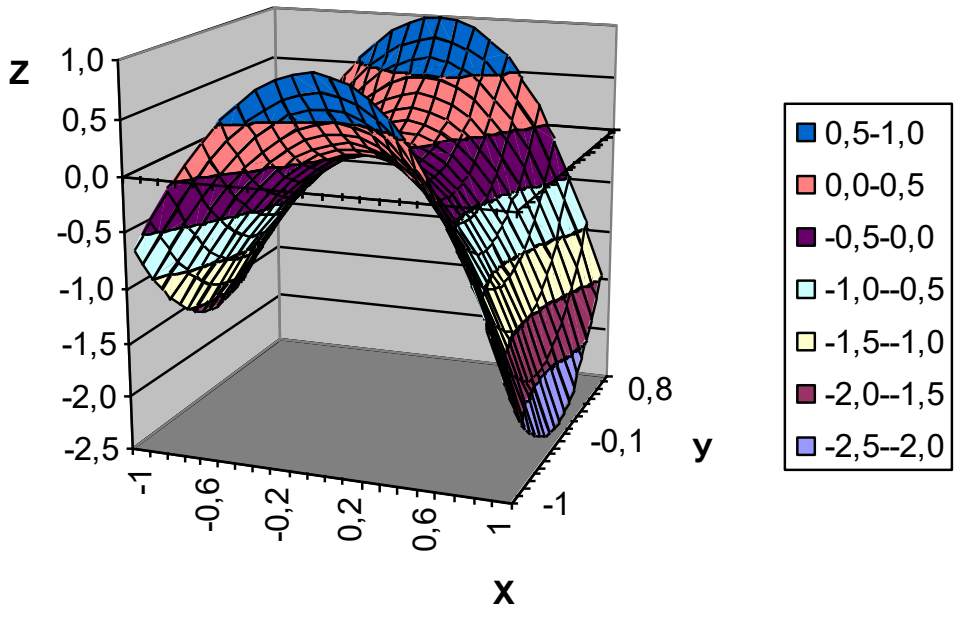
5. Построение графиков

B2 fx =$A2^2-2^EXP(0,2*B$1)*B$1^2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1		-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
2	-1	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,4	0,2	-0,1	-0,5	-0,9	-1,4
3	-0,9	-0,8	-0,5	-0,3	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0	-0,3	-0,7	-1,1	-1,6
4	-0,8	-1,0	-0,7	-0,5	-0,2	0,0	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,1	-0,2	-0,5	-0,9	-1,3	-1,8
5	-0,7	-1,1	-0,9	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-1,0	-1,4	-2,0
6	-0,6	-1,3	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,6	-2,1
7	-0,5	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9	-1,3	-1,7	-2,2
8	-0,4	-1,5	-1,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,7	-1,0	-1,3	-1,8	-2,3
9	-0,3	-1,5	-1,3	-1,0	-0,8	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-1,0	-1,4	-1,8	-2,4
10	-0,2	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
11	-0,1	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
12	0	-1,6	-1,4	-1,1	-0,9	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
13	0,1	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
14	0,2	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
15	0,3	-1,5	-1,3	-1,0	-0,8	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-1,0	-1,4	-1,8	-2,4
16	0,4	-1,5	-1,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,7	-1,0	-1,3	-1,8	-2,3
17	0,5	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9	-1,3	-1,7	-2,2
18	0,6	-1,3	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,6	-2,1
19	0,7	-1,1	-0,9	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-1,0	-1,4	-2,0
20	0,8	-1,0	-0,7	-0,5	-0,2	0,0	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,1	-0,2	-0,5	-0,9	-1,3	-1,8
21	0,9	-0,8	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0	-0,3	-0,7	-1,1	-1,6
22	1	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,4	0,2	-0,1	-0,5	-0,9	-1,4
23																						

5. Построить график поверхности. Выделить подготовленные данные, обратится к **МАСТЕРУ ДИАГРАММ – Тип графика – Поверхность**.

6. Постройте поверхность, соответствующую Вашему варианту.



5. Построение графиков

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№ вари–анта	Уравнение
1	$Z = X^2 – Y^2$ при X, Y є [–1;1]
2	$Z = 3X^2 – 2\sin^2(Y)\ Y^2$ при X, Y є [–1;1]
3	$Z = 5X^2\cos^2(Y) – 2Y^2\ e^Y$ при X, Y є [–1;1]
4	$Z = 2X^2\cos^2(X) – 2Y^2$ при X, Y є [–1;1]
5	$Z = 2e^{2X}X^2 – 2Y^4$ при X, Y є [–1;1]
6	$Z=X^2 – 2e^{0,2}\,У^2$ при X, Y є [–1;1]

Работа 5.6. Построение сферы.

Общие указания

Работа по построению поверхности второго порядка (случай, когда третья координата входит в уравнение поверхности в квадрате) предполагает использование следующей методики:

1. Подготовить диапазон изменения функции по двум координатам, расположив изменения одной координаты вдоль некоторого столбца вниз, а другой – вдоль прилегающей строки вправо.
2. Ввести на пересечении координат необходимую формулу для построения поверхности воспользоваться маркером автозаполнения для ее копирования на всю область построения поверхности.
3. В формуле следует учесть поправку на положительные и отрицательные значения квадратного корня на данной области определения.
4. Выделить подготовленные данные и воспользоваться МАСТЕРОМ ДИАГРАММ (тип диаграммы – **Поверхность**).
5. Отформатировать полученную поверхность.

ВНИМАНИЕ!

Требуется учесть следующую особенность – в диапазоне изменения функции необходимо дублировать значения координат.

ЗАДАНИЕ

1. Построить сферу: $X^2 + Y^2 + Z^2 = 1$

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Преобразовать уравнение к виду: $Z = \pm\sqrt{1 - X^2 - Y^2}$
2. Подготовьте диапазон области определения функции в соответствии с таблицей. В диапазон B5:B46 вводятся значения X от –1 до 1 с шагом 0,1, причем каждое значение дублируется последовательно дважды. Аналогично вводятся значения У в диапазон ячеек C4:AR4 от –1 до 1 с шагом 0,1.
3. В диапазон A6:A47 добавить повторяющиеся числа 2 и 3 (для использования в формуле).
4. Формула для вычисления функции Z в ячейке C5:
5. =КОРЕНЬ(1–$B5*$B5–C$4*C$4)*ЕСЛИ(ОСТАТ($A5;2)=0;1;–1)

5. Построение графиков

(Пояснить вторую часть формулы)

6. Воспользоваться маркером автозаполнения для копирования формулы на всю область построения поверхности.

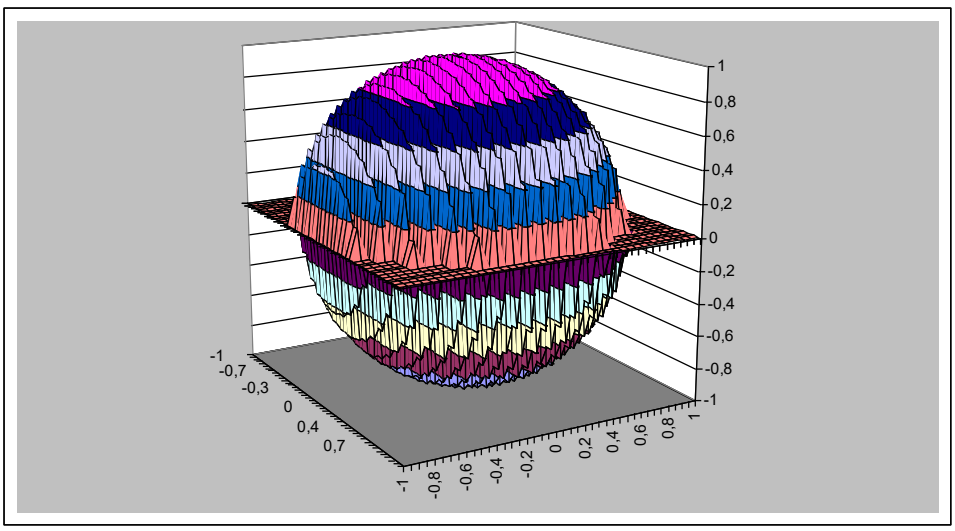
7. Выделить диапазон ячеек B4:AR46, обратится к **МАСТЕРУ ДИАГРАММ – Тип графика – Поверхность.**

8. Отформатировать полученную сферу.

Расчетная таблица.

ЕСЛИ | =КОРЕНЬ(1-$B5*$B5-C$4*C$4)*ЕСЛИ(ОСТАТ($A5;2)=0;1;-1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4			-1	-1	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6
5	2	-1	=0;1;-1)	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
6	3	-1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
7	2	-0,9	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
8	3	-0,9	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
9	2	-0,8	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
10	3	-0,8	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
11	2	-0,7	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,141421	0,141421	0,387298	0,387298
12	3	-0,7	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,14142	-0,14142	-0,3873	-0,3873
13	2	-0,6	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,387298	0,387298	0,52915	0,52915
14	3	-0,6	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,3873	-0,3873	-0,52915	-0,52915
15	2	-0,5	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,331662	0,331662	0,509902	0,509902	0,6245	0,6245
16	3	-0,5	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,33166	-0,33166	-0,5099	-0,5099	-0,6245	-0,6245
17	2	-0,4	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,173205	0,173205	0,447214	0,447214	0,591608	0,591608	0,69282	0,69282
18	3	-0,4	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,17321	-0,17321	-0,44721	-0,44721	-0,59161	-0,59161	-0,69282	-0,69282
19	2	-0,3	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,316228	0,316228	0,519615	0,519615	0,648074	0,648074	0,74162	0,74162
20	3	-0,3	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,31623	-0,31623	-0,51962	-0,51962	-0,64807	-0,64807	-0,74162	-0,74162
21	2	-0,2	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,387298	0,387298	0,565685	0,565685	0,685565	0,685565	0,774597	0,774597
22	3	-0,2	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,3873	-0,3873	-0,56569	-0,56569	-0,68557	-0,68557	-0,7746	-0,7746
23	2	-0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,424264	0,424264	0,591608	0,591608	0,707107	0,707107	0,793725	0,793725
24	3	-0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,42426	-0,42426	-0,59161	-0,59161	-0,70711	-0,70711	-0,79373	-0,79373
25	2	0	0	0	0,43589	0,43589	0,6	0,6	0,714143	0,714143	0,8	0,8
26	3	0	0	0	-0,43589	-0,43589	-0,6	-0,6	-0,71414	-0,71414	-0,8	-0,8
27	2	0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,424264	0,424264	0,591608	0,591608	0,707107	0,707107	0,793725	0,793725
28	3	0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,42426	-0,42426	-0,59161	-0,59161	-0,70711	-0,70711	-0,79373	-0,79373
29	2	0,2	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,387298	0,387298	0,565685	0,565685	0,685565	0,685565	0,774597	0,774597



5. Построение графиков

6. МАКРОСЫ В EXCEL

Работа 6.1. Создание макросов

Макросы – средства, позволяющие создавать код программ на VBA (Visual Basic for Application) без программирования, записывая в макрос любые действия, которые можно выполнить в EXCEL.

ЗАДАНИЕ.

1. Создайте семь макросов:

Макрос1 – Создайте новый рабочий лист, переименуйте его, присвоив имя «**Новый**»
Макрос2 – Создайте столбец значений **X** в диапазоне чисел от –3 до 3 с шагом 0,5
Макрос3 – Создайте столбец значений **Y**, вычислив по формуле $\mathbf{Y=5X^3+2}$
Макрос4 – Постройте **график** функции
Макрос5 – Найдите **корень** уравнения
Макрос6 – Удалите лист
Макрос7 – Закрыть

2. Создайте форму, расположив на ней семь кнопок.



3. Подключите к кнопкам ранее созданные макросы. Запустите программу на выполнение.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Выполните первое задание без записи макросов.
2. Создание Макросов: **СЕРВИС–Макрос–Начать запись – введите имя макроса,** выполните нужные для построения макроса команды, **Остановите запись макроса.** Имена макросам назначаются произвольно, но лучше, если имя макроса будет отражать его действие, например для нашего задания: Новый, Х,У, График, Корни, Удалить.
3. Просмотреть коды Макросов: **СЕРВИС–Макрос–Макрос–** выберите имя макроса – **ВОЙТИ** просмотреть Макрос можно, перейдя в редактор VBA–Alt+F11 или **СЕРВИС–Макрос–Редактор VBA –** откройте папку Модулей, выберите нужный макрос.
4. Создание Формы: Перейдите в редактор VBA, выполните команду **INSERT–UserForm**

4.1. На панели инструментов «Элементы Управления» выберите «Кнопку», курсор переместите в область формы и отрисуйте мышью кнопку.

4.2. Введите для кнопки название, изменив её свойство Caption(надпись).

4.3. Аналогично создайте все семь кнопок. Кнопки можно скопировать: выделите кнопку, нажмите клавишу Ctrl, удерживая её перетащите кнопку столько раз сколько нужно копий.

4.4. Отредактируйте текст на каждой кнопке, изменив свойство Caption для каждой кнопки.

5. Подключение макроса к кнопке Формы: Дважды щелкните мышью по кнопке. Система переведет Вас в среду редактора кода, куда автоматически поместит две строки процедуры обработки данной кнопки.

```
Private Sub CommandButton1_Click()

End Sub
```

Поместите между этими строками имя вызываемого Макроса. Например.

```
Private Sub CommandButton1_Click()
X' Вызов Макроса X, который создает столбец X.
End Sub
```

Таким образом подключите все Макросы к кнопкам.

5. Макрос **Новый** при каждом выполнении добавляет рабочий лист с новым, следующем номером.

```
Sub Новый()
' Новый Макрос
' Макрос записан 27.07.2008
    Sheets("Лист1").Select’ Лист1 выделить
    Sheets.Add’ Добавить лист
    Sheets("Лист4").Select’Этот лист выделить
    Sheets("Лист4").Name = "Новый"’ Добавленному листу присвоить имя «Новый»
    Range("A1").Select’Выделить ячейку А1, для дальнейших действий.
End Sub
```

В Макросе добавляется лист 4, но при повторном применении Макроса добавится лист с другим номером и это вызовет ошибку выполнения Макроса, поэтому его нужно отредактировать так, чтобы не указывать конкретный номер листа.

```
Sub Новый()
    Sheets("Лист1").Select
    Sheets.Add
    ActiveSheet.Name = "Новый" Активному листу присвоить имя «Новый»
End Sub
```

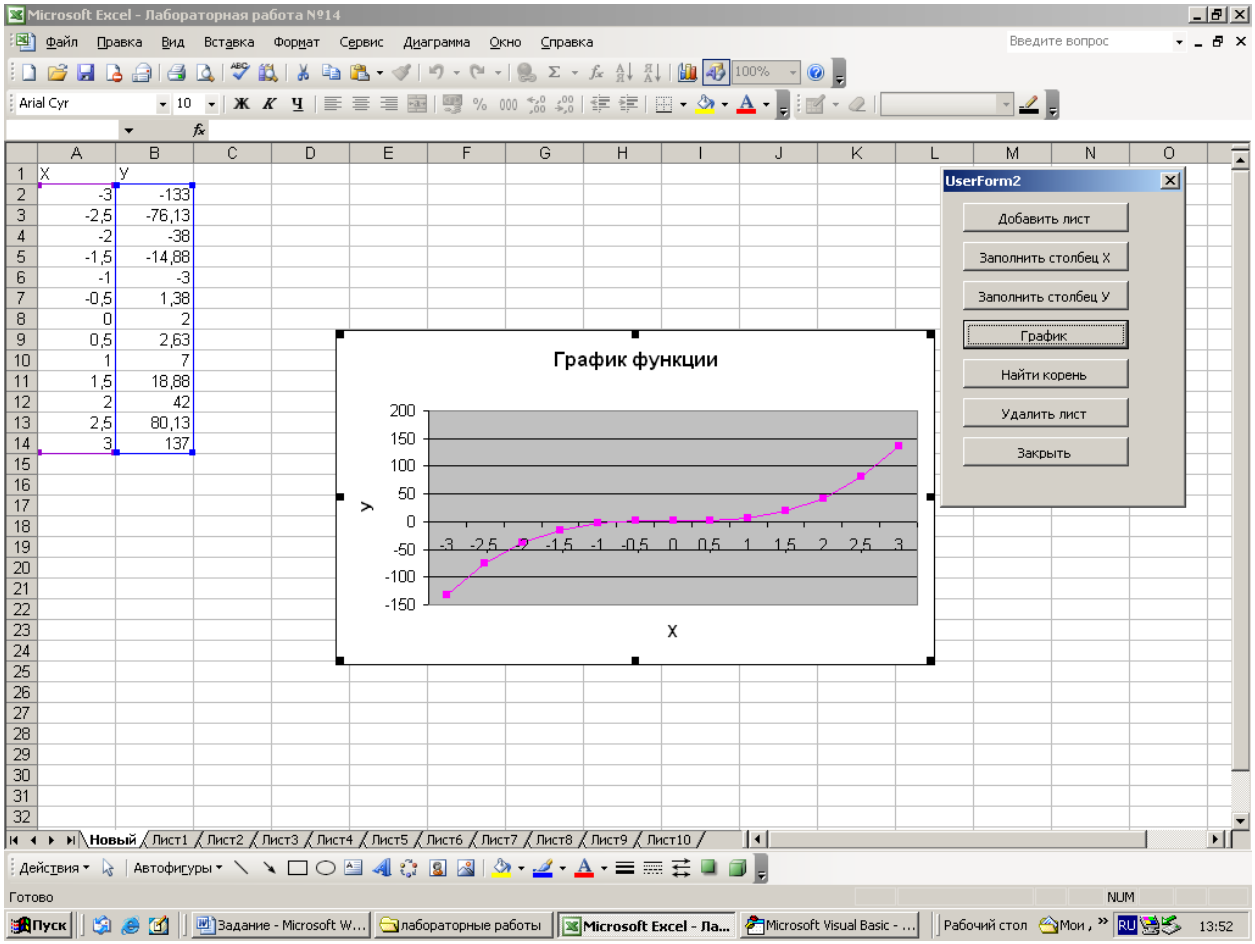
6. Для закрытия Формы применить метод **UserForm1.Hide**

7. Для вызова формы на выполнение: выполните команду RUN–**Run Sub/User Form (F5).**

Нажимая последовательно на соответствующие кнопки, проверьте работу макросов.

Результат выполнения задания

6. Макросы в Excel



7. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

Задача оптимизации состоит в выборе из некоторого множества допустимых решений, то, которое удовлетворяют целевой функции. Целевая функция это зависимость показателя эффективности от значений искомых параметров. В качестве показателя эффективности используются такие величины как прибыль, затраты и т.д. При этом на параметры допустимого решения накладываются ограничения, связанные с реальной технологией. Они выражаются в виде математических ограничений, чаще имеющих вид неравенства.

Решение задачи оптимизации состоит из нескольких этапов:

1.Формализация задачи – математическая постановка задачи.

- Целевая функция:

$Z=F(X1, X2,\ldots\ Xn)\rightarrow\min$ (max, заданной величине) – это минимум потерь или максимум прибыли.

X1, X2,…… Xn– искомые параметры влияющие на целевую функцию.

- Ограничения для X1, X2,…… Xn обычно условия неравенства

2. Для решения используются методы: линейного программирования; симплекс метод. Эти методы реализованы в Excel в виде инструмента – **Поиск решения**.

Работа 7.1. Задача о планировании производства

ЗАДАНИЕ

Фирма производит изделия, назовём их A, B, C. Для их производства используются три типа комплектующих изделий: компл.1, компл.2, компл.3.

Известно: Расход каждого типа комплектующего для каждого вида изделия, цена каждого вида изделия, запасы каждого типа комплектующих (приведены в таблице).

Комплектующие	Нормы расхода комплектующих на изделия, ед.			Запасы комплектующих, ед.
	A	B	C	
Компл.1	20	50	10	5000
Компл.2	20		40	4000
Компл.3	20	10	10	4000
Цена изделия, руб	500	700	550	

7. Решение задач оптимизации

Определить сколько нужно произвести изделий различного вида, чтобы получить максимальную прибыль, если использовать весь запас комплектующих

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Математическая постановка задачи.

Пусть X1, X2, X3 количество выпускаемых изделий A, B, C.

- Целевая функция – доход от продажи изделий

$$Z=500\ X1+ 700\ X2+ 550\ X3 \rightarrow max$$

- Ограничения:

  По расходу комплектующих. Их расход должен быть меньше или равен запасам.

  $20\ X1+50\ X2+10\ X3 \leq 5000$ – ограничение по компл.1.

  $20\ X1+40\ X3 \leq 4000$ – ограничение по компл.2.

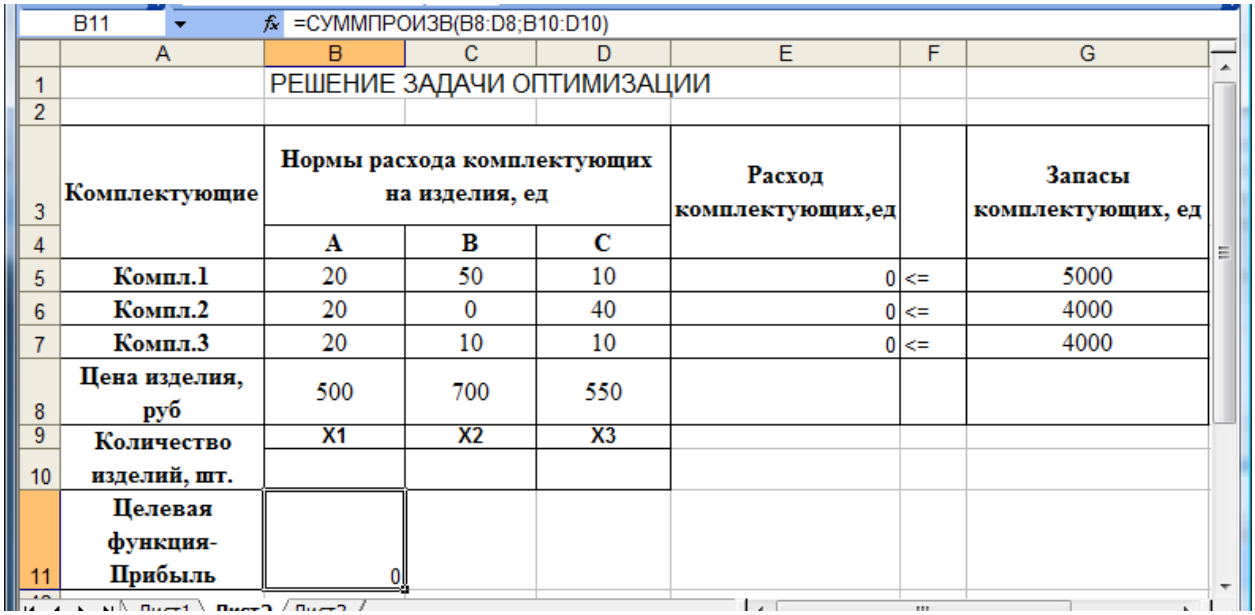
  $20\ X1+10\ X2+10\ X3 \leq 4000$ – ограничение по компл.3.

  По количеству выпускаемой продукции.

  $X1 \geq 0;\ X2 \geq 0;\ X3 \geq 0$ –количество выпускаемых изделий не может быть отрицательным.

  X1; X2; X3 – целое – выпускаемые изделия неделимые (целые).

2. По исходным данным и математической постановке задачи создается таблица для решения.



	A	B	C	D	E	F	G
1		РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ					
2							
3	**Комплектующие**	**Нормы расхода комплектующих на изделия, ед**			**Расход комплектующих,ед**		**Запасы комплектующих, ед**
4		**A**	**B**	**C**			
5	**Компл.1**	20	50	10	0	<=	5000
6	**Компл.2**	20	0	40	0	<=	4000
7	**Компл.3**	20	10	10	0	<=	4000
8	**Цена изделия, руб**	500	700	550			
9	**Количество**	**X1**	**X2**	**X3**			
10	**изделий, шт.**						
11	**Целевая функция-Прибыль**	0					

В ячейки B10:D10 Excel выведит найденные количества изделий A, B, C.

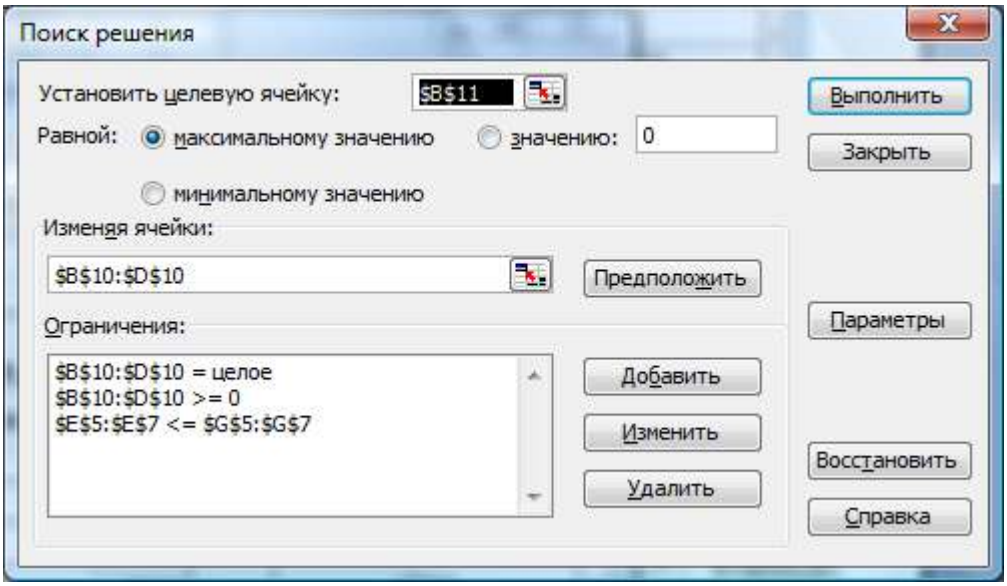
Целевая функция – это сумма произведений *Количества изделий и Цены изделий*, т.е. в ячейке B11 формула =СУММПРОИЗВ(B8:D8;B10:D10).

Правая часть ограничения по расходу комплектующих записана в ячейках E5:E7. Формула, например, в ячейке E5 имеет вид =СУММПРОИЗВ(B5:D5;$B$10:$D$10). Эту формулу скопировать в ячейки E6:E7.

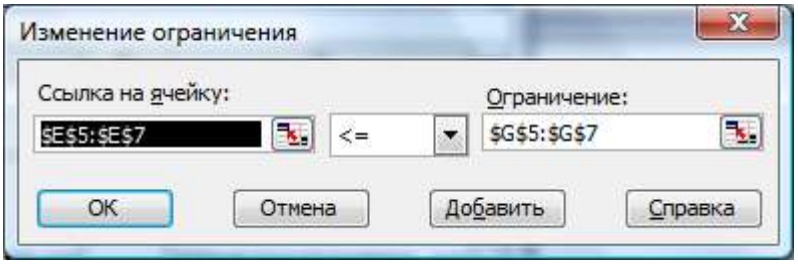
3. Решение задачи средствами Excel.

Установите курсор в ячейку B11 и выполните команду **СЕРВИС – Поиск решения**.

В диалоговом окне «Поиск решения»:



- В поле «Установить целевую ячейку» адрес ячейки B11.
- В поле «Равной» установить на максимальное значение.
- В поле «Изменяя ячейки» дать ссылку на ячейки с искомыми X1, X2, X3, то есть на ячейки B10:D10.
- В поле «Ограничения» добавим ограничения нажав на кнопку ДОБАВИТЬ. В появившемся диалоговом окне указать, например, для ограничения по комплектующим в левом поле адреса ячеек с расходами комплектующих, в правом поле адреса ячеек с запасами комплектующими, в средем поле из списка выбрать соответствующий знак логического отношения – ДОБАВИТЬ.



Таким образом задать все ограничения. Далее в окне «Поиск решения» нажать на кнопку ПАРАМЕТРЫ и установить флажок на опции Линейная модель. Затем **Выполнить.**

В итоге получим результат оптимизации.

	A	B	C	D	E	F	G
1		РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ					
2							
3	**Комплектующие**	**Нормы расхода комплектующих на изделия, ед**			**Расход комплектующих,ед**		**Запасы комплектующих, ед**
4		**A**	**B**	**C**			
5	**Компл.1**	20	50	10	5000	<=	5000
6	**Компл.2**	20	0	40	4000	<=	4000
7	**Компл.3**	20	10	10	3960	<=	4000
8	**Цена изделия, руб**	500	700	550			
9	**Количество**	X1	X2	X3			
10	**изделий, шт.**	180	26	10			
11	**Целевая функция-Доход**	113700					

Выводы: Из данного запаса комплектующих можно изготовить изделий вида А – 180 шт., изделий типа В – 26 шт., изделий типа С – 10 шт. Комплектующие 1 и 2 типов будут израсходованы полностью, 3 комплектующего останется 40 ед. При этом при реализации изделий будет получен максимально возможный доход 113700 рублей.

Работа 7.2. Задачи для самостоятельного решения

Решить ниже приведенные задачи, используя **Поиск решения.**

ЗАДАЧА 1

В одной из туристических фирм, на Черноморском побережье в каждом заезде запланирован пеший поход в горное селение, находящееся на высоте 2,5 км от моря. В селение ведут три тропы, две из которых имеют вторую категорию сложности, а третья – четвертую катего-

рию. Для четвертой категории сложности требуется специальное медицинское заключение и, таким образом, сужается круг участников похода. Для похода по второй категории сложности требуется 1 сопровождающий на 10 отдыхающих; для похода по четвертой категории сложности требуется 1 сопровождающий на 5 отдыхающих. Стоимость похода для каждого отдыхающего по второй категории сложности равен 200 руб. в день, а по четвертой – 350 руб. Для похода по первому маршруту требуется 6 дней, по второму – 5; а для похода по четвертой категории сложности – 2 дня. В одном из заездов в поход пожелало пойти 54 человека. После мед. проверки, в случае выхода похода по четвертой категории сложности остался 21 человек. Определите выбор маршрутов при условии максимальной финансовой выгоды для туристической фирмы, если фирма имеет пять туристических имнструкторов.

ЗАДАЧА 2

Озеро можно заселить двумя видами рыб: А и В. Средняя масса рыбы вида А равна 2 кг, а вида В – 1 кг. В озере имеется два вида пищи P1 и P2. Средние потребности одной рыбы вида А составляют 1 ед. корма P1 и 3 ед. корма P2 в день. Аналогичные потребности для рыбы вида В составляют 2 ед. и 1 ед. Ежедневный запас пищи поддерживается на уровне 500 ед. P1 и 900 ед. P2. Как следует заселить озеро рыбами, чтобы максимизировать общую массу рыб?

ЗАДАЧА 3

Имеется четыре типа железорудных концентратов с содержанием железа Fe_i (i = 1, 2, 3, 4) и содержанием серы S_i (i=1, 2, 3, 4). Необходимо составить шихту для окомкования так, чтобы содержание в ней серы было минимальным, а содержание железа $Fe_{min} \le Fe \le Fe_{max}$.

Исходные данные:

Плановое задание: Fe_{max} =63%; Fe_{min} =61%.

Содержание железа в концентратах Fe_1 = 62%; Fe_2 = 60%; Fe_3 = 63%; Fe_4 = 64%.

Содержание серы в концентратах S_1 =0,3%; S_2 =0,2%; S_3 =0,4%; S_4 =0,2%;

Дополнительные ограничения X1 = 0,1; X2 ≥ 0,2.

Указание: количество каждого типа концентрата в шихте определять в долях единицы.

7. Решение задач оптимизации

8. РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СРЕДСТВАМИ OFFICE

Работа 8.1. Документ «Обогатительная задача».

ЗАДАНИЕ

1. Загрузите WORD. **Пуск – Программы – Microsoft Office – Microsoft Word**.
2. Выведите на экран Панели Инструментов (ПИ) «**Стандартная**», «**Форматирования**» (если их нет). Добавьте на ПИ «Форматирования» кнопки «**нижний и верхний индекс**».
3. Кнопками ПИ «Форматирования» установите: шрифт – 

, выравнивание **по ширине**, межстрочный интервал 1,5.
4. Установите размеры полей: верхнее и нижнее – 2 см, левое 3 см, правое 1,5 см.
5. Наберите 1–4 абзацы приведенного текста «Обогатительная задача».
6. Вставьте **Надпись**, наберите внутри его текст, с параметрами форматирования: высота 16; жирный курсив, с выравниванием по центру, граница с тенью.
7. Наберите последующий текст с формулами. Однострочные формулы набирайте символами, остальные, используя редактор формул.
8. Поместите курсор в месте расположения рисунка и создайте рисунок схемы.

Обогатительная задача.

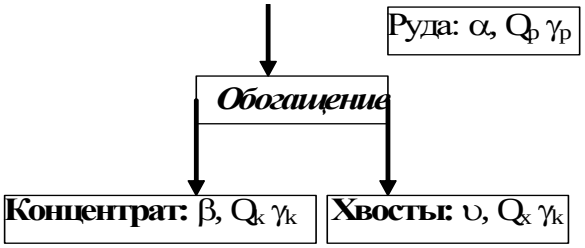
На обогатительную фабрику поступает руда, характеризуемая количеством Q_p и качеством – массовой долей полезного компонента в руде. В результате обогащения руда разделяется на два продукта концентрат и отходы (или на несколько продуктов в зависимости от типа руды, например полиметаллические руды, содержат несколько извлекаемых компонентов, поэтому в результате обогащения получается несколько концентратов).

Концентрат характеризуется количеством Q_K и качеством β– массовой долей полезного компонента в концентрате.

Отходы (на технологическом жаргоне отходы называются «хвосты») характеризуется количеством Q_x и качеством υ–массовой долей полезного компонента в отходах.

Процессы обогащения подчиняются законам *материального баланса*, суть которого заключается в следующем:

Сколько продукта вошло в операцию обогащения,
Столько же должно выйти из операции обогащения.



Закон материального баланса можно пояснить на примере простой схемы:

γ_p γ_k γ_x – выход соответственно руды (он всегда равен 100%), концентрата и хвостов.

Уравнения материального баланса:

$100 = \gamma_к + \gamma_x$; (1)

$$100\alpha = \gamma_к \beta + (100 - \gamma_к)\upsilon \quad (2)$$

Из уравнений материального баланса определяется выход хвостов $\gamma_x = 100 - \gamma_к$ выход концентрата $\gamma_к = \frac{\alpha - \upsilon}{\beta - \upsilon} * 100$ (3) и извлечение $\varepsilon = \gamma_к \frac{\beta}{\alpha}$ (4)

Количество концентрата $Q_k = Q_p \gamma_k$, количество отходов $Q_x = Q_p(100 - \gamma_k)$

Обычно результаты расчета технологического баланса сводятся в таблицу.

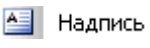
9. В этом же документе создайте таблицу, заполните её информацией и отформатируйте: установите соответствующие шрифты, обрамление и заливку. В «шапке» выравнивание по центру. Обрамление и заливку осуществите кнопками ПИ «Границы и заливка».

Результат технологического баланса

Наименование продукта	Выход	Количество продукта	Массовая доля полезного компонента
Концентрат	γ_k	Q_k	β
Отходы (хвосты)	$100-\gamma_k$	Q_x	υ
Руда	100	Q_p	α

10. Предъявите работу преподавателю и оформите отчет.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Вывод на экран ПИ. Подключить панели инструментов – **ВИД – Панели Инструментов –**отметьте нужные панели, для добавления кнопок на ПИ выполните далее **Настройка –** вкладка **Команды –** категория **Формат** – найдите нужную кнопку и мышью перетащите на ПИ.
2. Установить размеры полей **ФАЙЛ – Параметры страницы –** вкладка **Поля –…**
3. Ввод символов, отсутствующих на клавиатуре **ВСТАВКА – Символ …**мышью выбираете символ, затем кнопка ЗАКРЫТЬ.
4. Ввод индексовь – «нажимаете» мышью кнопку «**индекс**»  на ПИ и вводите нужный символ, затем кнопку «отжимаете».
5. Вставить **Надпись – ВСТАВКА – Надпись** или кнопка 

6. Обвести границу – выделить объект **– ФОРМАТ – Границы и заливка –** вкладка **Границы – Тень – Тип линии – Цвет** и др.
7. Ввод формул **ВСТАВКА – Объект – Microsoft Equation** и далее используя ПИ редактора формул, выбираете соответствующие кнопки со структурами формул или символов. Формула создается как единое целое. Выйти из редактора – (1ЩЛЧК) вне окна формулы, вернуться к набору или исправлению формулы (2ЩЛЧК) на формуле.
8. Создать рисунок **ВСТАВКА – Объект – Рисунок Microsoft** и затем, используйте инструменты ПИ Рисования: линия; толщина линий, вид стрелок; надпись; цвет и др. Текст набирается только в **Надпись**. Завершите рисунок командами **Восстановить границы рисунок, Обтекать текстом, Закрыть**.
9. Создание таблицы – кнопка «**Нарисовать таблицу**» или команду **ТАБЛИЦА – Добавить таблицу…,** укажите число строк и столбцов.

Заполнение таблицы – обычный ввод текста. Перемещение по таблице – (ЩЛЧК) мышью или клавиша **Tab**.

Работа 8.2. Расчет материального баланса при обогащении с использованием EXCEL.

ЗАДАНИЕ 1

1. Создайте таблицу «**1. Исходные данные**». В «шапке» таблицы ячейки «**№ секции**», «**Руда**», «**Концентрат**», «**Отходы**» объедините. Текст в них выровняйте по центру. Введите числовые данные в столбец «**№ смены**» Автозаполнением, в столбцы «**Мас.доля, %**» и «**Количество, т/час**» как приведено в таблице.
2. Обрамите таблицу и залейте по приведенному образцу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		***1. Исходные данные***									
3		**Руда**		**Концентрат**				**Отходы**			
4	№	**Количество, т/ч**	**Мас. доля, %**	**Количество, т/ч**	**Мас. доля, %**	**Выход, %**	**Извлечение, %**	**Количество, т/ч**	**Мас. доля, %**	**Выход, %**	**Потери, %**
5	1	100	16,5		60,5				5		
6	2	150	16,2		67,9				5,3		
7	3	170	15,9		54,9				4,4		
8	4	200	14,8		61,4				6,2		
9	5	180	16,8		54,9				7,9		
10	6	150	17,6		56,9				4,2		
11	7	140	18		60,3				5,1		
12	8	170	17,5		62,5				4,3		

3. Скопируйте таблицу «**1. Исходные данные**», назовите копию «**2. Результаты расчета**».
4. В ячейки D17, F17, G17, H17, J17, K17 введите формулы (по правилам Excel), начиная с ячейки F17 «Выход» концентрата $\gamma_к = \frac{\alpha - \upsilon}{\beta - \upsilon} * 100$, G17 «Извлечение» концентрата $\varepsilon = \gamma_к \frac{\beta}{\alpha}$, J17 «Выход» отходов $\gamma_x = 100 - \gamma_к$, K17 «Потери» с отходами $\varepsilon_x = 100 - \varepsilon_k$, D17 «Количество концентрата» $Q_k = Q_p \gamma_k$, H17 «Количество отходов» $Q_{отх} = Q_p - Q_k$, где

α– количество руды, т/ч; Q_p– масс. доля руды, %; Q_k– количество концентрата, т/ч; β– масс. доля концентрата, %; γ_k– выход концентрата, %; ε_k– извлечение концентрата, %; Q_k– количество отходов, т/ч; ν– масс. доля отходов руды, %; γ_x– выход отходов, %; ε_x– потери с отходами, %;

6. Скопируйте формулы из ячеек D17, F17:H17, J17:K17 в нижележащие до строки 24

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
14	*2. Результаты расчета*										
15		Руда		Концентрат				Отходы			
16	№	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Извлече-ние, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Потери, %
17	1	100	16,5	21	60,5	20,72	75,98	79	5	79,28	24,02
18	2	150	16,2	26	67,9	17,41	72,98	124	5,3	82,59	27,02
19	3	170	15,9	39	54,9	22,77	78,63	131	4,4	77,23	21,37
20	4	200	14,8	31	61,4	15,58	64,63	169	6,2	84,42	35,37
21	5	180	16,8	34	54,9	18,94	61,88	146	7,9	81,06	38,12
22	6	150	17,6	38	56,9	25,43	82,20	112	4,2	74,57	17,80
23	7	140	18	33	60,3	23,37	78,29	107	5,1	76,63	21,71
24	8	170	17,5	39	62,5	22,68	81,00	131	4,3	77,32	19,00
25	**Итого**	1260	16,59	260	59,53	20,65	74,11	1000	5,41	79,35	25,89

9. Оформите строку **Итоги**. В ячейку B25 – введите формулу $Q_{cp} = \sum Q_i$, используя функцию СУММ(B17:B24), затем скопируйте её в ячейки D25, H25. В ячейку C25 введите формулу $\alpha_{cp} = \sum(Q_i \cdot \alpha_i) / \sum Q_i$, используя функцию СУММПРОИЗВ(B17:B24;C17:C24) и СУММ(B17:B24), затем скопируйте формулу в ячейки E25, I25. В ячейки F25:G25, J25, K25 скопируйте формулы из вышестоящих ячеек.

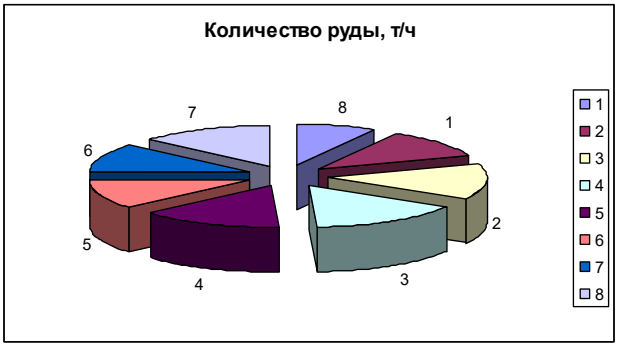
10. Постройте круговую диаграмму и график, с двумя осями ординат, оформите её соответствующими надписями.

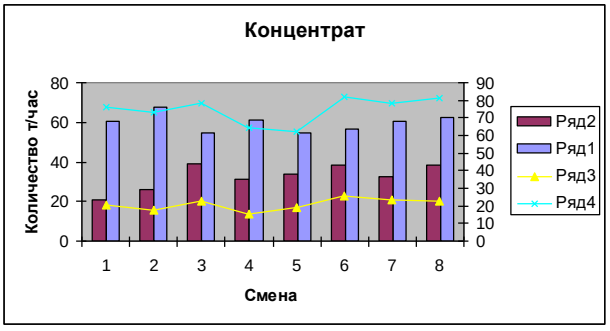
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

- Объединить ячейки: **ФОРМАТ – Ячейки** – вкладка **Выравнивание – Объединить ячейки – Выравнивание по центру**;
- Обрамление и заливка: **ФОРМАТ – Ячейки** – вкладка **Граница, вкл. Вид**;
- Копирование: **ПРАВКА – Копировать**, курсор в ячейку A15, **ПРАВКА – Вставить**;
- **Ввод формул**: наберите =, мышью указывайте адреса нужных ячеек, вводите знаки арифметических действий, скобки и функции, используя МАСТЕР ФУНКЦИЙ.
- **Копирование формул**: выделите фрагмент, мышью зацепите Маркер заполнения и переместите до нужной ячейки.
- **Построение графиков**. Выделите диапазон ячеек с исходными данными с шапкой таблицы, включите **Мастер Диаграмм**  ,

на вкл. **Параметры** введите название диаграммы, выберите место размещения.

- Построение графика с двумя осями. Выделите диапазон ячеек с данными для построения первого графика (диаграммы) (D17:D24), – **МАСТЕР ДИАГРАММ – Тип Диаграмм – Гистограмма – Далее –** вкладка **Ряды – Добавить** (переключитесь на таблицу) –в поле **Имя** установите ссылку на ячейку E16 , в поле **Значения** – укажите диапазон ячеек E17:E24. Нажмите кнопку **НАЗАД –** вкладка **Нестандартные,** выберите **График Гистограмм 2**, вновь перейдите на вкладку ряды и добавьте аналогично данные для построения других графиков – **ДАЛЕЕ –** вкладка **Параметры –**введите название графика и Осей – **ДАЛЕЕ** –Выберите место расположения.
- Для редактирования и форматирования диаграммы или её фрагментов выделите её, а затем используйте команды меню **ДИАГРАММА** или команды **Контекстного меню (КМ).**





ЗАДАНИЕ 2

1. Загрузить файл с таблицы «обогатительная задача»
2. Изменить значение в таблице «массовая доля в руде», посмотрите как изменился результат
3. Переместите графики на отдельные листы; переименуйте рабочие листы с графиками.
4. Таблицу «Результаты расчета» скопировать на другой рабочий лист, присвоив имя этому рабочему листу «Сортированный»
5. Добавте в начало таблицы столбцы «Дата», «Смена».
6. Отделите заголовок от таблицы пустой строкой.
7. Добавьте перед Итоговой строкой 10 пустых строк.
8. Добавте 7 новых записей в таблицу используя встроенную Форму.
9. Скопируйте новую таблицу с листа «Сортированный» на новый рабочий лист, присвоив ему имя «Фильтрованный».
10. На листе «Сортированный» отсортируйте таблицу, выбрав первым параметром сортировки «количество руды» по возрастанию и вторым параметром «массовую долю в руде» по убыванию.
11. На листе «Фильтрованный» отфильтруйте таблицу, вводя только записи для тех смен, в которые «извлечение» больше 65% и меньше 80%; окрасте записи одним цветом; отмените автофильтр.
12. На листе «Сортированный» подведите промежуточные итоги для каждой смены: 1, 2 и 3, подсчитав суммы для полей: количество руды, концентрата и отходов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

- Для перемещения графика на отдельный лист, выделите график и используйте **Контекстное меню–Рамещение–Отдельный лист**
- Для переименования листа **Контекстное меню** ярлыка рабочего листа**–Переименовать**
- Для вставки строк/столбцов **ВСТАВИТЬ – Строки/Столбцы.**
- Для добавления новой записи. Поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполнить **ДАННЫЕ–Форма–Добавить –** ввести данные в соответствующие поля, аналогичные тем, что в таблице.

- Сортировка данных в таблице. Поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполните **ДАННЫЕ – Сортировать –** по возрастанию/по убыванию
- При фильтровании таблицы поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполнить **ДАННЫЕ –Фильтрация** – задать условие фильтрации.
- При подведение промежуточных итогов таблица должна быть отсортирована по соответствующему полю. Поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполнить **ДАННЫЕ– Итоги,** укажите поле при изменении которого нужно подводить итоги, расположение итоговой строки, математическое действие (сумма) и выбрать имена полей: «количество руды», «количество концентрата», «количество отходов».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1				Руда		Концентрат				Отходы			
2	№	Дата	Смена	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Извлече ние, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Поте-ри, %
3			**Общий итог**	2468		508				1960			
4			**1 Итог**	785		155				630			
5	1	01.09.2007	1	100	16,5	21	60,5	20,72	75,98	79	5	79,28	24,02
6	7	03.09.2007	1	140	18	33	60,3	23,37	78,29	107	5,1	76,63	21,71
7	10	04.09.2007	1	155	17,3	33	63,5	21,03	77,18	122	5	78,97	22,82
8	13	05.09.2007	1	190	15,8	38	59,6	19,78	74,61	152	5	80,22	25,39
9	4	02.09.2007	1	200	14,8	31	61,4	15,58	64,63	169	6,2	84,42	35,37
10			**2 Итог**	850		172				678			
11	2	01.09.2007	2	150	16,2	26	67,9	17,41	72,98	124	5,3	82,59	27,02
12	8	03.09.2007	2	170	17,5	39	62,5	22,68	81,00	131	4,3	77,32	19,00
13	11	04.09.2007	2	170	17,5	38	58	22,41	74,29	132	5,8	77,59	25,71
14	14	05.09.2007	2	180	17,0	35	63	19,30	71,52	145	6	80,70	28,48
15	5	02.09.2007	2	180	16,8	34	54,9	18,94	61,88	146	7,9	81,06	38,12
16			**3 Итог**	833		181				652			
17	6	02.09.2007	3	150	17,6	38	56,9	25,43	82,20	112	4,2	74,57	17,80
18	9	03.09.2007	3	160	16,0	34	60	21,43	80,36	126	4	78,57	19,64
19	12	04.09.2007	3	163	14,9	26	62,3	16,11	67,34	137	5,8	83,89	32,66
20	3	01.09.2007	3	170	15,9	39	54,9	22,77	78,63	131	4,4	77,23	21,37
21	15	05.09.2007	3	190	16,0	44	56	23,08	80,77	146	4	76,92	19,23
22													
23													
24													
25	**Итого**			4151	9,97	429	36,92	20,20	74,75	1696	3,16	79,80	25,25

Таблица рабочего листа «Сортированный» с промежуточными итогами.

Итоговая строка над данными.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1				Руда		Концентрат				Отходы			
2	№	Дата	Смена	Количество, т/	Мас. доля,	Количество, т/	Мас. доля,	Выход, %	Извлечение, %	Количество, т/	Мас. доля,	Выход, %	Потери, %
3	1	01.09.2007	1	100	16,5	21	60,5	20,72	75,98	79	5	79,28	24,02
4	2	01.09.2007	2	150	16,2	26	67,9	17,41	72,98	124	5,3	82,59	27,02
5	3	01.09.2007	3	170	15,9	39	54,9	22,77	78,63	131	4,4	77,23	21,37
6	4	02.09.2007	1	200	14,8	31	61,4	15,58	64,63	169	6,2	84,42	35,37
7	5	02.09.2007	2	180	16,8	34	54,9	18,94	61,88	146	7,9	81,06	38,12
8	6	02.09.2007	3	150	17,6	38	56,9	25,43	82,20	112	4,2	74,57	17,80
9	7	03.09.2007	1	140	18	33	60,3	23,37	78,29	107	5,1	76,63	21,71
10	8	03.09.2007	2	170	17,5	39	62,5	22,68	81,00	131	4,3	77,32	19,00
11	9	03.09.2007	3	160	16,0	34	60	21,43	80,36	126	4	78,57	19,64
12	10	04.09.2007	1	155	17,3	33	63,5	21,03	77,18	122	5	78,97	22,82
13	11	04.09.2007	2	170	17,5	38	58	22,41	74,29	132	5,8	77,59	25,71
14	12	04.09.2007	3	163	14,9	26	62,3	16,11	67,34	137	5,8	83,89	32,66
15	13	05.09.2007	1	190	15,8	38	59,6	19,78	74,61	152	5	80,22	25,39
16	14	05.09.2007	2	180	17,0	35	63	19,30	71,52	145	6	80,70	28,48
17	15	05.09.2007	3	190	16,0	44	56	23,08	80,77	146	4	76,92	19,23
18													
19													
20													
21	Итого			2468	16,59	260	59,53	20,65	74,11	1000	5,41	79,35	25,89

Таблица рабочего листа «Фильтрованный».
Цветом выделены строки, удовлетворяющие условию.

Работа 8.3. Рабочая книга расчета заработной платы.

ЗАДАНИЕ

Разработать рабочую книгу расчета Заработной Платы.
Она должна включать следующие Рабочие листы:
Лист1 – **Общий**, Лист2 – **Январь**, Лист3 – **Февраль**, Лист4 –**Март**
Лист Общий содержит таблицы: «Исходные данные» и «Итоговые данные» – информацию об итоговых показателях за расчитанные месяцы.
Листы Январь, Февраль и Март содержат расчетную информацию о Заработной плате коллектива сотрудников.
Порядок выполнения работы:

1. Переименуйте лист1, присвоив ему имя Общий. Для этого щелкните ярлык Лист1 и в Контекстном меню (КМ) выберите команду **Переименовать**, введите новое имя «Общий».
2. Создайте табличку, приведенную ниже. Заполните столбец Месяц Автозаполнением: введитев ячейку Январь и потяните за маркер заполнения
3. Обрамите таблицу и залейте первые строку и столбец, используя кнопки ПИ или команды **ФОРМАТ – Ячейки…–Рамка (Вид)**. При редактировании таблицы используйте команды меню **Правка, Вставка**.
4. Перейдите на Рабочий Лист2, переименуйте его в Январь и выполните на нем расчеты в соответствии с последующими указаниями. Проверьте результаты расчетов по заданию.
5. Скопируйте рабочий лист Январь, переименуйте копию в Февраль и выполните на нем действия (редактирование) в соответствии с последующими указаниями. Проверьте результаты расчетов по заданию.
6. Скопируйте рабочий лист Февраль, переименуйте копию в Март и выполните на нем действия (редактирование) в соответствии с последующими указаниями. Проверьте результаты расчетов по заданию.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Исходные данные**				**Итоговые данные**			
2	год	2002						
3	Месяц	Кол.раб.дней в месяце	Мин.ЗП.		Месяц	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог
4	Январь	21	100		Январь	3423	3423	445
5	Февраль	21	110		Февраль	4066	7489	529
6	Март	22	110		Март	3558	11047	463
7	Апрель	22			Апрель			
8	Май	21			Май			
9	Июнь	22			Июнь			
10	Июль	22			Июль			
11	Август	23			Август			
12	Сентябрь	22			Сентябрь			
13	Октябрь	23			Октябрь			
14	Ноябрь	22			Ноябрь			
15	Декабрь	23			Декабрь			

7. На листе «Общий» создайте таблицу «Итоговые данные». Заполните столбец Месяц автозаполнением. Названия 2,3,4 столбцов заполняйте как формулы, беря соответствующие значения из таблиц Листов Январь, Февраль, Март

8. Измените в листах Февраль, Март данные в столбце Кол.отработанных дней. Посмотрите результат в Итоговой таблице.
9. Измените размер Мин.зарплаты, посмотрите результат в Итоговой таблице.
10. Исследуйте различные ячейки с помощью инструментов панели **Зависимости:**

Влияющие ячейки, Зависимые ячейки, Окно информации, в котором выведите все сведения о ячейке.

Рабочий лист «Январь». Порядок выполнения работы.

1. Создайте таблицу. Приведенную ниже. Для этого:
   столбец «№» заполните автозаполнением как арифметическую прогрессию – через КМ или **Правка – Заполнить – Прогрессия** или используя маркер заполнения.
   столбец «ФИО» заполните автозаполнением, предварительно создав Список Пользователя **СЕРВИС – Параметры – Списки,** кнопка **Добавить**, в окно Элементы списка ввести Фамилии. Вставить список в таблицу – набрать первое ФИО и потянуть маркер вниз.

столбцы «Разряд», «Тариф.коэф», «Раб.дни» – данные относящиеся к конкретному работнику заполняются числами приведенными в таблице.

При заполнении столбца **«Тариф.коэф»** проверьте установку **СЕРВИС – Параметры – Првка – Фиксированный десятичный формат при вводе –** разрядов **–2**

Значение других столбцов и строки **«Итого»** вычисляются.

2. Вычислить значения полей для первой строки: «Зар.пл.»– заработанная плата; «Зар.пл. с РК» – Зарплата с районным коэффициентом; «Зар.пл. итогом» – это зарплат наращенным итогом с начала года; «Налог», «Начислено» – это «Зар.пл. с РК» минус «Налог».

   «Зар. пл.» = (Тариф.коэф. * Раб.дни * Мин.Зар.пл) / Кол.рабочих дней в месяце; например в ячейке F3 формула **=D3*E3*Общий!$C$4/Общий!$B$4.**

   «Зар. пл. с РК» = 1,15 * Зар.пл.; формула в G3 **=1,15*F3.**

   «Зар. пл. итогом» за Январь = Зар. пл. с РК; формула в H3 **=G3.**

   «**Налог**» **=** Если Зар. пл. итогом <12000, то Налог = 0,13 * Зар. пл. с РК, иначе Налог = 0,2 * Зар. пл. с РК; формула в I3 **=ЕСЛИ(H3<12000;0,13*G3;0,2*H3).**

   «Начислено» = Зар. пл. с РК – Налог; формула в J3 **=G3–I3.**

3. Скопировать формулы из интервала ячеек первой строки таблицы в интервалы второй – пятой строк таблицы используя Маркер заполнения.
4. Вычислить итоговые показатели, используя кнопку **Автосуммирования** Σ или **МАСТЕР ФУНКЦИЙ.**

Рабочий лист Январь

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Расчет заработной платы за январь 2002г.**									
2	№	ФИО	Разряд	Тариф.коэф.	Раб.дни	Зар.пл.	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог	Начислено
3	1	Ивнов И.И.	10	5,84	21	584,00	671,60	671,60	87,31	584,29
4	2	Петров П.П.	12	6,25	21	625,00	718,75	718,75	93,44	625,31
5	3	Сидоров С.С.	15	7,36	15	525,71	604,57	604,57	78,59	525,98
6	4	Егоров Е.Е.	9	5,67	20	540,00	621,00	621,00	80,73	540,27
7	5	Афанасьеф А.А.	14	7,02	21	702,00	807,30	807,30	104,95	702,35
8		Итого				2976,71	3423,22	3423,22	445,02	2978,20

5. Подготовьте рабочий лист **Февраль**.

Рабочий лист «Февраль». Порядок выполнения работы.

1. Проверьте значения в поле «Раб. Дни» для каждого работника.
2. Скорректируйте формулы в столбцах: «**Зар. пл.**» и «**Зар. пл. итогом**» = Зар. пл. с РК за январь + Зар. пл. с РК за февраль;

Зар. пл. =D3*E3*Общий!$C$5/Общий!$B$5

Зар. пл. итогом =G3+Январь!G3

3. Скопируйте скорректированные формулы вниз по соответствующему столбцу.

В остальных столбцах формулы остаются неизменными. Проверьте это, активизируя различные ячейки и анализируя вид формулы.

4. Подготовьте рабочий лист **Март.**

Рабочий лист Февраль

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Расчет заработной платы за февраль 2002г.**									
2	№	ФИО	Разряд	Тариф.коэф.	Раб.дни	Зар.пл.	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог	Начислено
3	1	Ивнов И.И.	10	5,84	21	642,40	738,76	1410,36	96,04	642,72
4	2	Петров П.П.	12	6,25	21	687,50	790,63	1509,38	102,78	687,84
5	3	Сидоров С.С.	15	7,36	21	809,60	931,04	1535,61	121,04	810,00
6	4	Егоров Е.Е.	9	5,67	21	623,70	717,26	1338,26	93,24	624,01
7	5	Афанасьеф А.А.	14	7,02	21	772,20	888,03	1695,33	115,44	772,59
8		Итого				3535,40	4065,71	7488,93	528,54	3537,17

Рабочий лист Март. Порядок выполнения работы.

1. Откорректируйте формулы в ячейках «**Зар. пл.**» и «**Зар. пл. итогом**». К последней прибавьте Зар. пл. с РК за январь и февраль;

Зар. пл. =D3*E3*Общий!$C$6/Общий!$B$6

Зар. пл. итогом =G3+Январь!G3+Февраль!G3

Рабочий лист Март

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Расчет заработной платы за март 2002г.**									
2	№	ФИО	Разряд	Тариф.коэф.	Раб.дни	Зар.пл.	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог	Начислено
3	1	Ивнов И.И.	10	5,84	22	642,40	738,76	2149,12	96,04	642,72
4	2	Петров П.П.	12	6,25	22	687,50	790,63	2300,00	102,78	687,84
5	3	Сидоров С.С.	15	7,36	10	368,00	423,20	1958,81	55,02	368,18
6	4	Егоров Е.Е.	9	5,67	22	623,70	717,26	2055,51	93,24	624,01
7	5	Афанасьеф А.А.	14	7,02	22	772,20	888,03	2583,36	115,44	772,59
8		Итого				3093,80	3557,87	11046,80	462,52	3095,35

Вероника Всеволодовна Тимухина, доц, канд. техн. наук,
Алексей Владимирович Дружинин, доц, канд. техн. наук,
Тамара Григорьевна Завражина, доц, канд. техн. наук,
Раиса Александровна Мезенцева, инженер,
Тамара Александровна Самакаева, инженер,
Светлана Михайловна Колмогорова, инженер.

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине «Прикладное программное обеспечение»
для студентов технологических специальностей
очной и заочной форм обучения

Корректура кафедры информатики.
Подписано к печати
Формат бумаги 60 х 84 1/16
Печ. л. 7,18 Тираж 200 экз.

Издательство ГОУ ВПО УГГУ
Екатеринбург, ул. Куйбышева 30
Уральский государственный горный университет
лаборатория множительной техники

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Уральский государственный горный университет»



Е. И. Шангина
Г.А. Шангин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ

Издание второе, дополненное, исправленное

Екатеринбург – 2015

УДК 514.18
Ш 20

Рецензенты: *Денисов М. А*. профессор, д-р техн. наук кафедры «Инженерная графика» Уральского федерального университета
Савельев Ю. А. канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная графика» Уральского государственного университета путей сообщения.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Шангина Е. И., Шангин Г. А.
Ш 20 Инженерная графика. Задачи и решения. Изд. 2-е дополн., исправл. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 153 с.: ил.

Рассматриваются задачи, которые студенты должны уметь решать в курсе «Инженерная графика». Отличие этого задачника от существующих в том, что для всех задач даны достаточно подробные решения и описаны алгоритмы решения. Уровень задач – от самых простых до комплексных.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям «Горное дело» и «Прикладная геология», может быть полезно преподавателям и аспирантам, занимающимся вопросами приложений начертательной геометрии и инженерной графики.

УДК 514.18

©Уральская гос. горно-геолог. академия, 2006
© Уральский государственный горный университет, 2015
© Шангина Е. И., 2006
© Шангина Е. И., Шангин Г. А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Начертательная геометрия занимается решением пространственных геометрических задач на плоском чертеже. Стереометрические (трёхмерные) объекты обсуждаются в ней с помощью планиметрических (двумерных) изображений этих объектов, проекций. Правила построения таких чертежей очень важны для понимания начертательной геометрии, поскольку они обеспечивают возможность решать пространственные задачи на плоском чертеже (модели). Правила сопоставления оригинала и плоской модели реализуются обратимостью чертежа, а именно данному оригиналу должен соответствовать вполне определённый чертёж, и, наоборот, чертежу соответствует определённый оригинал.

Решая задачу по начертательной геометрии, приходится всё время переводить с языка оригиналов, натуры, языка стереометрии на язык чертежа, изображений язык планиметрии, и наоборот, то есть по изображениям уметь представлять оригинал, а зная что-то об оригинале, понять, как он интерпретируется в изображении. Таким образом, прочитав текст условия задачи, следует уяснить суть стереометрической задачи, задачи о трёхмерных оригиналах, изображённых на этом двумерном чертеже. Затем нужно «увидеть» решение этой пространственной задачи (забыв на время о чертеже), то есть записать (на бумаге или в голове) план её решения (алгоритм). Лишь после этого можно приступать к выполнению чертежа, то есть начинать реализацию этих операций на чертеже.

Количество задач, решаемых способами начертательной геометрии, неизмеримо богаче, чем то, что здесь изложено. Однако данное учебное пособие – это попытка показать некоторые методы, способы и алгоритмы, которые используются начертательной геометрией при решении задач.

Автор выражает искреннюю благодарность рецензентам за замечания и советы, направленные на улучшение содержания данной книги. Автор также выражает глубокую признательность В. А. Пекличу за предоставленные материалы.

1. ПРЯМАЯ. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ. ГРАДУИРОВАНИЕ. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМЫХ

1.1. На заданной прямой $A_{25}B_{80}$ построить точку $C_?$, отстоящую от основной плоскости проекций на ***50*** (по масштабу чертежа). Прямая задана точками ***A(20,15,25)***, ***B(50,70,80)***.

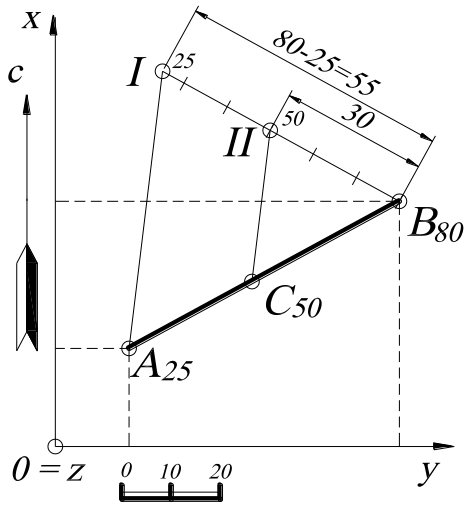


Рис. 1.

Решение (рис. 1). Для нахождения точки $C_?$ необходимо на заданной прямой $A_{25}B_{80}$ найти точку с высотной отметкой ***50***. Для этого градуируют прямую $A_{25}B_{80}$. Через точку B_{80} проводят произвольную прямую $B_{80}I$ – шкалу высотных отметок, на которой откладывают разность высотных отметок A_{25} и B_{80}. Выбрав единичный масштаб ***1ед.=10*** (по масштабу чертежа), получают отрезок $B_{80}I=55$. Затем из точки ***II*** проводят отрезок прямой, параллельный отрезку прямой $A_{25}I$, и получают (на основании подобных треугольников) искомую точку C_{50}.

1.2. Найти натуральную величину отрезка прямой $A_{23}B_{66}$ и угол его наклона σ к основной плоскости проекций ***H***. Прямая задана точками ***A(20,15,23)***, ***B(50,70,80)***.

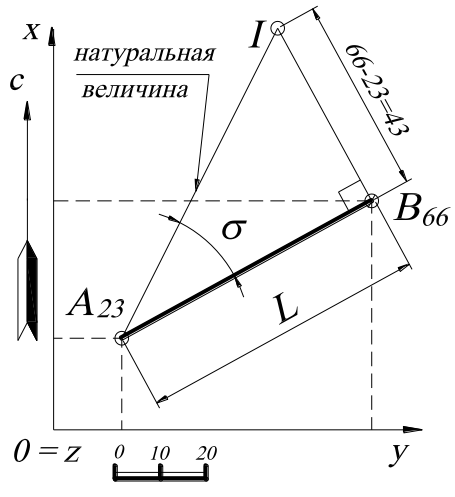


Рис. 2.

Решение (рис. 2). Для определения натуральной величины отрезка прямой общего положения $A_{23}B_{66}$ в данном случае используют метод прямоугольного треугольника, одним катетом которого является проекция этого отрезка ***L*** (заложение), а другим катетом – разность координат Δz (числовых отметок) концов отрезка, отстоящих от основ-

ной плоскости проекций ***H***. Гипотенузой такого прямоугольного треугольника является натуральная величина этого отрезка. Поэтому на прямой $B_{66}I$, перпендикулярной $A_{23}B_{66}$, откладывают разницу (в заданном линейном масштабе) координат концов отрезка $\Delta z=43$, гипотенуза $A_{23}I$ – натуральная величина, а угол между гипотенузой и проекцией отрезка прямой – угол наклона к плоскости проекций σ.

1.3. На отрезке прямой $A_{50}B_{10}$ найти точку $C_?$, делящую этот отрезок в отношении: $(AC):(CB)=2:3$. Прямая задана точкой $A(50;30;50)$, азимутом падения $\alpha=120^0$, углом падения $\sigma=30^0$.

Решение (рис. 3). На плане строится точка A_{50}, заданная координатами. Затем находят точку B_{10}, зная азимут падения и угол падения прямой. Заложение отрезка прямой $A_{50}B_{10}$ определяют на профиле. Строят профиль, задав ось x' параллельно проекции отрезка $A_{50}B_{10}$. На линиях проекционной связи откладывают (в масштабе чертежа) от оси x' координаты z (числовые отметки) точек A_{50} и B_{10}.

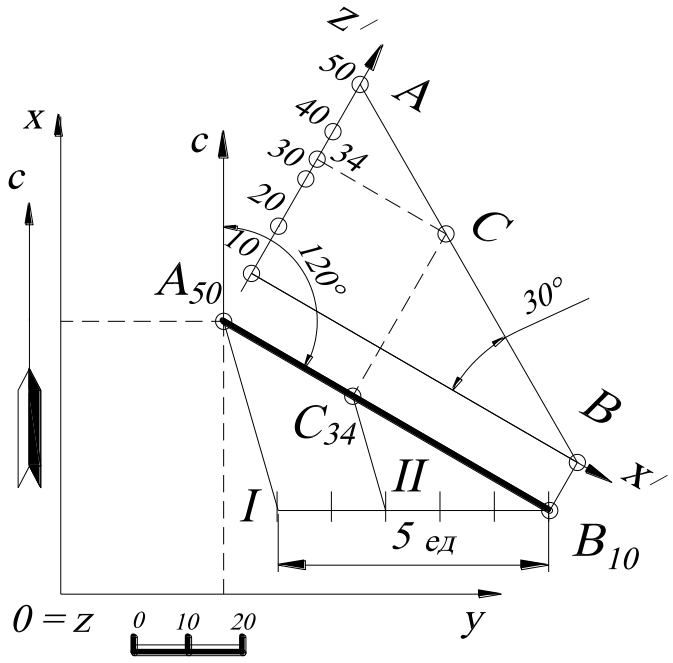


Рис. 3.

Получают профиль прямой $A_{50}B_{10}$. Точка $C_?$ определяется с помощью градуирования (пропорционального деления на заданные части, см. пример ***1.1***). Другими словами, из точки B_{10} (можно и из точки A_{50}) проводят произвольный отрезок $B_{10}I$ длиной ***5ед. =50*** (по масштабу чертежа), который делят в отношении $(I,II):(II,B_{10})=2:3$. Затем проводят отрезок прямой IIC_{34}, параллельный отрезку прямой IA_{50}, и находят точку C_{34}, высотную отметку которой определяют на профиле (также числовую отметку можно определять градуированием на плане).

1.4. Построить отрезок прямой, симметричный отрезку заданной прямой $A_{10}B_{40}$ относительно: а) основной плоскости проекций ***H***, б) оси ***Ox***, в) оси ***Oy***, г) начала координат ***O***. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

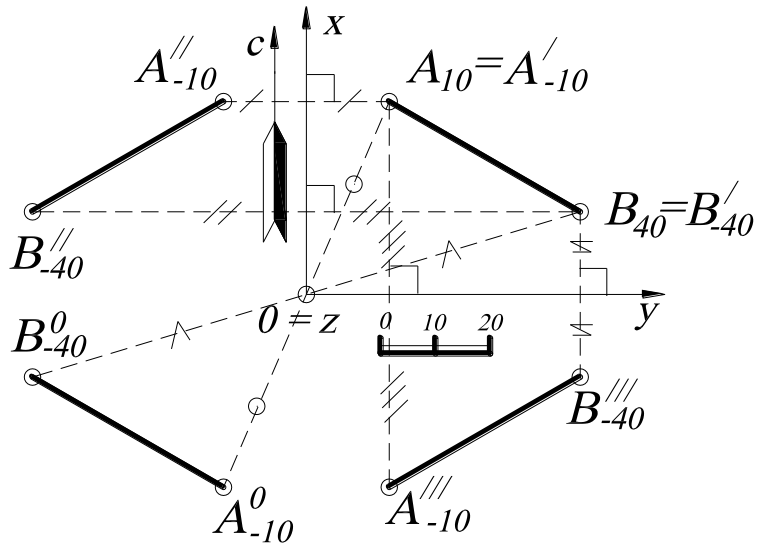


Рис. 4.

Решение (рис. 4). По координатам строят проекцию отрезка прямой $A_{10}B_{40}$. Затем находят образы заданного отрезка: а) относительно основной плоскости проекций ***H*** (плоскостная симметрия) – это проекция отрезка $A'_{-10}B'_{-40}$, совпадающая с проекцией заданного отрезка; б) относительно оси ***Ox*** (осевая симметрия) – из концов отрезка строятся вспомогательные прямые, перпендикулярные оси ***Ox***, на которых откладываются удвоенные отрезки, равные расстоянию от концов отрезка до оси ***Ox*** – это проекция отрезка $A''_{-10}B''_{-40}$; в) симметричный отрезок относительно оси ***Oy*** – $A'''_{-10}B'''_{-40}$ - строится по аналогии с осевой симметрией относительно ***Ox***; г) симметричный отрезок относительно начала отсчёта (центральная симметрия) с помощью вспомогательных прямых, проходящих через начало координат, на которых откладываются отрезки прямых, равные удвоенному расстоянию от концов заданного отрезка до начала координат ***O***. В этом случае получается проекция отрезка $A^0_{-10}B^0_{-10}$. Все полученные образы являются отображением заданного отрезка прямой $A_{10}B_{40}$.

1.5. На отрезке прямой $A_{10}B_{40}$ построить отрезок $A_{10}C_?$ заданной длины ***/AC/=40*** (по масштабу чертежа) и определить отметку точки $C_?$. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

Решение (рис. 5). Строят профиль параллельно заданной проекции прямой $A_{10}B_{40}$. В этом случае прямая $A_{10}B_{40}$ будет проецироваться на плоскость выбранного профиля в натуральную величину. Ось x' задают параллельно проекции отрезка $A_{10}B_{40}$. На линиях проекционной связи откладывают (в заданном масштабе) от оси x' координаты z (числовые отметки) точек A_{10} и B_{40}. Затем на профиле от точки A_{10} откладывают 40 единиц линейного масштаба и получают точку C с числовой отметкой 33. На плане точка C_{33} строится с помощью линии проекционной связи.

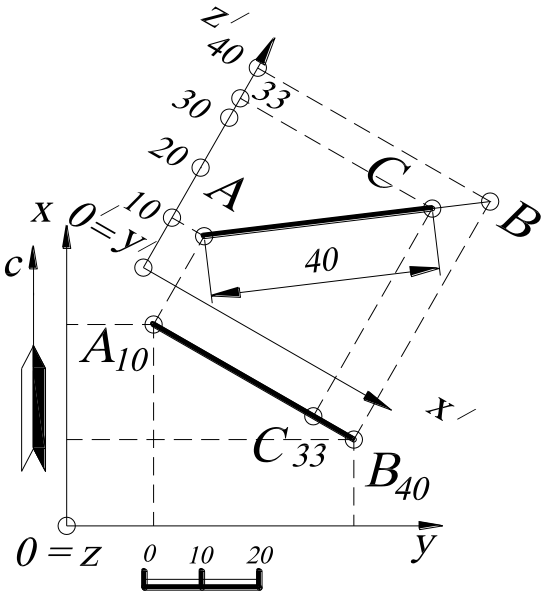


Рис. 5.

1.6. Найти расстояние от точки C_{20} до прямой $A_{40}B_{30}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(40,30,40)***, ***B(20,70,30)***, ***C(10,25,20)***.

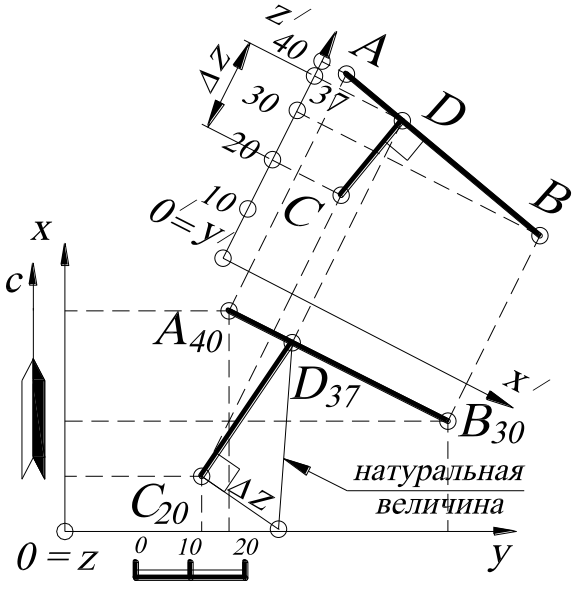


Рис. 6.

Решение (рис. 6). Расстояние от точки до прямой – это перпендикуляр, опущенный из точки C_{20} на прямую $A_{40}B_{30}$. Прямая $A_{40}B_{30}$ – прямая общего положения, следовательно, на плане прямой угол проецируется не в натуральную величину. Прямой угол проецируется без искажения в том случае, если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекций, а другая ей не перпендикулярна (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Поэтому строят профиль, плоскость которого параллельна прямой $A_{40}B_{30}$. На профиле строят прямую CD, перпендикулярную прямой AB. На плане

находят натуральную величину $C_{20}D_{37}$ методом прямоугольного треугольника, одним катетом которого является проекция отрезка прямой $C_{20}D_{37}$, другим – разность числовых отметок $\Delta z=17$ (по масштабу чертежа), а гипотенуза – натуральная величина $|CD|$ (см. задачу 1.2).

1.7. Построить прямую $C_{20}D_{?}$, проходящую через точку C_{20} и параллельную прямой $A_{50}B_{10}$, длиной $|CD|=50$ (по масштабу чертежа). Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(40,25,50)***, ***B(10,70,10)***, ***C(60,45,20)***.

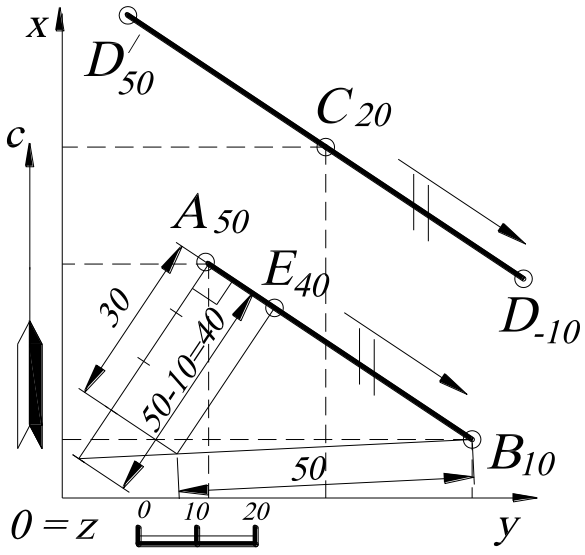


Рис. 7.

Решение (рис. 7). Поскольку проекции параллельных прямых параллельны, азимуты падения равны, заложения (интервалы) равны, то искомая прямая $C_{20}D_{?}$ будет параллельна заданной прямой $A_{50}B_{10}$. Заложение прямой $C_{20}D_{?}$ будет соответствовать заложению прямой $A_{50}B_{10}$, длиной ***50***. Следовательно, строится натуральная величина прямой $A_{50}B_{10}$ (методом прямоугольного треугольника, в соответствии с масштабом чертежа, ***1 ед.=10***). Отложив ***50*** (по линейному масштабу) от точки B_{10} (можно и от A_{50}) на натуральной величине прямой и перенеся её на проекцию $A_{50}B_{10}$ (используя подобие треугольников), получают точку F_{40}. Заложение прямой $C_{20}D_{?}=B_{10}E_{40}$, а отметка точки $D_{?}$ определяется в соответствии с разницей высотных отметок точек B_{10} и E_{40} (***40-10=30***). Задача имеет два решения, то есть две прямые – $C_{20}D'_{50}$ и $C_{20}D_{-10}$.

1.8. Построить проекции ромба ***ABCD***, диагональ которого $|BD|=50$ (по масштабу) и лежит на прямой $M_{30}N_{30}$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(35,60,50)***, ***M(40,20,30)***, ***N(10,80,30)***.

Решение (рис. 8). Решение задачи основывается на свойстве ромба, что диагонали ромба взаимно перпендикулярны и в точке их пересечения делятся пополам. Поскольку $M_{30}N_{30}$ является горизонтальной прямой, то из точки A_{50} строится прямая, перпендикулярная прямой $M_{30}N_{30}$ (на основании теоремы о проецировании прямого угла), на которой откладывают удвоенное расстояние $A_{50}O_{30}$ (где O_{30} – точка пересечения осей ромба) и определяют проекцию точки C_{10} и её числовую отметку (см. задачу 1.4. – осевая симметрия). Затем от точки O_{30} (по разные стороны) на отрезке прямой $M_{30}N_{30}$ откладывают по ***25*** (в соответствии с масштабом чертежа), получая диагональ ромба $B_{30}D_{30}$. Точки A_{50}, B_{30}, C_{10} и D_{30} определяют вершины искомого ромба.

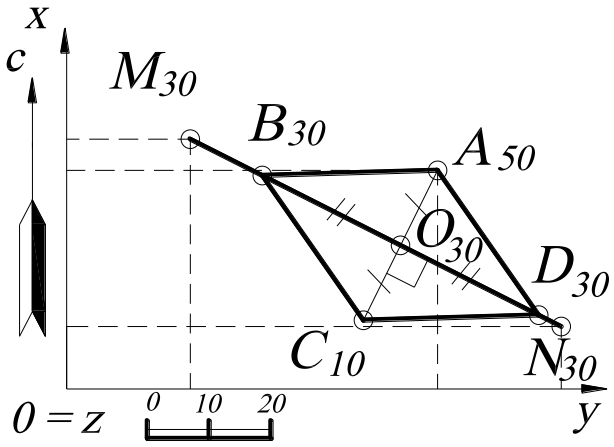


Рис. 8.

1.9. Отрезок прямой $A_{50}B_?$ имеет уклон ***i=1:2***. Определить числовую отметку точки $B_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(15,17,50)***, ***B(50,65,?)***.

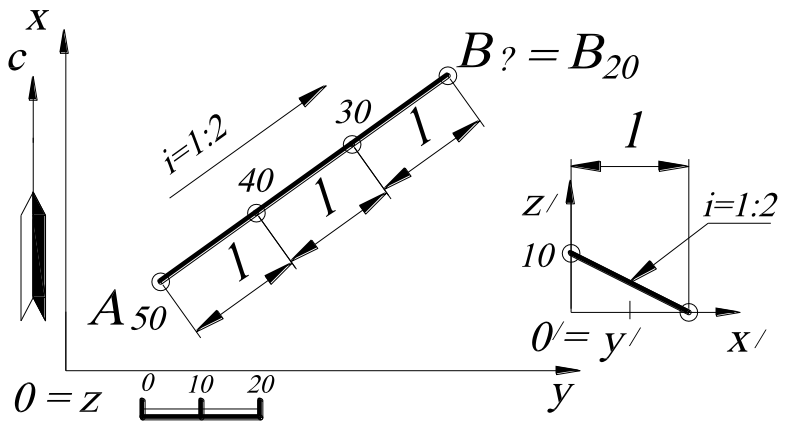


Рис. 9.

Решение (рис. 9). ***Уклон прямой*** – это отношение единичного отрезка к интервалу прямой или, другими словами, отношение противолежащего катета к прилежащему. Единичный отрезок определяется по линейному масштабу, тогда интервал в два раза больше единичного отрезка. Направление уклона указывает в сторону уменьшения числовых отметок, то есть точка ***B*** имеет отметку ***20***.

1.10. Построить проекции квадрата ***ABCD***, диагональ которого принадлежит отрезку прямой $M_{10}N_{50}$, и дана проекция вершины A_{20}.

Решение (рис. 10). Диагонали квадрата равны, взаимно перпендикулярны и в точке их пересечения делятся пополам. Поскольку прямая $M_{50}N_{10}$ – прямая общего положения, то для задания проекции направления диагонали строят профиль и определяют точку O_{32} и точку C_{44} (см. задачу 1.6). Для нахождения натуральной величины половины диагонали квадрата $O_{32}A_{20}$ используют метод прямоугольного треугольника (см. задачу 1.2). На профиле откладывают натуральную величину полученной диагонали ***BD=26*** (по масштабу чертежа) и определяют отметки точек B_{20} и D_{44}, а затем в проекционной связи получают их на плане.

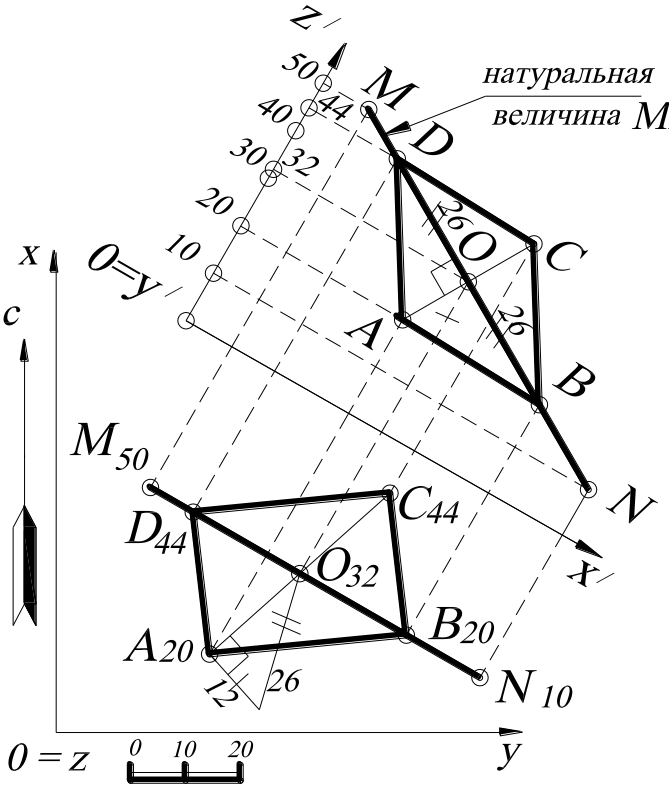


Рис. 10.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1.1. Разделить отрезок прямой общего положения $A_{10}B_{60}$ точкой $C_?$ в отношении $(A_{10}\ C_?):(C_?B_{60})=3:4$. Найти числовую отметку точки $C_?$. Проекции точек заданы координатами: ***A(20, 20, 10)***; ***B(45, 65, 60)***.

1.2. Построить прямую, проходящую через заданную точку ***A(20, 20, 10)*** и пересекающую ось ***z*** под углом 30^0, длиной ***50 мм***.

1.3. Дана прямая ***a***, заданная отрезком $C_{60}B_?$, где $B_?$ – точка пересечения с осью ***Oz***. Определить числовую отметку точки $B_?$ и указать возможное количество

решений. Интервал прямой ***a*** равен *а)* ***10 мм***; *б)* ***20 мм***. Координаты точки ***C(45, 60, 60)***.

1.4. Построить прямую $A_{60}B_{?}$, пересекающую основную плоскость проекций ***xOy*** в точке $B_{?}$, азимут падения которой $\alpha=120^0$, угол падения $\sigma=30^0$. Найти натуральную величину этой прямой. Координаты точки ***A(40, 15, 60)***.

1.5. Найти точку пересечения $C_{?}$ прямой $A_{10}B_{50}$ с вертикальной плоскостью, проходящей через *а)* ось ***Ox*** (плоскость ***zOx***); *б)* ось ***Oy*** (плоскость ***zOy***). Проекции точек заданы координатами: ***A(55, 25, 10)***, ***B(10, 60, 50)***.

1.6. Через данную точку C_{60} провести прямую так, чтобы она пересекала заданную прямую $A_{10}B_{50}$ и была параллельна вертикальной плоскости, проходящей через *а)* ось ***Ox*** (плоскость ***zOx***); *б)* ось ***Oy*** (плоскость ***zOy***). Проекции точек заданы координатами: ***A(55, 25, 10)***, ***B(10, 80, 50)***, ***C (45, 60, 60)***.

1.7. Построить прямую, проходящую через точку ***A(60, 65, 40)*** и пересекающую ось ***Oy*** под углом 30^0.

1.8. Через данную точку C_{33} провести прямую $C_{33}D_{?}$, пересекающую заданную прямую $A_{10}B_{60}$ и параллельную основной плоскости проекций ***xOy***. Проекции точек заданы координатами: ***A(20, 20, 10)***; ***B(45, 65, 60)***, ***C(70, 30, 33)***.

1.9. Определить относительное положение двух прямых ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(20, 20, 20)***, ***B(80, 90, 70)***, ***C(30, 70, 50)***, ***D(70, 10, 0)***. Определить натуральную величину $C_{50}D_{0}$.

1.10. Построить проекцию отрезка прямой $A_{?}D_{10}$, на которой лежат точки $B_{?}$ и C_{50}. Проекции точек заданы координатами: ***A(20, 20, ?)***, ***B(40, 55, ?)***, ***C(60, ?, 50)***, ***D(?, 115, 10)***. Определить натуральную величину $A_{?}D_{10}$.

1.11. Найти недостающие координаты точек прямой ***AB***, если известно, что точка ***C*** – след отрезка прямой ***AB*** с плоскостью проекций ***xOy*** (то есть точка пересечения прямой с плоскостью проекций ***xOy***). Определить натуральную величину прямой ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, ?, ?)***, ***B(65, 65, 50)***, ***C(50, 35, ?)***.

1.12. Через точку $M_?$, принадлежащую прямой AB, построить горизонтальную прямую линию, которая пересекает две заданные параллельные прямые AB и CD на высоте 55 *мм*. Проекции точек заданы координатами: $A(40, 15, 10)$, $B(60, 65, 70)$, $C(20, 15, 40)$.

1.13. Найти расстояние от точки C_{50} до прямой $A_{10}B_{70}$. Проекции точек заданы координатами: $A(40, 15, 10)$, $B(60, 65, 70)$, $C(20, 35, 50)$.

1.14. Найти расстояние от точки M_0 до *а)* прямой AB, *б)* прямой CD. Проекции точек заданы координатами: $M(40, 50, 0)$, $A(50, 0, 50)$, $B(10, 0, 10)$, $C(0, 20, 20)$, $D(0, 70, 70)$.

1.15. Через точку $M_?$, принадлежащую прямой AB, построить горизонтальную прямую линию, которая пересекает две заданные пересекающиеся прямые AB и BC на высоте 55 *мм*. Проекции точек заданы координатами: $A(60, 65, 70)$, $B(20, 15, 40)$, $C(50, 90, 80)$.

1.16. Построить высоту CD треугольника $A_{10}B_{70}C_{50}$. Проекции точек заданы координатами: $A(40, 15, 10)$, $B(60, 65, 70)$, $C(10, 40, 50)$.

1.17. Построить проекции параллелограмма, диагональю которого является отрезок $A_{40}C_{10}$, а вершина – точка B_{50}. Проекции точек заданы координатами: $A(20, 15, 40)$, $C(50, 90, 10)$, $B(10, 75, 50)$.

1.18. Построить проекции ромба $ABCD$, диагональю которого является отрезок $A_{60}C_{10}$, а вершина – точка $D_?$ принадлежит отрезку прямой $F_{50}E_0$. Проекции точек заданы координатами: $A(50, 15, 60)$, $C(80, 90, 10)$, $F(35, 30, 50)$, $E(30, 100, 0)$.

1.19. Построить треугольник, симметричный заданному треугольнику $A_{20}B_{40}C_{60}$, относительно *а)* стороны $A_{20}B_{40}$; *б)* стороны $B_{40}C_{60}$. Проекции точек заданы координатами: $A(60, 30, 20)$, $B(30, 80, 40)$, $C(20, 40, 60)$.

1.20. Найти натуральную величину треугольника $A_{10}B_{30}C_{60}$. Проекции точек заданы координатами: $A(30, 30, 10)$, $B(10, 100, 30)$, $C(80, 50, 60)$.

1.21. Достроить проекцию плоского четырёхугольника $ABCD$, если известны координаты точек: $A(55, 25, 10)$, $B(15, 10, 30)$, $C(10, 60, 50)$, $D(60, ?, 30)$.

1.22. Найти линию пересечения плоскости треугольника $A_{10}B_{50}C_{60}$ с вертикальной плоскостью, проходящей через ось ***Ox***. Проекции точек заданы координатами: ***A(55, 25, 10)***, ***B(10, 60, 50)***, ***C (45, 60, 60)***.

1.23. Построить на отрезке прямой ***AB*** отрезок прямой ***AE***, равный отрезку прямой ***CD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(20, 20, 20)***, ***B(50, 60, 70)***, ***C(30, 70, 30)***, ***D(40, 90, 10)***.

1.24. Построить квадрат ***ABCD*** по его диагонали ***AC***, если известно, что вторая его диагональ ***BD*** параллельна плоскости проекций ***xOy***. Проекции точек заданы следующими координатами ***A(30, 50, 50)***, ***C(60, 90, 10)***.

1.25. Построить точку $D_?$, симметричную точке C_{20} относительно прямой ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 30, 40)***; ***B(20, 70, 30)***; ***C(10, 25, 20)***. Определить расстояние от точки $D_?$ до прямой ***AB***.

1.26. Построить параллелограмм $ABC'D'$, симметричный параллелограмму ***ABCD*** относительно стороны ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(75, 25, 50)***, ***B(40, 75, 20)***, ***C(0, 65, 40)***, ***D(?, ?, ?)***.

1.27. Построить проекции прямоугольного треугольника ***ABC***, один катет ***AB*** которого известен, а вершина ***C*** лежит на прямой ***DE***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(70, 25, 50)***, ***B(80, 50, 50)***, ***D(20, 25, 10)***, ***E(70, 80, 50)***.

1.28. Построить прямоугольник ***ABCD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(40, 30, 50)***, ***B(20, 60, 20)***, ***C(30, 90, ?)***.

1.29. Найти кратчайшее расстояние от точки ***A*** до точки ***B*** с пересечением плоскости проекций ***xOy*** в точке $C_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(70, 25, 50)***, ***B(20, 70, 30)***.

1.30. Найти кратчайшее расстояние от точки ***A*** до точки ***B*** с пересечением сначала плоскости проекций ***xOy*** в точке $C_?$, а затем плоскости проекций ***xOz*** в точке $D_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(70, 25, 50)***, ***B(20, 70, 30)***.

2. ПЛОСКОСТЬ. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ, ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ

2.1. Определить элементы залегания плоскости, заданной тремя неколлинейными точками A_3, B_2, C_0. Построить разрез в крест простирания, то есть вертикальная плоскость разреза должна проходить перпендикулярно горизонталям заданной плоскости (рис. 11).

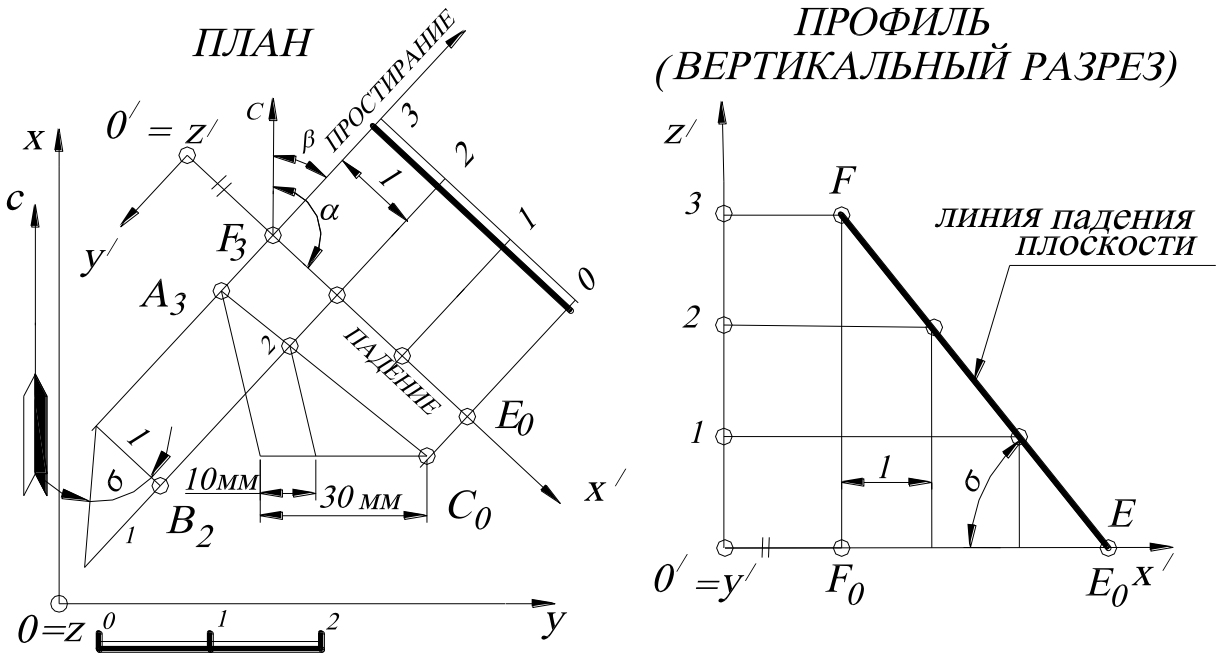


Рис. 11.

Алгоритм решения.

1. В заданной плоскости ($A_3B_2C_0$) на плане строят горизонталь ***2-2***. Для этого необходимо проградуировать проекцию отрезка прямой A_3C_0 (см. задачу 1.1). Горизонталь с соседней целочисленной отметкой (***3-3***) будет параллельна горизонтали ***2-2***. Кратчайшее расстояние между горизонталями ***2-2*** и ***3-3*** является интервалом заданной плоскости ***l***. Перпендикулярно к проекциям горизонталей задают масштаб заложения.

2. Находят линию падения плоскости (линию наибольшего ската, являющуюся масштабом заложения), проекция которой перпендикулярна горизонталям плоскости.

3. Определяют азимуты падения и простирания. ***Азимут падения плоскости*** α – это угол, отсчитываемый по часовой стрелке (иногда говорят «правый угол») от северного направления меридиана до направления падения плоскости. ***Направление простирания*** определяется правым направлением горизонталей, если смотреть в сторону восстания плоскости. ***Азимут простирания*** β - это угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по часовой стрелке до направления простирания. Причём угол между азимутом падения и азимутом простирания всегда равен 90^0.

4. Находят угол падения плоскости на разрезе вкрест простирания. ***Угол падения*** δ - это угол наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций ***H*** (основной плоскости проекций). Определяется углом наклона линии падения и её проекцией на плоскость проекций. Зная интервал и единицу линейного масштаба, на профиле определяют угол падения σ (можно определять на плане (см. рис.11), такое изображение называется наложенным сечением).

2.2. Через точку C_{50} провести в плоскости треугольника $A_0B_{80}C_{50}$ прямую ***n***, уклон которой вдвое меньше уклона плоскости.

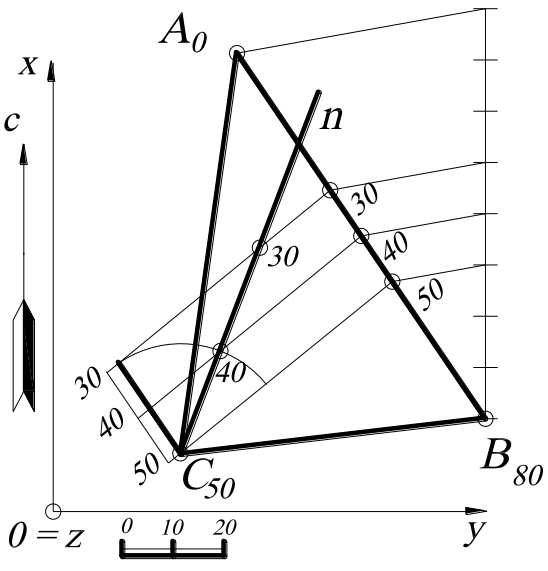


Рис. 12.

Решение (рис. 12). Строят горизонтали плоскости (см. задачу 2.1) $A_0B_{80}C_{50}$ с целыми отметками. Расстояние между проекциями соседних горизонталей – это интервал масштаба заложения плоскости. Строят окружность в точке C_{50} радиусом, равным удвоенному интервалу плоскости. Эта окружность изображает

основание конуса вращения с вершиной в точке C_{50}, высота которого равна **10** (в масштабе чертежа), то есть расположена в горизонтальной плоскости с отметкой **40**. Уклон всех образующих конуса вдвое меньше уклона заданной плоскости, а две образующие, по которым конус пересекается с плоскостью $A_0B_{80}C_{50}$, – это две искомые прямые. Они проходят через точки пересечения окружности основания с **40**-й горизонталью плоскости $A_0B_{80}C_{50}$ (показана одна параллель конуса).

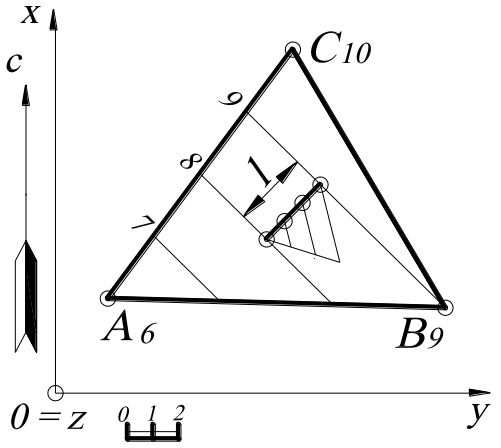


Рис. 13.

2.3. Плоскость $A_6B_9C_{10}$ имеет уклон **i=1:3**. Определить масштаб чертежа.

Решение (рис. 13). Строят горизонтали плоскости и, разделив интервал между ними на три равные части (уклон плоскости равен **1:3**), получают единицу масштаба. Деление производят следующим образом: строят вспомогательную прямую, на которой откладывают три равных отрезка и с помощью подобных треугольников находят три равных отрезка на интервале плоскости. Масштаб чертежа показан на рис.13.

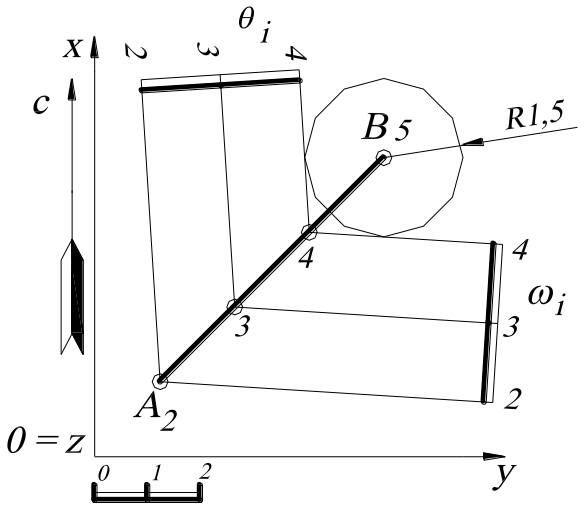


Рис. 14.

2.4. Через прямую A_2B_5 общего положения провести плоскость ω_i с уклоном **i =1:1,5** (рис. 14).

Решение. Градуируют прямую A_2B_5. Строят конус вращения с вершиной в точке B_5, вертикальной осью и окружностью основания, радиус которой равен **1,5** единицы линейного масштаба и которая расположена в горизонтальной плоскости с отметкой **4** (на **1** ниже точки B_5). Уклон любой образующей

конуса и уклон любой его касательной плоскости ***i=1:1,5***. Поэтому две искомые плоскости ω_i и θ_i - это две касательные плоскости к конусу, проходящие через прямую A_2B_5.

2.5. Через точку E_5 провести плоскость P_i, параллельную прямым $A_{15}B_{10}$ и C_6D_3.

Решение (рис. 15). Градуируют прямые $A_{15}B_{10}$ и C_6D_3 (см. задачу 1.1) и через точку E_5 проводят прямые $m \,||\, A_{15}B_{10}$ и $n \,||\, C_6D_3$. Эти прямые задают искомую плоскость P_i.

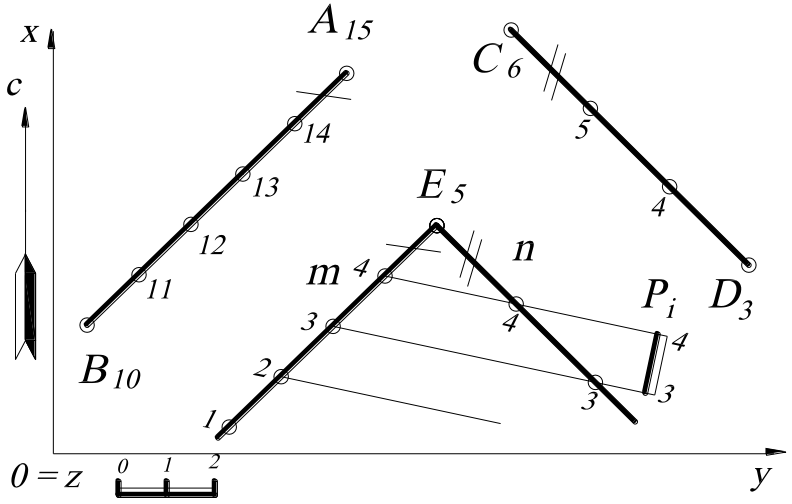


Рис. 15.

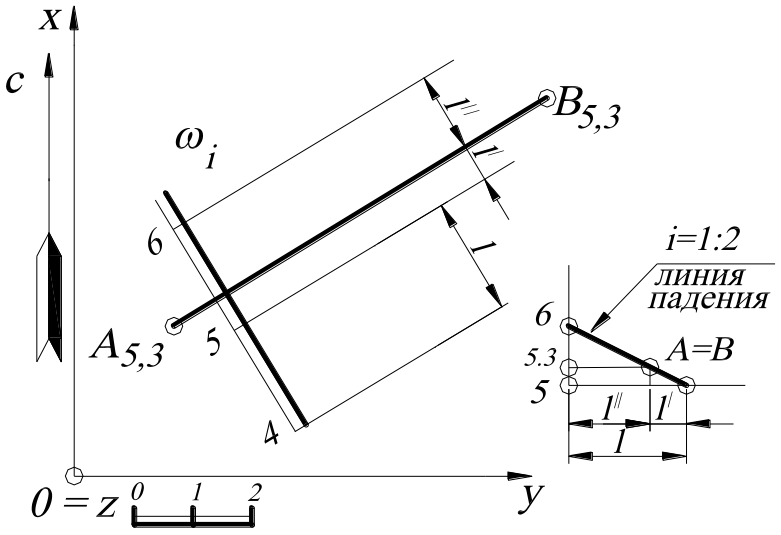


Рис. 16.

2.6. Через проекцию отрезка горизонтальной прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ провести плоскость ω_i с уклоном ***i =1:2*** (рис. 16).

Решение. Проекция прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ является проекцией горизонтали плоскости ω_i с отметкой ***5,3 – 5,3***, так как по условию задачи через неё проходит плоскость. Следовательно, перпендикулярно прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ проводят масштаб заложения и градуируют его, зная интервал

l=1:i=2 единицы масштаба. Для этого строят профиль, на котором определяют расстояния l' и l'' от горизонтали с числовой отметкой ***5,3*** (то есть прямой $A_{5,3}B_{5,3}$) до ближайших горизонталей с целочисленными значениями ***5*** и ***6***. Масштаб заложения определяет искомую плоскость ω_i. Задача имеет два решения, так как вторая плоскость будет иметь противоположное направление падения.

2.7. Найти точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью ω, заданной масштабом заложения ω_i (рис. 17).

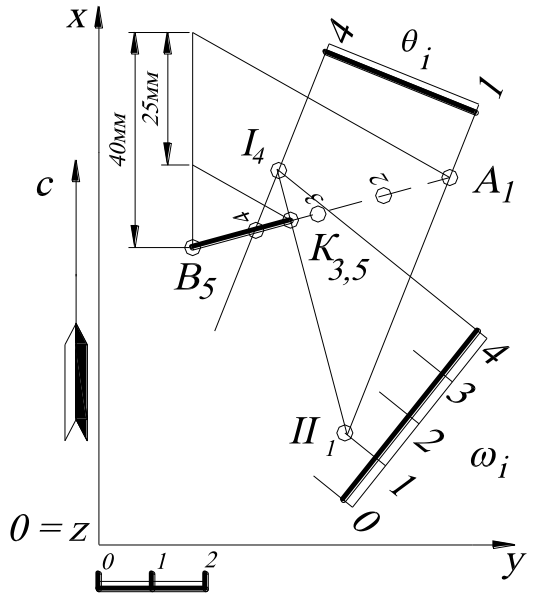


Рис. 17.

Решение. Через заданную прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник θ (на чертеже эта плоскость задана двумя горизонталями h_1 и h_4; см. признак принадлежности прямой к плоскости). Определяют пересечение посредника θ с заданной плоскостью ω – пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками. Таким образом, находят точки ***I*** и ***II***. Точки ***I*** и ***II*** определяют линию пересечения плоскости-посредника θ и заданной ω. Точка пересечения найденной прямой линии ***I***, ***II*** с прямой A_1B_5 даёт искомую точку ***K***.

Для нахождения высотной отметки точки ***K*** используют градуирование прямой A_1B_5. Из точки B_5 проводят прямую под произвольным углом. На этой прямой откладывают разность высотных отметок ***A*** и ***B***, которая равна ***4 ед.*** (***1ед.=10 мм***). Затем через подобные треугольники находят числовую отметку искомой точки $K_{3,5}$. Точка ***K*** является точкой, в которой заданная прямая изменяет свою видимость, то есть те числовые отметки проекции прямой A_1B_5, которые

выше заданной проекции плоскости ω_i, там проекция прямой видима (и наоборот).

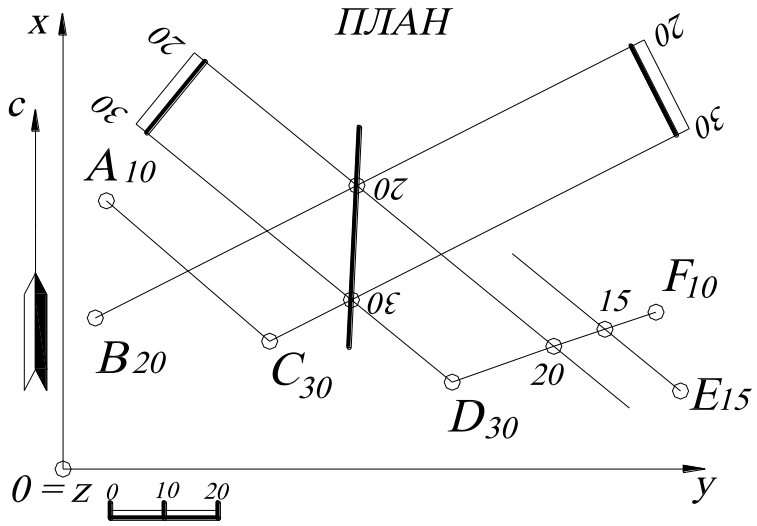


Рис. 18.

2.8. Найти линию пересечения заданных плоскостей $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$.

Решение (рис. 18). В заданных плоскостях $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$ находят направление горизонталей (см. рис 11). Затем находят точки пересечения горизонталей заданных плоскостей, имеющих одинаковые высотные отметки. Такими горизонталями являются ***30-30*** и ***20-20***. Их точки пересечения определяют прямую пересечения заданных плоскостей.

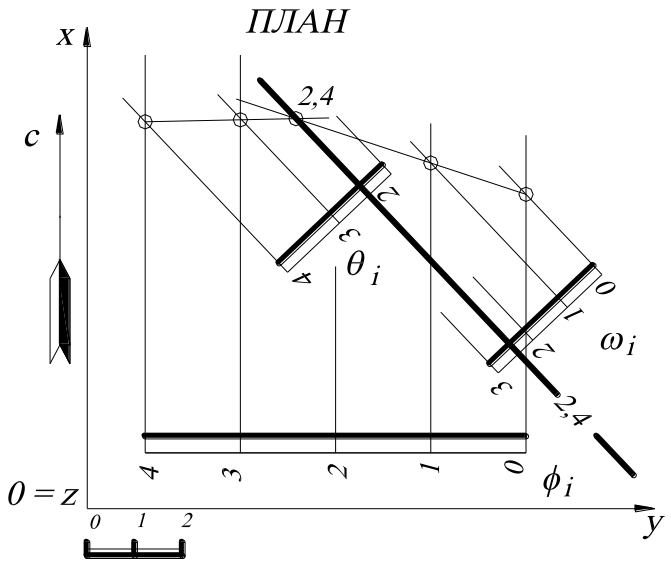


Рис. 19.

2.9. Найти линию пересечения заданных плоскостей θ и ω, азимуты падения которых одинаковы или отличаются друг от друга на 180^0 (рис. 19).

Решение. Одноимённые горизонтали плоскостей, использованные в задаче 2.8, здесь ничего не дают, поскольку горизонтали данных плоскостей параллельны. В этом случае линия пересечения плоскостей по направлению будет совпадать с направлением горизонталей, которые по условию задания параллельны между собой. Остаётся найти общую точку.

Алгоритм решения.

1. Вводят вспомогательную плоскость ϕ_i общего положения.

2. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью θ_i, так же, как в задаче 2.8.

3. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью ω_i.

4. Найденные линии пересечения дают искомую точку с отметкой 2,4 (нахождение числовой отметки не показано, которое выполняется методом градуирования любой из прямых). Эта точка принадлежит всем трём плоскостям и является их общей точкой.

Подобную задачу можно решить с помощью построения профилей заданных плоскостей (рис. 20).

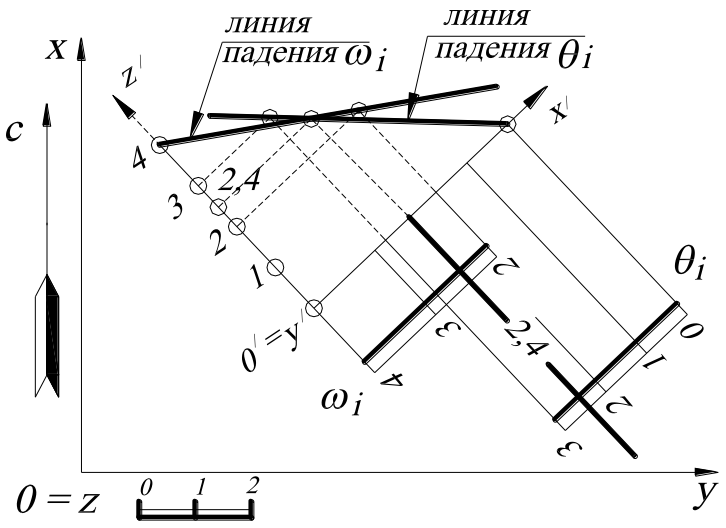


Рис. 20.

В этом случае задают профиль (удобнее в проекционной связи, см. рис. 20) перпендикулярно горизонталям заданных плоскостей. Для этого вводят локальную систему отсчёта $0'x'y'z.'$ На профиле строят линии падения (скатов) плоскостей θ_i и ω_i. Точка пересечения линий скатов заданных плоскостей определяет искомую точку, а направление искомой линии пересечения будет параллельно горизонталям плоскостей θ_i и ω_i.

2.10. Через точку A_3, принадлежащую плоскости ω, построить прямую A_3B_7, перпендикулярную этой плоскости ω. Плоскость ω задана масштабом заложения ω_i.

Решение (рис. 21) На плане проекция (заложение) искомой прямой A_3B_7, перпендикулярной плоскости, всегда перпендикулярна горизонталям плоскости (на основании теоремы о проецировании прямого угла).

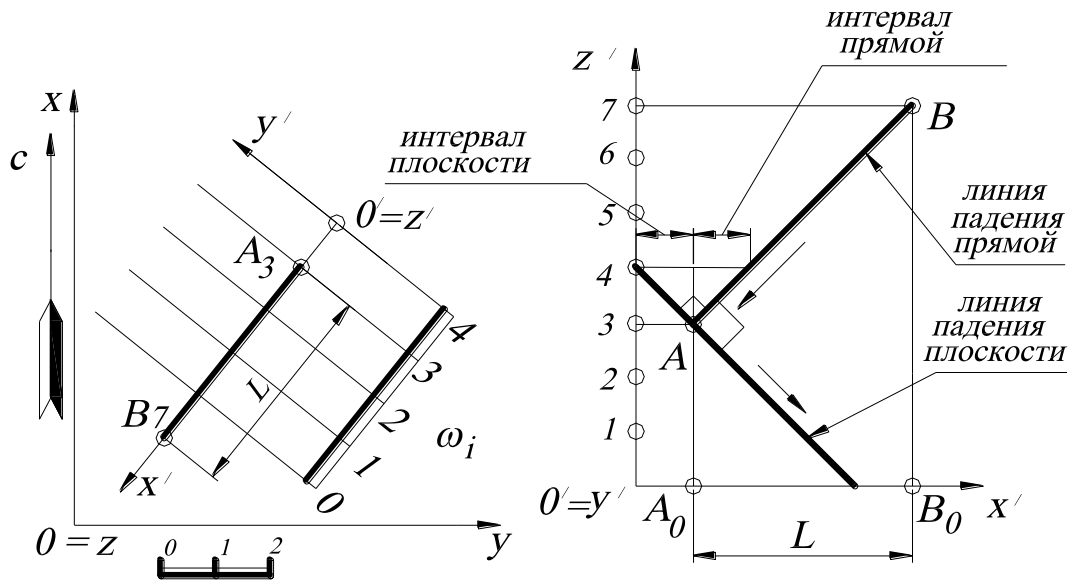


Рис. 21.

Направления падения искомого перпендикуляра и заданной плоскости ω_i противоположны, а интервал перпендикуляра определяется с помощью профиля, построением прямого угла к линии падения плоскости. Таким образом, определив на профиле интервал прямой и отложив его (на плане) на заложении прямой четыре раза в сторону восстания, получают точку B_7. Задача имеет два решения.

2.11. Определить расстояние от точки K_{10} до плоскости, заданной треугольником $A_{20}B_{50}C_{30}$.

Решение (рис. 22). Расстоянием от точки до плоскости будет служить натуральная величина перпендикуляра, опущенного из точки до плоскости. В этом случае используют следующий алгоритм решения задачи.

Алгоритм решения.

1. Строят перпендикуляр из точки к плоскости.

2. Находят точку пересечения этого перпендикуляра с плоскостью.

3. Определяют натуральную величину полученного отрезка.

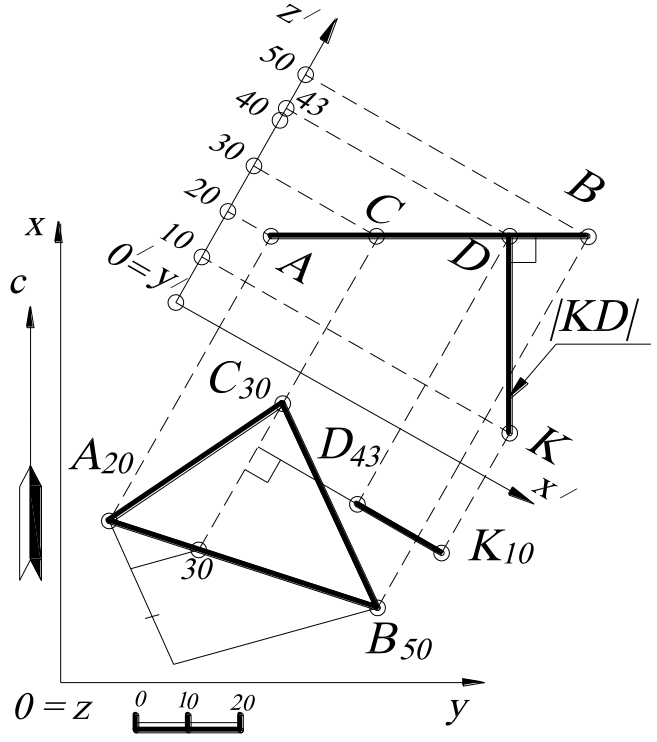


Рис. 22.

Эта задача может решаться только на плане (пользуясь вышеописанным алгоритмом), однако решение задачи упрощается, если использовать профиль. Поэтому в проекционной связи строят профиль плоскости $A_{20}B_{50}C_{30}$ (предварительно построив горизонтали плоскости, см. задачу 2.1), причём плоскость профиля задают перпендикулярно горизонталям плоскости $A_{20}B_{50}C_{30}$. Плоскость $A_{20}B_{50}C_{30}$ проецируется на профиле в отрезок прямой AB, а перпендикуляр KD из точки K_{10} – в отрезок прямой $KD \perp AB$, причём $|KD|$ – натуральная величина искомого расстояния.

2.12. Построить треугольник $A_{45}B_?C_?$, принадлежащий плоскости P_i, если известно, что стороны равны $|AB|=|AC|=40$ (по масштабу чертежа) и составляют угол 30^0 с основной плоскостью проекций H. Плоскость P_i задана точкой A_{45}, азимутом падения $\alpha=60^0$ и углом падения $\sigma=45^0$.

Решение (рис. 23). По исходным данным на плане задают плоскость P_i (см. задачу 2.1). Проекции сторон треугольника $A_{45}B_?$ и $A_{45}C_?$ определяются в результате пересечения прямого кругового конуса с вершиной в точке A_{45} (образующие которого наклонены к основной плоскости проекций под углом 30^0) и заданной плоскостью P_i. Поэтому на профиле задают проекцию прямого кругового конуса с вершиной в точке A_{45} , определяют радиус одной из параллелей конуса R (например, 30-й) и находят заложения сторон AB и AC. На плане строят окруж-

ность ***30***-й горизонтали конуса радиуса ***R*** с центром в точке A_{45} и находят две образующие, по которым конус пересекает плоскость P_i, – это две искомые прямые. На этих прямых откладывают заложения сторон треугольника L_{AB} и L_{AC}. Задача имеет четыре решения, два из которых показано на рис. 23.

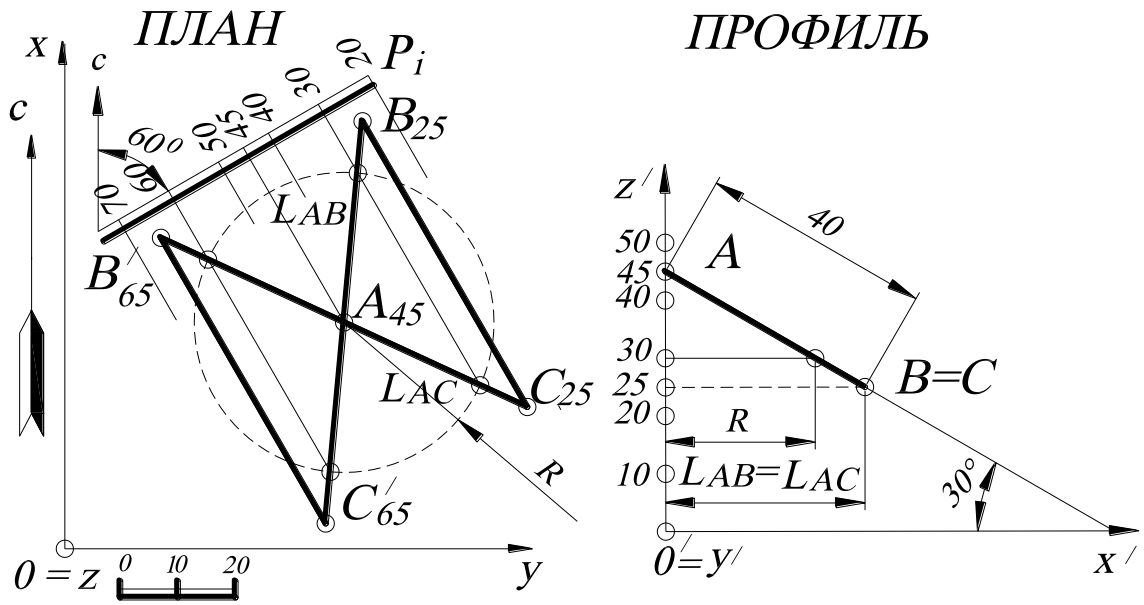


Рис. 23.

2.13. Построить треугольник $A_{40}B_?C_?$, принадлежащий плоскости P_i, если известно, что $|AB|=|BC|=|CA|=40$, сторона $A_{40}B_?$ параллельна основной плоскости проекций. Плоскость P_i задана точкой A_{40}, азимутом падения $\alpha=150^0$ и интервалом $l=10$.

Решение (рис. 24). На плане задают плоскость P_i (см. пример 2.1). Сторона $A_{40}B_?$ параллельна основной плоскости проекций ***H***, следовательно, она принадлежит горизонтали заданной плоскости h_{40}, проецируется без искажения и отметка точки – B_{40}. Далее находят точку $C_?$, предполагая, что искомый треугольник лежит в горизонтальной плоскости с отметкой ***40***. Поэтому строят равносторонний треугольник (засечками циркуля), лежащий в плоскости, параллельной горизонтальной плоскости проекций, и получают точку C'_{40}. Затем точку C'_{40} определяют в плоскости P_i. На профиле, повернув точку C' до совмещения с ли-

нией падения плоскости P_i (плоскость профиля перпендикулярна горизонталям плоскости P_i), получают точку C с отметкой 15. На плане точка C_{15} будет находиться на пересечении линии проекционной связи и серединного перпендикуляра к стороне $A_{40}B_{40}$, так как искомый треугольник $A_{40}B_{40}C_{15}$ – плавильный треугольник (все вершины лежат на серединных перпендикулярах к противоположным сторонам). Задача имеет четыре решения (так как точки $B_?$ и $C_?$ могут строится и в противоположные стороны).

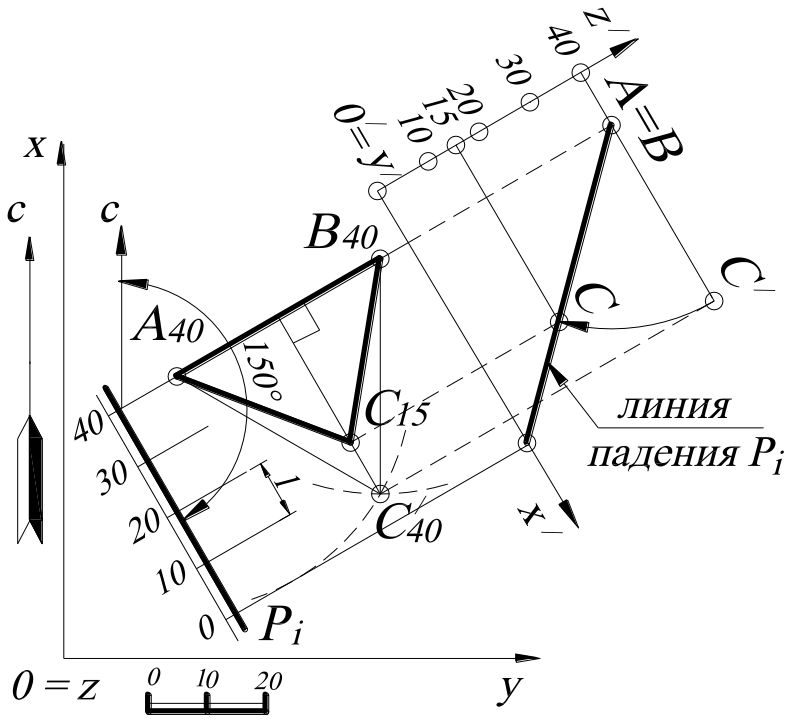


Рис. 24.

2.14. Построить плоскость P_i, проходящую через точку K_{55} и параллельную плоскости треугольника $A_{30}B_{60}C_0$, и задать её масштабом заложения.

Решение (рис. 25). На чертеже горизонтали параллельных плоскостей параллельны, масштабы заложения (интервалы) одинаковы, направления падения совпадают. Следовательно, построив горизонтали плоскости $A_{30}B_{60}C_0$ и определив интервал l (см. задачу 2.1), строят масштаб заложения плоскости P_i, проходящей через точку K_{55} с соответствующими отметками горизонталей и интервалом, равным интервалу l, то есть от горизонтали h_{55} проводят с двух сторон параллельные линии на расстоянии $\frac{1}{2}l$.

2.15. Определить нормальную H, горизонтальную $H_Г$ и вертикальную $H_В$ мощности слоя, заданного двумя параллельными плоскостями θ_i и ω_i (рис. 26).

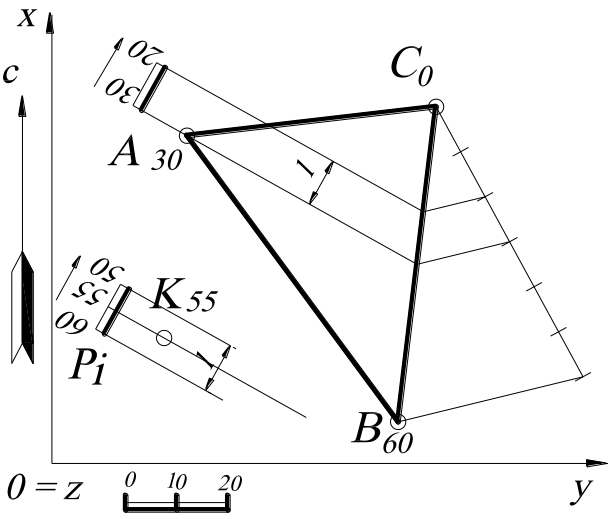


Рис. 25.

Решение. Для этого строят прямой профиль, плоскость которого перпендикулярна горизонталям плоскости. Построение профиля показано на рис. 26. Выбирают локальную систему координат $0'x'y'z'$ на плане. Плоскость профиля определяют оси x' и z'. На профиле с помощью заложения прямой AB определяют линию падения плоскости θ, которая является плоскостью подошвы заданного слоя. Для построения кровли на профиле определяют точку C (с помощью заложения L), через которую проводят прямую, параллельную прямой AB.

Прямая, проходящая через точку C на профиле, является линией

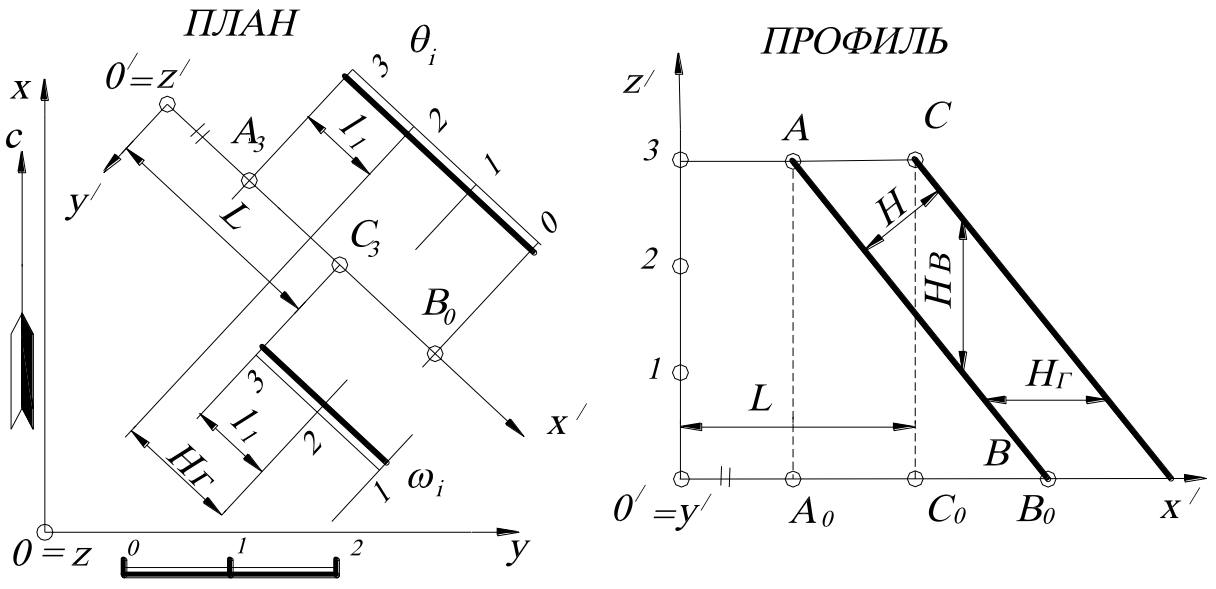


Рис. 26.

падения плоскости кровли. Кратчайшее расстояние на прямом профиле между линией падения кровли и линией падения подошвы – нормальная мощность слоя

H. Расстояние на этом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеренное по вертикали, – вертикальная мощность слоя H_B.

Расстояние на прямом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеряемое в горизонтальном направлении, – горизонтальная мощность слоя $H_Г$. Горизонтальная мощность слоя измеряется параллельно основной плоскости проекций, поэтому эту мощность можно определить на плане, как расстояние между одноимёнными (с одинаковыми высотными отметками) горизонталями плоскостей θ_i и ω_i.

2.16. Построить плоскость, проходящую через точку K_{60} и перпендикулярную отрезку прямой $A_{40}B_0$. Плоскость задать масштабом заложения P_i.

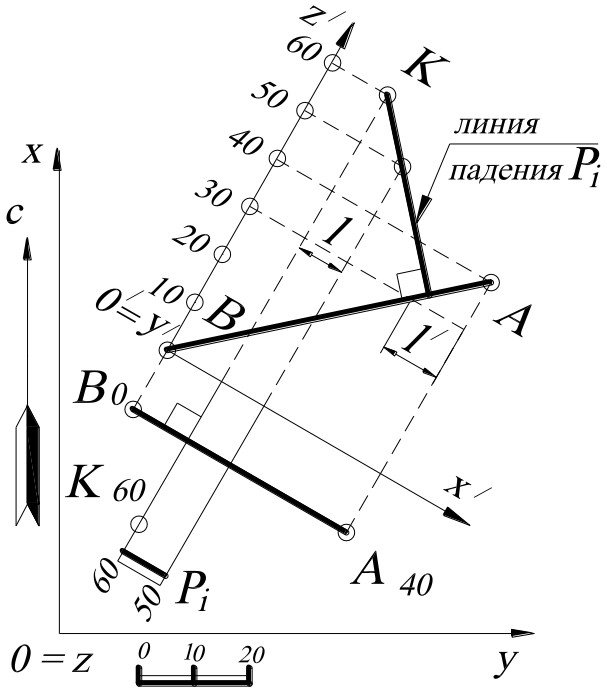


Рис. 27.

Решение (рис. 27). Прямая, перпендикулярная плоскости, на чертеже изображается проекцией (заложением), перпендикулярным горизонталям плоскости (см. задачу 2.10). Следовательно, через точку K_{60} проводят прямую, перпендикулярную к заданной прямой $A_{40}B_0$, которая является горизонталью h_{60} искомой плоскости P_i, а интервал l определяется с помощью профиля.

2.17. Построить плоскость P_i, проходящую через отрезок прямой $A_{30}B_0$ и перпендикулярную плоскости Q_i. Плоскость Q_i задана точкой C_{60}, азимутом падения $\alpha=40^0$ и интервалом $l=15$.

Решение (рис. 28). Через произвольную точку заданной прямой $A_{30}B_0$ (например, точку B_0) проводят прямую n, перпендикулярную плоскости Q_i (так как если плоскость проходит через перпендикуляр к другой плоскости, то эти

плоскости взаимно перпендикулярны). Находят направление падения перпендикуляра ***n*** и интервал ***l′*** (на профиле, см. задачу 2.10). Затем строят горизонтали плоскости P_i, соединяя одинаковые высотные отметки прямой $A_{30}B_0$ (проградуированной) и построенного перпендикуляра ***n***.

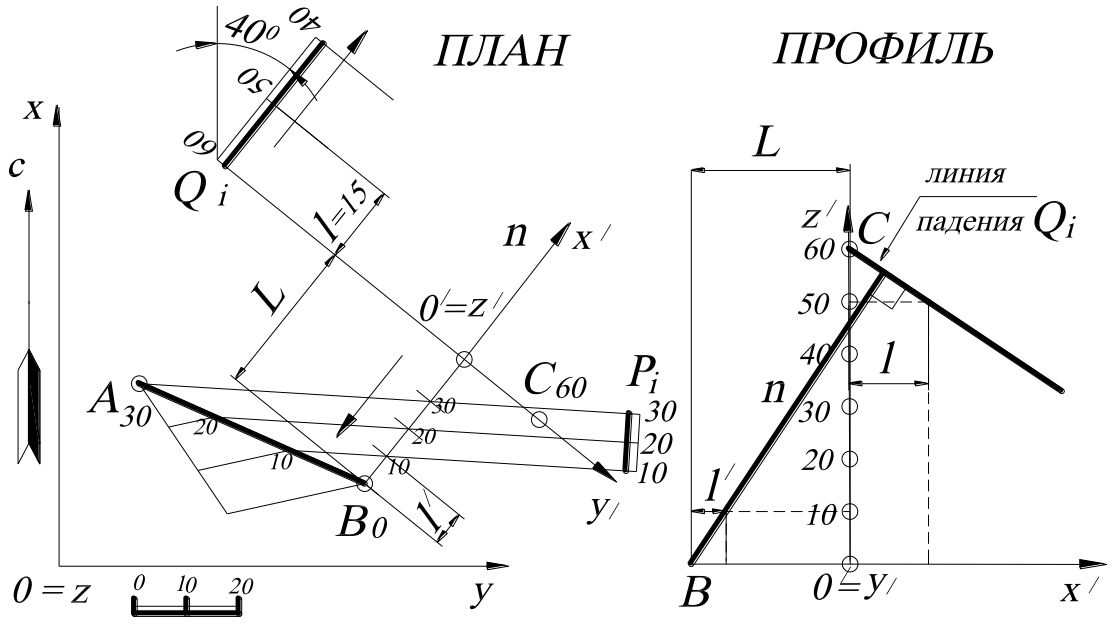


Рис. 28.

2.18. Из точки N_{50} построить отрезок прямой $N_{50}M_?$, параллельный заданным плоскостям $P_i(A_{10}B_{40}C_{20})$ и $Q_i(D_{30}E_0F_{10})$, длиной $|N_{50}M_?|=40$ (рис. 29).

Решение. Прямая, проходящая через заданную точку N_{50} и параллельная двум заданным плоскостям $P_i(A_{10}B_{40}C_{20})$ и $Q_i(D_{30}E_0F_{10})$, – это прямая, параллельная линии пересечения этих плоскостей. Следовательно, находят прямую пересечения заданных плоскостей (предварительно построив их горизонтали, см. задачу 2.1) – это прямая ***n***. Параллельные прямые имеют одинаковые направления падения, равные интервалы, и их проекции параллельны. Поэтому, зная интервал ***l*** прямой ***n***, можно построить профиль искомой прямой $|NM|=40$, определить заложение ***L*** этой прямой и отметку точки ***M***, равную ***28***. На плане строят проекцию прямой $N_{50}M_{28}$. Задача имеет два решения, так как можно построить сим-

метричную прямую $N_{50}M'_{72}$ относительно точки N_{50} (то есть с противоположной стороны от точки N_{50}). Отметка точки M'_{72} определяется арифметически: ***50-28=22, 50+22=72*** (см. задачу 1.4).

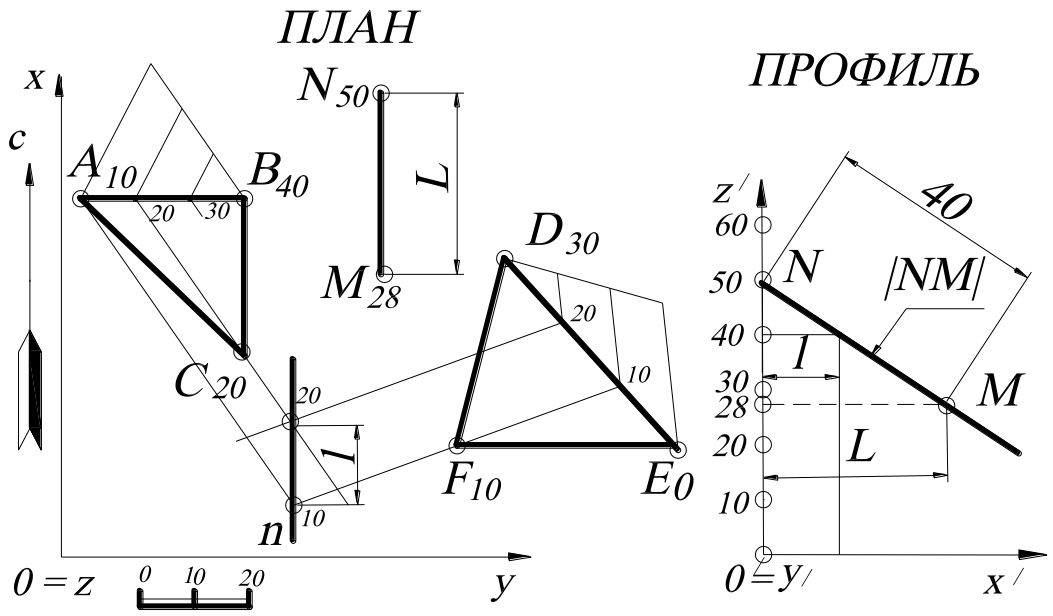


Рис. 29.

2.19. Через точку A_{50} провести плоскость P_i, перпендикулярную плоскости Q_i и параллельную прямой $B_{80}C_{60}$. Задать плоскость P_i масштабом заложения (рис. 30).

Решение. Задача имеет два условия: первое – плоскость P_i должна быть перпендикулярна заданной плоскости Q_i (известно, плоскости перпендикулярны, если в одной из них содержится перпендикуляр к другой плоскости). Второе условие – плоскость P_i должна быть параллельна заданной прямой $B_{80}C_{70}$ (известно, плоскость и прямая параллельны, если в плоскости содержится хотя бы одна прямая, параллельная заданной прямой). Следовательно, выполняют первое условие – строят прямую m, перпендикулярную заданной плоскости Q_i и проходящую через точку A_{50} (см. задачу 2.10). Затем строят прямую n, проходящую через точку A_{50} и параллельную заданной прямой $B_{80}C_{70}$ (см. пример 2.18). Две пересекающиеся прямые задают плоскость. Для задания плоскости P_i масштабом

заложения строят горизонтали плоскости, соединяя точки с одинаковыми высотными отметками на прямых ***m*** и ***n***.

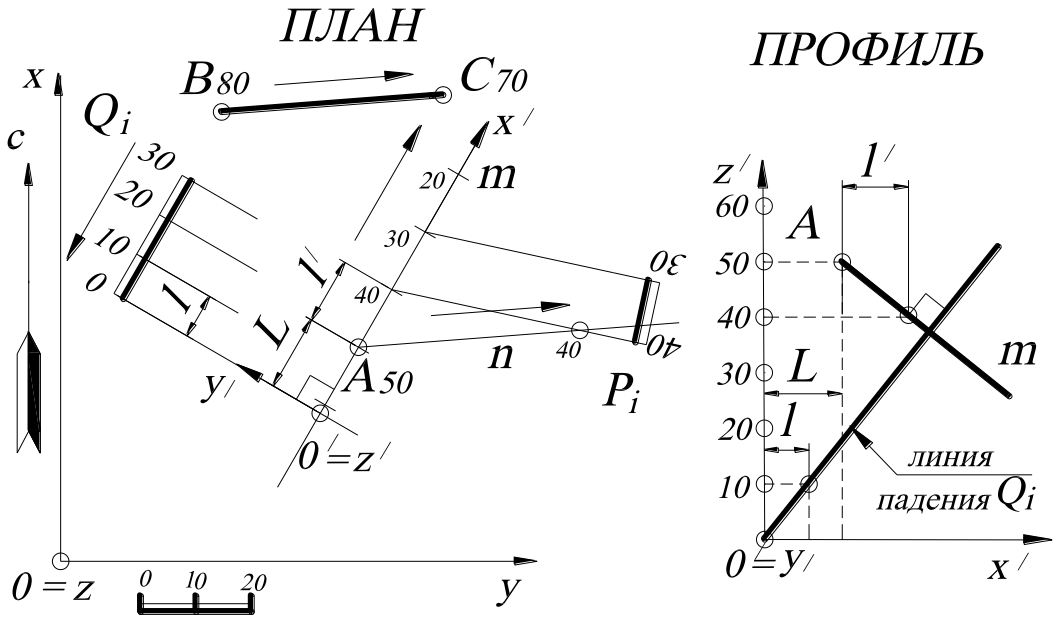


Рис. 30.

2.20. Найти натуральную величину треугольника $A_3B_0C_6$ (рис. 31).

Решение. Треугольник $A_3B_0C_6$ будет проецироваться на некоторую плоскость проекций в натуральную величину, если треугольник $A_3B_0C_6$ будет параллелен этой плоскости проекций.

Заданный треугольник $A_3B_0C_6$ занимает общее положение. Плоскость общего положения нельзя сразу преобразовать в плоскость уровня, потому что новая плоскость проекций не будет перпендикулярна к основной плоскости проекций ***0xy***. Это возможно лишь для проецирующей плоскости.

Поэтому первую новую плоскость проекций (профиль) $0'x'z'$ 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.

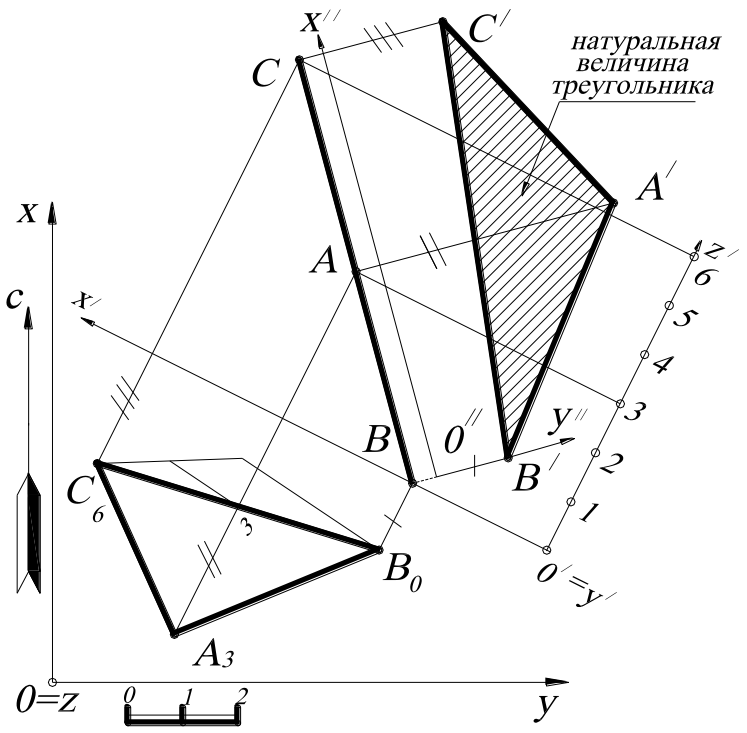


Рис. 31.

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-

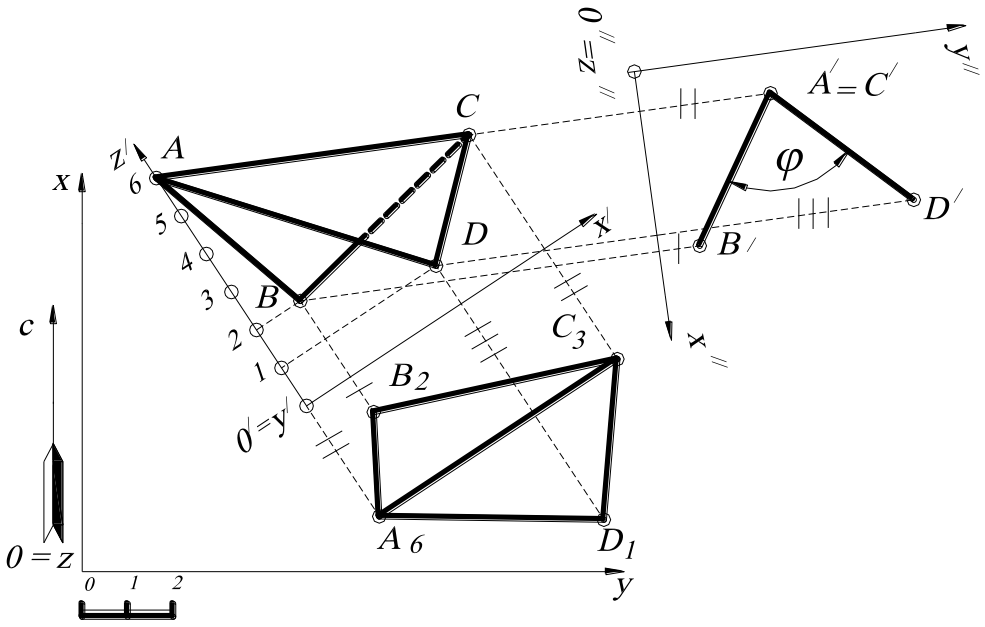


Рис. 32.

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.

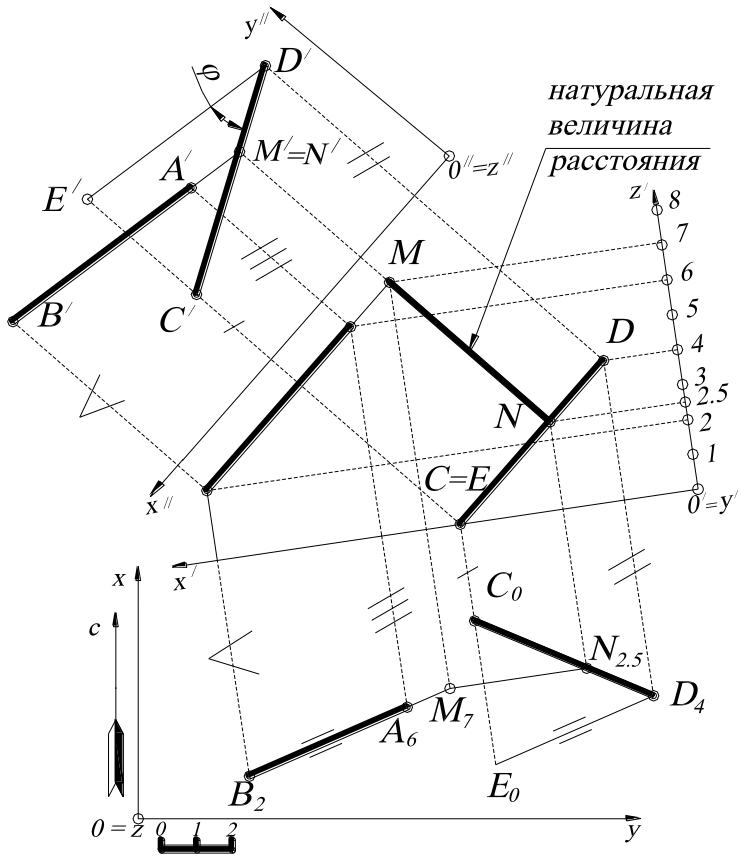


Рис. 33.

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 $C_{2-2}=C_0$.

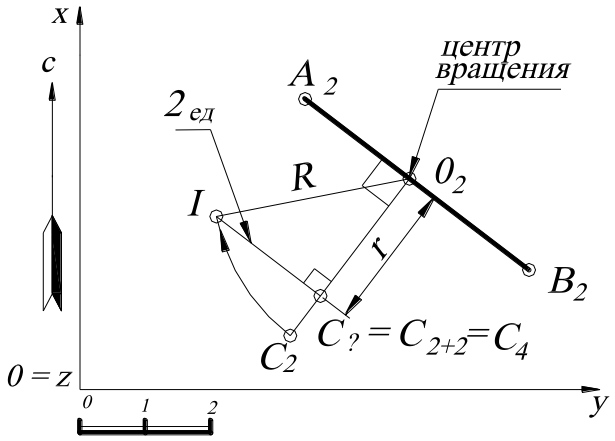


Рис. 34.

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.

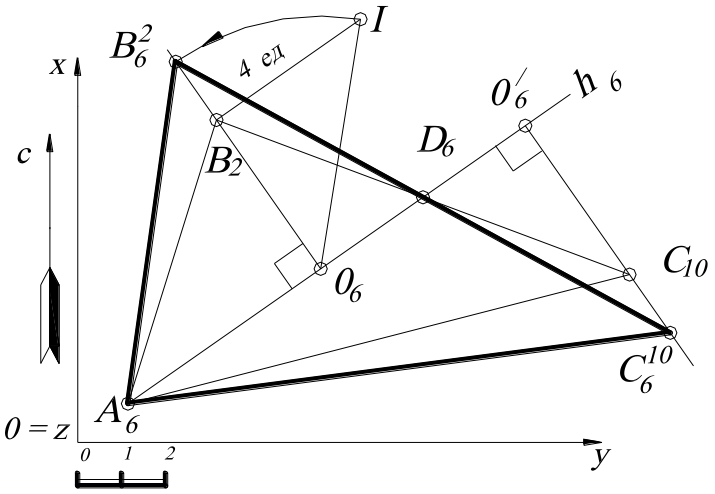


Рис. 35.

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).

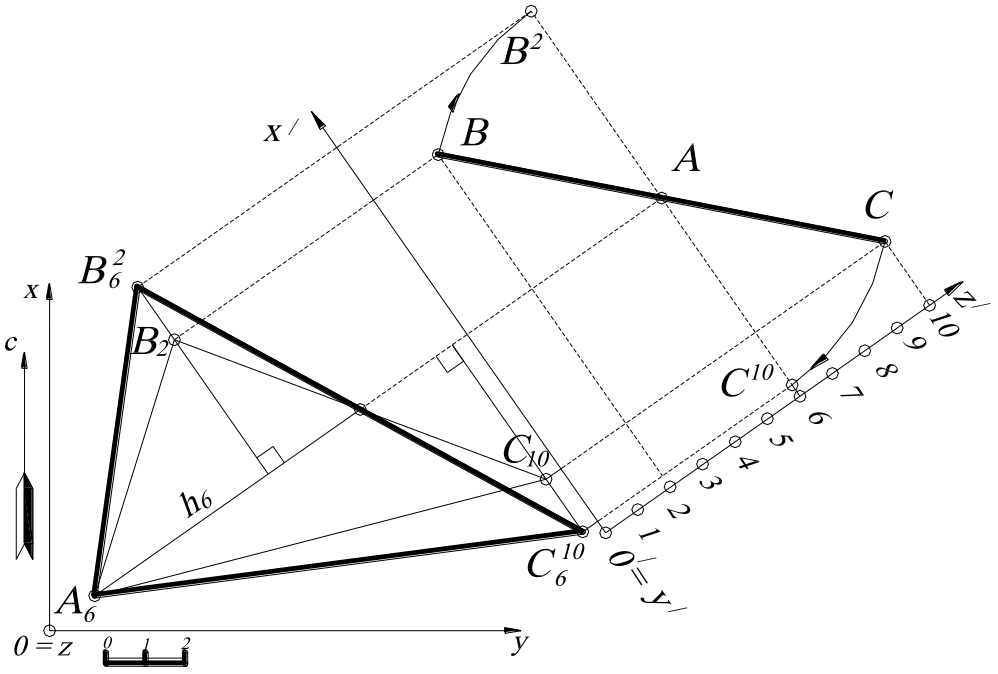


Рис. 36.

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.

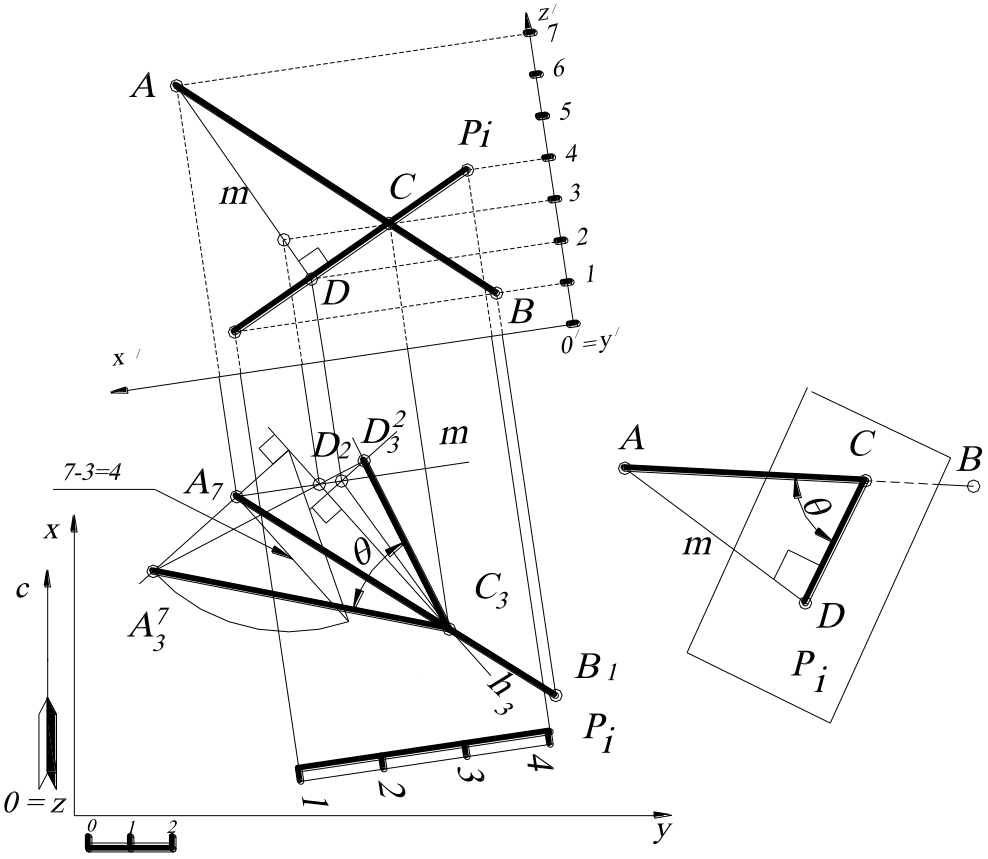


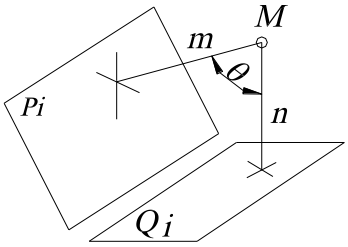
Рис. 37.

2.26. Найти двугранный угол между плоскостями P_i и Q_i. Эту задачу решим двумя способами.

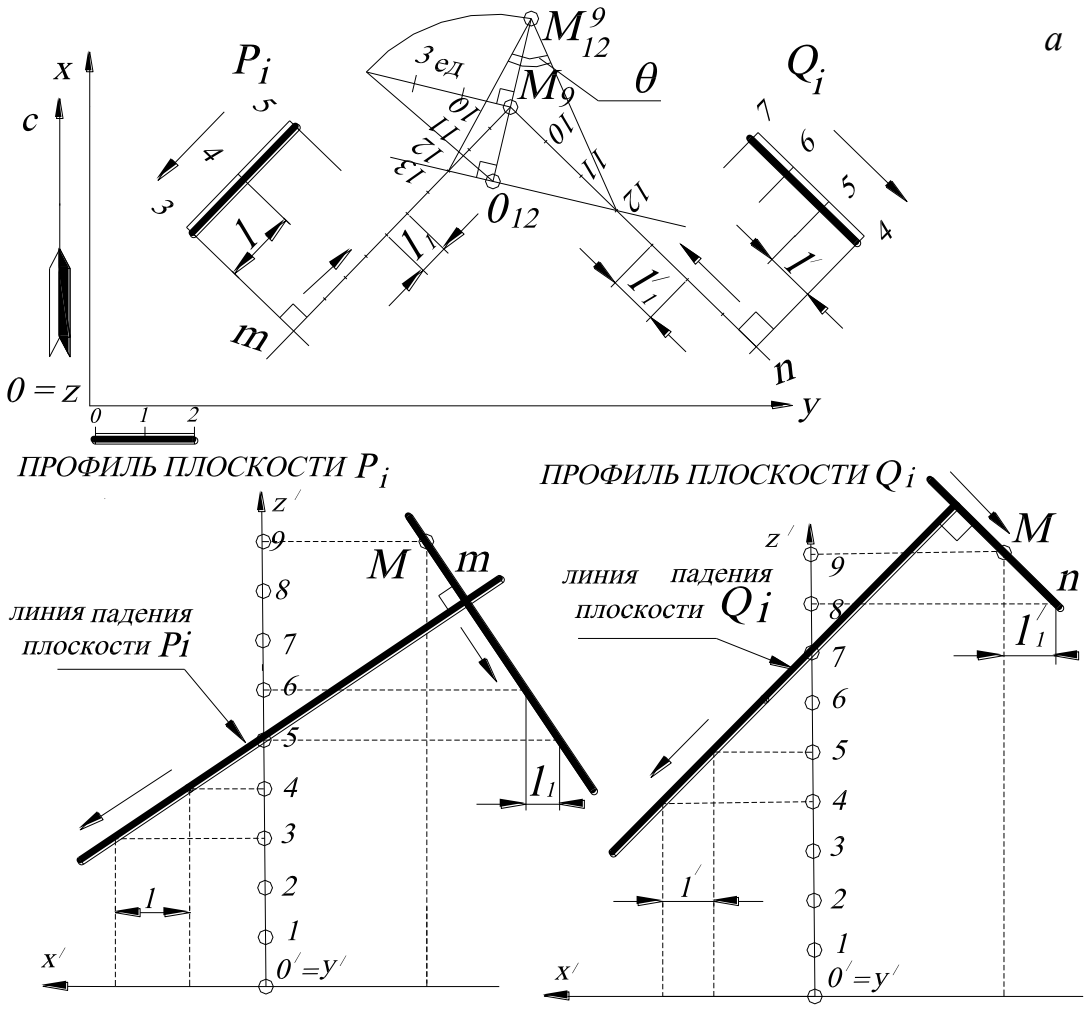
Решение 1 (рис. 38, *а*, *б*).

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 $\boldsymbol{P_i}$ и $\boldsymbol{Q_i}$ заданы масштабами заложения. В соответствии с алгоритмом выбирают произвольную точку, например $\boldsymbol{M_9}$, из которой



а



б

Рис. 38.

строят проекции перпендикуляров $\boldsymbol{m}$ и $\boldsymbol{n}$ к заданным плоскостям соответственно. Проекции этих перпендикуляров на плане проецируются прямыми, перпендикулярными к проекциям горизонталей заданных плоскостей $\boldsymbol{P_i}$ и $\boldsymbol{Q_i}$. Причём направление падения плоскости и направление падения перпендикуляра – противоположны. Для определения интервалов $\boldsymbol{m}$ и $\boldsymbol{n}$ строят профили перпендикуляров к линиям падения заданных плоскостей (см. рис. 38, *б*), то есть к линии падения плоскости проводят перпендикулярную прямую. Это можно сделать из лю-

бой точки, так как интервал перпендикуляра от этого не меняется. Затем на плане градуируют проекции m и n в соответствии с направлением падения. Проекции прямых m и n задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям P_i и Q_i. Угол при вершине M_9 определяет проекцию двугранного угла между заданными плоскостями P_i и Q_i. Далее находят натуральную величину угла θ вращением вокруг произвольной горизонтали, например 12-й. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями P_i и Q_i.

Решение 2 (рис. 39, *а*, *б*). Задача решается в соответствии со следующим ***алгоритмом*** (см. рис. 39, *а*).

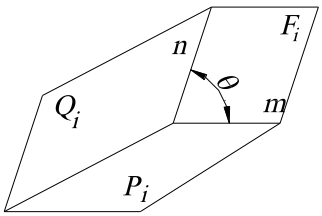
1. Находят линию пересечения a заданных плоскостей P_i и Q_i.
2. Строят плоскость F_i, перпендикулярную к линии пересечения плоскостей a.
3. Находят линии пересечения m и n заданных плоскостей P_i и Q_i с плоскостью F_i.
4. Угол между прямыми n и m является двугранным углом θ между заданными плоскостями P_i и Q_i.

Построение на чертеже выполняется следующим образом (см. рис. 39, *б*).

1. Плоскости P_i и Q_i заданы масштабами заложения. Проекция линии пересечения заданных плоскостей a задаётся парой точек – точек пересечения двух пар горизонталей плоскостей P_i и Q_i с одинаковыми высотными отметками (h_4–h_4 и h_5-h_5). Для удобства построения точка пересечения горизонталей с 5-й высотной отметкой обозначена A_5.

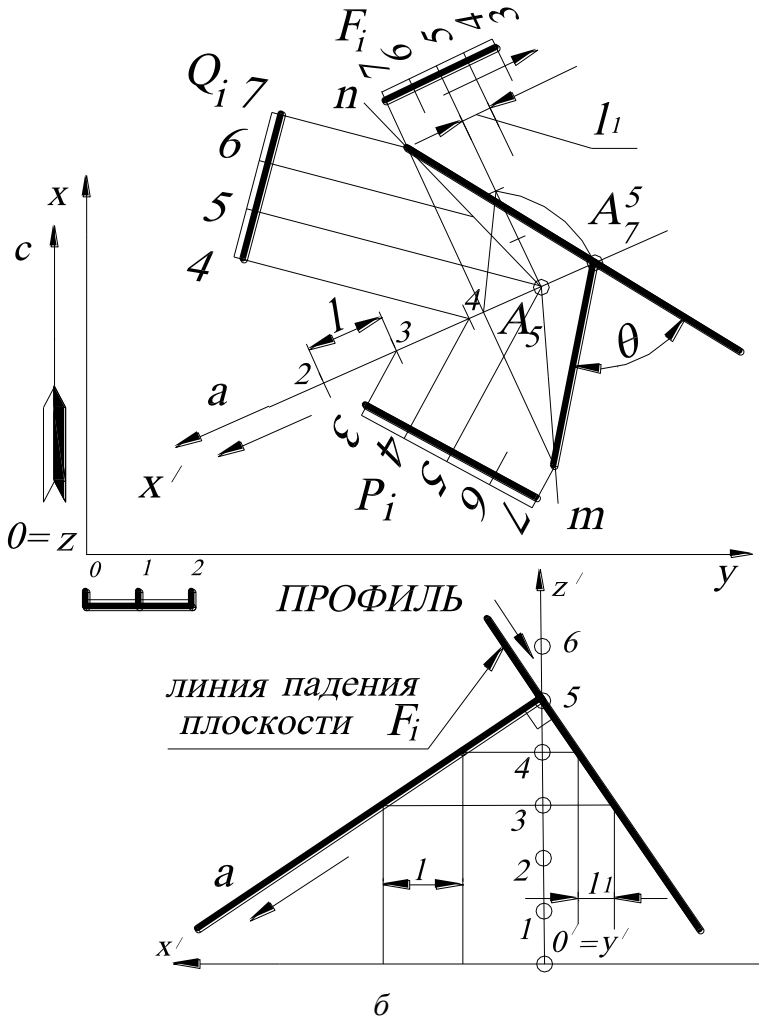
2. Через проекцию точки A_5 строят плоскость F_i, перпендикулярную прямой a. Следовательно, горизонтали этой плоскости будут перпендикулярны к заложению (проекции) прямой a (см. рис. 39, *а*), а масштаб заложения будет определяться построением профиля прямой a и перпендикулярной плоскости F_i, заданной на профиле линией падения. Интервал l_1 определяет горизонтали плоскости F_i с отметками 4-й и 3-й.

3. Находят линии пересечения заданных плоскостей P_i и Q_i и построенной плоскости F_i – m и n соответственно. Пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками задаёт прямые m и n.



а

4. Вращением точки A_5 вокруг любой горизонтали плоскости (например, вращением вокруг 7-й горизонтали) находят натуральную величину двугранного угла θ. Двугранный угол между плоскостями считается острым. Поэтому на рис. 39, *б* угол θ является смежным с построенным тупым углом.



б

Рис. 39.

2.27. Построить прямую $E_4F_?$, проходящую через точку E_4 и пересекающую две скрещивающиеся прямые A_1B_5 и C_0D_6.

Решение (рис. 40). Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости).

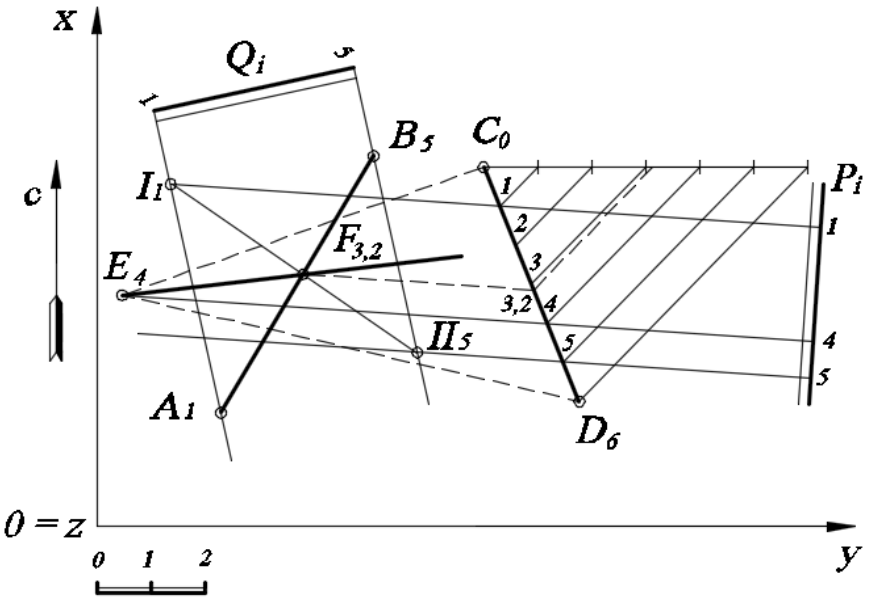


Рис. 40

Алгоритм

1. На прямую C_0D_6 (можно выбрать и другую прямую, то есть A_1B_5) и точку E_4 «натягивают» плоскость (на чертеже эта плоскость показана штриховыми линиями). Затем эту плоскость задают масштабом заложения P_i. Для этого градуируют отрезок прямой C_0D_6 и строят горизонтали плоскости P_i (на рис. 40 показана горизонталь с отметкой ***4***, которая задает направления всех горизонталей плоскости $E_4C_0D_6$, а также представлены горизонтали ***1*** и ***5***, параллельные горизонтали с отметкой ***4*** (для удобства построения точки пересечения прямой и плоскости), эти горизонтали соответствуют отметкам на концах отрезка прямой A_1B_5).

2. Находят точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью P_i:

   а) через прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i, задавая ее параллельными горизонтальными прямыми линиями;

   б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_1II_5;

   в) находят точку пересечения прямой I_1II_5 и прямой A_1B_5 – точка $F_{3,2}$.

3. Прямая, соединяющая заданную точку E_4 и построенную точку $F_{3,2}$, будет искомой прямой.

2.28. Построить прямую m, пересекающую две скрещивающиеся прямые A_1B_5 и C_0D_6 и параллельную прямой $E_{10}D_{12}$.

Решение (рис. 41). Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости).

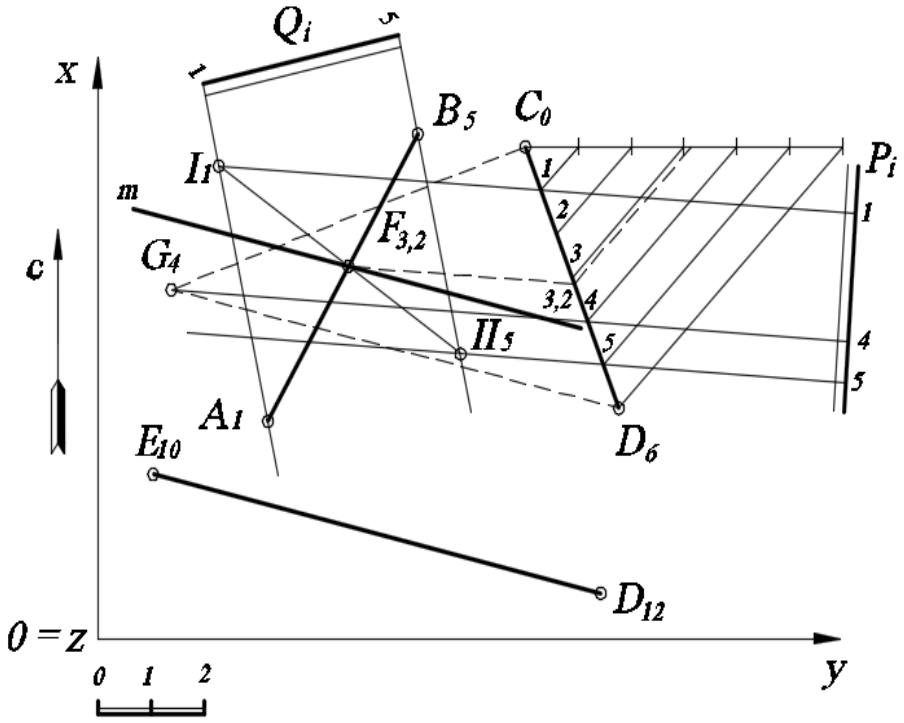


Рис. 41

Алгоритм.

1. Через C_0D_6 (можно выбрать и другую прямую, то есть A_1B_5) строят плоскость $C_0D_6G_4$, параллельную прямой $E_{10}D_{12}$, на основании признака параллельности прямой и плоскости (плоскость и прямая параллельны, если в плоскости найдется хотя бы одна прямая, параллельная заданной). Длина проекции прямой D_6G_4 и разница отметок (координат z) идентична прямой $E_{10}D_{12}$.

2. Плоскость $C_0D_6G_4$ задают масштабом заложения P_i. Для этого градуируют отрезок прямой C_0D_6 и строят горизонтали плоскости P_i (на рис. 41 показана горизонталь с отметкой ***4***, которая задает направления всех горизонталей плоскости $E_4C_0D_6$, а также представлены горизонтали ***1*** и ***5***, параллельные горизонтали с отметкой ***4*** и (для удобства построения точки пересечения прямой и плоскости), эти горизонтали соответствуют отметкам на концах отрезка прямой A_1B_5).

3. Находят точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью P_i:

а) через прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i, задавая ее параллельными горизонтальными прямыми линиями;

б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_1II_5;

в) находят точку пересечения прямой I_1II_5 и прямой A_1B_5 – точка $F_{3,2}$.

4. Прямая ***m***, проходящая через построенную точку $F_{3,2}$ и параллельная прямой $E_{10}D_{12}$, будет искомой прямой.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

2.1. Достроить проекцию плоского пятиугольника ***ABCDE***, если известны координаты точек: ***A(55, 25, 10)***, ***B(15, 10, 30)***, ***C (10, 60, 50)***, ***D(60, ?, 30)***, ***E(?, 75, 40)***.

2.2. Построить проекцию точки D_{40}, принадлежащей плоскости треугольника $A_{10}B_{30}C_{60}$, если известны следующие координаты: ***A(20, 10, 10)***, ***B(10, 100, 30)***, ***C(90, 60, 60)***, ***D(30, ?, 40)***.

2.3. Определить числовые отметки концов отрезка прямой $D_?E_?$, принадлежащего плоскости треугольника ***ABC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 5, 30)***, ***B(85, 50, 60)***, ***C(25, 80, 50)***, ***D(90, 30, ?)***, ***E(60, 100, ?)***.

2.4. Найти расстояние между параллельными прямыми ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(60, 10, 70)***, ***B(100, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.5. В плоскости, заданной прямой ***AB*** и точкой ***M***, построить равнобедренный прямоугольный треугольник ***ABC*** с катетами ***AB=BC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(80, 40, 50)***, ***B(70, 65, 10)***, ***M(100, 60, 30)***.

2.6. В плоскости, заданной прямой ***AK*** и точкой ***M***, построить «египетский» прямоугольный треугольник ***ABC*** с гипотенузой ***AC=50***, ***BC=40*** и ***AB=30***, причём ***AB*** принадлежит ***AK***. Проекции точек заданы координатами: ***A(60, 10, 70)***, ***K(100, 80, 30)***, ***M(20, 60, 50)***.

2.7. В плоскости, заданной прямой ***AB*** и точкой ***M***, построить правильный шестиугольник ***ABCDEF***. Проекции точек заданы координатами: ***A(80, 40, 50)***, ***B(70, 65, 10)***, ***M(100, 60, 30)***.

2.8. Найти угол наклона плоскости, заданной треугольником ***ABC***, к вертикальной плоскости, проходящей через а) ось ***Ox***; б) ось ***Oy***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 5, 30)***, ***B(85, 50, 60)***, ***C(25, 80, 50)***.

2.9. Определить, лежат ли параллельные прямые ***AB***, ***CD*** и ***EF*** в одной плоскости. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80,80, 30)***, ***C(80, 10, 60)***, ***D(?,?,20)***, ***F(20, 65, 50)***, ***E(?,?,10)***.

2.10. Найти расстояние от точки D_0 до плоскости треугольника $A_{10}B_{30}C_{60}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(20, 10, 10)***, ***B(10, 100, 30)***, ***C(90, 60, 60)***, ***D(30, 50, 0)***.

2.11. Построить линию пересечения плоскости P_i с основной плоскостью проекций ***xOy***, заданной двумя параллельными прямыми ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(80, 10, 60)***, ***D(?, ?, 20)***.

2.12. Построить линию пересечения плоскости P_i с основной плоскостью проекций ***xOy***, заданной двумя пересекающимися прямыми ***AB*** и ***BC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.13. Построить точку пересечения прямой ***n*** с плоскостью P_i. Прямая ***n*** задана точкой ***B(60, 20, 10)***, азимутом падения $\alpha=225^0$ и интервалом ***l=20 мм***. Плоскость P_i задана точкой ***A(50, 30, 30)***, азимутом падения $\alpha=135^0$ и углом падения $\sigma=30^0$. Найти пересечение плоскости P_i с осями ***Ox*** и ***Oy***.

2.14. Построить точку пересечения прямой ***n*** с плоскостью P_i. Прямая ***n*** задана точкой ***B(60, 20, 10)***, азимутом падения $\alpha=315^0$ и интервалом ***l=20 мм***. Плоскость P_i задана точкой ***A(50, 30, 30)***, азимутом падения $\alpha=135^0$ и углом падения $\sigma=30^0$. Найти пересечение плоскости P_i с осями ***Ox*** и ***Oy***.

2.15. Через точку ***O(0, 0, 0)*** построить прямую, пересекающую прямую ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(30, 60, 70)***, ***B(70, 20, 10)***, ***C(40, 10, 20)***, ***D(90, 80, 70).***

2.16. Через точку ***O(50, 100, 0)*** построить прямую, пересекающую прямые ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(30, 60, 70)***, ***B(70, 20, 10)***, ***C(40, 10, 20)***, ***D(90, 80, 70)***.

2.17. Через точку K_{50} построить плоскость P_i , перпендикулярную плоскости треугольника ***ABC*** и параллельную прямой ***FE***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***K(90, 100, 50)***, ***A(80, 50, 20)***, ***B(60, 110, 70)***, ***C(40, 60, 10)***, ***F(100, 10, 30)***, ***E(70, 30, 0)***.

2.18. Определить угол наклона прямой ***ED*** к плоскости треугольника ***ABC***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(80, 20, 20)***, ***B(140, 40, 100)***, ***C(70, 60, 60)***, ***E(80, 110, 10)***, ***D(50, 100, 50)***.

2.19. Из точки ***N(40, 30, 70)*** построить отрезок прямой ***NM***, параллельный двум заданным плоскостям ***ABC*** и ***DEF***, длиной ***50 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(120, 40, 50)***, ***B(115, 0, 10)***, ***C(90, 40, 20)***, ***D(135, 85, 60)***, ***E(135, 115, 20)***, ***F(15, 110, 0)***.

2.20. Из точки ***N(40, 30, 70)*** построить прямую ***NM***, параллельную двум заданным плоскостям ***ABC*** и P_i, длиной ***40 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(120, 40, 50)***, ***B(115, 0, 10)***, ***C(90, 40, 20)***. Плоскость P_i проходит через точку ***D(135, 85, 60)***, имеет азимут падения 120^0 и интервал ***l=10***.

2.21. Найти двугранный угол между двумя заданными плоскостями ***ABC*** и ***DEF***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(120, 40, 50)***, ***B(115, 0, 10)***, ***C(90, 40, 20)***, ***D(135, 85, 60)***, ***E(135, 115, 20)***, ***F(15, 110, 0)***.

2.22. Построить плоскость P_i, проходящую через прямую ***AB*** и перпендикулярную плоскости Q_i. Плоскость P_i задать масштабом заложения. Координаты точек отрезка прямой – ***A(10, 20, 30)***, ***B(40, 50, 0)***. Плоскость Q_i проходит через точку ***C(50, 60, 110)***, имеет азимут падения 110^0 и уклон ***i = 1:2***.

2.23. Построить высоту треугольника ***ABC*** из вершины ***C***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.24. Найти центр и радиус окружности, описанной вокруг треугольника ***ABC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.25. Найти центр и радиус окружности, вписанной в треугольник ***ABC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.26. Найти расстояние между параллельными плоскостями P_i и Q_i. Плоскость P_i задана тремя точками – ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***, а плоскость Q_i проходит через точку ***D(110, 65, 50)***.

2.27. Построить плоскость Q_i, параллельную данной плоскости $P_i(ABC)$ и удалённую от неё на расстояние ***d=30 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.28. Построить прямую ***n***, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***AB*** и ***CD*** и параллельную ***EF***. Прямую ***n*** задать парой точек. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(75, 40, 30)***, ***B(35, 70, 60)***, ***C(85, 65, 50)***, ***D(45, 105, 20)***, ***E(10, 35, 80)***, ***F(25, 100, 50)***.

2.29. Определить расстояние между двумя скрещивающимися прямыми ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(75, 40, 30)***, ***B(35, 70, 60)***, ***C(85, 65, 50)***, ***D(45, 105, 20)***.

2.30. Построить прямую, пересекающую данные прямые ***AB*** и ***CD*** и параллельную оси ***Oy***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(75, 40, 30)***, ***B(35, 70, 60)***, ***C(85, 65, 50)***, ***D(45, 105, 20)***.

3. МНОГОГРАННИКИ

3.1. Построить тетраэдр, поставленный на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** по заданному ребру, равному ***45*** (по масштабу чертежа).*

Решение (рис. 42). Построение тетраэдра начинают с построения на горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** основания тетраэдра $A_0B_0C_0$ – правильного треугольника с заданной стороной. Затем для определения проекции вершины тетраэдра совмещают его боковые грани с горизонтальной плоскостью проекций ***xOy***, приняв за оси вращения соответствующие стороны основания тетраэдра. Совмещение граней представится в виде трёх одинаковых равносторонних треугольников $A_0S'B_0$, $B_0S''C_0$, $C_0S'''A_0$. При этом точки S', S'' и S''' – это совмещения одной и той же точки – вершины тетраэдра $S_?$. Затем поднимают боковые грани тетраэдра до тех пор, пока точки S', S'' и S''' не сольются в одну $S_?$. При этом горизонтальные проекции точек S', S'' и S''' будут перемещаться по перпендикулярам ***n, m, k*** к осям вращения A_0B_0, B_0C_0, C_0A_0, и поэтому горизонтальная проекция вершины $S_?$ будет находиться в точке пересечения всех трёх перпендикуляров.

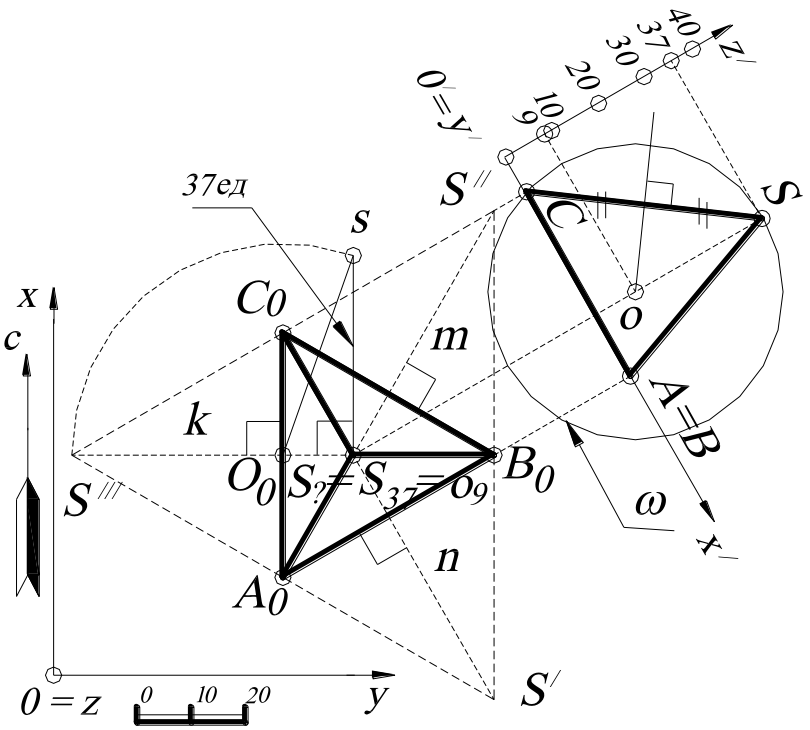


Рис. 42.

* Построения могут выполняться аналогично, если необходимо построить неправильную пирамиду по произвольным шести рёбрам.

По найденной таким образом горизонтальной проекции вершины $S_?$ и её совмещению (например, S''') остаётся определить числовую отметку точки $S_?$. Искомая числовая отметка или расстояние от горизонтальной плоскости проекций xOy (по заданию основания тетраэдра) равно катету $S_?s$ прямоугольного треугольника $S_?sO_0$, построенного по гипотенузе O_0S''' и катету $S_?O_0$ (см. рис. 34).

Проекция описанной сферы ω строится из условия: все точки тетраэдра принадлежат поверхности сферы. Ребро SC параллельно плоскости профиля. Следовательно, проекция описанной сферы (на профиле) будет проходить через точки S, C и точки им симметричные относительно высоты тетраэдра (так как точка C принадлежит параллели описанной сферы и на этом профиле будет принадлежать очерку этой сферы). Построив серединный перпендикуляр к профилю отрезка SC, находят проекцию центра o описанной сферы ω. Горизонтальная проекция описанной сферы определяется радиусом $oS=oC$ и центром o_9. Вследствие того, что описанная сфера ω на плане будет изображаться в виде окружности такого же радиуса, как и на профиле и для того чтобы не затенять построения тетраэдра на плане, проекция описанной сферы на плане не проведена.

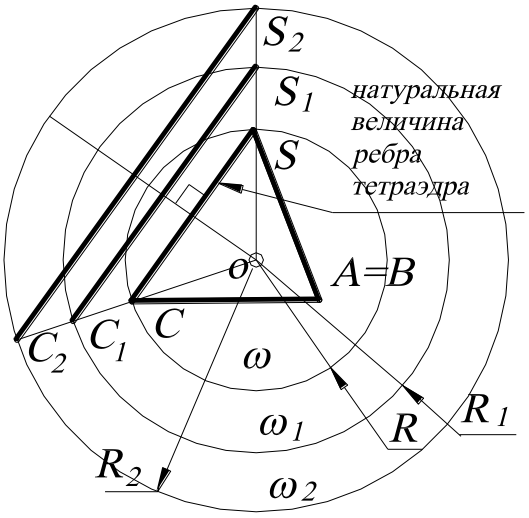


Рис. 43.

Что касается зависимости между радиусом описанной сферы и длиной ребра тетраэдра, то это будет величина постоянная. Другими словами, построив один раз сферу, описанную вокруг тетраэдра с заданной величиной ребра, и пользуясь пропорциональностью, можно графически определить радиус любой другой сферы, описанной вокруг тетраэдра, и величину его ребра. Такая зависимость справедлива для всех тел Платона. На рис. 43 построена графическая зависимость длины

ребра тетраэдра от радиуса описанной сферы: $\frac{SC}{R} = \frac{S_1C_1}{R_1} = \frac{S_2C_2}{R_2} = const$, то есть из точки ***o*** строятся прямые, проходящие через точки ***C*** и ***S*** и в пересечении с произвольными окружностями ω_1 и ω_2 - проекциями описанных сфер – определяются рёбра S_1C_1, S_2C_2.

3.2. Построить гексаэдр (куб) с величиной ребра ***40*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 44). В этом случае гексаэдр стоит одной своей гранью $A_0B_0C_0D_0$ на основной плоскости проекций ***xOy***. Грань $A_0B_0C_0D_0$ будет проецироваться на эту плоскость проекций в виде квадрата со стороной ***40***. Длина ребра гексаэдра соответствует числовым отметкам верхнего основания $E_{40}F_{40}K_{40}L_{40}$, проекция которого будет совпадать с проекцией $A_0B_0C_0D_0$.

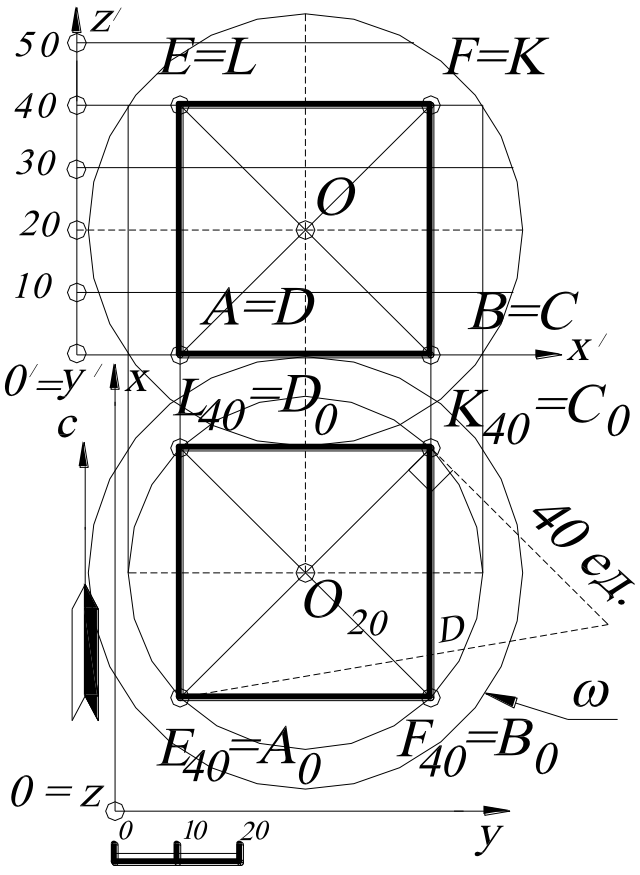


Рис. 44.

Центр описанной сферы ω будет находиться на пересечении диагоналей гексаэдра – точка O_{20}, а длина любой диагонали будет являться диаметром ***D*** описанной сферы. Все диагонали гексаэдра проецируются на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** с искажением, следовательно, на плане находят натуральную величину любой диагонали, например C_0E_{40}, методом прямоугольного треугольника. Полученная величина ***D*** является диаметром описанной сферы ω.

3.3. Построить октаэдр с величиной ребра ***42*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 45). Октаэдр состоит из восьми равносторонних треугольников, соединённых по четыре около каждой вершины. Отсюда видно, что октаэдр (правильный восьмигранник) может быть рассмотрен как две четырехугольные пирамиды – ***EABCD*** и ***FABCD*** (***E***, ***F*** – вершины этих пирамид), сложенные своими квадратными основаниями ***ABCD*** вместе. На этом основании построение октаэдра начинается с построения упомянутого выше квадрата со стороной ***42*** как основания пирамид.

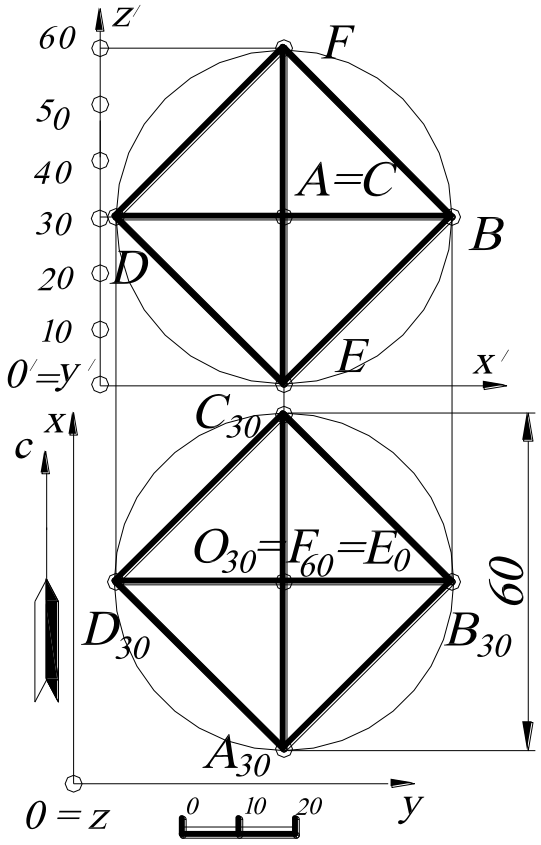


Рис. 45.

В простейшем случае, когда диагональ октаэдра, соединяющая обе вершины пирамид, вертикальна, плоскость квадрата параллельна горизонтальной плоскости проекций и, следовательно, проецируется на неё в натуральную величину, а на профиле – по прямой, параллельной оси ***z′***. А потому, вычертив на горизонтальной плоскости квадрат $A_{30}B_{30}C_{30}D_{30}$, сторона которого равна ребру октаэдра, и соединив его центр O_{30}, в котором проецируются вершины ***E*** и ***F*** пирамид, с вершинами ***ABCD***, находят горизонтальную проекцию октаэдра. Для определения числовых отметок точек ***E*** и ***F*** заметим, что все диагонали октаэдра равны между собой и что квадрат ***ABCD*** делит вертикальную диагональ пополам. Поэтому, измерив длину диагонали, например $A_{30}C_{30}$, которая равна ***60***, получают числовые отметки точек E_0 и F_{60}. Причём длина диагонали (и её проекции в этом случае) равна диаметру сферы, описанной вокруг этого октаэдра.

3.4. Построить правильный пятиугольник со стороной ***50*** (по масштабу чертежа).

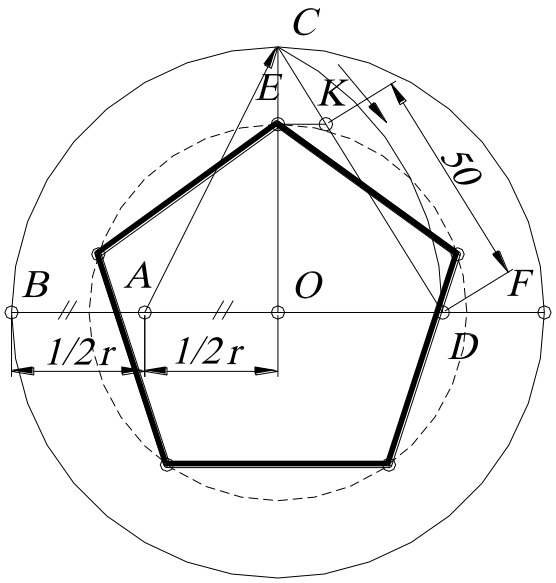


Рис. 46.

Решение (рис. 46). Для этого пользуются правилом «золотого сечения». Проводят произвольную окружность с радиусом, равным ***OB***, и делят этот радиус пополам, получая точку ***A***. Из точки ***A*** радиусом, равным ***AC***, проводят дугу окружности, которая пересечет горизонтальную прямую ***OF*** в точке ***D***. Таким образом, разделили отрезок ***BD*** в отношении «золотого сечения», где ***AD*** – «большая» часть, а ***BA*** – «меньшая». Точку ***D*** соединяют с точкой ***C*** прямой линией. Отрезок прямой ***DC*** будет являться шкалой, на которой откладывают заданную сторону правильного пятиугольника. В данной задаче на ***DC*** откладывают отрезок, равный ***50,*** и получают точку ***K***. Из точки ***K*** проводят отрезок, параллельный отрезку ***OD***, который пересечёт вертикальную ось ***OC*** в точке ***E*** – вершине правильного пятиугольника. Отрезок ***OE*** будет являться радиусом описанной окружности искомого пятиугольника. Остальные вершины пятиугольника находят, откладывая циркулем по построенной окружности отрезки (хорды), равные ***50***.

3.5. Построить икосаэдр с величиной ребра ***47*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 47). Икосаэдр образован двадцатью равносторонними треугольниками, соединёнными по пяти около каждой вершины и, следовательно, расположенными так, что икосаэдр может быть рассматриваемым как многогранник, состоящий из двух пятиугольных пирамид ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** (где ***A*** и ***B*** – вершины этих пирамид) и промежуточного многогранника, ограниченного с боков десятью равными треугольниками. Пирамиды ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** имеют в основании два равных и параллельных пятиугольника ***CDEFG*** и

HJKLM. Причём вершины этих оснований расположены так, что вершины верхнего основания ***HJKLM*** находятся напротив середин сторон нижнего основания ***CDEFG***. Поэтому, чтобы построить по заданному ребру икосаэдр, где отрезок прямой ***AB*** соединяет вершины верхней и нижней пирамид, перпендикулярен основной плоскости проекций ***xOy***, и, следовательно, пятиугольные основания ***CDEFG*** и ***HJKLM*** параллельны этой плоскости проекций, а вершина ***A*** принадлежит этой плоскости проекций (то есть имеет отметку ***0***), поступают следующим образом.

На плане чертят по заданному ребру (см. рис. 46) два правильных пятиугольника ***CDEFG*** и ***HJKLM*** так, чтобы точки ***C, D, E, F, G***, ***H, J, K, L, M*** делили окружность, описанную около них, на десять равных частей. Тогда точки ***CDEFG*** и ***HJKLM*** представят горизонтальные проекции оснований как нижней пирамиды, так и верхней, а также промежуточного многоугольника, где центр ***O*** – это середина отрезка прямой ***AB***. Полученные точки последовательно соединяют между собой, как показано на рис. 47.

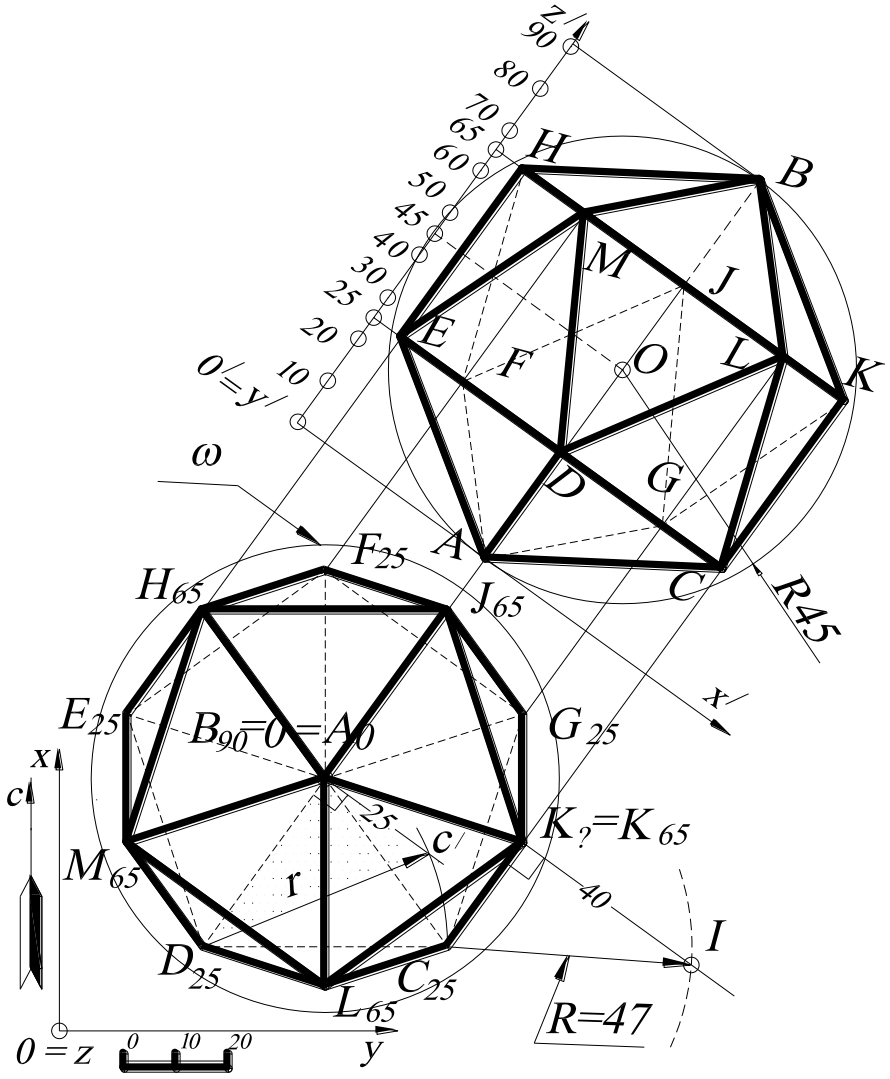


Рис. 47.

Чтобы найти числовые отметки полученных проекций вершин икосаэдра, достаточно найти высоту h обеих пирамид (они равны) и высоту h_1 промежуточного многогранника, так как основание нижней пирамиды $CDEFG$ параллельно основной плоскости проекций xOy и находится от неё на расстоянии высоты пирамиды h. Основание верхней пирамиды $HJKLM$ также параллельно основной плоскости проекций и находится от неё на расстоянии $h+h_1$, а вершина B – $h+h_1+h$. Высота h пирамиды равна катету прямоугольного треугольника, в котором гипотенузой является ребро пирамиды, а другим катетом – расстояние от основания высоты пирамиды до одной из вершин основания пирамиды. Поэтому строят прямоугольный треугольник, в котором один катет равен A_0D. Затем в точке A_0 восстанавливают перпендикуляр к A_0D, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – натуральной величине ребра пирамиды $r=47$. Катет прямоугольного треугольника A_0c' равен h. Измерив расстояние $A_0c'=25$ (по масштабу чертежа), получают числовые отметки точек $C, D, E, F, G,$ равные 25.

Остаётся найти высоту h_1 промежуточного многогранника. Для этого достаточно найти высоту одной из вершин верхнего его основания $HJKLM$, например, вершины $K_?$, над плоскостью проекций xOy, так как это основание параллельно основной плоскости проекций. С этой целью используют метод прямоугольного треугольника, то есть определяют разность координат $\Delta z=h_1$ (числовых отметок) концов отрезка, например, отрезка (ребра) $C_{25}K_?$, а именно строят прямоугольный треугольник $C_{25}K_?I$, в котором один катет равен $C_{25}K_?$. Затем в точке $K_?$ восстанавливают перпендикуляр $K_?I$, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – ребру $R=47$ (по масштабу чертежа).

Искомая высота точки $K_?$ над основной плоскостью проекций определится как катет $K_?I$ прямоугольного треугольника $C_{25}K_?I,$ построенного по катету $C_{25}K_?$ и гипотенузе $R=47$. А потому, измерив расстояние $K_?I=40=h_1$ (в соответствии с линейным масштабом), получают отметку точки $K_?$, равную $h_1+h=25+40=65$. Все точки основания верхней пирамиды $HJKLM$ также будут иметь числовые отмет-

ки, равные ***65***, так как это основание параллельно основной плоскости проекций ***xOy***.

Вершина ***B*** будет иметь числовую отметку $h+h_1+h=25+40+25=90$. Наконец, диаметр описанной сферы ω икосаэдра $|AB|=90$, центр ***O*** которой будет лежать на середине этого отрезка.

3.6. Построить додекаэдр с величиной ребра ***33***.

Решение (рис. 48). Додекаэдр (правильный двенадцатигранник) образован двенадцатью правильными пятиугольниками, соединёнными по три около каждой вершины, и расположены так, что противоположные грани многогранника лежат в плоскостях, параллельных друг другу, и симметричны относительно центра додекаэдра.

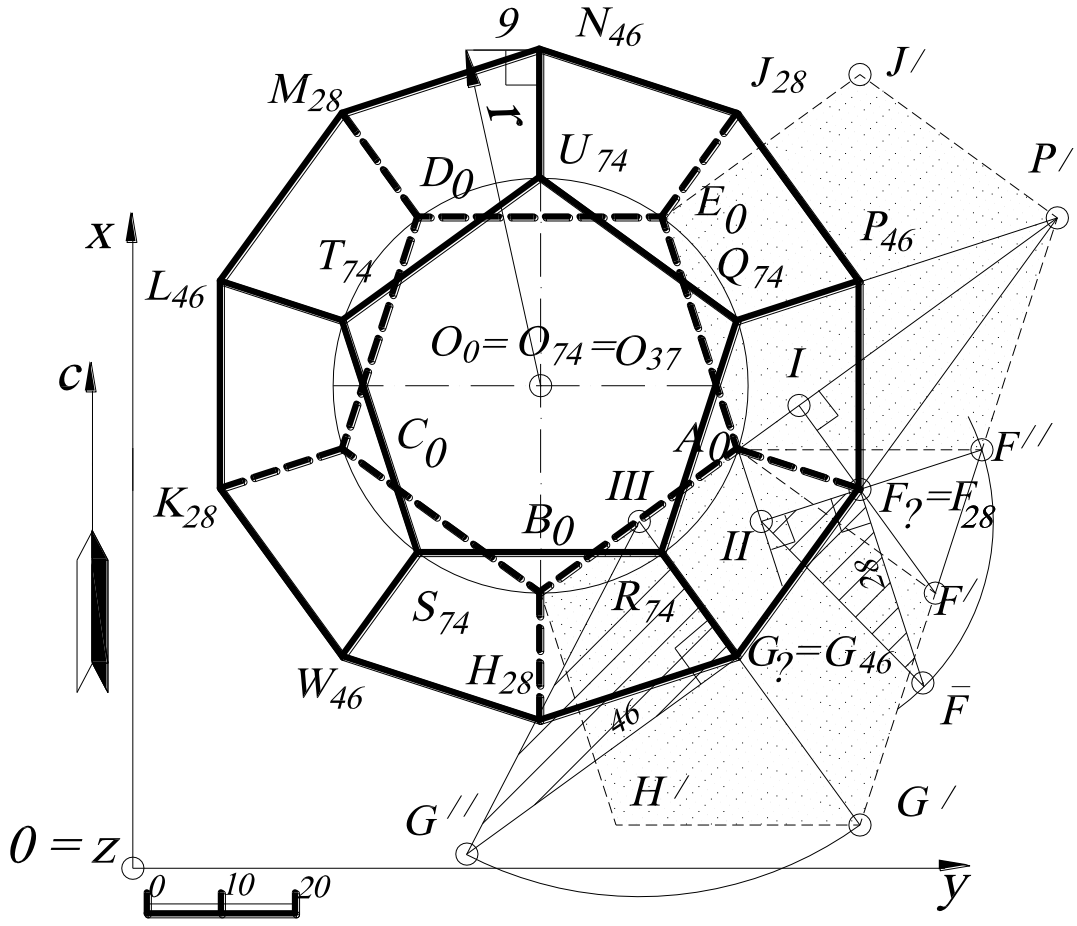


Рис. 48.

Построение выполняется следующим образом. Предположим, что додекаэдр одной из своих граней ***ABCDE*** поставлен на основную плоскость проекций ***xOy***. В таком случае вычерчивают на основной плоскости проекций правильный пятиугольник $A_0B_0C_0D_0E_0$ – основание додекаэдра. Чтобы определить проекции боковых вершин додекаэдра и их числовые отметки, совмещают с плоскостью проекций ***xOy*** две смежные грани, прилегающие к основанию $A_0B_0C_0D_0E_0$, вращая их около ребра A_0B_0 и A_0E_0. Совмещение этих граней представится в виде двух правильных пятиугольников – $B_0H'G'F'A_0$ и $A_0F''P'J'E_0$, причём легко видеть, что точки F' и F'' - это прообразы для совмещения одной и той же точки – вершины $F_?$. Вращая грани, поднимают их в первоначальное положение и находят проекции точек F', F'', G'. На плане проекции этих точек будут при восстановлении граней перемещаться по перпендикулярам к осям вращения A_0B_0 и A_0E_0. Следовательно, горизонтальная проекция вершины $F_?$ будет находиться на пересечении перпендикуляров IF' и IIF'', по которым перемещаются точки F' и F''.

Что касается числовой отметки точки $F_?$, то она будет находиться на высоте от основной плоскости проекций ***xOy***, которая определится по величине катета $F_?\overline{F}$ в прямоугольном треугольнике $IIIF_?\overline{F}$ (см. рис. 34). Другими словами, длина катета $F_?\overline{F}$ равна ***28*** (по построению), а ось вращения A_0E_0 занимает нулевую отметку, тогда точка $F_?= F_{0+28}=F_{28}$.

Чтобы найти числовую отметку точки $G_?$ по совмещению G', то можно увидеть на рис. 46, что прямая $F'G'$ пересекает ось вращения A_0B_0 в точке P', и, следовательно, горизонтальная проекция точки G' должна находиться одновременно и на горизонтальной проекции $P'F$ прямой $F'P'$ и на перпендикуляре $IIIG'$ к оси вращения A_0B_0, то есть в точке их пересечения $G_?$. По известным точкам $G_?$ и G' (см. рис. 34) определяют числовую отметку точки $G_?$, как катет $G_?G''$ прямоугольного треугольника $G_?G''III$, построенного по катету $IIIG_?$ и гипотенузе $IIIG''=G_?G'$. Поэтому, измерив расстояние $G_?G''$ (в соответствии с линейным масштабом), получают числовую отметку точки $G_?=G_{46}$.

Таким же образом можно было бы поступать для определения проекций всех остальных вершин додекаэдра. Однако вследствие правильности многогранника все его вершины, подобные ***F*** и ***G***, расположены одинаковым образом относительно основной плоскости проекций и симметрично относительно оси додекаэдра, проведённой через центры обоих оснований ***ABCDE*** и ***RSTUQ***. Следовательно, вершина ***F*** и точки ***H, K, M, J*** лежат на одном и том же расстоянии от основной плоскости проекций и симметрично расположены относительно центра окружности, описанной около основания ***ABCDE***. На этом же основании горизонтальные проекции ***F, H, K, M, J*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE***, и одну из вершин в точке ***F***. Числовые отметки точек ***H, K, M, J*** равны числовой отметке точки ***F***, так как проекция пятиугольника ***FHKMJ*** параллельна основной плоскости проекций.

На этом же основании горизонтальные проекции ***G, W, L, N, P*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE***, и одну из вершин в точке ***G***. Следовательно, вершины ***W, L, N, P*** имеют числовые отметки такие же, как у вершины ***G***, то есть ***46***.

Наконец, верхняя грань ***RSTUQ***, параллельная основной плоскости проекций, имеет горизонтальной проекцией правильный пятиугольник, вписанный в одинаковую окружность, что и пятиугольник ***ABCDE***, и притом так, что вершины обоих многоугольников разделяют окружность на десять равных частей. В силу симметричности додекаэдра числовые отметки грани ***RSTUQ*** определяются арифметическим прибавлением разности числовых отметок грани $F_{28}H_{28}K_{28}M_{28}J_{28}$ и грани $A_0B_0C_0D_0E_0$ к числовым отметкам грани $G_{46}W_{46}L_{46}N_{46}P_{46}$, то есть ***28-0=28, 28+46=74***, и получают грань с отметками $R_{74}S_{74}T_{74}U_{74}Q_{74}$.

Центр описанной вокруг додекаэдра сферы лежит на середине оси O_0O_{74}, то есть в точке O_{37}. Все вершины додекаэдра принадлежат поверхности сферы. Поэтому проекцией радиуса описанной сферы будет отрезок, соединяющий центр O_{37} с любой её вершиной, например N_{46}. Натуральную величину радиуса ***r*** опи-

санной сферы определяют методом прямоугольного треугольника, как показано на рис. 48 (проекция описанной сферы на чертеже не показана из-за множества линий основных построений додекаэдра).

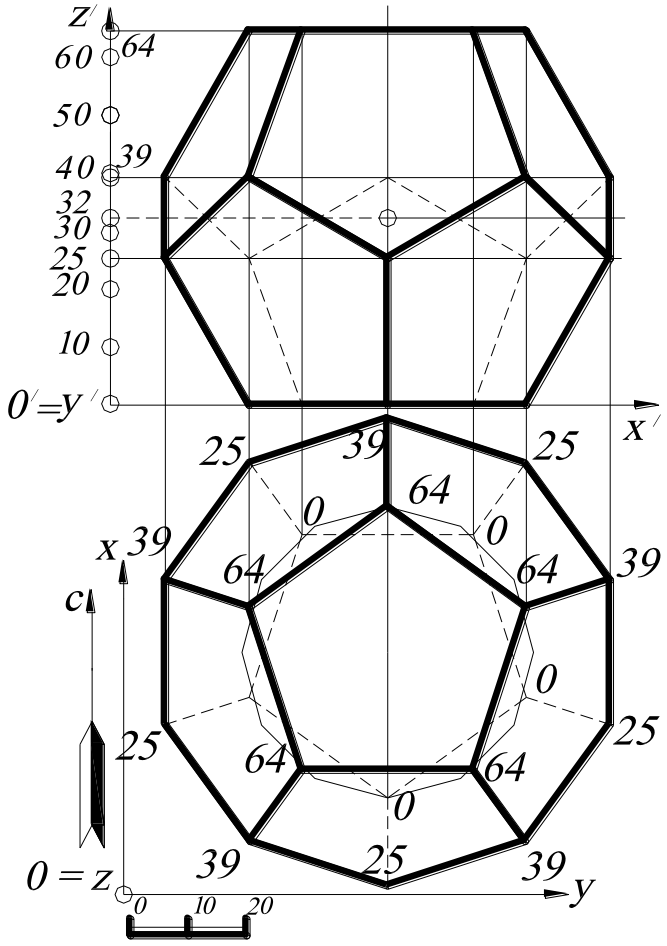


Рис. 49.

На рис. 49 показано построение профиля додекаэдра. Задаётся система координатных осей $O'x'y'z'$ (ось y' будет проецироваться в точку, совпадающую с O'), и по линиям проекционной связи строят вершины додекаэдра в соответствии с их числовыми отметками. Затем все полученные вершины соединяются отрезками прямых с учётом видимости рёбер додекаэдра.

3.7. Найти точки пересечения пирамиды ***ABCD*** с плоскостью ω_i.

Решение (рис. 50). Построение выполняется следующим образом. Градуируют сторону ***SA*** и строят горизонтали h_1, h_2, h_3, принадлежащие плоскости грани ***SAC***. Находят линию пересечения

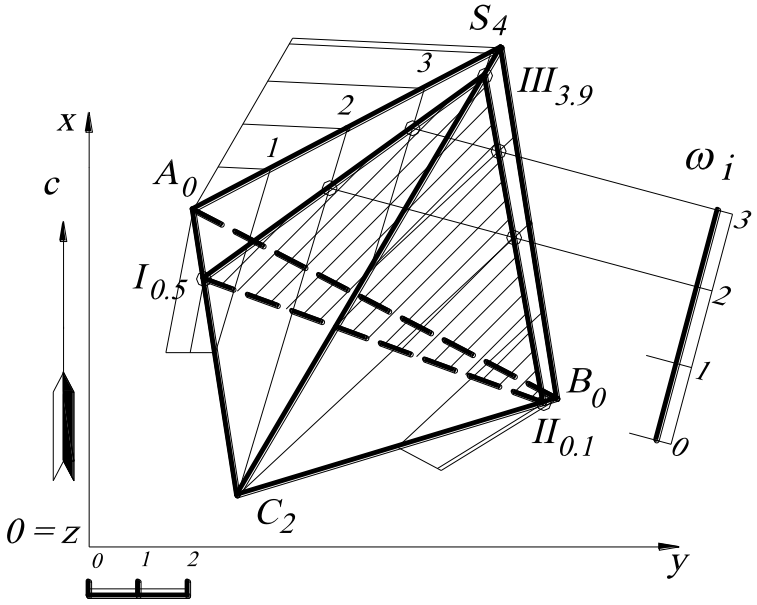


Рис. 50.

грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i, как пересечение пары горизонталей с одинаковыми числовыми отметками (см. задачу 2.8.). В пересечении пар горизонталей с отметками ***2*** и с отметками ***3*** получаются две точки, которые задают линию пересечения (***I, III***) грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i.

Аналогично строят линию пересечения грани ***SCB*** с заданной плоскостью ω_i, в результате имеют линию пересечения (***II***, ***III***). Грань ***ACB*** с заданной плоскостью ω_i пересекается по прямой (***I, II***), так как построенные точки ***I*** и ***II*** принадлежат рёбрам этой грани, и поэтому дополнительные построения здесь выполнять необязательно. Построенный треугольник является сечением пирамиды ***SABC*** заданной плоскостью ω_i. Определяют видимость этого треугольника и числовые отметки его вершин ***I***, ***II*** и ***III*** (с помощью градуирования).

3.8. Найти точки пересечения пирамиды ***SABC*** с прямой ***DE***.

Решение (рис. 51). Построение точек пересечения многогранника с прямой линией связано с основной позиционной задачей. ***Алгоритм*** выполняется в следующей последовательности.

1. Через заданную прямую проводится вспомогательная плоскость-посредник (таких плоскостей можно провести пучок ∞^1).
2. Строится фигура сечения (см. пример на рис. 50). Затем определяются точки пересечения (с числовыми отметками) заданной прямой со сторонами фигуры сечения.
3. Определяют видимость прямой.

Через заданную прямую D_3E_1 проводят вспомогательную плоскость-посредник ω_i, в сечении которой с заданным многогранником будет треугольник $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$. Полученное сечение $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$ пересечет заданную прямую D_3E_1 в точках ***F*** и ***K***, отметки которых определяются градуированием отрезка прямой D_3E_1.

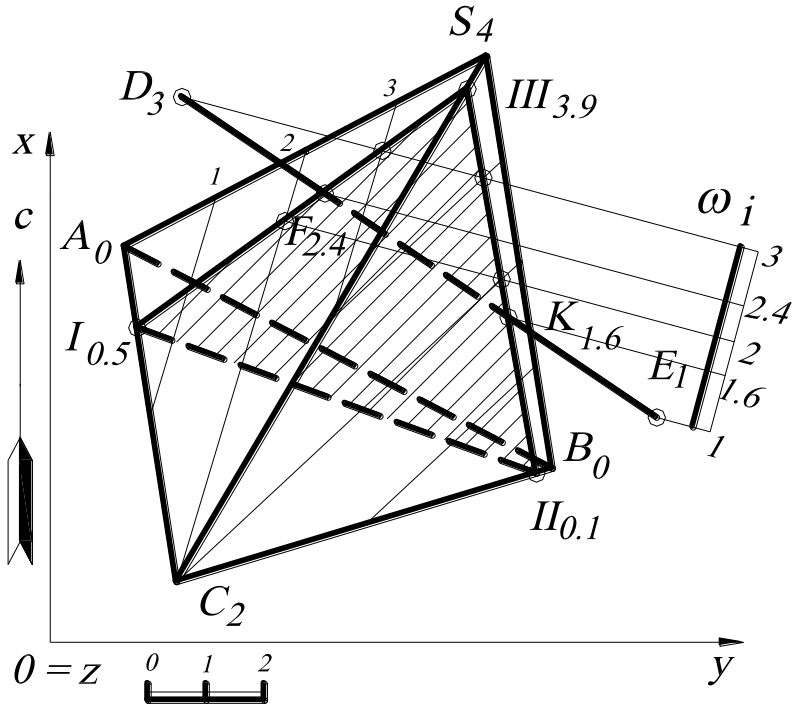


Рис. 51.

Видимость отрезка прямой D_3E_1 определяется по конкурирующим точкам. Другими словами, находят точки, принадлежащие поверхности многогранника и прямой D_3E_1, проекции которых совпадают, и определяют их числовые отметки с помощью градуирования. Точка будет видимой, числовая отметка которой больше (в зависимости от этого, определяется видимость многогранника или прямой). На рис. 51 проекция прямой D_3E_1 и проекция ребра S_4C_2 пересекаются. Однако ребро S_4C_2 находится выше, чем прямая D_3E_1, значит, прямая D_3E_1 является невидимой, а в точках пересечения с многогранником $F_{2.4}$ и $K_{1.6}$ видимость её меняется на противоположную.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

3.1. Построить пересечение прямой ***EF*** с пирамидой ***ABCD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(140, 120, 40)***, ***B(90, 30, 0)***, ***C(40, 20, 20)***, ***D(20, 130, 0)***; ***E(70, 15, 10)***, ***F(100, 150, 40)***.

3.2. Построить сечение поверхности пирамиды ***SABCD*** плоскостью ***MLN***. Проекции точек заданы координатами: ***S(135, 120, 150) A(55, 15, 20), B(95, 180, 70), C(20, 160, 30), D(20, 25, 0) M(160, 55, 110), L(145, 30, 90), N(145, 55, 100)***.

3.3. Построить проекцию прямой призмы, нижнее основание которой $A_{20}B_{20}C_{50}$, а высота равна ***60 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(65, 55, 20), B(35, 90, 20), C(80, 90, 50)***.

3.4. Поставить на плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ треугольную пирамиду ***SABC***, в основании которой лежит правильный треугольник $A_?B_?C_?$, если известен центр ***O(35, ?, 40)*** и радиус описанной окружности основания ***R=25 мм***, высота пирамиды ***h=70 мм***. Вершины $A_?$ и $C_?$ принадлежат горизонтали плоскости $K_0L_{60}M_{30}$. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65, 15, 0), L(65, 105, 60), M(5, 60, 30)***.

3.5. Построить проекцию пирамиды, нижнее основание которой $A_{20}B_{20}C_{50}$, вершина $S_?$ лежит на прямой, перпендикулярной основанию, проходящей через точку C_{50} и $S_?C_{50}$=***60 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(65, 55, 20), B(35, 90, 20), C(80, 90, 50)***.

3.6. Поставить на плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ прямую треугольную призму, в основании которой лежит правильный треугольник $A_?B_?C_?$, если известен центр ***O(35, ?, 40)*** и радиус описанной окружности основания ***R=25 мм***, высота призмы OO'=***70 мм***. Верхнее основание параллельно нижнему и проходит через точку ***O'(35, 40, ?)***. Вершины $A_?$ и $C_?$ принадлежат горизонтали плоскости $K_0L_{60}M_{30}$. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65, 15, 0), L(65, 105, 60), M(5, 60, 30)***.

3.7. Поставить на плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ треугольную пирамиду ***SADC***, в основании которой лежит правильный треугольник $A_{35}B_?C_?$, если известен центр описанной окружности основания ***O(35, ?, 40)*** и точка ***A(55, ?, 35)***. Высота пирамиды $S_?O_{40}$=***70 мм***. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65, 15, 0), L(65, 105, 60), M(5, 60, 30)***.

3.8. Построить прямую призму, основания которой – параллельные треугольники $A_{55}B_{50}C_{30}$ и $A'_?B'_?C'_?$, а высота призмы ***h=70 мм***. Призма стоит на плоскости $K_0L_{60}M_{30}$. Проекции вершин нижнего основания призмы заданы следующими координатами: ***A(60, ?, 55)***, ***B(15, ?, 50)***, ***C(50, ?, 30)***. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65, 15, 0)***, ***L(65, 105, 60)***, ***M(5, 60, 30)***.

3.9. Построить проекции пирамиды по заданному основанию $A_0B_0C_0$ и натуральным величинам трёх её рёбер: ***SA=60 мм***, ***SB=50 мм***, ***SC=70 мм***. Основание пирамиды задано координатами точек: ***A(70, 20, 0)***, ***B(40, 50, 0)***, ***C(75, 70, 0)***.

3.10. Построить сечение пирамиды $S_{70}A_0B_0C_0D_0E_0$ плоскостью $K_0M_{60}L_{40}$ и найти натуральную величину фигуры сечения. Плоскость $K_0M_{60}L_{40}$ задана координатами точек ***K(55, 5, 0)***, ***M(20, 55, 60)***, ***L(5, 25, 40)*** Пирамида задана координатами точек: ***S(60, 60, 70)***, ***A(50, 35, 0)***, ***B(80, 35, 0)***, ***C(90, 60, 0)***, ***D(70, 75, 0)***, ***E(35, 70, 0)***.

4. ПОВЕРХНОСТИ

4.1. Построить наклонный эллиптический цилиндр, заданный осью (отрезок прямой M_1K_{-3}) и вертикальным сечением (окружность с радиусом ***r=25***).

Решение (рис. 52). Наклонный эллиптический цилиндр на чертеже в проекциях с числовыми отметками может задаваться однопараметрическим семейством эллипсов с числовыми отметками, а также этот цилиндр может определяться осью и вертикальным сечением, являющимся окружностью.

Ось наклонного цилиндра задается отрезком прямой M_1K_{-3}. Через точку M_1 строят вертикальное сечение, перпендикулярное на плане к оси цилиндра, и вводят новую систему координат $O'x'y'z'$ для профиля. На профиле строят окружность заданного радиуса ***r=25*** (в соответствии с линейным масштабом), которая является вертикальным сечением наклонного эллиптического цилиндра.

На профиле (вертикальном сечении) проводят горизонтальные линии, расстояние между которыми в масштабе равно единичным высотным превышениям. Другими словами, на профиле находят верхнюю образующую цилиндра, высот-

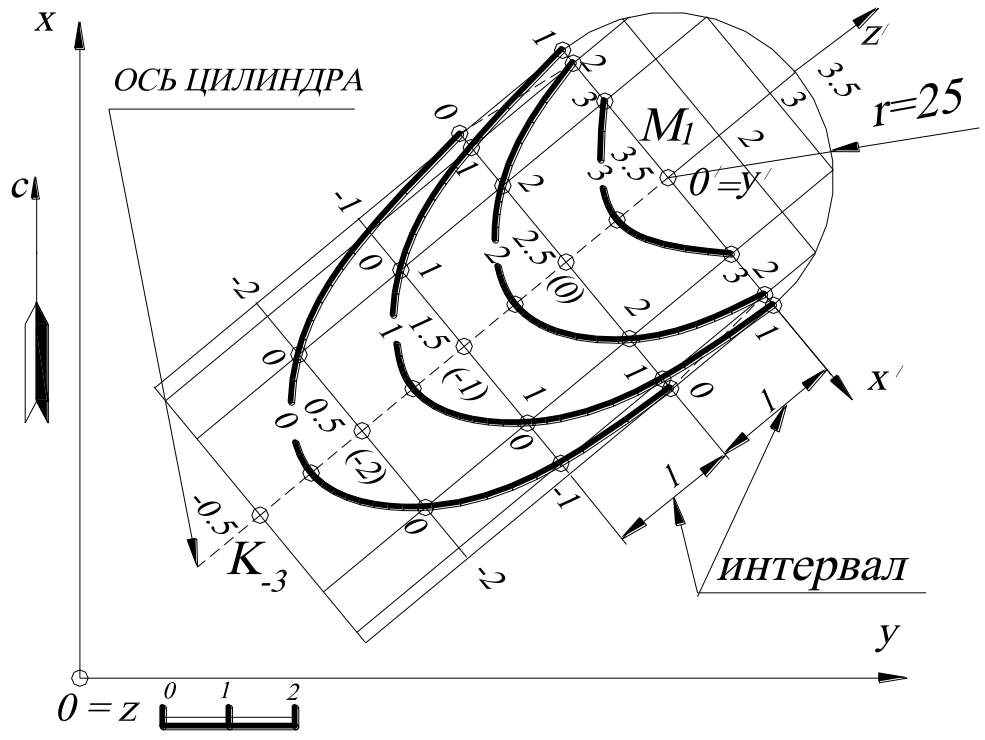


Рис. 52.

ная отметка которой равна ***3.5,*** и ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***3*** и ***2***. На плане масштабы заложения этих образующих будут такими же, как и масштабы заложения оси цилиндра ***l***, так как по условию задания они параллельны друг другу, а их высотные отметки будут определяться пропорционально с помощью профиля.

Крайние очерковые образующие будут иметь высотные отметки, одинаковые с высотными отметками оси, так как они лежат в одной плоскости и, как было уже сказано, параллельны друг другу. Для точности построения эллипсов градуируют ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***2***.

Для построения эллипса с высотной отметкой, например ***1***, необходимо на всех проградуированных образующих цилиндра найти точки с высотной отметкой ***1*** и соединить их плавной кривой. Семейство (однопараметрическое) построенных эллипсов задаст на плане наклонный эллиптический цилиндр, а эллипс с высотной отметкой ***0*** – сечение этого цилиндра горизонтальной плоскостью проекций ***H***.

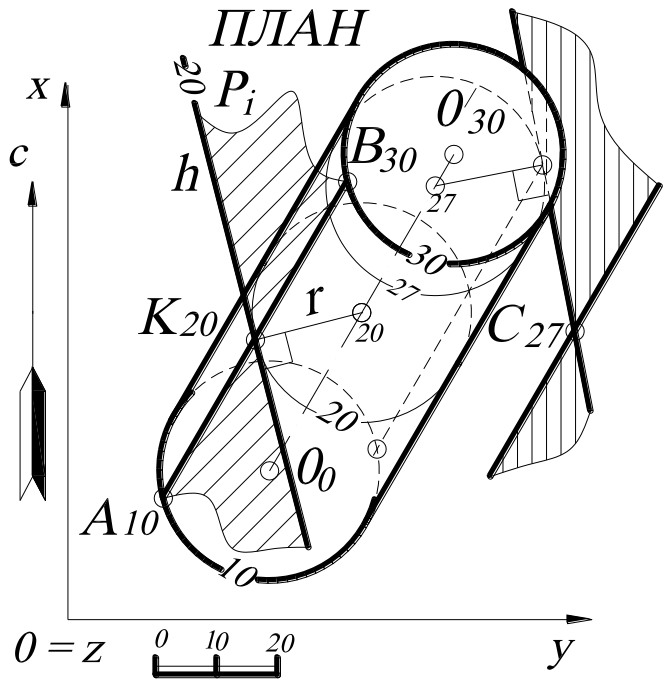


Рис. 53.

4.2. Построить касательную плоскость P_i к поверхности наклонного цилиндра, проходящую через точку K_{20}. Точка K_{20} принадлежит поверхности цилиндра.

Решение (рис. 53). Касательная плоскость в обыкновенной (регулярной) точке ***K*** определена однозначно касательными в этой точке к любым двум кривым, расположенным на поверхности и пересекающимся в этой точке ***K***. Следовательно, через точку K_{20} проводят образующую цилиндра $A_{10}B_{30}$, которая будет являться общей для цилиндра и

искомой касательной плоскости P_i. Известно, что радиус основания (параллели) цилиндра r, проведённый в точке касания, является нормалью к поверхности цилиндра, и задача сводится к построению плоскости, перпендикулярной к радиусу параллели цилиндра, проходящей через точку K_{20}. Поэтому проводят через точку K_{20} горизонталь h_{20}, перпендикулярную к радиусу цилиндра r, так как эта горизонталь проходит через точку с числовой отметкой 20, то она будет иметь числовую отметку 20. Таким образом, построив две пересекающиеся прямые h_{20} и $A_{10}B_{30}$, задают плоскость, касательную к цилиндру.

В том случае, если точка не принадлежит поверхности цилиндра, – C_{27}, то построения выполняют следующим образом. Строят параллель цилиндра с той же числовой отметкой, что и у заданной точки C_{27}, проградуировав ось цилиндра (на рис. 53 градуирование не показано), строят из точки C_{27} касательную к этой параллели и прямую, параллельную оси цилиндра.

4.3. Построить точки пересечения прямой $A_{10}B_{40}$ с поверхностью цилиндра.

Решение (рис. 54). Построение точек пересечения прямой линии с поверхностью

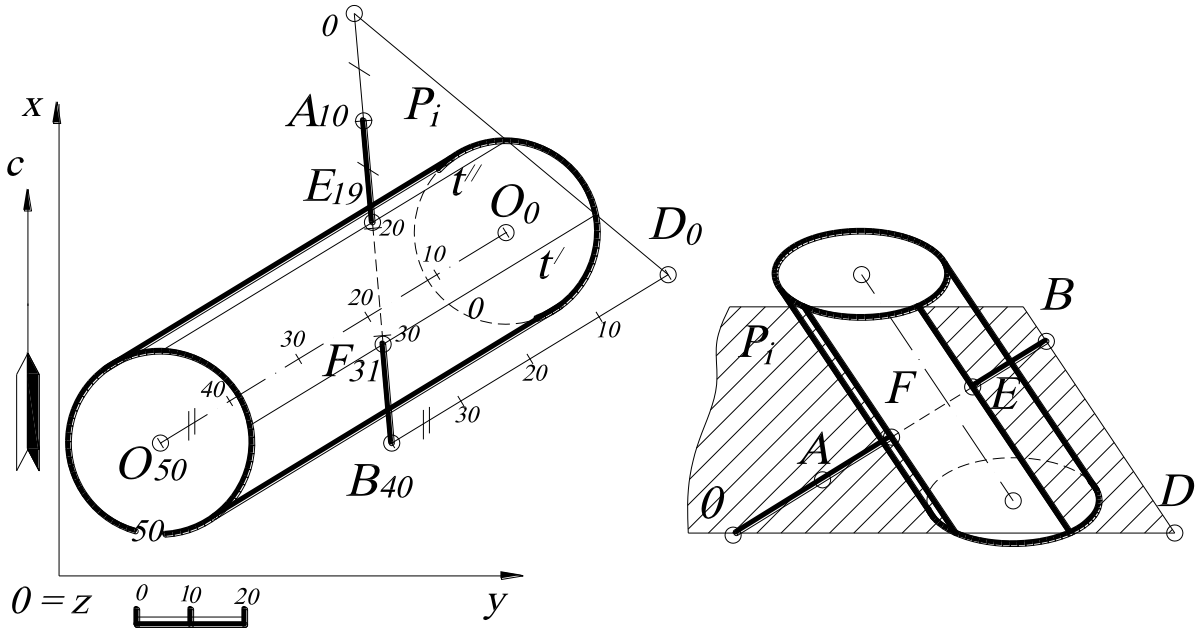


Рис. 54.

цилиндра осуществляется при помощи вспомогательной плоскости. При этом вспомогательную плоскость нужно выбирать так, чтобы она, проходя через дан-

ную прямую, пересекала бы поверхность цилиндра по прямым линиям, то есть эта плоскость должна быть параллельна образующим цилиндра (в том случае, если задан конус, то плоскость должна проходить через его вершину).

Таким образом, через прямую $A_{10}B_{40}$ проводят плоскость P_i, которая пересекала бы поверхность цилиндра по его образующим. Плоскость P_i будет являться плоскостью общего положения, так как образующие цилиндра – это прямые общего положения. Для построения плоскости P_i на прямой $A_{10}B_{40}$ выбирают произвольную точку, например B_{40}, и строят прямую $B_{40}D_0$, параллельную оси O_0O_{50} цилиндра. На основании свойства параллельности прямых интервал прямой $B_{40}D_0$ равен интервалу оси цилиндра (или интервалу образующей). Затем на прямой $A_{10}B_{40}$ находят точку с отметкой 0, определив интервал прямой $A_{10}B_{40}$ (на чертеже градуирование $A_{10}B_{40}$ не показано). Пересекающиеся прямые $A_{10}B_{40}$ и $B_{40}D_0$ будут определять плоскость P_i, параллельную оси цилиндра и пересекающую его поверхность по образующим t' и t''. Точки пересечения E_{19} и F_{31} прямой $A_{10}B_{40}$ с этими образующими будут искомыми точками встречи прямой с поверхностью цилиндра. Числовые отметки точек E_{19} и F_{31} определяются градуированием отрезка прямой $A_{10}B_{40}$ (на чертеже градуирование не показано).

4.4. Построить сечение сферы плоскостью общего положения ω_i.

Решение (рис. 55). Для нахождения сечения сферы плоскостью общего положения строится профиль $O'x'y'z'$, плоскость $O'x'z'$ которого перпендикулярна горизонталям заданной плоскости ω_i. В этом случае заданная плоскость общего положения на этом профиле будет проецирующей. Поэтому вводится новая декартова система координат, причем ось x' перпендикулярна горизонталям плоскости ω_i, ось z' выбирается вертикально и перпендикулярно к оси x', а ось y' совпадает с началом отсчета O'. Для решения этой задачи профиль удобнее строить в проекционной связи, как показано на рис. 55. На профиле плоскость ω_i будет изображаться в виде прямой, совпадающей с линией падения плоскости, сфера –

в виде окружности. На профиле находят общие точки плоскости и сферы и с помощью линий проекционной связи переносят на план (точка c_{26} – это точка пересечения осей эллипса, построение которой показано на рис. 55). Большая ось эллипса, проходящая через точку c_{26}, пересекает очерк сферы в двух точках. Точки, принадлежащие экватору сферы, будут являться точками изменения видимости сечения.

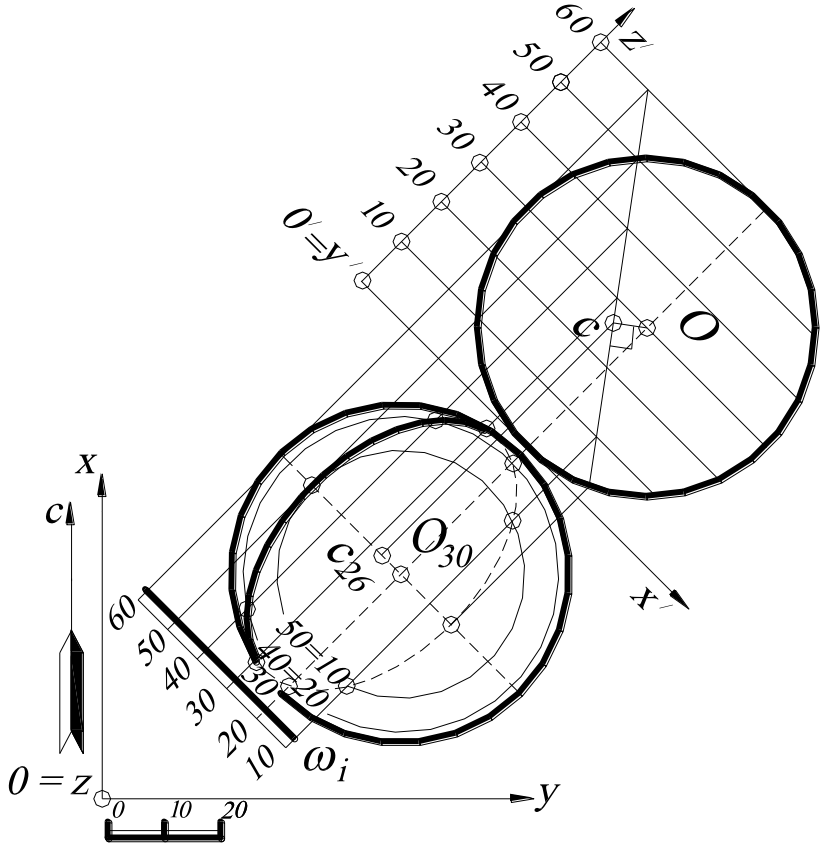


Рис. 55.

4.5. Найти точки (точку) пересечения прямой $F_{10}E_{60}$ общего положения с поверхностью сферы.

Решение (рис. 56). ***Алгоритм*** этой задачи связан с основной позиционной задачей (нахождение точки пересечения прямой с плоскостью):

1. Через прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник.

2. Находят пересечение вспомогательной плоскости-посредника со сферой (окружность).

3. Определяют точки пересечения (вместе с их высотными отметками) полученного сечения с заданной прямой.

4. Определяют видимость заданной прямой.

На чертеже в проекциях с числовыми отметками этот алгоритм реализуется следующим образом. Через прямую $E_{60}F_{10}$ проводят вертикальную плоскость-

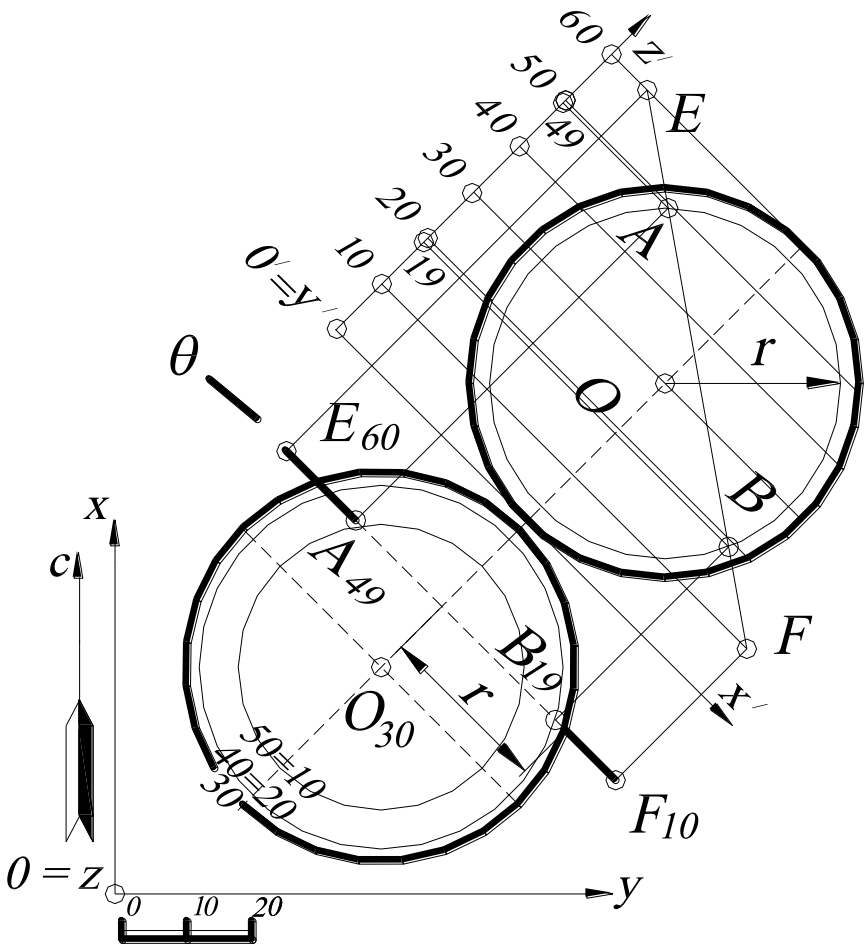


Рис. 56.

посредник θ. Затем строится профиль $O'x'y'z'$ (новая декартова система координат) так, чтобы ось x' была параллельна проекции (заложению) прямой $E_{60}F_{10}$, так как в этом случае сечение сферы радиуса r на этот профиль спроецируется без искажения, а прямая изобразится в виде прямой AB. На профиле определяются общие точки сечения и заданной прямой – A_{49} и B_{10}, которые потом с помощью линий проекционной связи переносятся на план. Видимость прямой $E_{60}F_{10}$ определяют относительно поверхности сферы, то есть если поверхность сферы видима, то прямая невидима (и наоборот).

4.6. Построить сечение прямого кругового конуса плоскостью общего положения θ_i, не проходящей через вершину конуса.

Решение (рис. 57, 58, 59, 60). Прямой круговой конус задаётся на плане горизонтальными сечениями (или параллелями), расстояния между которыми определяется расстоянием – интервалом конуса l_K. При пересечении конуса плоскостью общего положения θ_i, не проходящей через вершину конуса, возможны четыре варианта.

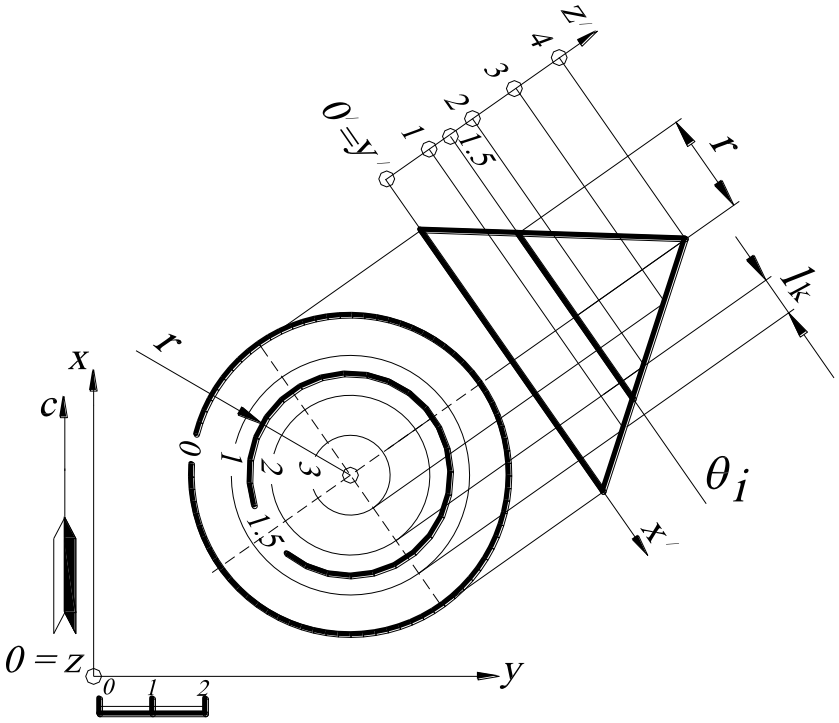


Рис. 57.

1. Окружность, когда секущая плоскость перпендикулярна оси вращения конуса. Если на чертеже интервал (масштаб заложения) секущей плоскости равен бесконечности, то есть секущая плоскость θ_i параллельна основной плоскости проекций H, то в сечении получается окружность (все точки окружности имеют одну и ту же высотную отметку, например ***1,5*** (см. рис. 57).

2. Эллипс (***или его часть***)***,*** когда секущая плоскость θ_i пересекает все образующие одной полы конуса (или могут пересекать), но не перпендикулярна оси конуса. На чертеже в проекциях с числовыми отметками если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ будет больше интервала (масштаба заложения) образующей поверхности заданного конуса l_k, $l_\theta > l_k$, то в сечении получается эллипс или его часть (см. рис. 58). Для построения эллипса на плане используют

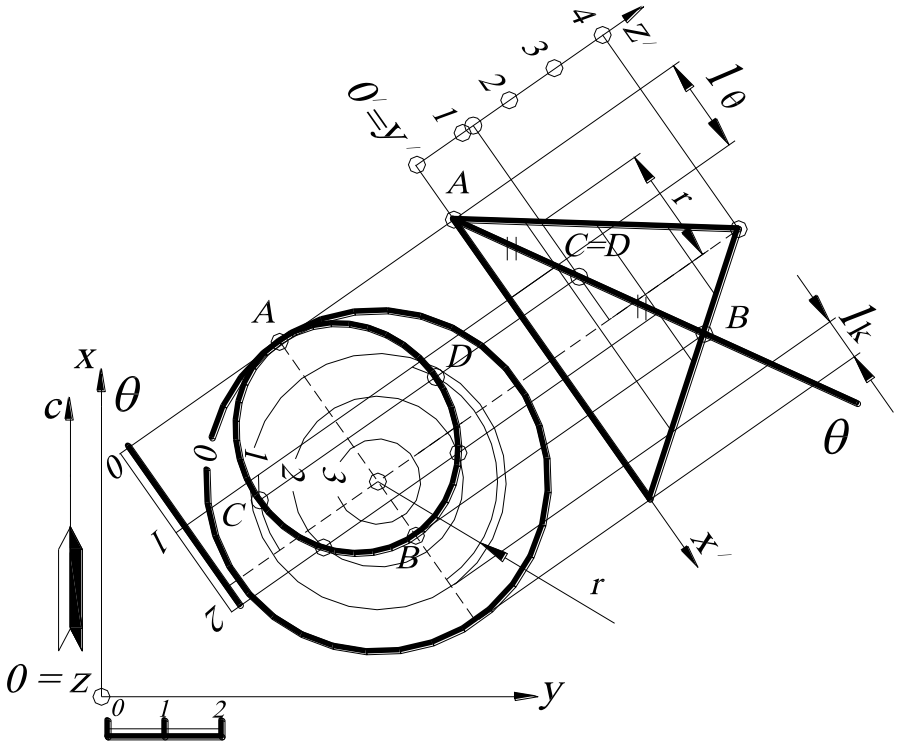


Рис. 58.

профиль, плоскость которого выбирают так, чтобы плоскость θ_i стала проецирующей, то есть перпендикулярной горизонталям плоскости θ_i.

3. Гипербола, когда секущая плоскость θ параллельна двум образующим. (Гипербола имеет две бесконечно удаленные точки). Если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ меньше интервала (масштаба заложения) образующей конуса l_k (см. рис. 59) или секущая плоскость перпендикулярна основанию конуса, то в сечении получается гипербола $l_\theta < l_k$, $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$.

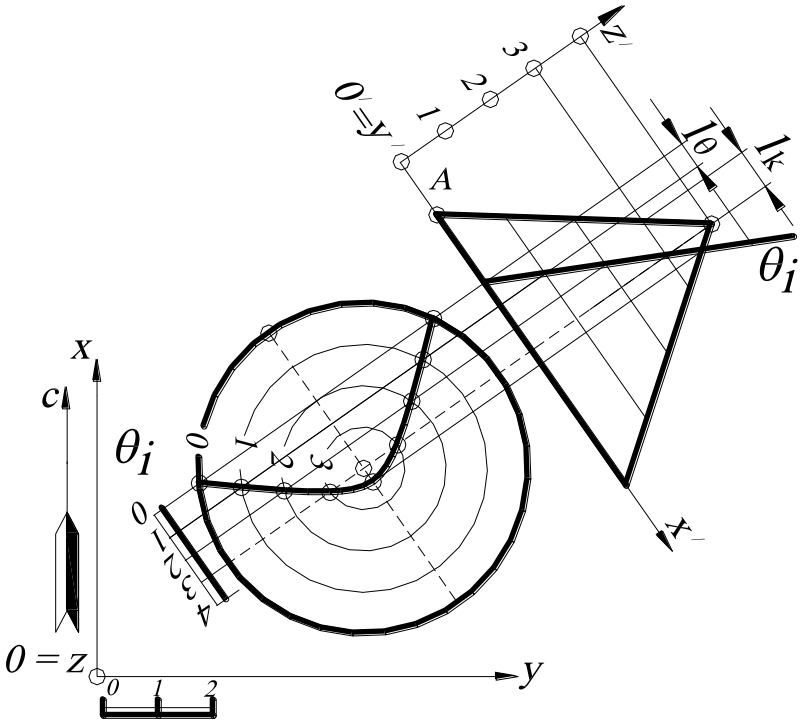


Рис. 59.

Если $l_\theta = 0$, гипербола на основную плоскость проекций H будет проецироваться в виде прямой, совпавшей с этой вертикальной плоскостью θ_i.

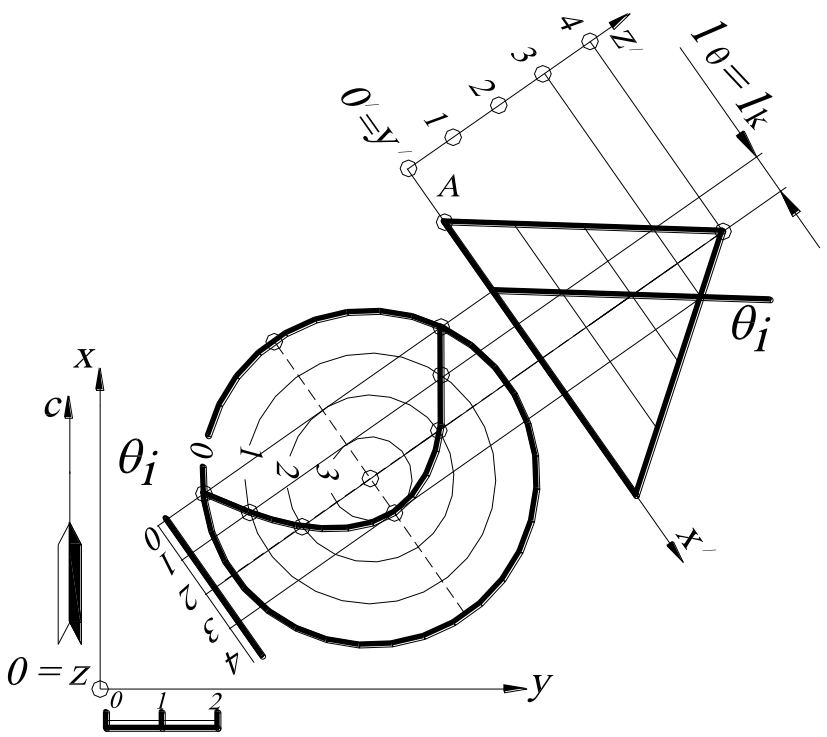


Рис. 60.

4. Парабола, когда секущая плоскость θ_i параллельна одной образующей конуса вращения (парабола имеет одну бесконечно удаленную точку). На чертеже в проекциях с числовыми отметками, если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ равен интервалу (масштабу заложения) образующей конуса l_k, то в сечении получается парабола $l_\theta = l_k$, $y^2 = 2px$ (см. рис. 60).

Если *секущая плоскость проходит через вершину конуса*, то в сечении может получиться (рис. 61):

а) *две изотропные (мнимые) прямые,* в пересечении которых появляется действительная точка – вершина конуса *S*, при этом интервал секущей плоскости l_θ будет больше интервала образующей конуса вращения l_k: $l_\theta > l_k$;

б) *две совпавшие прямые*, интервал секущей плоскости l_θ будет равен интервалу образующей конуса l_k: $l_\theta = l_k$;

в) *две пересекающиеся прямые*, интервал секущей плоскости l_θ меньше интервала образующей конуса l_k: $l_\theta < l_k$ (а также если секущая плоскость проходит через ось конуса).

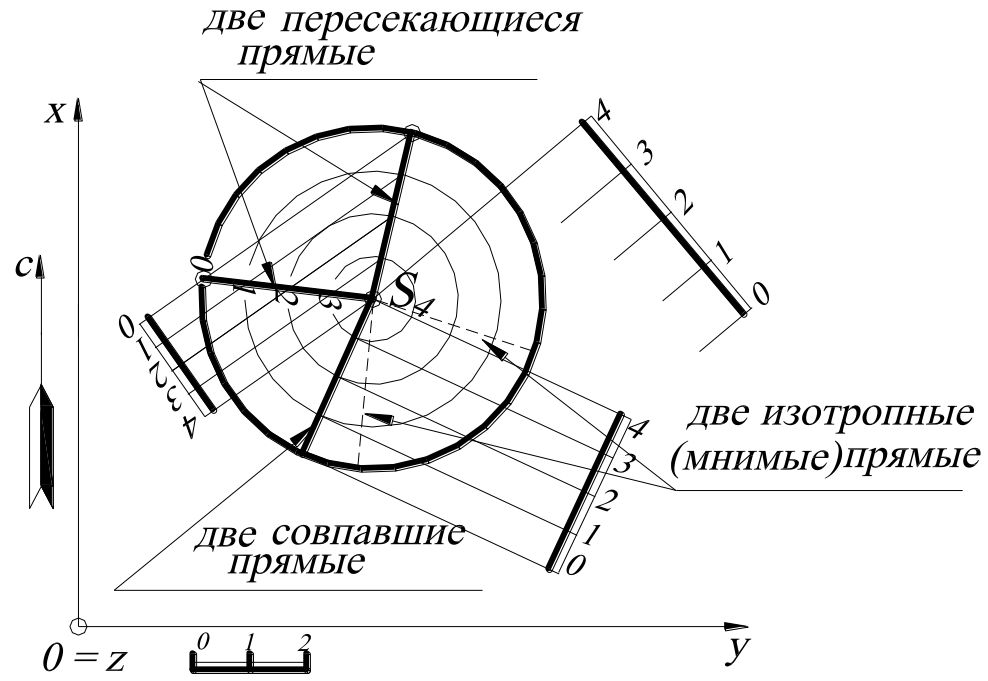


Рис. 61.

4.7. Найти точки пересечения прямой $A_{10}B_{40}$ и прямого кругового конуса, заданного вершиной S_{60} и основанием заданного радиуса с отметкой ***10***.

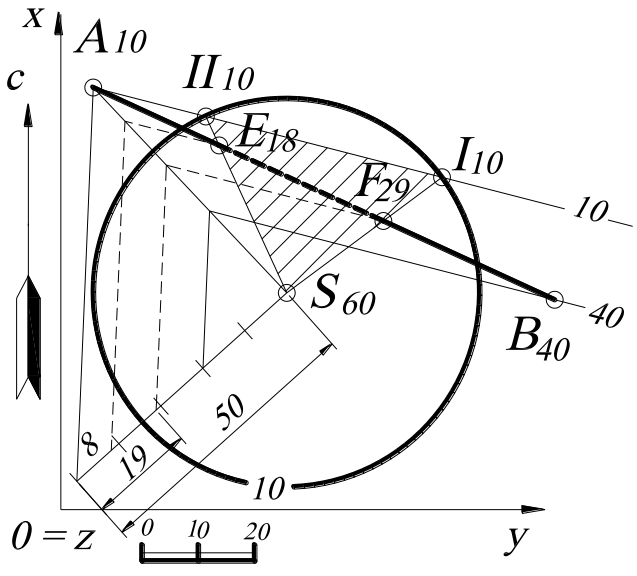


Рис. 62.

Решение (рис. 62). Алгоритм решения этой задачи см. в задаче 4.5. Через вершину конуса S_{60} (см. задачу 4.3) и прямую $A_{10}B_{40}$ задают плоскость $S_{60}A_{10}B_{40}$ – это плоскость общего положения. Строят горизонтали этой плоскости (например, ***40***-ю и ***10***-ю), проградуировав отрезок $S_{60}A_{10}$. Находят пересечение плоскости $S_{60}A_{10}B_{40}$ с поверхностью заданного

конуса – это две образующие $S_{60}I_{10}$ и $S_{60}II_{10}$. Затем определяют точки пересечения заданной прямой $A_{10}B_{40}$ и полученных образующих $S_{60}I_{10}$ и $S_{60}II_{10}$ – E_{18} и F_{29}, числовые отметки которых определяются градуированием отрезка прямой $A_{10}B_{40}$ (см. построение на рис. 62).

4.8. Найти расстояние от точки A_{30} до поверхности прямого кругового конуса, заданного вершиной S_{40} и основанием – окружностью заданного радиуса с отметкой ***0***.

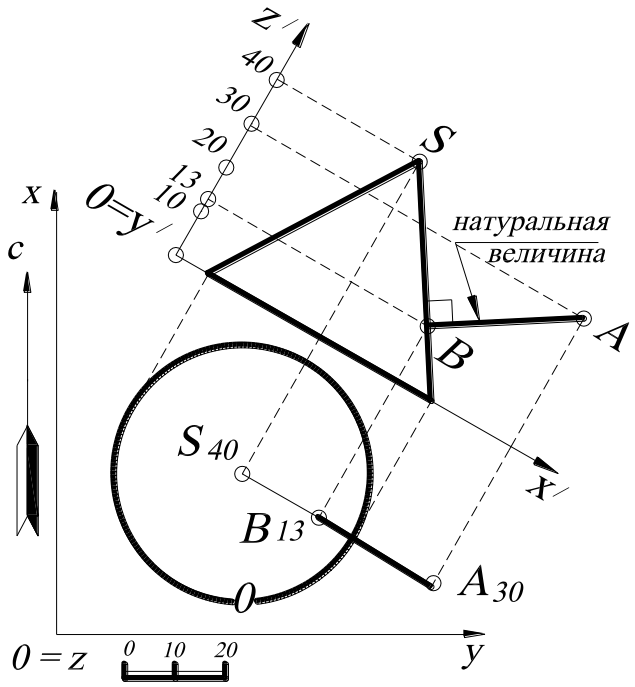


Рис. 63.

Решение (рис. 63). Расстоянием до поверхности конуса является перпендикуляр, опущенный из точки A_{30} к ближайшей образующей конуса. Проекция этого перпендикуляра на плане будет находиться в плоскости, задаваемой точкой A_{30} и осью конуса. Для нахождения точки пересечения этого перпендикуляра с поверхностью конуса строится профиль, параллельный этой плоскости. На профиле определяется точка пересечения перпендикуляра с поверхностью конуса ***B*** и её числовая отметка – ***13***, а также натуральная величина расстояния $A_{30}B_{13}$ (так как отрезок прямой $A_{30}B_{13}$ параллелен плоскости профиля).

4.9. Построить касательную плоскость к поверхности прямого кругового конуса, проходящую через точку K_{20}. Конус задан вершиной S_{30} и основанием ***n*** – окружностью заданного радиуса с числовой отметкой ***0***.

Решение (рис. 64). Известно, что касательная плоскость к поверхности в точке определяется двумя касательными, проведёнными к кривым поверхности,

проходящими через эту точку. Вершина конуса является особой точкой, и через неё проходят множество касательных – образующих конуса. Следовательно, касательная плоскость в этом случае задается прямой $K_{20}S_{30}$ и любой касательной прямой, проведённой к поверхности конуса, например к его параллели.

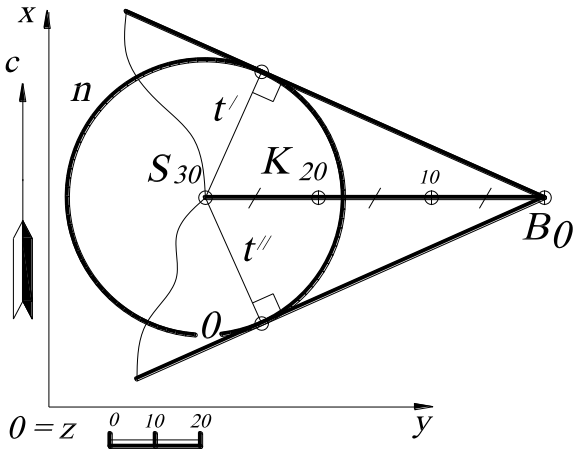


Рис. 64.

Точка K_{20} не принадлежит поверхности конуса. Для построения касательной к основанию конуса определяют точку B_0 – пересечение прямой $S_{30}K_{20}$ с основной плоскостью проекций H. Из точки B_0 строят касательные прямые к основанию конуса n, и в точках касания с основанием конуса определяют образующие конуса t' и t''. Касательные к основанию конуса и образующие t' и t'' будут задавать две касательные плоскости. Решение задачи не изменилось бы, если строить горизонталь конуса с числовой отметкой 20 и проводить к ней касательные из точки K_{20}.

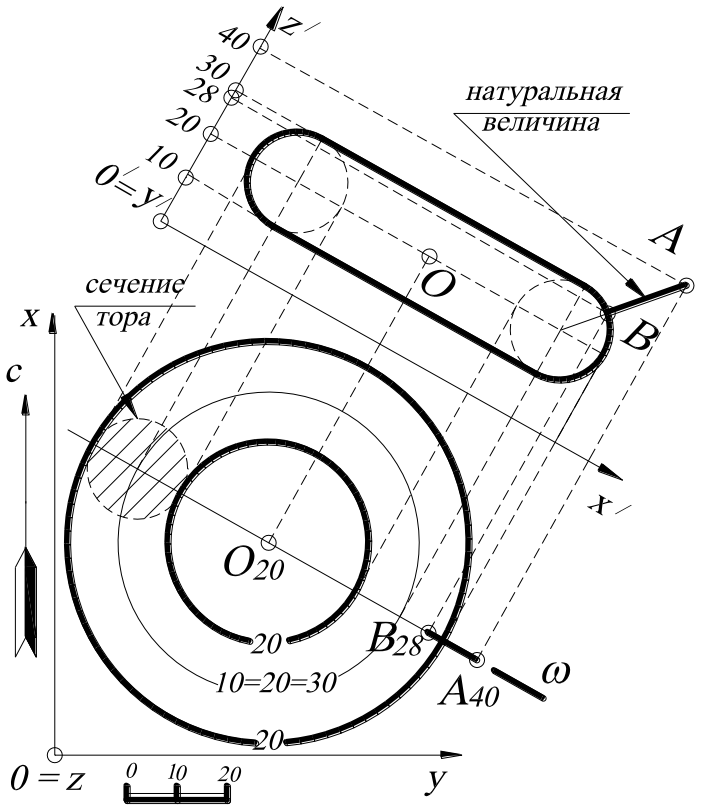


Рис. 65.

4.10. Найти расстояние от точки A_{40} до поверхности тора (круговое кольцо, «бублик»).

Решение. Тор образован вращением окружности вокруг оси, принадлежащей плоскости этой окружности

(эта окружность показана на рис. 65). Расстоянием является прямая, соединяющая заданную точку A_{40} с центром этой окружности – сечением тора, и будет находиться в плоскости, проходящей через центр тора ω. Для нахождения точки пересечения прямой и тора строится профиль параллельно проецирующей плоскости ω.

На профиле определяется искомая точка ***B*** и её числовая отметка ***28***. На плане точка B_{28} находится с помощью линии проекционной связи. Натуральная величина расстояния определяется на профиле (по построению).

4.11. Построить линейчатую поверхность, направляющие ***p***, ***q***, ***r*** которой – скрещивающиеся прямые (рис. 66).

Решение. Образующая ***l***, проходящая через точку ***P***, принадлежащую направляющей ***p***, пересекает прямые ***q*** и ***r*** и при движении точки ***P*** по прямой ***p*** описывает поверхность, называемую ***однополостным (линейчатым) гиперболоидом***. В этом случае необходимо найти образующую ***l***, проходящую через точку ***P*** и две скрещивающиеся прямые ***q*** и ***r***.

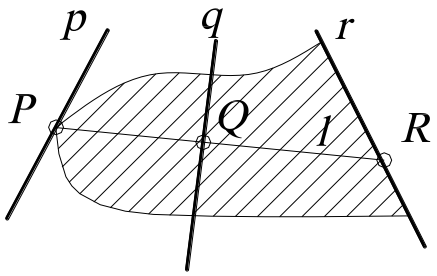


Рис. 66.

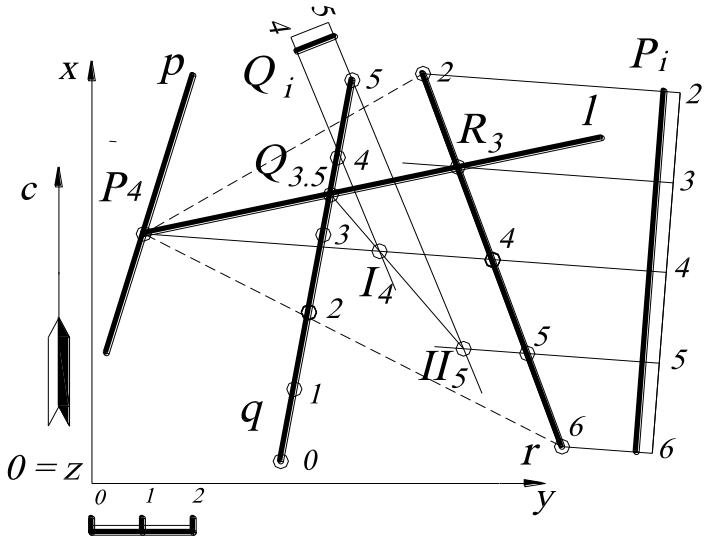


Рис. 67.

Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости, рис. 67).

Алгоритм.

1. На прямую ***r*** (можно выбрать и другую прямую, то есть ***q***) и точку ***P*** «натягивают»

плоскость (на чертеже эта плоскость показана штриховыми линиями). Затем эту плоскость задают горизонталями P_i.

2. Находят точку пересечения прямой q с плоскостью P_i:

   а) через прямую q проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i;

   б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_4II_5;

   в) находят точку пересечения прямой I_4II_5 и прямой q – точка $Q_{3,5}$.

3. Прямая, соединяющая заданную точку P_4 и построенную точку $Q_{3,5}$, будет искомой прямой l.

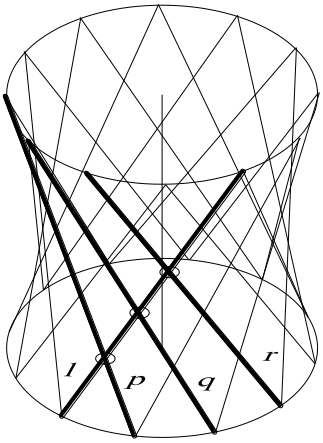


Рис. 68.

Форма поверхности показана на рис. 68.

На рис. 69 построен однополостный гиперболоид в проекциях с числовыми отметками. На профиле очерк гиперболоида – гипербола, которая строится по точкам пересечения параллелей с плоскостью главного меридиана или может быть построена на профиле как огибающая вращающейся образующей l в разных её положениях; на плане очерк однополостного гиперболоида – горловая окружность (горловая параллель) – огибающая горизонтальных проекций прямолинейных образующих l. Однополостный гиперболоид является поверхностью второго порядка.

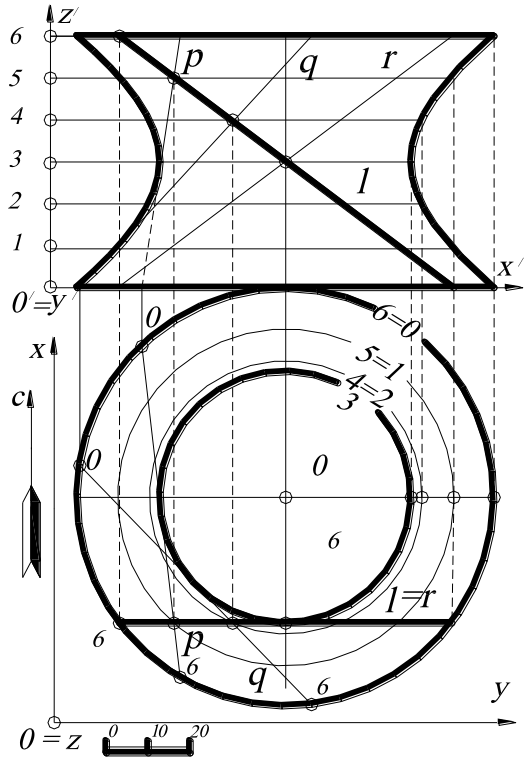


Рис. 69.

Множество прямых, с которыми совпадает при вращении образующая l, называют 1-м семейством на гиперболоиде. Из симметрии поверхности вращения относительно меридиональной плоскости следует существование на гиперболоиде 2-го семейства

прямых. Прямые 1-го семейства закручены влево, прямые 2-го – вправо. Любые две прямые одного семейства скрещиваются, любые две прямые из разных семейств пересекаются (или параллельны). Через каждую точку однополостного гиперболоида проходят одна правая и одна левая прямые.

4.12. Построить к заданной кривой $A_3B_2C_1D_0$ поверхность одинакового ската с углом наклона поверхности к основной плоскости проекций H, равным $\alpha=70^0$.

Решение (рис. 70). Построения выполняются следующим образом:

1. В соответствии с масштабом чертежа строится профиль, в котором проводится прямая под углом α. Получаемый при этом отрезок l характеризует интервал образующих конусов.

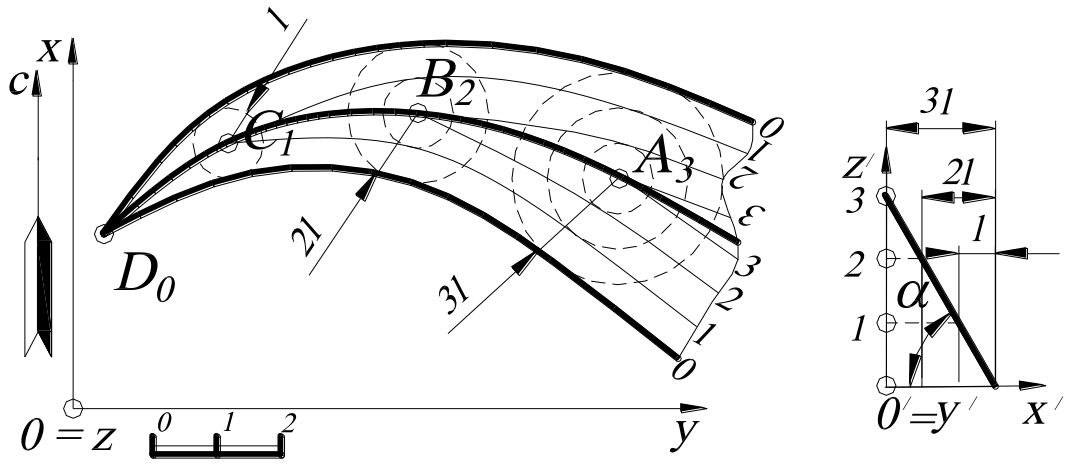


Рис. 70.

2. В соответствии с интервалом l строятся образующие конусов с центрами в точках $C_1B_2A_3$.

3. По касательным к горизонталям конусов с одинаковыми высотными отметками проводятся лекальные кривые горизонталей поверхности одинакового ската.

Наглядное изображение этой поверхности представлено на рис. 71.

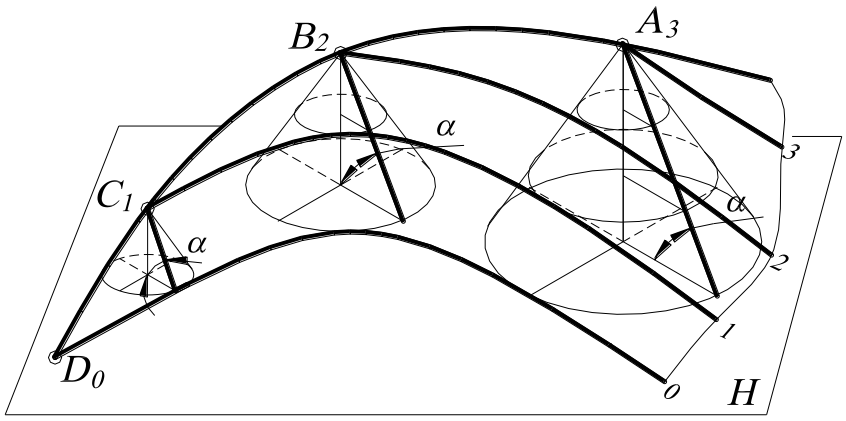
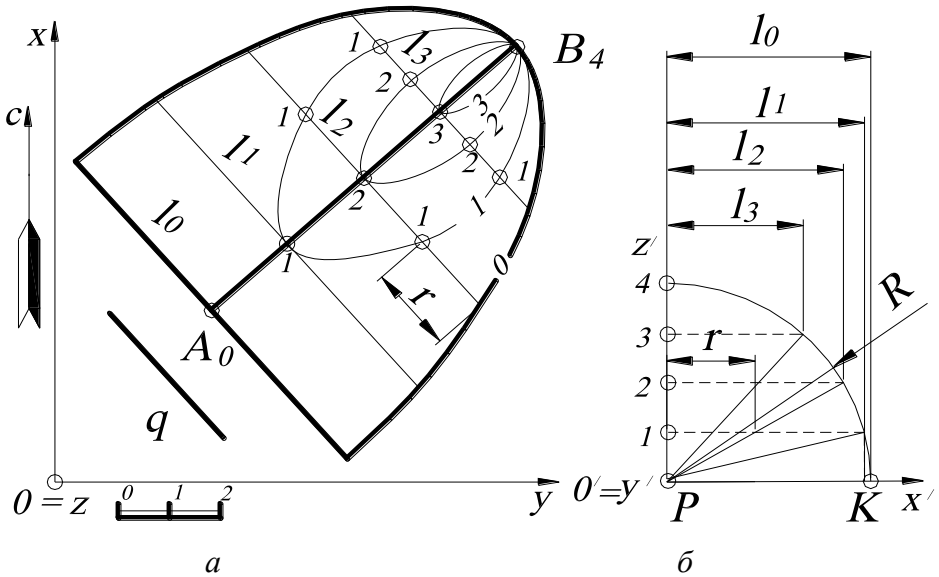


Рис. 71.

4.13. Построить поверхность равнодлинного откоса (частный случай коноида), образующая которой – прямая ***l***, параллельная плоскости параллелизма ***q***. Образующая постоянной длины ***|l|=4*** (по масштабу чертежа) этой поверхности одним концом скользит по направляющей прямой A_0B_4, а другим по горизонтальной плоскости проекций ***H***. Натуральная величина образующей определяется расстоянием от точки B_4 до горизонтальной плоскости проекций ***H***.

Решение (рис. 72). В общем случае поверхность равнодлинного откоса можно представить как поверхность, соприкасающуюся с однопараметрическим множеством прямых круговых конусов с вертикальной осью (вершины этих конусов лежат на направляющей (прямой) A_0B_4, а основания – на горизонтальной плоскости проекций ***H***). Тогда образующую конуса можно



а *б*

Рис. 72.

рассматривать как постоянную образующую поверхности равнодлинного откоса, параллельную плоскости $\boldsymbol{q} \perp \boldsymbol{H}$ (рис. 72, *а*).

Для определения горизонтальных проекций образующих части поверхности равнодлинного откоса проводят окружность (на рис.72, *б* показана часть этой окружности) радиуса $\boldsymbol{R=4}$, равного длине отрезка образующей $\boldsymbol{PK=l_0}$. Рассекают эту окружность отрезками горизонтальных прямых, расстояния между которыми в масштабе чертежа равны единице (линейный масштаб). Длину отрезка $\boldsymbol{PK}$ можно рассматривать как постоянную образующую конусов.

Затем строятся образующие поверхности равнодлинного откоса, проходящие через отметки ***0, 1, 2, 3***, причём горизонтальные проекции этих образующих на плане перпендикулярны направляющей $\boldsymbol{A_0B_4}$. 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 $\boldsymbol{r}$ на образующей $\boldsymbol{l_2}$ 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.

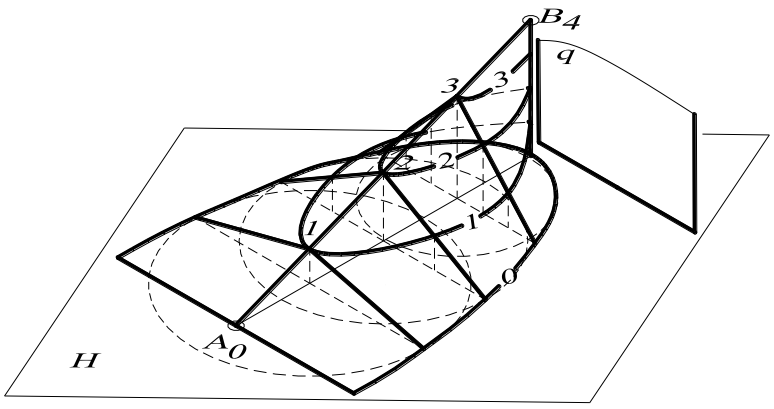


Рис. 73.

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 ***КМ*** 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.

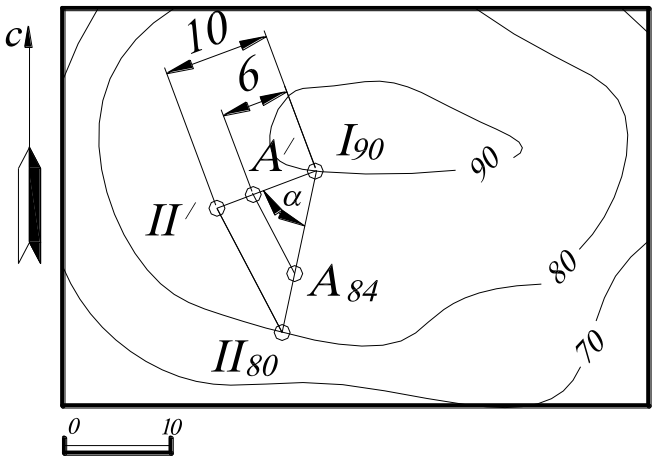


Рис. 74.

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.

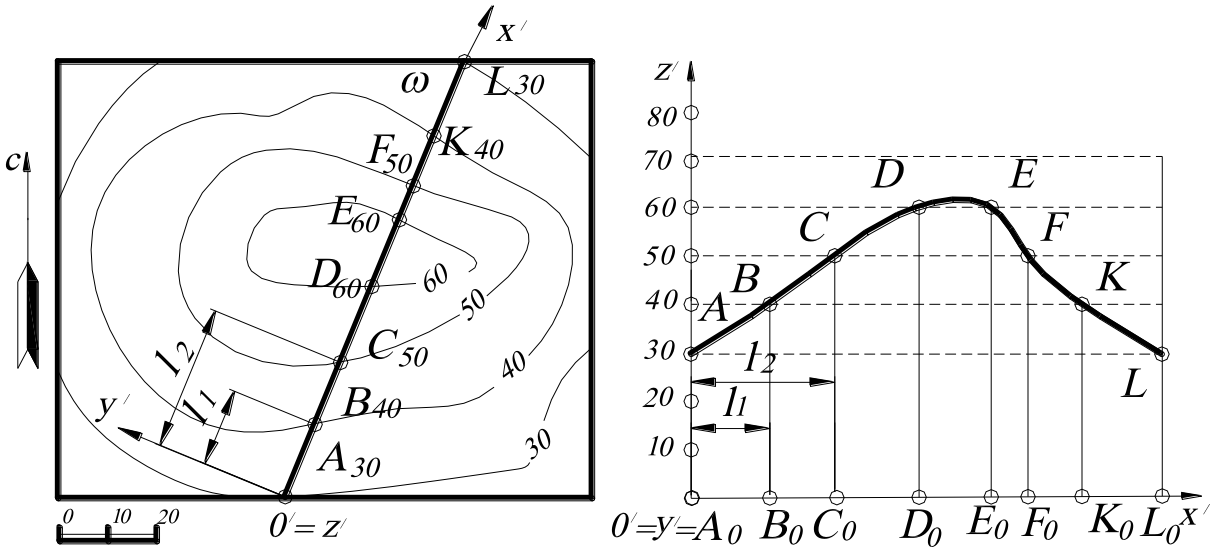


Рис. 75.

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.

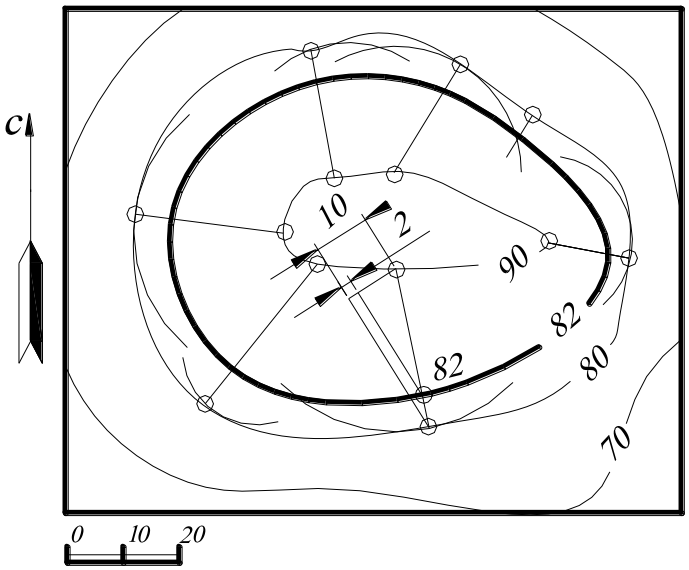


Рис. 76.

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

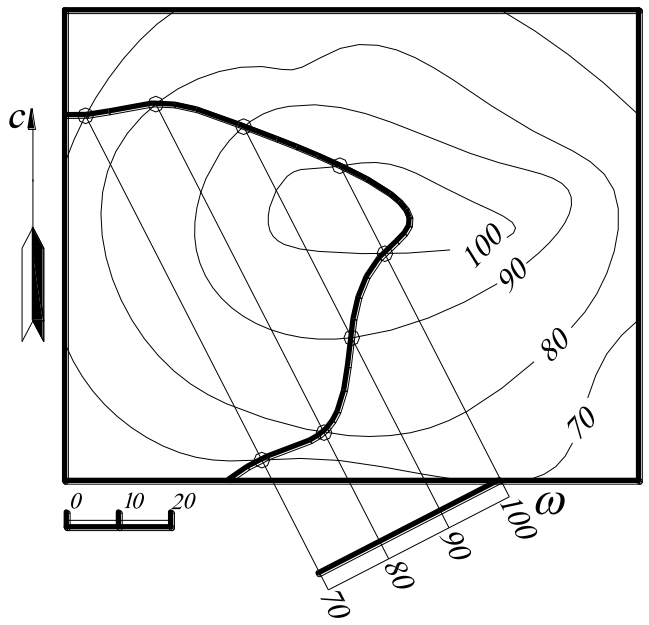


Рис. 77.

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-

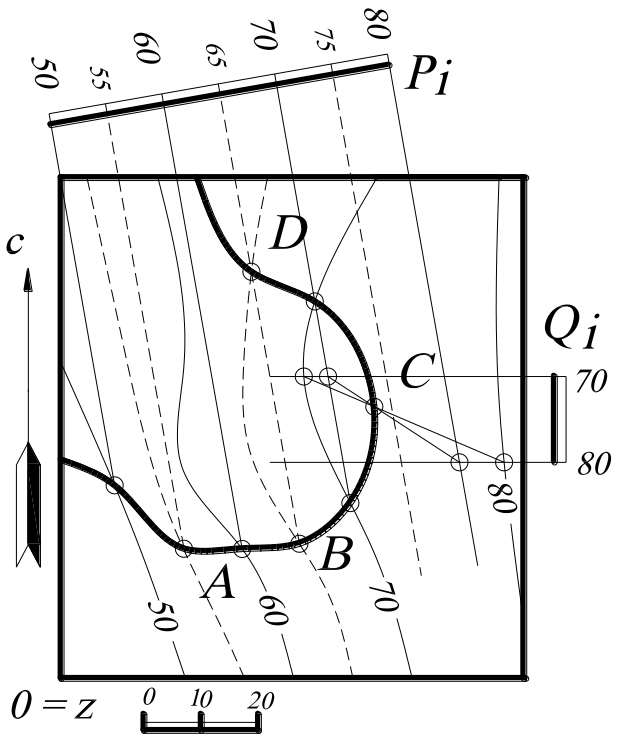


Рис. 78.

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).

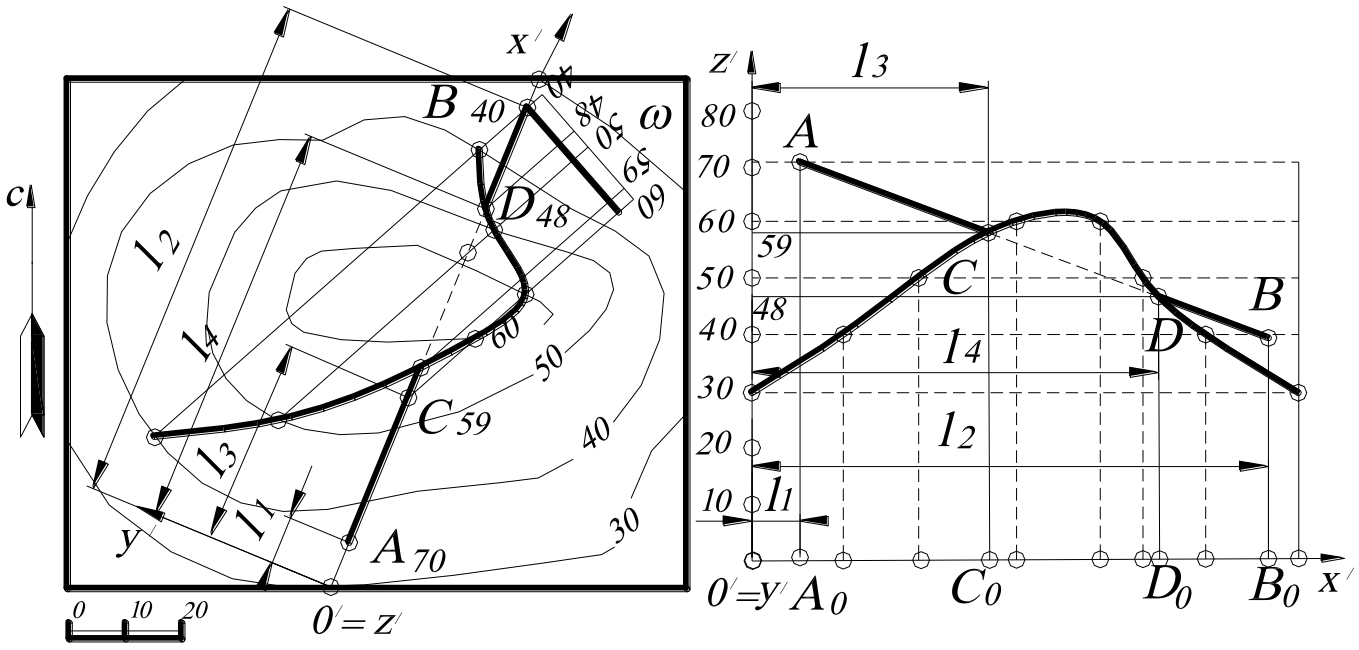


Рис. 79.

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.

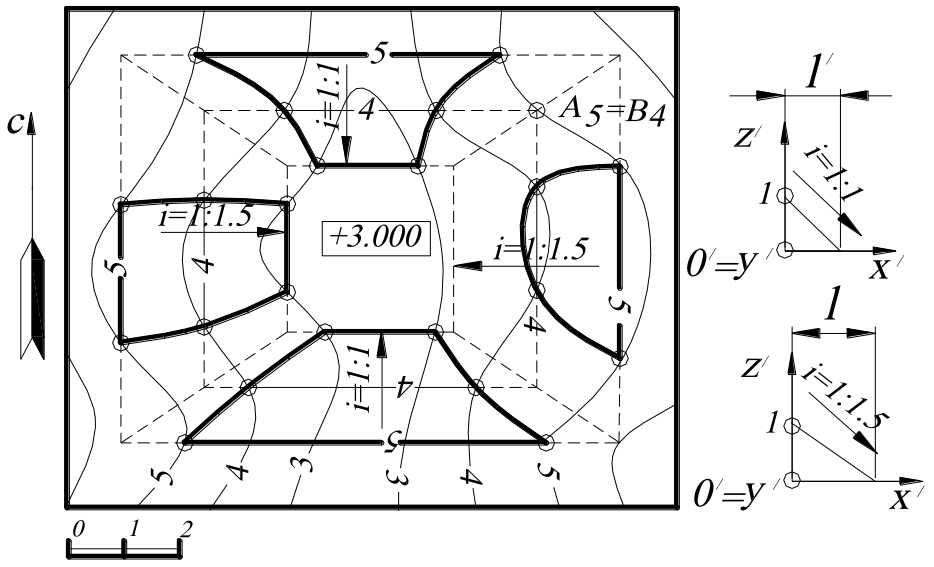


Рис. 80.

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,

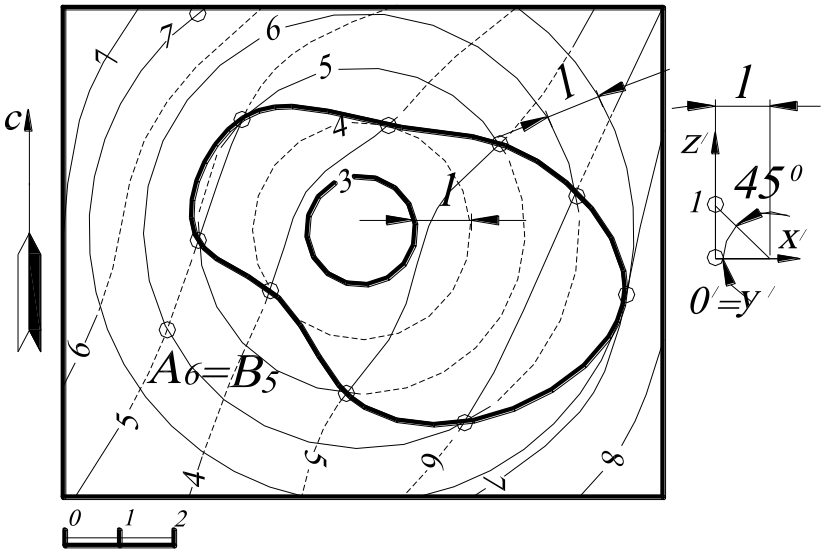
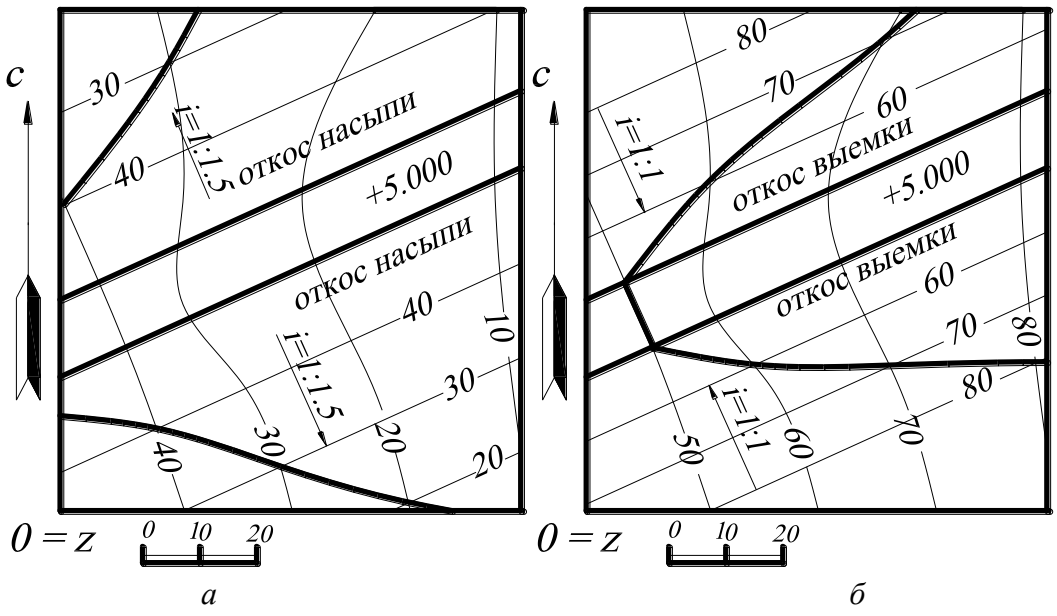


Рис. 81.

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.

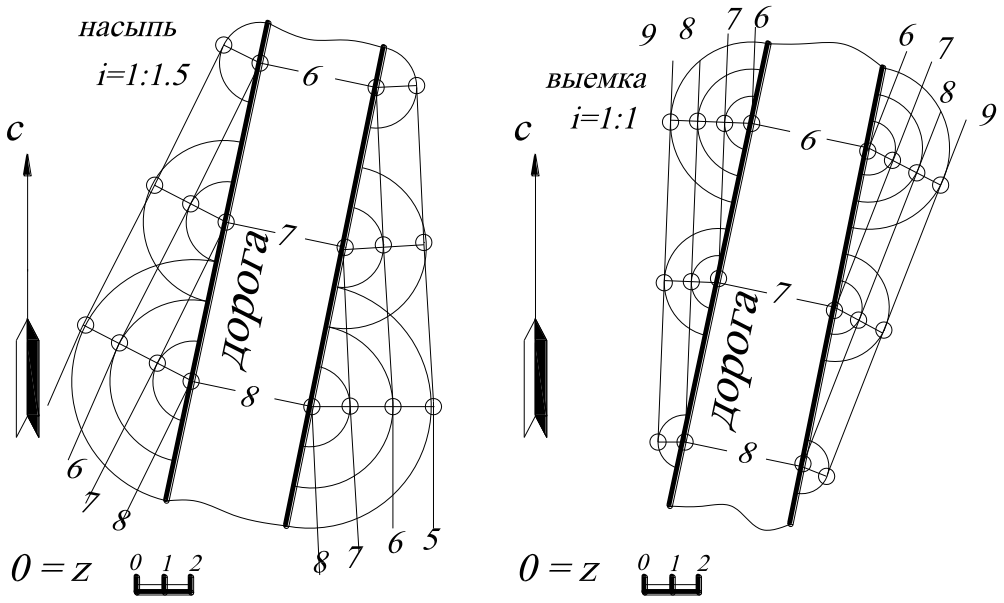


а *б*

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).



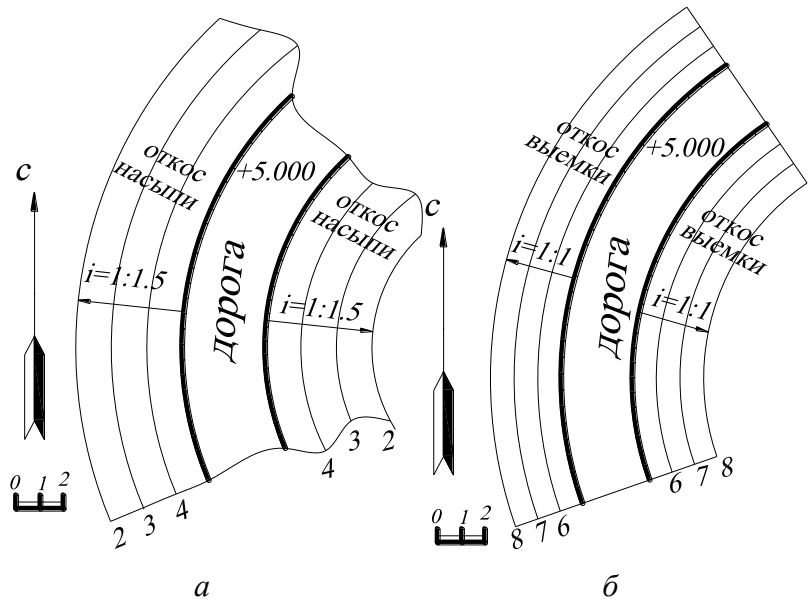
а *б*

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.

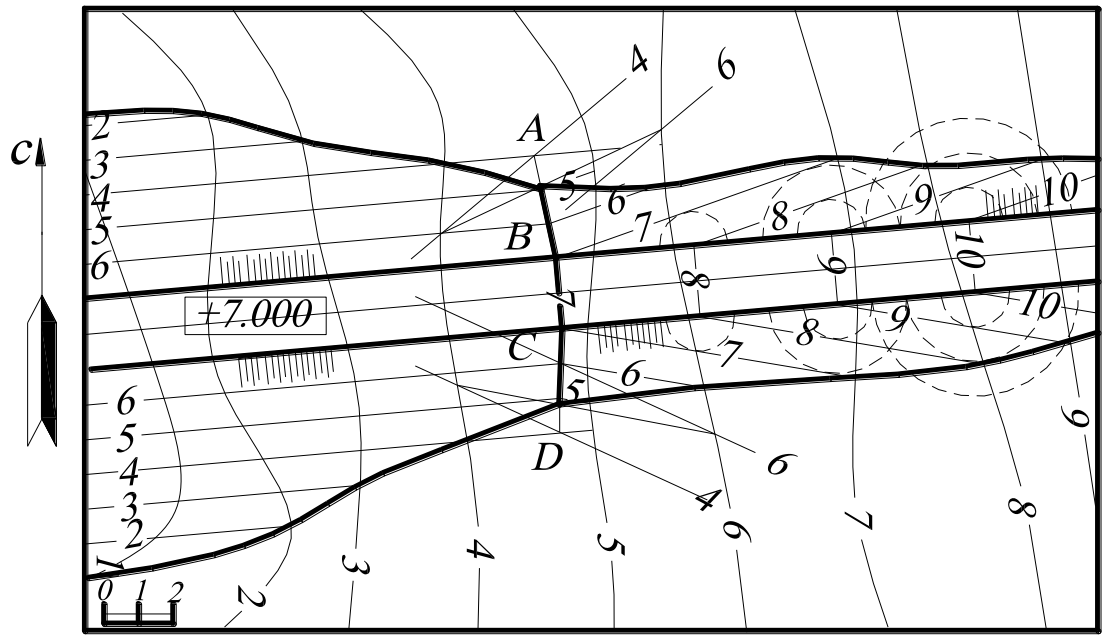


Рис. 85.

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

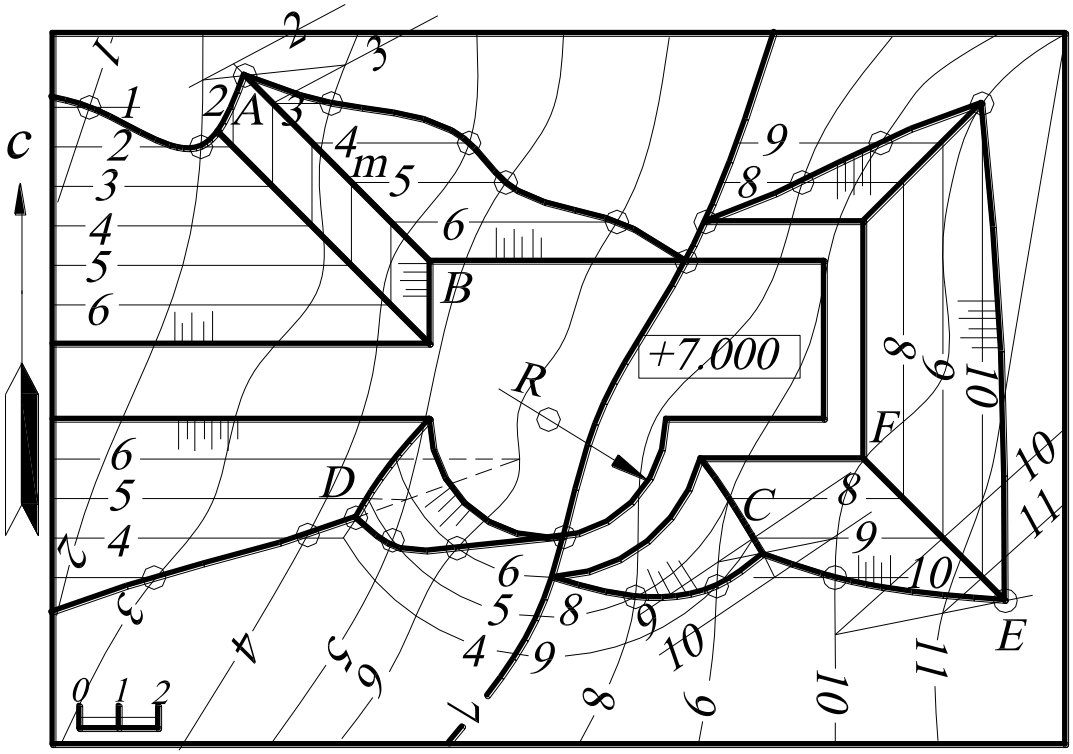


Рис. 86.

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.

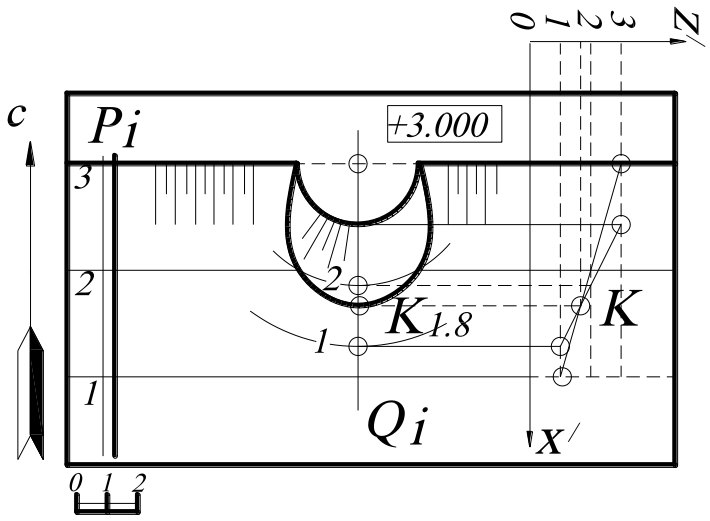


Рис. 87.

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

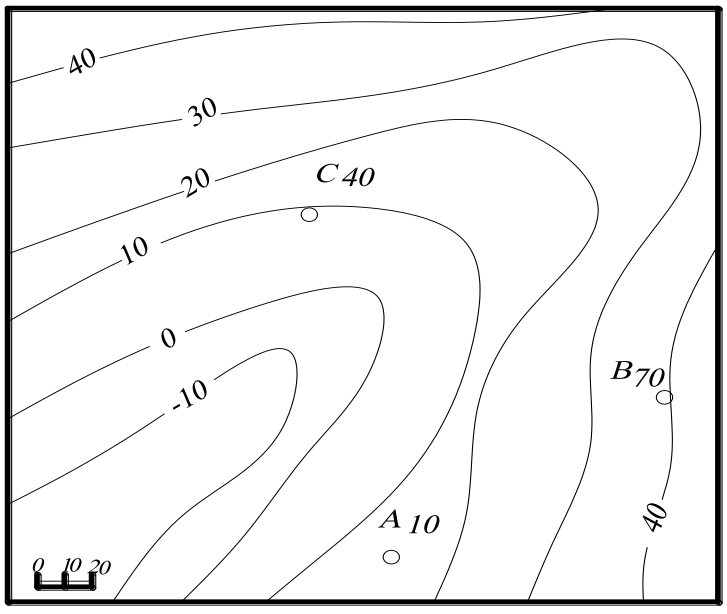


Рис. 88.

простирания, проходящий через точку C_{40}, и построить срез по горизонту ***13*** (рис. 88).

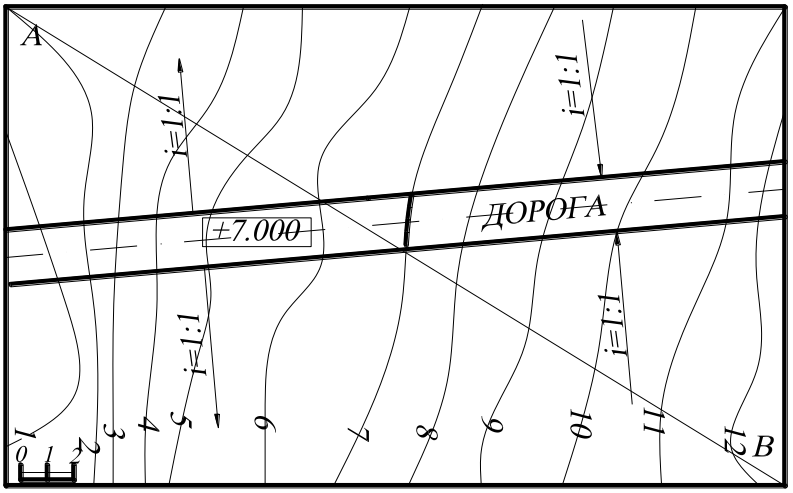


Рис. 89.

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).

5.4. Построить линию пересечения топографической и цилиндрической поверхностей (рис. 91).

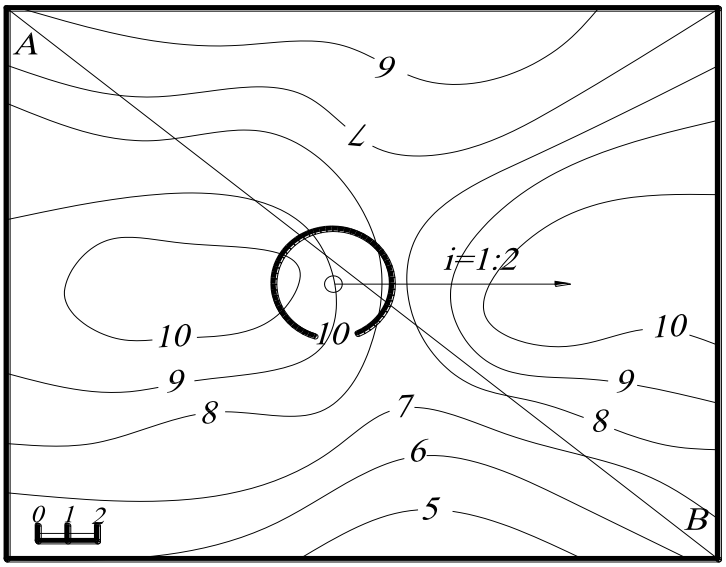
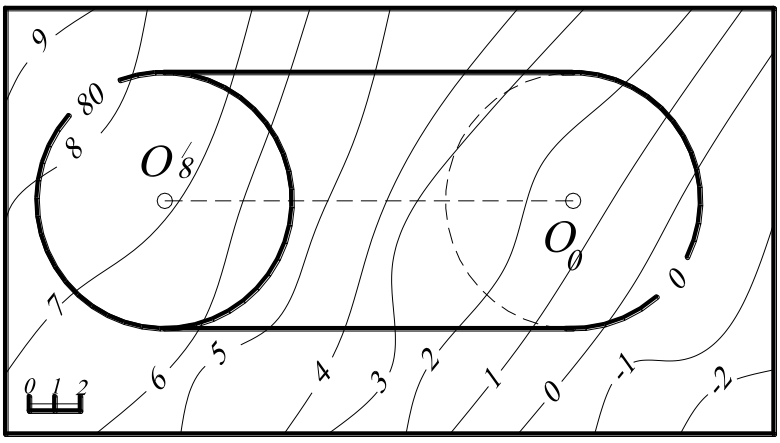


Рис. 90.



5.5. Задан план участка местности и проектируемой на этом участке горизонтальной площадки с отметкой ***8***. Построить границы откосов с заданными уклонами (рис. 92).

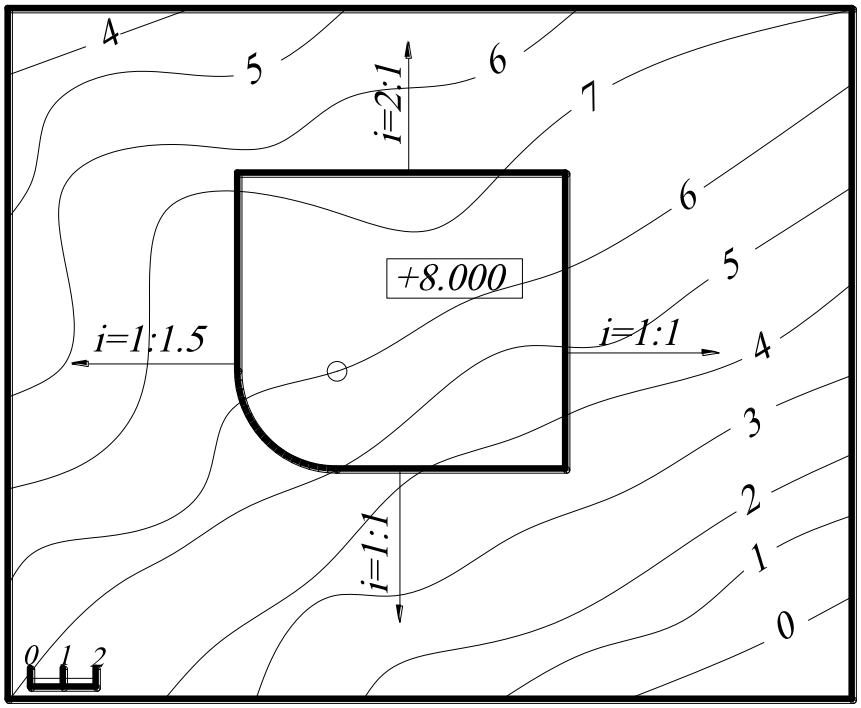


Рис. 92.

6. РАЗВЁРТКИ

6.1. Построить развертку поверхности треугольной призмы способом нормального сечения.

Решение (рис. 93). Проводят плоскость ***n*** перпендикулярно к боковым ребрам призмы в любом удобном месте. Для этого используют метод замены плоскостей проекций.

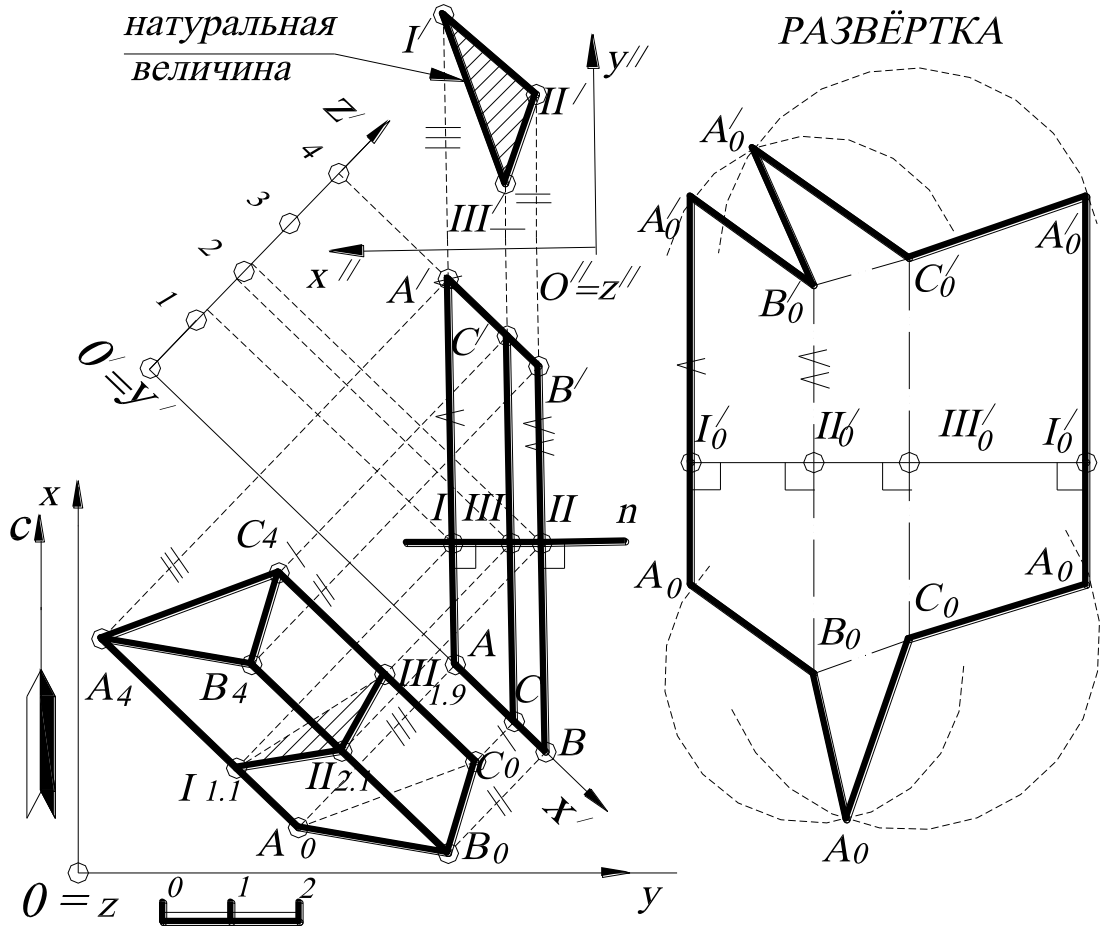


Рис. 93.

Находят натуральную величину нормального сечения методом двойной замены плоскостей проекций (***I′ II′ III′*** – натуральная величина нормального сечения). Полученную ломаную линию натуральной величины нормального сечения ***I′ II′ III′ I′*** разворачивают в прямую линию, которая на рис. 93 обозначена ***I′0 II′0 III′0***. Через точки ***I′0, II′0, III′0,*** и ***I′0*** проводят вертикальные линии и откладывают

на них натуральную величину рёбер (перпендикулярно вверх и вниз от нормального сечения) до верхнего и нижнего оснований призмы соответственно, в данном случае взятые с профиля (так как плоскость профиля параллельна проекциям рёбер). Получают точки A_0, B_0, C_0 и A'_0, B'_0 и C'_0, при этом длины рёбер $IA=I'_0A_0$, $IA'=I'_0A'_0$; $IIB=II'_0B_0$, $IIB'=II'_0B'_0$; $IIIC=III'_0C_0$, $IIIC'=III'_0C'_0$. Найденные точки A_0, B_0, C_0 (снизу) и A'_0, B'_0 и C'_0 (сверху) последовательно соединяют ломаной линией и получают развертку боковой поверхности призмы. Затем пристраивают натуральные величины фигур верхнего и нижнего оснований методом засечек. В данном примере основания призмы являются натуральными величинами, так как нижнее основание призмы принадлежит горизонтальной плоскости проекций xOy, а верхнее основание параллельно ей. Линии сгиба на развертке изображаем штрихпунктирной линией с двумя точками.

6.2. Построить развёртку призмы способом раскатки

Решение (рис. 94). В данном случае ребра призмы занимают положение горизонталей. Вращаем призму последовательно вокруг прямых C_0D_0, B_2E_2, A_0F_0. При этом точки – вершины призмы перемещаются в плоскостях, перпендикулярных боковым ребрам.

Определив натуральную величину отрезков A_0B_2, B_2C_0, F_0E_2, E_2D_0 способом прямоугольного треугольника (для того чтобы не затемнять чертеж, построение натуральной величины выполнено на отдельном поле чертежа), находят положение точек B, A, C, D, F, E. Натуральные величины оснований были построены для проверки точности решения задачи, так как боковые ребра параллельны между собой. Последовательно соединив найденные точки, получаем развертку боковой поверхности призмы. На рис. 94 показано также построение на развёртке точки $K_{0.5}$, лежащей на видимой грани призмы $B_2C_0D_0E_2$, основанное на свойстве принадлежности точки плоскости. Следовательно, через точку $K_{0.5}$ проводят прямую, принадлежащую грани $B_2C_0D_0E_2$, и переносят эту прямую на развёртку, перемещая точку $K_{0.5}$.

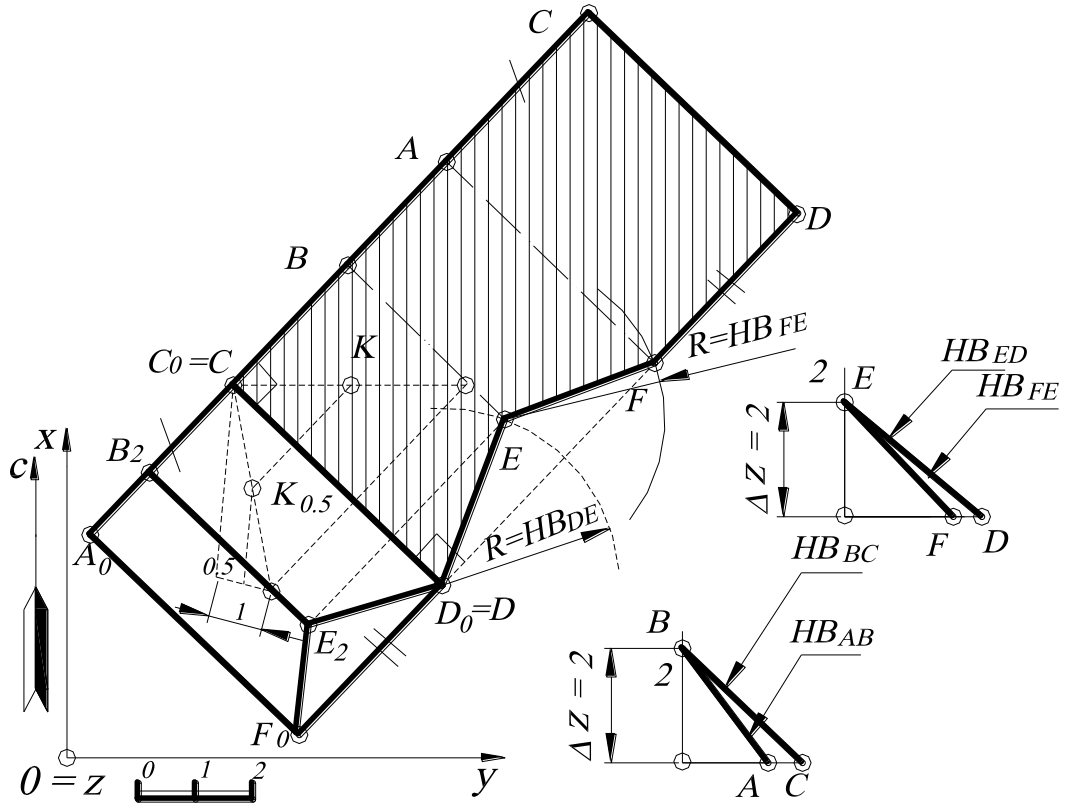


Рис. 94.

6.3. Построить развертку пирамиды $S_4A_0B_0C_0D_0$.

Решение (рис. 95). Разбивают диагональю A_0C_0 основание пирамиды $A_0B_0C_0D_0$. Определяют натуральные величины граней пирамиды. Натуральная величина основания пирамиды $A_0B_0C_0D_0$ совпадает с ее проекцией, так как принадлежит плоскости ***xOy***. Для нахождения натуральных величин боковых рёбер пирамиды используют способ вращения вокруг проецирующей прямой (на рис. 93 это отрезок прямой S_0O_0). Поворачивая все боковые рёбра пирамиды и совмещая их с проецирующей плоскостью ω, строят профиль, плоскость которого параллельна плоскости ω. Натуральные величины рёбер - $|SA|$, $|SB|$, $|SC|$, $|SD|$ - находят на профиле, откладывая соответствующие числовые отметки.

На свободном поле чертежа последовательно совмещают все натуральные величины треугольников методом засечек, получая развертку пирамиды. Линии сгиба вычерчивают штрихпунктирной линией с двумя точками.

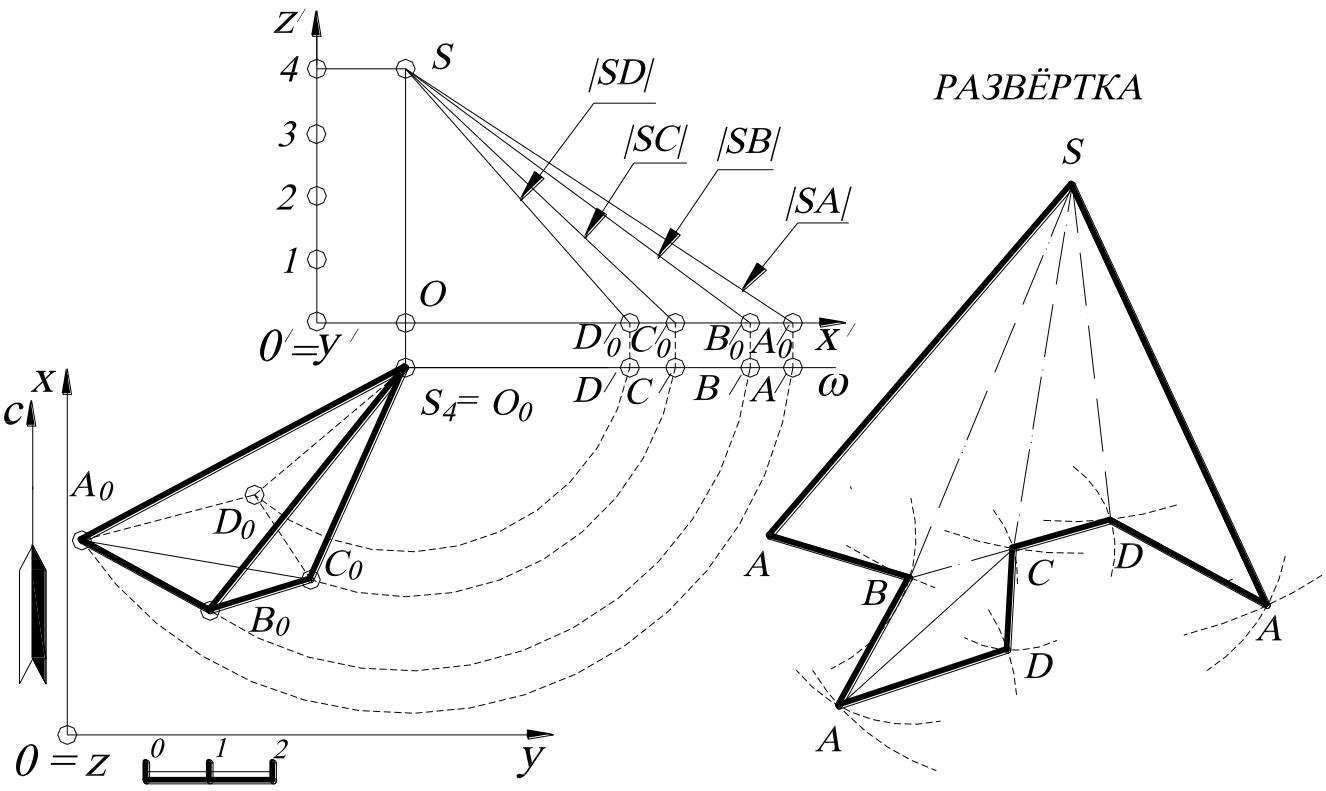


Рис. 95.

6.4. Дана пирамида $S_{30}A_0B_0C_0D_0$. Соединить две точки F_{10} и E_{19}, принадлежащие боковой поверхности пирамиды, кратчайшей линией на поверхности (такая линия на поверхности называется *геодезической*). Точка E_{19} принадлежит ребру $S_{30}C_0$, точка F_{10} принадлежит грани $S_{30}C_0B_0$.

Решение (рис. 96). На плоскости кратчайшей линией между двумя точками является отрезок прямой. Поэтому для решения этой задачи строят развёртку двух смежных граней пирамиды $S_{30}A_0B_0$ и $S_{30}B_0C_0$. Натуральная величина рёбер основания A_0B_0 и A_0C_0 совпадает с их проекцией, а натуральные величины боковых рёбер определяют методом прямоугольного треугольника (напоминаем, что развёртка строится только по натуральным величинам рёбер). На свободном поле чертежа последовательно выстраивают две грани (или два треугольника в натуральную величину) с помощью засечек циркуля. Линию сгиба показывают штрихпунктирной линией с двумя точками.

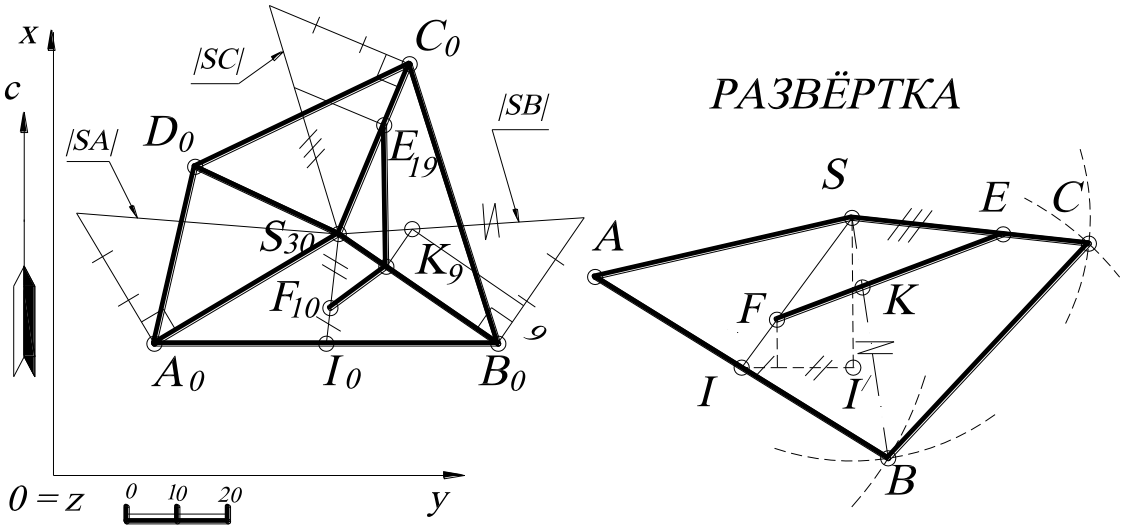


Рис. 96.

На развёртке строят точки ***F*** и ***E***. Чтобы построить точку ***E*** на развёртке, на плане проекцию точки E_{19} переносят на натуральную величину ребра |***SC***| (с помощью подобных треугольников). Чтобы построить точку F_{10} на развёртке, проводят через неё прямую (на плане) $S_{30}I$ (так как известно, что точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой, лежащей в этой плоскости). На развёртке строят прямую ***SI*** (точка ***I*** находится на натуральной величине ***AB***). Затем с помощью пропорционального деления отрезка ***SI*** (на развёртке) находят точку ***F*** (известно, что если точка делит отрезок прямой в заданном отношении, то и проекция этого отрезка делится в том же отношении). На развёртке строят прямую ***FE***. Точка пересечения с ребром ***SB*** – точка ***K***. Для построения точки ***K*** на плане переносят отрезок ***KB*** (можно и отрезок ***SK***) на натуральную величину |***SB***| и с помощью подобных треугольников определяют точку K_9 на ребре $S_{30}B_0$. Числовую отметку точки ***K*** находят, как показано на рис. 96. Ломаная $F_{10}K_9E_{19}$ – проекция кратчайшего расстояния между точками $F_{10}E_{19}$ на поверхности пирамиды.

6.5. Соединить две точки A_1 и B_3, принадлежащие конической поверхности ***Ф*** кратчайшей линией ***n***. Такая линия на поверхности называется *геодезической* (форму геодезической линии принимает нить, туго натянутая на поверхности).

Решение (рис. 97). На плоскости кратчайшей линией между двумя точками является отрезок прямой. Поэтому для решения этой задачи строят развертку данной поверхности ***Ф***. Построение развертки выполняют по способу треугольников, заключающемуся в том, что поверхность конуса заменяется вписанной многогранной с треугольными гранями, которая и развертывается.

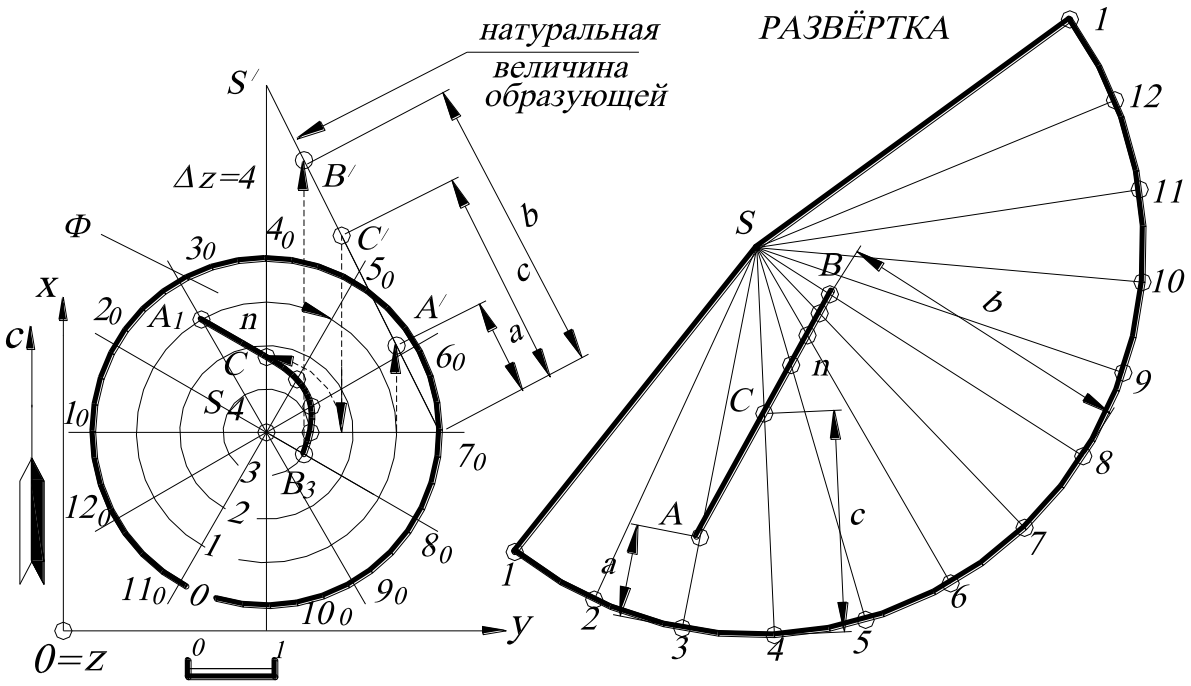


Рис. 97.

В данную коническую поверхность вписывают пирамиду. Для этого основание конуса разбивают на двенадцать равных частей. (Развертка является более точной при наименьшей разности длины дуги и ее хорды).Затем находят натуральную величину ребра правильной пирамиды, которая равна образующей заданного конуса (методом прямоугольного треугольника).

На случайной прямой от точки ***S*** откладывают отрезок ***Sl***, равный натуральной величине образующей конуса. Затем проводят дугу с центром в точке ***S*** и радиусом, равным длине ***Sl***, так как все ребра пирамиды равны между собой. На

построенной дуге засечками отмечают точки ***2, 3…12, 1***, равные длинам хорд $1_0 2_0$; $2_0 3_0 \ldots 12_0 1_0$. Таким образом, построили приближенную развертку конуса.

Далее пропорциональным делением отрезка в заданном отношении (как показано на чертеже) находят образы ***A, B*** данных точек поверхности на развёртке. Затем построенную прямую ***AB*** на развертке переносят в обратном отображении на поверхность ***Ф***, получая геодезическую линию ***n***.

Частный случай. Развертка поверхности прямого кругового конуса является сектором круга радиуса, равного длине ***l*** образующей. Центральный угол φ этого сектора вычисляется по формуле

$$\varphi^0 = \frac{r \cdot 360^0}{l}$$, где r - радиус основания конуса.

6.6. Построить развёртку цилиндрической винтовой линии.

Решение (рис. 98). Построение проекций винтовой линии определяется характером ее образования в пространстве.

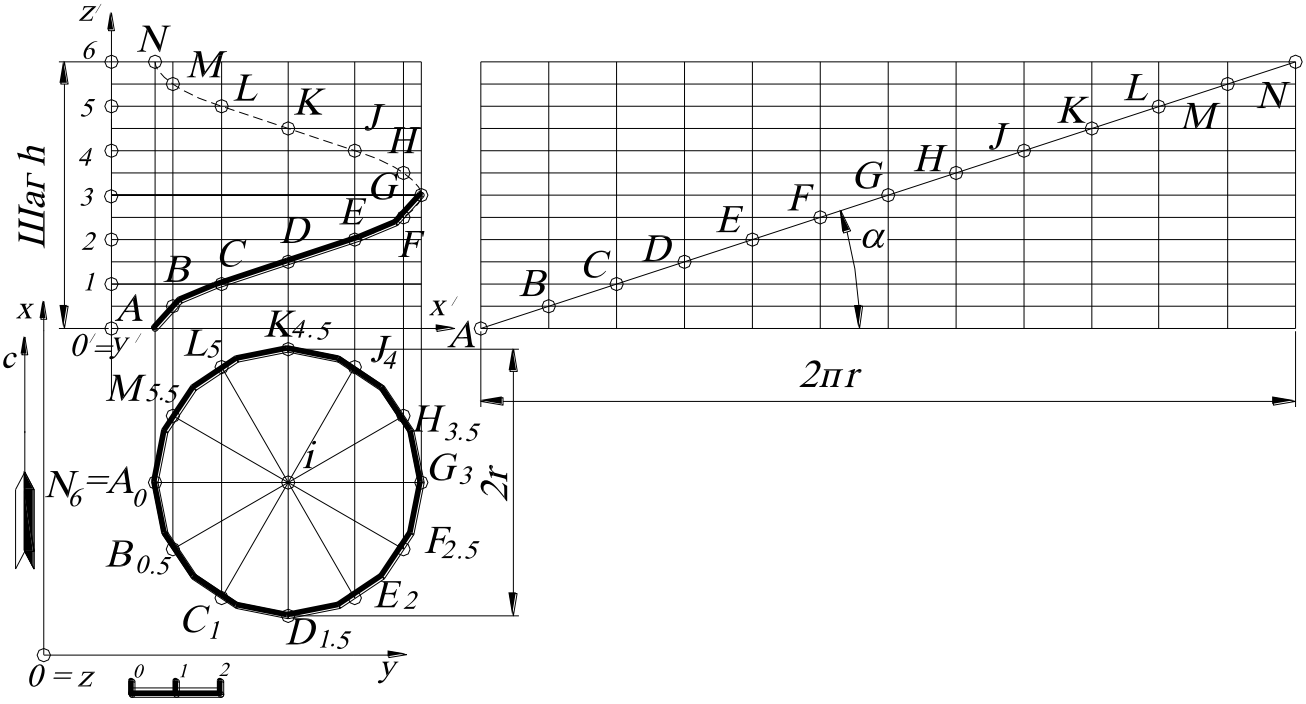


Рис. 98.

Горизонтальная проекция цилиндра и винтовой линии – окружность, совпадающая с проекцией окружности основания цилиндра. Если цилиндр разрезать по его прямолинейной образующей AN и, разгибая, разгладить по плоскости, получится развёртка цилиндра – прямоугольник с высотой h и основанием $2\pi r$, в которое развернётся окружность основания цилиндра. Винтовая линия в результате развёртывания превратится в прямую – диагональ прямоугольника. Это означает, что винтовая линия пересекает все образующие под одним и тем же углом α.

Для построения развёртки винтовой линии делят окружность основания цилиндра, являющуюся горизонтальной проекцией винтовой линии, и отрезок, равный шагу h, отложенный на оси цилиндра, на одинаковое число равных частей. На рассматриваемом чертеже взято 12 частей. Тогда точки на профиле винтовой линии будут лежать на пересечении соответствующих горизонтальных и вертикальных прямых, проведенных через одноименные точки деления. Полученные точки соединяют плавной кривой. Как следует из способа построения, данная кривая является гелисой.

При развертывании цилиндрической поверхности на плоскость винтовая линия на развертке превращается в прямую, наклоненную под углом α к горизонтальной прямой – развертке основания цилиндра. Это следует из закона образования винтовой линии, по которому равным угловым перемещениям точки по окружности соответствуют равные прямолинейные перемещения, перпендикулярные плоскости окружности. На развертке равным отрезкам горизонтальной прямой будут соответствовать равные перемещения точки в вертикальном направлении. Итак, траектория точки на развертке представляет собой линию, у которой ординаты точек пропорциональны абсциссам, то есть прямую. Угол α равен углу подъема винтовой линии и определяется по формуле $tg\alpha = \frac{h}{2\pi r} = \frac{p}{r}$.

Тот факт, что на развёртке винтовая линия перешла в прямую, означает также, что винтовая линия является одной из *геодезических линий* на цилиндре.

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).

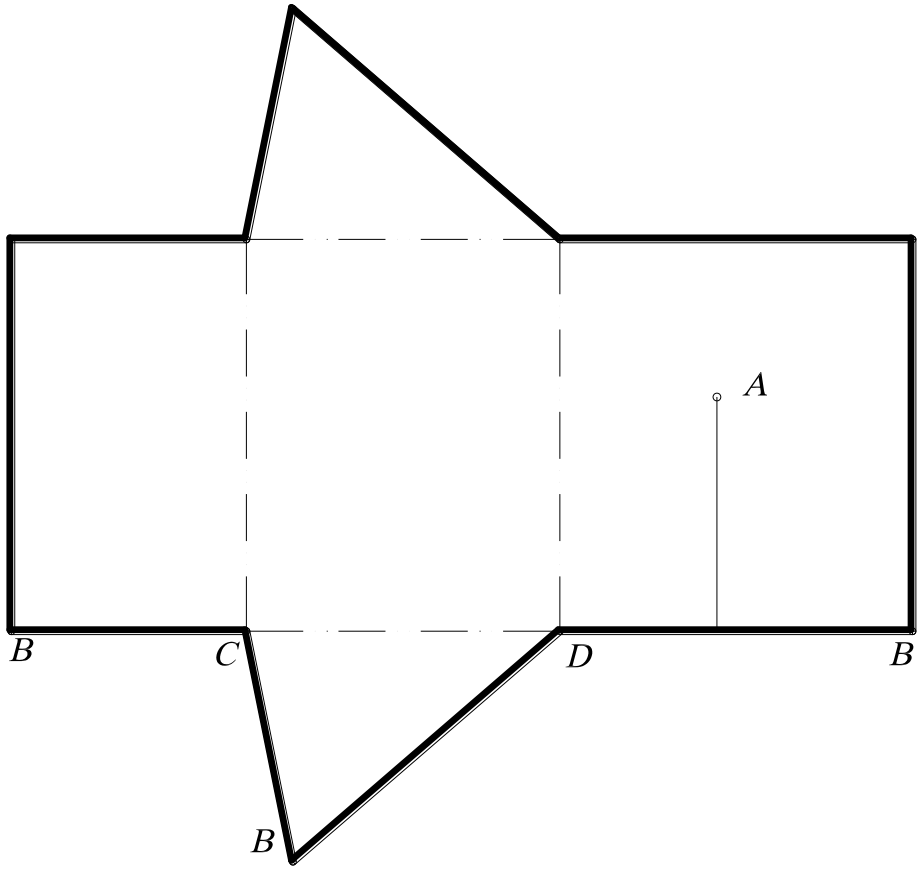


Рис. 99.

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).

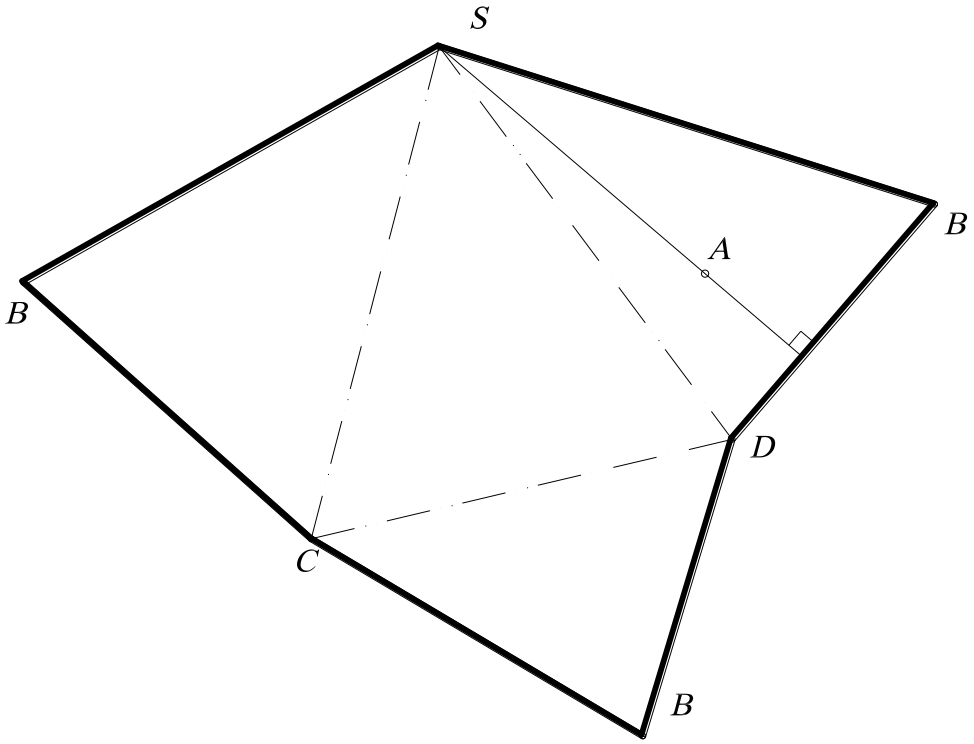


Рис. 100.

6.11. Построить полную развёртку поверхности конуса с вершиной S_{45} и радиусом основания ***R=30 мм*** (рис. 101)

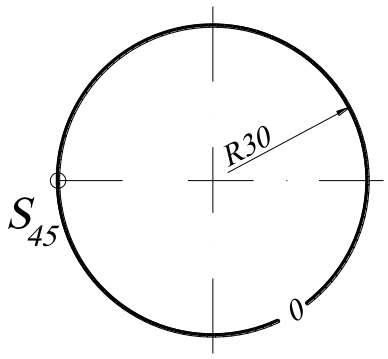


Рис. 101.

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).

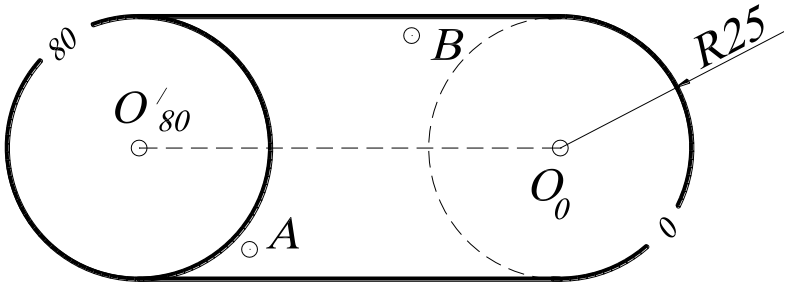


Рис. 102.

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 $M_1, M_2, \ldots$, 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».
- $\cap$ – 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*** $_1$***A*** $_2$ и ***A*** $_2$***A*** $_3$ 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*** $_1$***A*** $_2$, ***A*** $_2$***A*** $_3$ и ***A*** $_3$***A*** $_4$ и соответственно перпендикулярных им (***A*** $_1 \wedge$ ***A*** $_2 \wedge$ ***A*** $_3 \wedge$ ***A*** $_4$).

Для того чтобы найти пересечение этих трех плоскостей, можно найти прямую пересечения двух плоскостей, а затем найти пересечение этой прямой с третьей плоскостью.

5. Геометрическое место точек, равноудаленных от данной прямой, есть поверхность прямого кругового цилиндра. Всякая плоскость, касательная к этому цилиндру, будет параллельна оси цилиндра и удалена от нее на данное расстояние (***a***).
6. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданных прямой и точки, есть линия пересечения прямого кругового цилиндра и сферы. Эта линия может быть построена решением задачи на нахождение общих элементов двух поверхностей ($A \wedge a$).
7. Геометрическое место прямых, проходящих через определенную точку на данной прямой и наклоненной к последней под заданным углом ω, есть поверхность прямого кругового конуса ($A \wedge a$).

Примечание. Если провести плоскость, пересекающую конус перпендикулярно к его оси, то поверхность конуса будет служить геометрическим местом прямых, проходящих через вершину и наклоненных к этой плоскости под углом $90^0-\omega$. Всякая плоскость, касательная к такому конусу, будет наклонена под углом $90^0-\omega$ к этой плоскости нормального сечения.

8. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданной точки и плоскости, есть линия (две линии) пересечения плоскости со сферой ($A\wedge\alpha$).

Примечание. В частном случае может получиться, что эта плоскость (или две плоскости, или одна из них) будет касательной плоскостью.

9. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданных точки и поверхности на заданное расстояние, есть линия (или две линии, в частном случае ни одной) пересечения сферы с эквидистантой заданной поверхности. Например, эквидистантой сферы будут две сферы с тем же центром, расположенные по разные стороны от ее поверхности на данном расстоянии ($A\wedge\Phi$).

Примечание. В частном случае сфера и эквидистанта поверхности могут быть касательными или не иметь действительных точек пересечения.

10. Геометрическое место точек, равноудаленных от данных двух параллельных прямых, есть плоскость, перпендикулярная к отрезку, определяющему кратчайшее расстояние между данными прямыми, и проходящими через его середину ($\boldsymbol{a_1} \mid\mid \boldsymbol{a_2}$).

11. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех параллельных прямых $\boldsymbol{a_1}$, $\boldsymbol{a_2}$, и $\boldsymbol{a_3}$, не лежащих в одной плоскости, есть прямая, параллельная данным прямым ($\boldsymbol{a_1} \mid\mid \boldsymbol{a_2} \mid\mid \boldsymbol{a_3}$).

Примечание. Если через произвольную точку $\boldsymbol{A_1}$ на прямой a_1 провести перпендикулярную плоскость α, то последняя пересечет две другие в точках $\boldsymbol{A_2}$ и $\boldsymbol{A_3}$. Искомое геометрическое место может быть построено как перпендикуляр к плоскости $\boldsymbol{\alpha}$, проходящий через центр окружности, описанной в этой плоскости около треугольника $\boldsymbol{A_1A_2A_3}$. 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 ($\boldsymbol{a_1} \cap \boldsymbol{a_2}$).

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 ($\boldsymbol{a_1} \perp \boldsymbol{a_2}$).

14. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух скрещивающихся прямых, есть линия пересечения двух прямых круговых цилиндров ($\boldsymbol{a_1}$ $\boldsymbol{a_2}$) или плоскость параллелизма, расположенная на одинаковом расстоянии от заданных скрещивающихся прямых.

Примечание. В частном случае эти цилиндры могут быть касательными или вообще не иметь общих элементов. Тогда геометрическим местом точек будет являться плоскость, параллельная касательным плоскостям к этим цилиндрам.

15. Геометрическое место точек, равноудаленных от данной плоскости, есть пара плоскостей, параллельных данной и расположенных от нее по разные стороны на данном расстоянии ($\underline{\alpha}$).

16. Геометрическое место точек, равноудаленных от прямой и плоскости, есть линия пересечения прямого кругового цилиндра с одной или двумя плоскостями ($\boldsymbol{a} \wedge \boldsymbol{\alpha}$). Могут быть случаи касания и пустого множества общих элементов.

Примечание. В том случае, если расстояние удаления равно нулю, то решается задача на нахождение точки пересечения прямой и плоскости. Это замечание справедливо и для случая прямой и плоскости, ей перпендикулярной ($\boldsymbol{\alpha} \perp \boldsymbol{a}$) и плоскости и пересекающей ее прямой ($\boldsymbol{\alpha} \cap \boldsymbol{a}$).

17. Геометрическое место точек, равноудаленных от прямой и параллельной ей плоскости, есть в общем случае прямые пересечения прямого кругового цилиндра и двух плоскостей ($\boldsymbol{a} \parallel \boldsymbol{\alpha}$).

Примечание. Эти прямые в общем случае будут являться образующими данного цилиндра, а в частном – две совпавшие образующие, которые получаются в результате касания плоскости этого цилиндра, а также мнимое пересечение элементов.

18. Геометрическое место точек, равноудаленных от прямой и поверхности, есть линия пересечения прямого кругового цилиндра с эквидистантой заданной поверхности ($\boldsymbol{a} \wedge \boldsymbol{\Phi}$)

Примечание. Если расстояние равно нулю, то строится точка пересечения прямой и поверхности.

19. Геометрическое место точек, равноудаленных от плоскости и точки, есть линия пересечения плоскости (двух плоскостей) со сферой ($\alpha \wedge A$).

Примечание. В частном случае может получиться так, что плоскость будет касательной к поверхности сферы, а также пустое множество общих элементов.

20. При определении взаимного положения плоскостей ($\alpha_1 \wedge \alpha_2$) обычно выделяют следующие варианты: параллельные плоскости ($\alpha_1 \,||\, \alpha_2$); пересекающиеся плоскости ($\alpha_1 \cap \alpha_2$) и их частный случай – перпендикулярные плоскости ($\alpha_1 \perp \alpha_2$). Мы будем рассматривать только два последних случая, объединяя их в единый блок, так как в первом случае получается однопараметрическое множество параллельных плоскостей.

Итак, геометрическое место точек, равноудаленных от двух пересекающихся плоскостей, есть две биссекторные плоскости двугранных углов, образованных этими пересекающимися плоскостями. Каждая биссекторная плоскость проходит через линию пересечения плоскостей и делит пополам соответствующую пару углов между этими плоскостями ($\alpha_1 \cap \alpha_2$), ($\alpha_1 \perp \alpha_2$).

Примечание. Если расстояние удаления равно нулю, то решается задача на нахождение линии пересечения этих плоскостей, которая будет являться геометрическим местом точек, равноудаленных от этих плоскостей.

21. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех пересекающихся плоскостей α_1, α_2 и α_3, есть прямая - линия пересечения плоскостей биссектора, равноделящих двугранные углы между плоскостями α_1и α_2 и α_2 и α_3 ($\alpha_1 \cap \alpha_2 \cap \alpha_3$).

Примечание. Поверхность, касательная к трем пересекающимся плоскостям, является поверхностью прямого кругового конуса с вершиной в точке пересечения этих плоскостей.

22. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех плоскостей, параллельных одной прямой, есть прямая – ось цилиндра, касательного к этим трем плоскостям (($\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \alpha_3$) $||$ a).

23. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданной поверхности и плоскости, есть, в общем случае, линия пересечения эквидистантной плоскости и эквидистантной поверхности ($\Phi \wedge \alpha$).

Примечание. В частном случае эта плоскость будет касательной или вообще не иметь ни одной общей точки с заданной поверхностью.

24. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух поверхностей, есть линия пересечения эквидистант этих поверхностей ($\Phi_1 \wedge \Phi_2$).

Примечание. Если расстояние равно нулю, то строится линия пересечения заданных поверхностей. Имеют место случаи касания этих поверхностей и отсутствия общих элементов.

Анализ основных геометрических мест позволяет сделать вывод о том, что для решения позиционных алгоритмических задач необходимы следующие алгоритмы:

1. Нахождение общего элемента прямой и плоскости – точки (табл. 1).
2. Нахождение общего элемента двух плоскостей (табл. 2, 3).
3. Нахождение общих элементов прямой (кривой) линии с поверхностью (табл. 4).
4. Нахождение общих элементов плоскости и поверхности (табл. 5).
5. Нахождение общих элементов двух поверхностей (табл. 6).
6. Построение касательных плоскостей к заданным поверхностям (табл. 7).

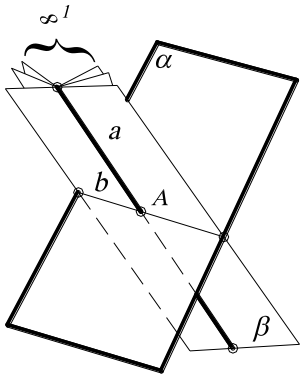
Кроме этих алгоритмов решения позиционных задач в табл. 8 представлен алгоритм основной метрической задачи.

Составим перечисленные алгоритмы.

Таблица 1

Алгоритм построения точки пересечения прямой и плоскости

(основная или первая позиционная задача)

<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 1</td></tr>
<tr><td>1. Через заданную прямую a проводят вспомогательную плоскость-посредник β.* В общем случае таких плоскостей может быть ∞¹.</td><td rowspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Находят прямую b пересечения заданной плоскости α и плоскости посредника β.</td></tr>
<tr><td>3. Искомая точка A определяется в результате пересечения заданной прямой a и полученной прямой b.</td></tr>
<tr><td>4. Определяют видимость прямой методом конкурирующих точек.</td></tr>
<tr><td colspan="2">*Плоскость-посредник выбирается частного положения, однако в проекциях с числовыми отметками она может быть и общего положения.</td></tr>
</table>

Алгоритм А2 – решение задачи на пересечение двух плоскостей общего положения – может быть осуществлен двумя способами:

1. Построить точки пересечения двух прямых одной плоскости с другой плоскостью, то есть использовать два раза алгоритм А1 (табл. 1).
2. Ввести две вспомогательные секущие плоскости частного положения, построить их линии пересечения с заданными плоскостями. Две соответствующие точки пересечения определят искомую линию пересечения данных плоскостей. Другими словами, для нахождения линии пересечения двух плоскостей необходимо найти две общие точки.

Таким образом, для нахождения линии пересечения двух плоскостей сформируем два алгоритма А2.1, А2.2. Эта задача называется второй позиционной задачей начертательной геометрии (табл. 2, 3).

Таблица 2

Построение линии пересечения двух плоскостей

(вторая позиционная задача)

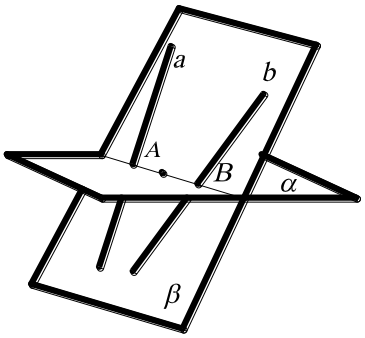
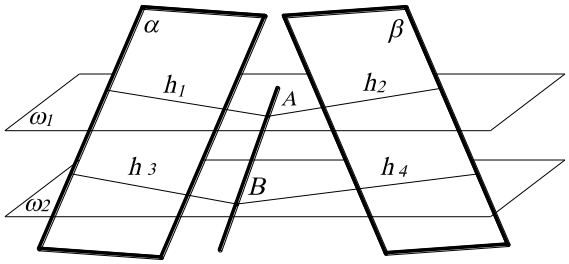
Алгоритм А 2.1	
1. Находят точку ***A*** пересечения прямой a с плоскостью α, используя алгоритм А1.	
2. Находят точку ***B*** пересечения прямой ***b*** с плоскость α, используя алгоритм А1.	
3. Строят прямую ***AB*** – линию пересечения заданных плоскостей α и β.	
4. Определяют видимость плоскостей методом конкурирующих точек.	
Примечание. В проекциях с числовыми отметками линию пересечения плоскостей строят как пересечение двух прямых-горизонталей с одинаковыми числовыми отметками.	

Таблица 3

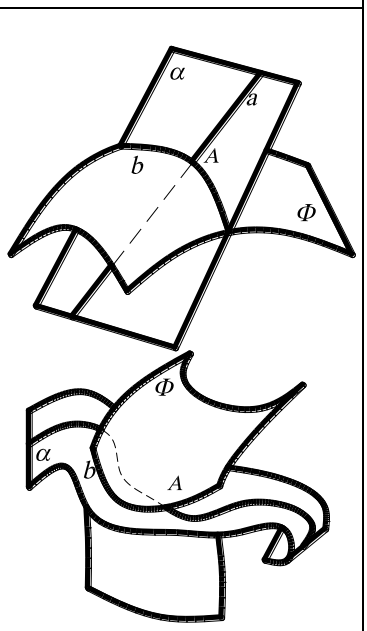
Построение линии пересечения двух плоскостей

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

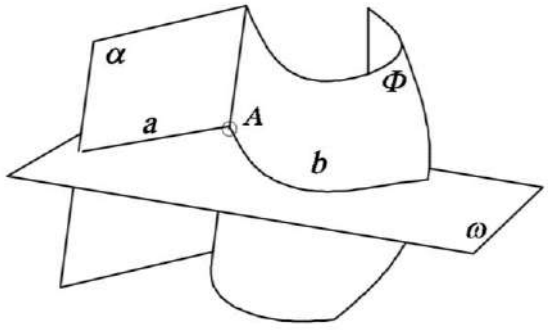
<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 4</td></tr>
<tr><td>1. Выбирают вспомогательную плоскость-посредник ω.</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Строят посредник ω (построение обычно начинают с нахождения опорных (характерных) точек, к которым относятся экстремальные точки (низшие или высшие), 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 Ф.</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

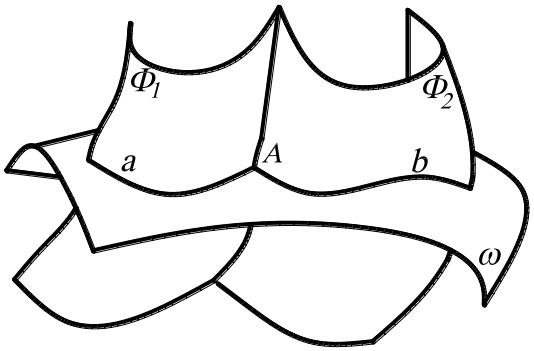
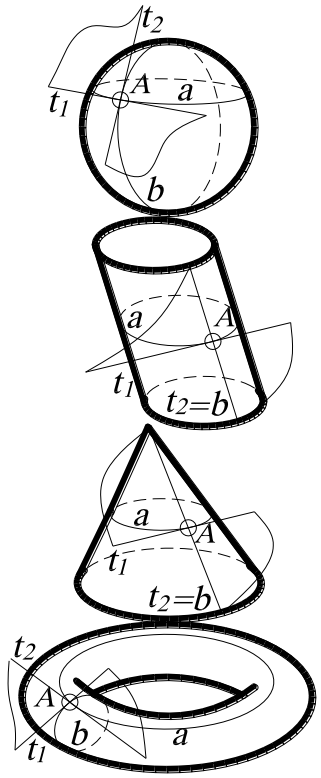
<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 5</td></tr>
<tr><td>1. Выбирают вспомогательную поверхность-посредник ω так, чтобы ее пересечение с заданными поверхностями осуществлялось по простым линиям.</td><td rowspan="8"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Строят посредник ω (построение обычно начинают с нахождения 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.	

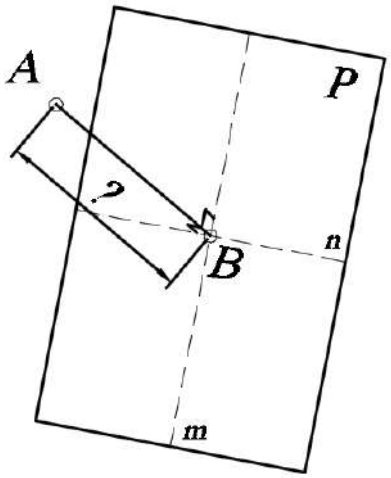
Кроме позиционных задач в начертательной геометрии имеются метрические задачи. Метрическими называют задачи, в которых необходимо определить натуральные значения геометрических величин – длин отрезков, размеры углов, расстояния между геометрическими многообразиями, а также площадь, объём и т. п. Причем 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.

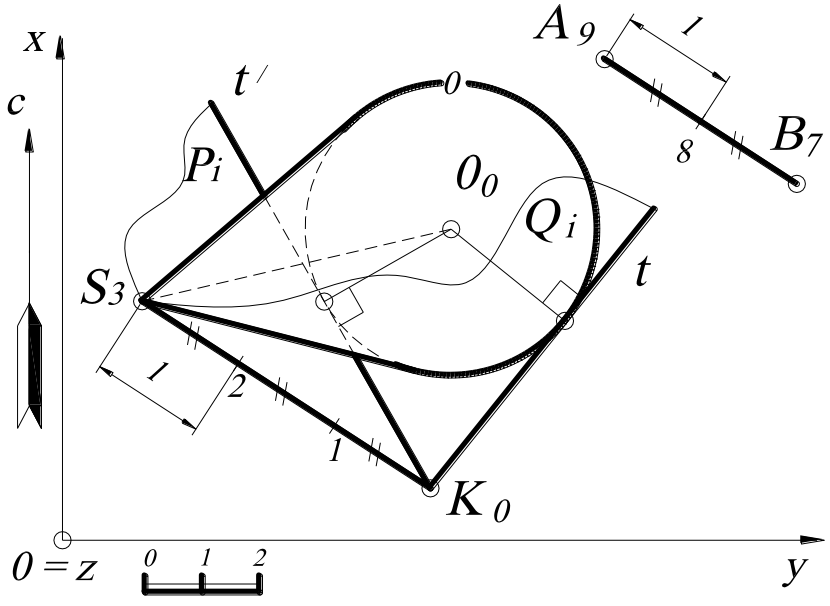


Рис. 103.

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.

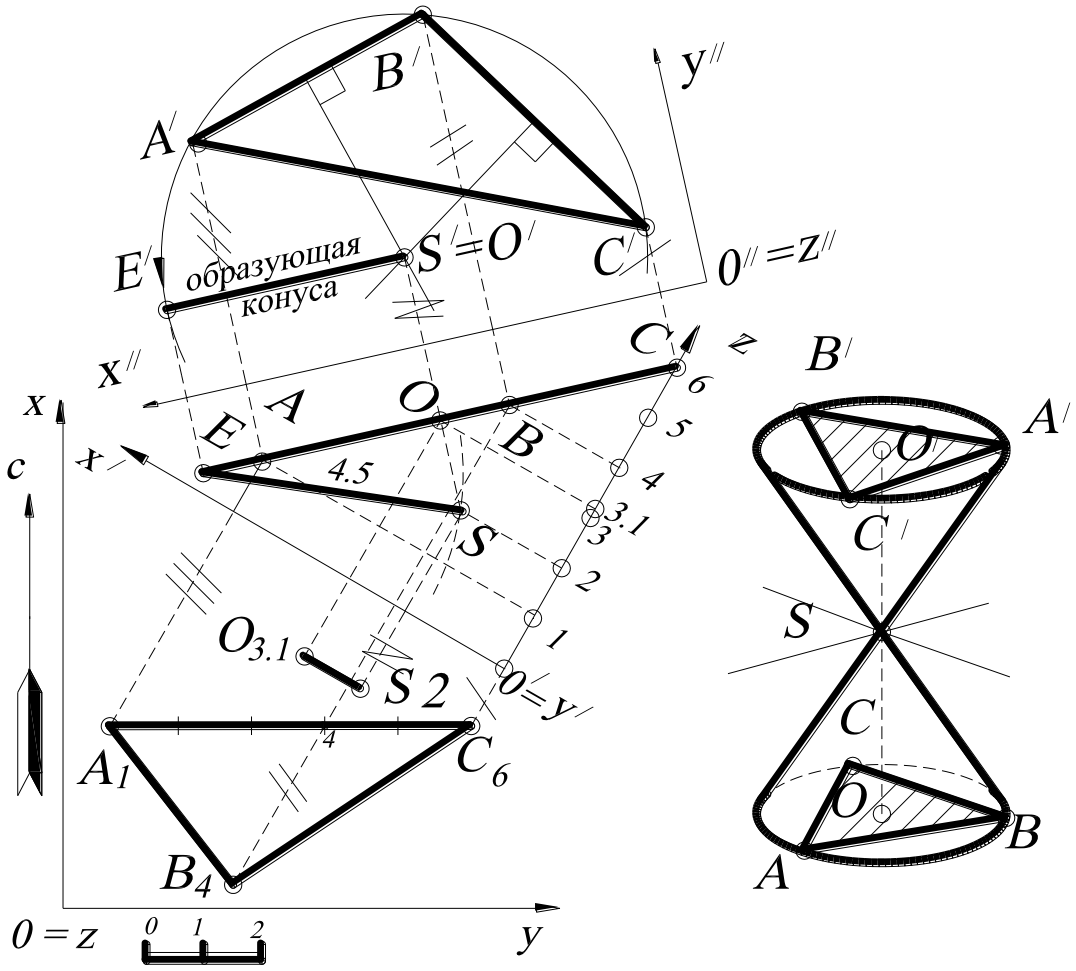


Рис. 104.

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.

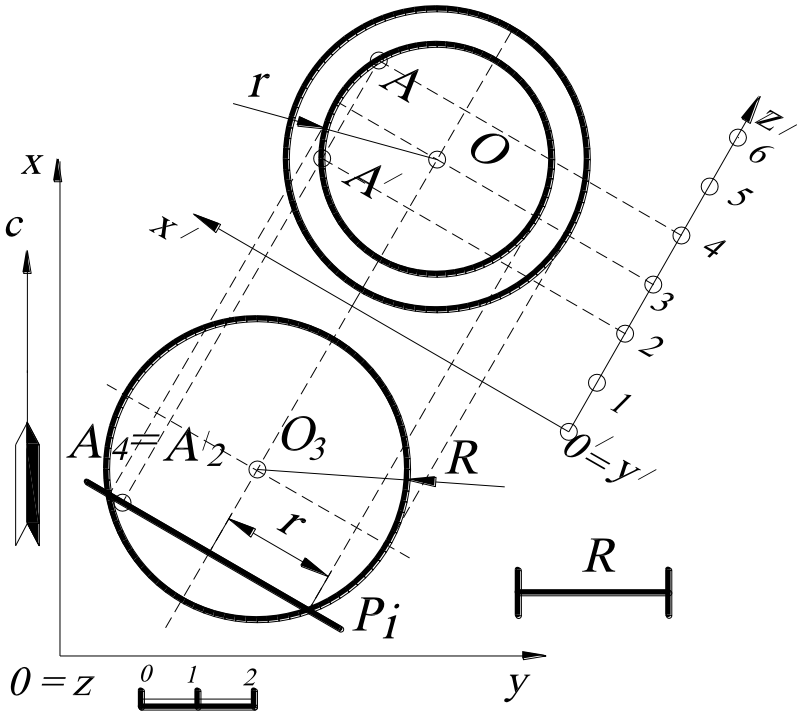


Рис. 105.

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.

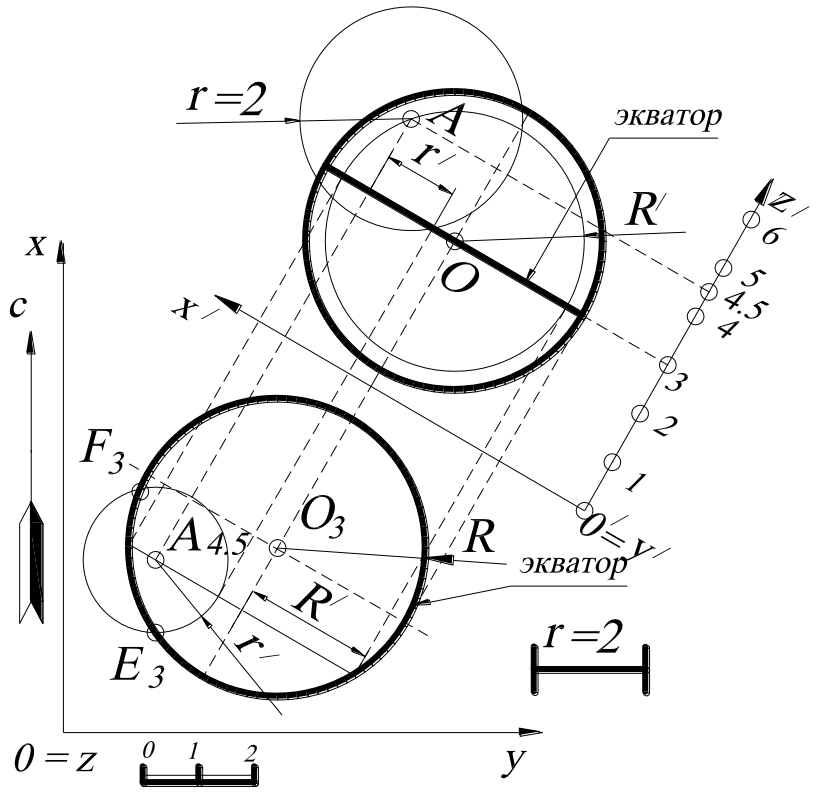


Рис. 106.

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.

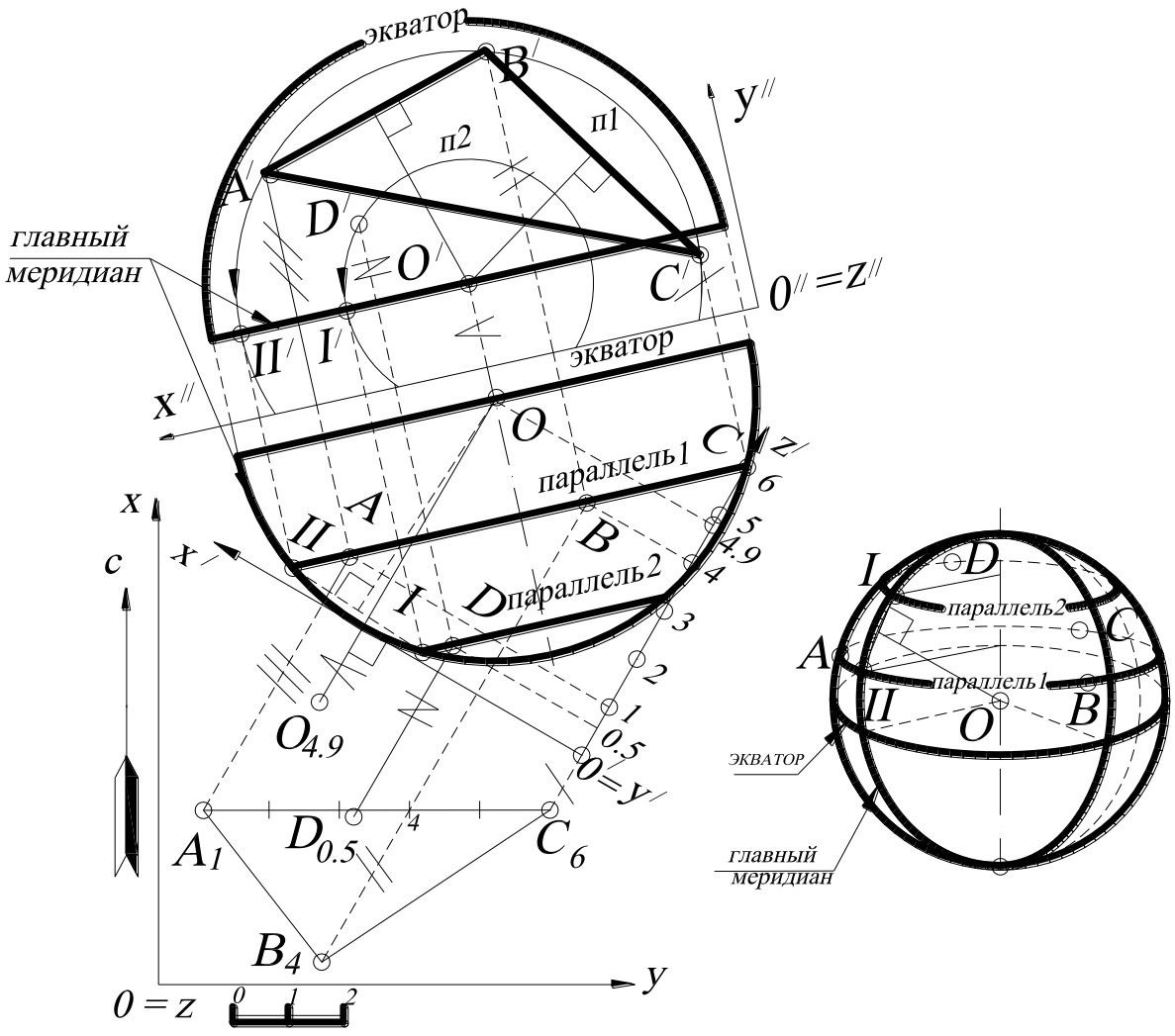


Рис. 107.

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

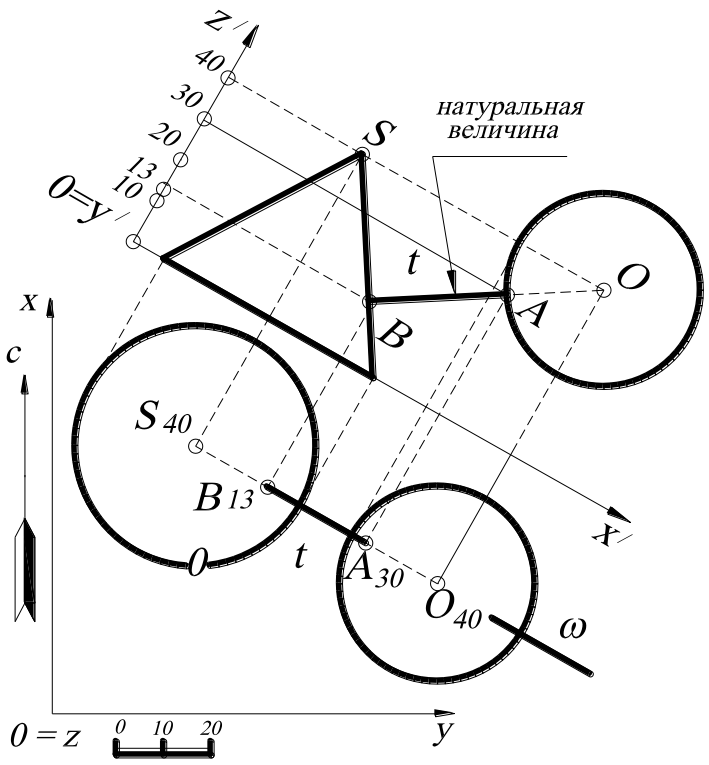


Рис. 108.

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.

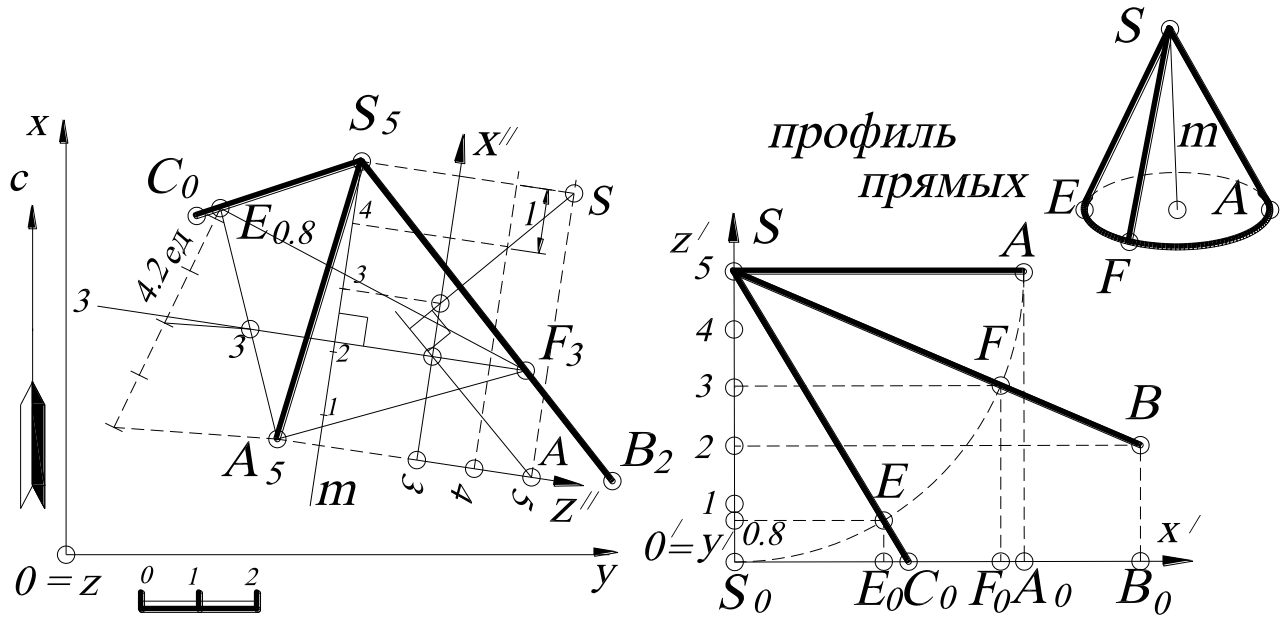


Рис. 109.

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.

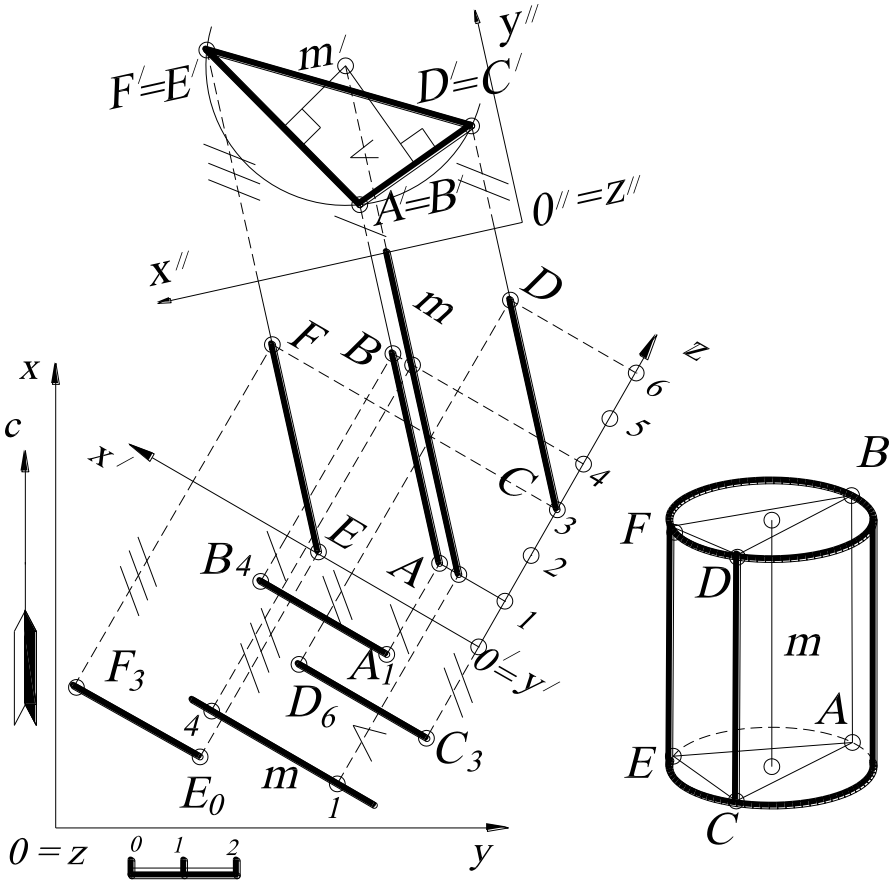


Рис. 110.

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.

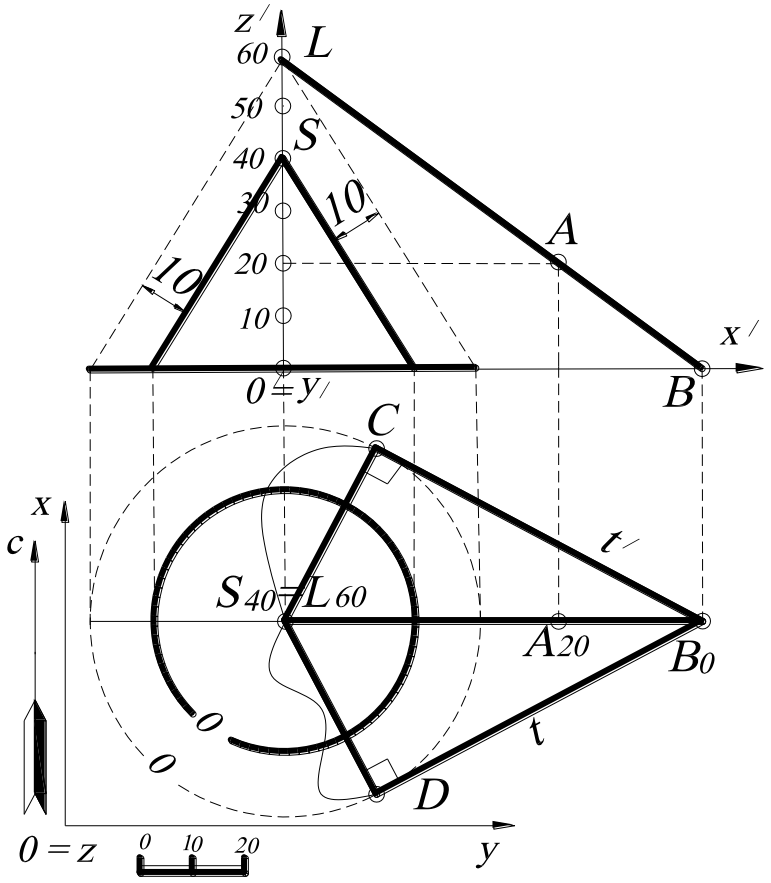


Рис. 111.

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

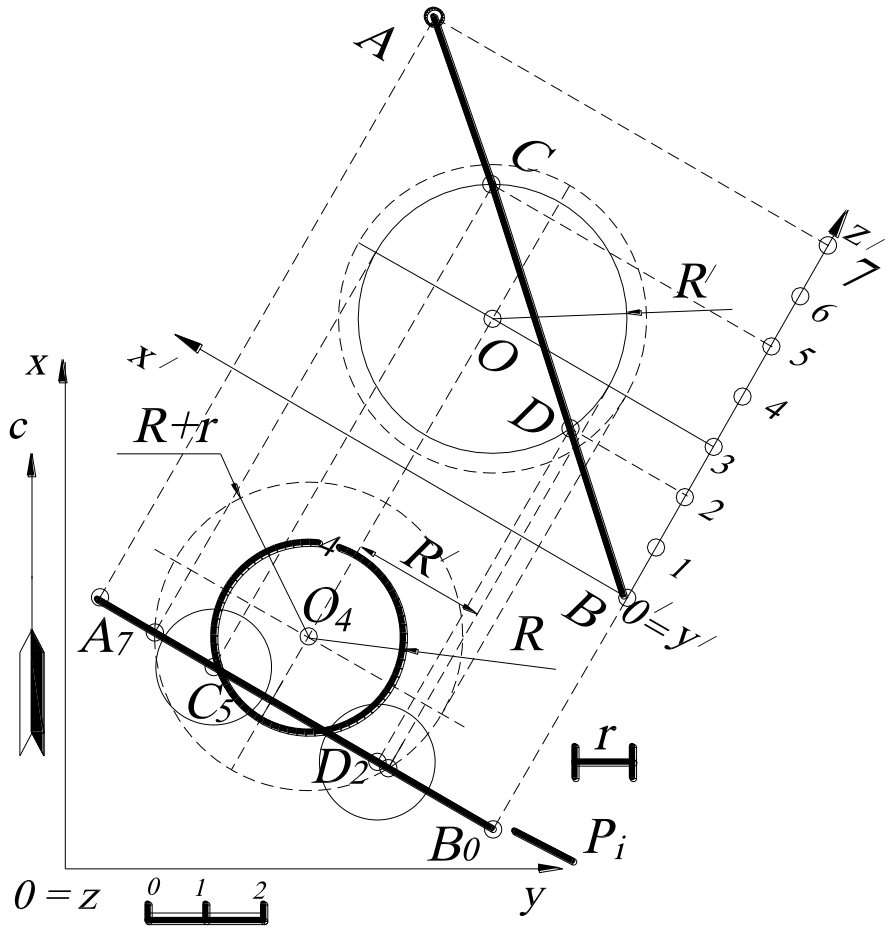


Рис. 112.

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).

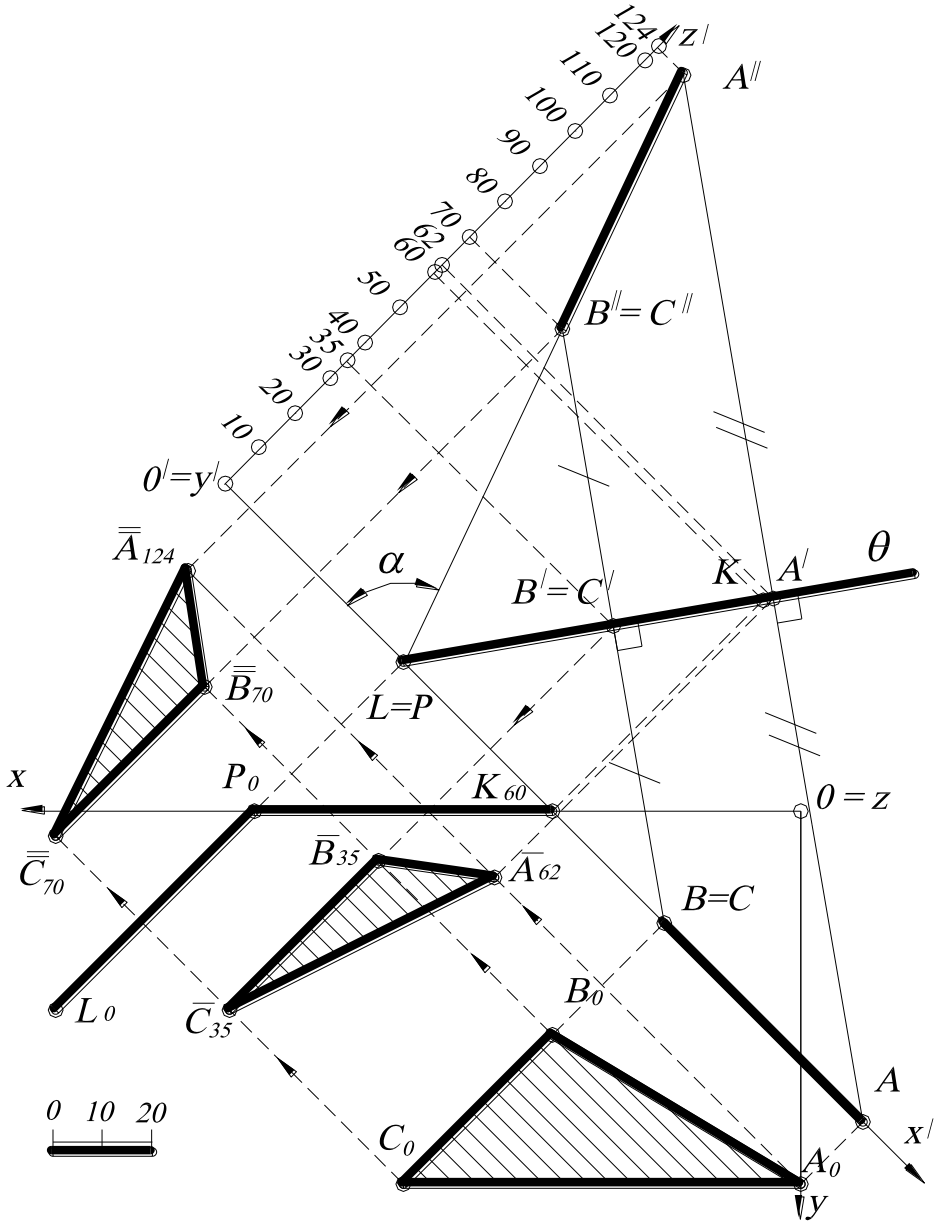


Рис. 113.

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 $x^{\swarrow}$ выбирают перпендикулярно к горизонталям плоскости $\theta\,(P_0K_{60}L_0)$. Тогда прямая P_0L_0, будет проецироваться на профиле в точку, так как высотная отметка точки L и P равна нулю. Плоскость $\Delta\, A_0B_0C_0$ будет проецироваться на профиле в виде отрезка прямой, так как этот треугольник лежит в горизонтальной плоскости проекций.

На профиле строят плоскость $A^{//}B^{//}C^{//}$, симметричную ABC относительно $\theta\,(LPK)$, а также плоскость $A^{/}B^{/}C^{/}$, принадлежащую $\theta\,(LPK)$.

Построение плоскости $A^{/}B^{/}C^{/}$ показано на рис. 111 стрелками, высотные отметки определяются на профиле. Аналогично строится треугольник $A^{//}B^{//}C^{//}$. В нашем случае треугольники ABC и $A^{//}B^{//}C^{//}$ на профиле являются проецирующими. Следовательно, угол между плоскостями равен α (угол между плоскостями считается острым).

В случае если $\Delta\, A_{60}B_{40}C_{10}$ занимает общее положение, то искомая плоскость $\Delta \overline{\overline{A_?}}\,\overline{\overline{B_?}}\,\overline{\overline{C_?}}$ будет строиться аналогичным образом (рис. 114). Однако на профиле плоскость ABC не будет проецирующей, а также будет занимать общее положение.

Таким образом, новую ось $x^{\swarrow}$ профиля выбирают перпендикулярно горизонталям плоскости $\theta\left(P_0K_{70}L_0\right)$ и строят заданную плоскость $A_{60}B_{40}C_{10}$ на профиле. Последовательность построений на рис. 114 показана стрелками.

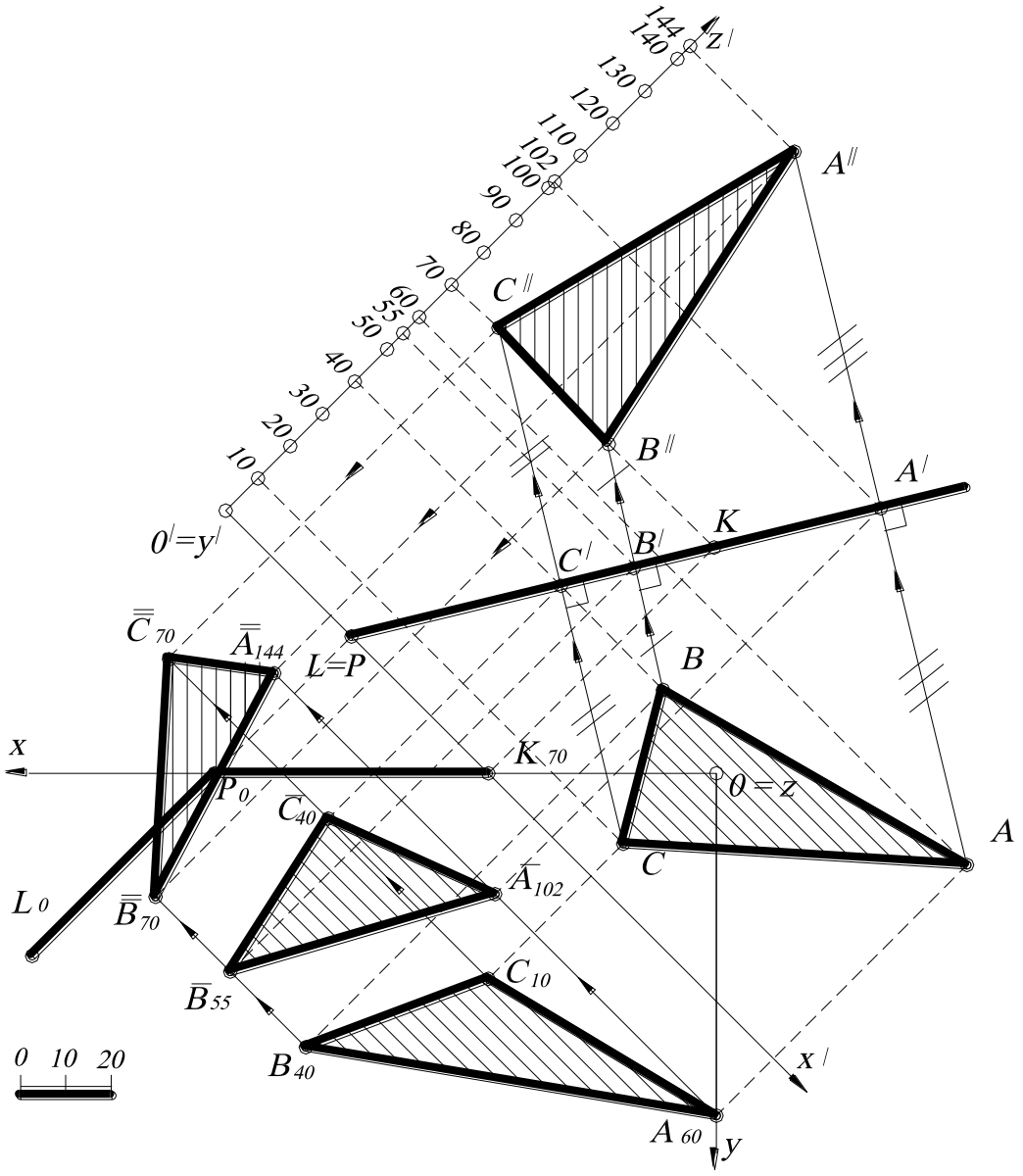


Рис. 114.

Для определения угла между плоскостями $A_{60}B_{40}C_{10}$ и $\bar{\bar{A}}_{144}\bar{\bar{B}}_{70}\bar{\bar{C}}_{70}$ 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).

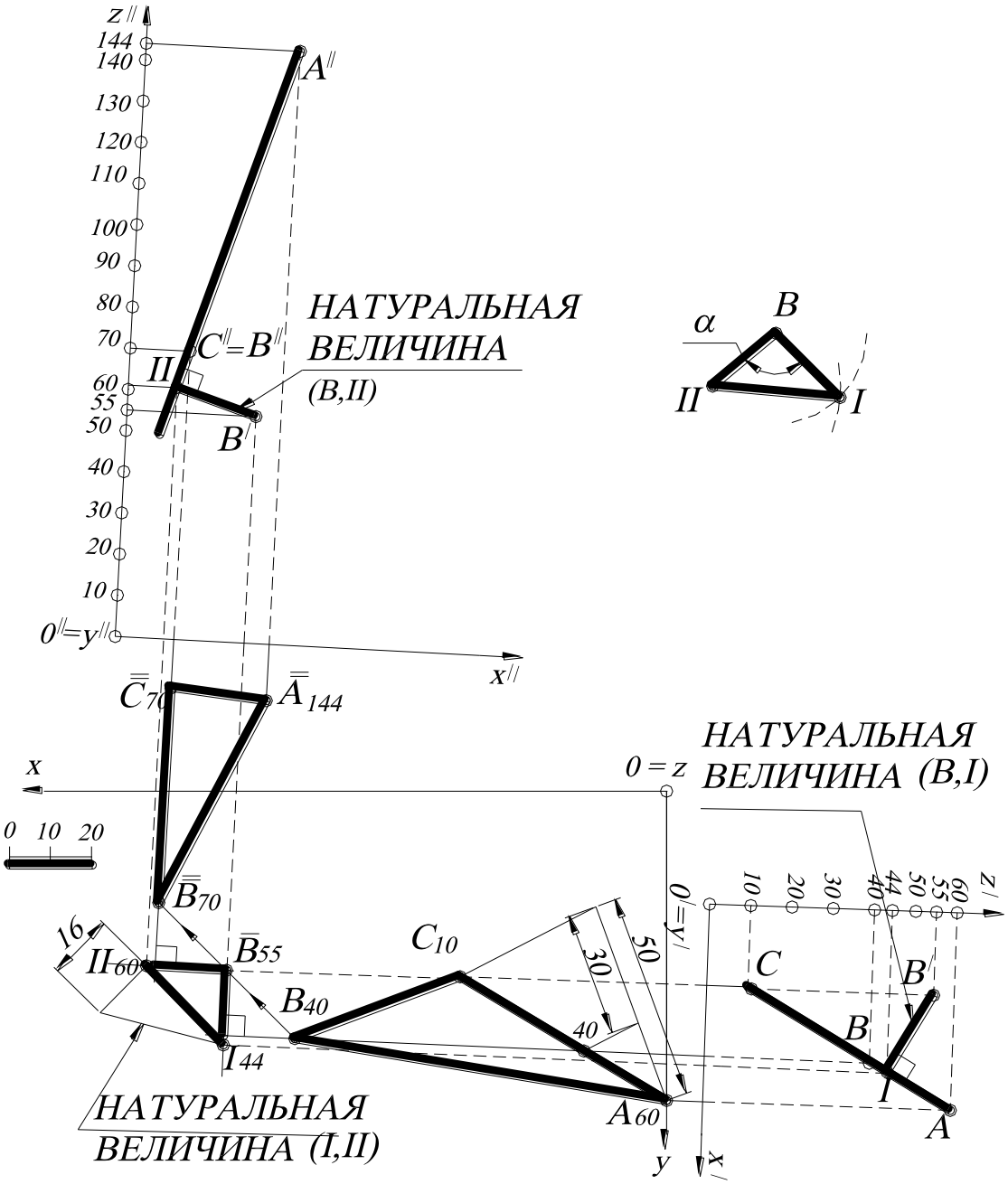


Рис.115.

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 60х84 $^{1}/_{16}$. Бумага писчая. Печать на ризографе. Печ. л. 9,5. Уч. изд. л. 8,5. Тираж 300 экз. Заказ №

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский гос. горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники
издательства УГГУ

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Уральский государственный горный университет»

Е. И. Шангина
Г.А. Шангин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Допущено Учебно-методическим объединением
в области горного дела в качестве учебного пособия
для студентов направления 650600 «Горное дело»

Издание второе, стереотипное

Екатеринбург – 2015

УДК 514.18
Ш 20

Рецензенты: *Денисов М. А*. профессор, д-р техн. наук кафедры «Инженерная графика» Уральского федерального университета
Савельев Ю. А. канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная графика» Уральского государственного университета путей сообщения.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Шангина Е.И., Шангин Г.А.
Ш 20 Инженерная графика. Теория и приложения: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 254 с.: ил.

Изложены современные геометрические основы отображения различных многообразий и их инвариантные свойства, такие как, симметрия, пропорциональность, размерность. Освещены теоретические положения курса начертательной геометрии в проекциях с числовыми отметками, рассмотрены ортогональные, аксонометрические проекции, дано обобщение методов решения задач. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Горное дело», а также по направлениям «Прикладная геология» и «Технологии геологической разведки», а также может быть полезно при организации научных исследований студентам, аспирантам и преподавателям, специализирующимся в области геометрического моделирования.

УДК 514.18

©Уральская гос. горно-геолог. академия, 2006
© Уральский государственный горный университет, 2015
© Шангина Е. И., 2006
© Шангина Е. И., Шангин Г. А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Геометрию (geometria – «землемерие», греч.) издавна причисляли к семи свободным искусствам: грамматика, риторика, диалектика, арифметика, геометрия, астрономия, музыка.

«Геометрия как таковая начинается интуитивно. Её история проходит такой путь, что грубые идеи формы, массы, площади поверхностей, длины анализируются, уточняются, делаются абстрактными и приводят к понятию геометрических фигур. Известна неспособность большинства животных и некоторых примитивных рас людей понимать рисунок. Не имея глубины, кроме той, которая имитирована мастерством рисунка и тенями, он производит на неразвитый интеллект впечатление плоских областей, контрастно раскрашенных». [*]

Начертательную геометрию, понимая под ней классические методы – метод Монжа, аксонометрию, перспективу, проекции с числовыми отметками, обычно определяют как ***раздел геометрии, изучающий способы отображения пространства на плоскость, то есть способы изображения пространственных фигур (точнее сказать многообразий) на плоском чертеже***. Причём под плоскостью чертежа в настоящее время понимается не только классический чертёж, но и экран компьютера. Говорят, что чертёж – язык техники, а начертательная геометрия – грамматика этого языка.

Как правило, решаемые в начертательной геометрии задачи – это задачи конструктивные, то есть задачи на построение (в отличие от задач на доказательство или на вычисление). Вначале следует представить, «увидеть» пространственную конструкцию – ***оригинал***, составить план (***алгоритм***) решения трёхмерной (в общем случае многомерной) задачи, а затем переходить к реализации этих действий на чертеже, то есть переводу этого алгоритма на «язык» изображений ***(проекций***). Этот метод позволяет получать ***геометрическую модель*** и называется ***геометрическим моделированием***.

[*] D.M.Y. Sommerville. An introduction to the geometry of N dimension. London, 1929. – 7 p.

Основным условием построения геометрической модели является её ***обратимость***, то есть построение модели по заданному оригиналу и, наоборот, построение оригинала по заданной модели. Следовательно, возникает задача взаимно однозначного и взаимно непрерывного соответствия между оригиналом и моделью (и наоборот). Поэтому в первой части учебного пособия в сжатой форме излагаются теоретические вопросы современной начертательной геометрии. Здесь даются элементы теории множеств (отображения, преобразования, произведение преобразований), рассматривается понятие «размерность» и различные примеры подсчёта параметров для проверки корректности постановки геометрической задачи. Рассмотрены различные системы координат. В обзорной форме излагается теория получения некоторых видов проекций.

В современных компьютерных программах для создания графических объектов имеются команды меню «Редактор» («Зеркало», «Поворот», «Сдвиг»», «Копия» и др.), которые позволяют ускорять и упрощать процесс создания чертежа, при этом возрастает точность геометрических построений.

С точки зрения теории симметрии команда «Зеркало» представляет собой осевую симметрию; команда «Поворот» - поворотную симметрию; «Сдвиг» - параллельный перенос; «Копия» - движение, сохраняющее тождественное преобразование. Однако чаще всего пользователи ПК не владеют теорией симметрии и поэтому строят чертёж привычными методами, при которых используются традиционные чертёжные инструменты.

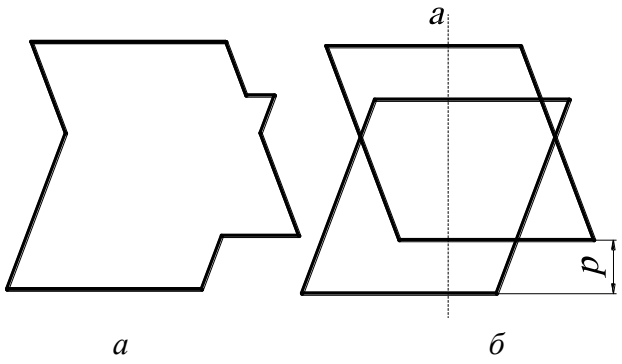


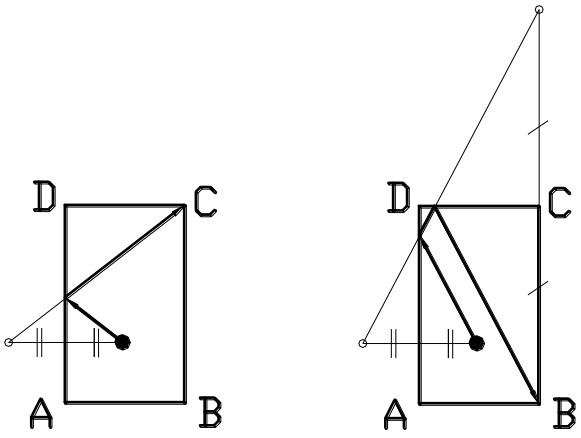
Рис. 1.

Примером может служить метод построения геометрического многообразия, показанного на рис. 1, *а, б*. Построение геометрической фигуры (см. рис. 1, *а*), как ни странно, осуществляется последовательным заданием семейства точек или ломаной линии.

Однако такая методика является не всегда удобной, так как снижается точность изображения, и усложняются построения. Указанные недостатки могут быть устранены весьма простым способом – построением скользящей симметрии параллелограмма (см. рис. 1, *б*), представляющей композицию (произведение) осевой симметрии с осью ***a*** и параллельного переноса ***p***.

Другая задача, связанная с симметрией, которая может встретиться в повседневной жизни. Определить направление удара по бильярдному шару, чтобы: 1) шар ударился о борт ***AD*** и затем попал в точку (лузу) ***C***; 2) шар ударился о борт ***AD***, затем о борт ***DC*** и попал в точку (лузу) ***B*** (рис. 2, *а*, *б*). Путь шара определяется законом отражения (угол падения равен углу отражения), а траектория движения шара строится согласно зеркальной симметрии.

Во времена Пифагора слово «симметрия» выражало однородное, соразмерное, пропорциональное, понималось как способ согласования многих частей, с помощью которого они объединялись в целое. «Постройка храма без симметрии и без соблюдения пропорций не может быть оправдана, и в храме, как и в каждом правильно и нормально построенном человеческом теле, должен быть соблюдён точно установленный закон правильной соразмерности его составных частей». [*]



а *б*

Рис. 2.

Таким образом, построение геометрических фигур на основе их свойств симметрии и пропорциональности является общим принципом для решения задач с использованием компьютерной графики и основным принципом для установления общности и различия геометрических объектов. Поэтому часть 2

[*] Витрувий. Десять книг об архитектуре. – М., 1936.

настоящего учебного пособия посвящена теории пропорциональности и симметрии. Здесь в краткой форме рассматриваются числа и их графическое выражение, приводятся сведения о простых и иррациональных отношениях, о «Золотом сечении» и др. Рассматривается теория различных видов симметрии на плоскости и их композиции, перечислены различные виды симметрии в пространстве. Приводятся сведения о кристаллографических группах Е. С. Фёдорова. Рассматривается теория получения различных геометрических моделей (чертежей) многообразий трёхмерного пространства в зависимости от того, «что», «чем», «на чем» и «каким образом» изображается и как возникают чертёж Монжа, аксонометрия проекции с числовыми отметками и др.

В части 3 рассматривается теоретический материал курса начертательной геометрии в проекциях с числовыми отметками, который содержит следующие основные темы: точка, прямая, плоскость, кривые линии, поверхности, их образование и моделирование на чертеже в проекциях с числовыми отметками. Приведены сведения о поверхностях вращения, линейчатых, гранных, топографических. В этой части учебного пособия рассмотрены примеры задач и даны алгоритмы их решения.

Отличительной особенностью данного учебного пособия является изложение теории инвариантных свойств, что позволяет создавать новые геометрические модели различной структуры и размерности и решать на них конкретные инженерные задачи.

Автор выражает искреннюю благодарность рецензентам за замечания и советы, направленные на улучшение содержания данной книги. Автор также выражает глубокую признательность В. А. Пекличу за предоставленные материалы.

ЧАСТЬ 1
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

1. МНОЖЕСТВА

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Понятие множества является одним из основных неопределяемых понятий математики. Вводя понятие «***множество***», обычно поясняют его смысл на примерах: библиотека – множество книг; алфавит – множество букв; лес – множество деревьев и т. д. В геометрии прямую, плоскость, пространство, прежде всего, понимают как «множество точек».

Объекты, из которых состоит множество, называются его элементами. Множества имеют определённые характеристические свойства. Например, если имеем множество целых чисел, то буква не является элементом этого множества. Множество, элементы которого можно подсчитать, называется конечным множеством, в противном случае – бесконечным. Например, множество страниц книги – конечно, так как его можно подсчитать; время – бесконечное множество. Если все элементы множества M являются частью множества N, то M называется подмножеством N. Например, прямая, лежащая в плоскости, является подмножеством множества точек плоскости. Другой пример: студенты одной группы являются подмножеством студентов всего института.

Рассмотрим основные теоретико-множественные понятия: 1) принадлежность ($\in$); 2) включение ($\subset$); 3) пересечение ($\cap$); 4) объединение ($\cup$); 5) разность (\ ); 6) пустое множество ($\varnothing$).

1) Если m есть элемент множества M, записывают $m \in M$; если m не принадлежит M, то пишут $m \notin M$. Множество, которое не содержит ни одного элемента, называется пустым множеством и обозначается $\varnothing$. Точка

является нульмерным множеством (это аксиома и определению не подлежит).

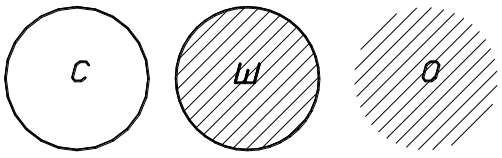
2) Если любой элемент множества M принадлежит множеству N, то M называют ***подмножеством*** множества N. Символическая запись: $M \subset N$ («множество M содержится в N»). При этом N называют надмножеством (объемлющим множеством) множества M.

3) Множество, состоящее из общих элементов нескольких множеств A, B, C, … называется пересечением этих множеств и обозначается $A \cap B \cap C, \ldots$.

4) Объединение (или сумма) множеств M и N $(M \cup N)$ – это множество, элементами которого являются все элементы множества M и множества N.

5) Разностью множеств M и N называется множество, состоящее из элементов, принадлежащих M, но не принадлежащих N $(M \setminus N)$. Если $N \subset M$, то разность $M \setminus N$ называют дополнением множества N в множестве M и обозначают $\overline{N}$; при этом $N \cup \overline{N} = M$.

Рассмотрим три множества точек, координаты которых удовлетворяют следующим уравнению и неравенствам (рис. 3):



Сфера: $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ – **С**.

Шар: $x^2 + y^2 + z^2 \le 1$ – **Ш**.

Открытый шар: $x^2 + y^2 + z^2 < 1$ – **О**.

Рис. 3.

В этом случае справедливы следующие теоретико-множественные тождества:

$$\mathbf{С} \cap \mathbf{Ш} = \mathbf{С},\ \mathbf{Ш} \cap \mathbf{О} = \mathbf{О},\ \mathbf{С} \cap \mathbf{О} = \varnothing;$$

$\mathbf{С} \cup \mathbf{Ш} = \mathbf{С} \cup \mathbf{О} = \mathbf{Ш} \cup \mathbf{О} = \mathbf{Ш}$; $\mathbf{Ш} \setminus \mathbf{С} = \mathbf{О}$, $\mathbf{Ш} \setminus \mathbf{О} = \mathbf{С}$, $\mathbf{О} \setminus \mathbf{С} = \mathbf{О}$, $\mathbf{С} \setminus \mathbf{О} = \mathbf{С}$; $\mathbf{С} \setminus \mathbf{Ш} = \mathbf{О} \setminus \mathbf{Ш} = \varnothing$; $\underline{\mathbf{С}} = \mathbf{О}$, $\underline{\mathbf{О}} = \mathbf{С}$, $\underline{\mathbf{Ш}} = \varnothing$.

При определении пересечения трех и большего числа множеств пользуются следующими свойствами пересечения:

$M \cap N = N \cap M$ – коммутативность (то есть переместительный закон, выражающий независимость получаемого множества при пересечении множеств ***M*** и ***N*** от их перестановки);

$(L \cap M) \cap N = L \cap (M \cap N)$ – ассоциативность (то есть сочетательный закон, выражающий независимость получаемого множества от замены некоторых множеств их пересечением);

$M \cap M = M$ – идемпотентность (то есть результатом пересечения множества ***M*** самого с собой является множество ***M***).

Операции пересечения, объединения, разности позволяют исходя из данных множеств строить новые множества. Другим же распространенным приемом конструирования множеств является то, что некоторые подмножества данного множества объявляются элементами нового множества. Рассмотрим несколько примеров.

ПРИМЕР 1. Множество прямых на плоскости называют плоским полем прямых. Элементами этого множества являются все прямые данной плоскости. ***Пучок прямых*** – множество прямых, проходящих по плоскости через данную точку (если эта точка несобственная (бесконечно удаленная), имеем пучок параллельных прямых).

ПРИМЕР 2. Множество прямых пространства называют линейчатым пространством. Примерами подмножеств линейчатого пространства могут служить следующие множества. ***Связка прямых*** – множество прямых пространства, проходящих через заданную точку (если эта точка несобственная, имеем связку параллельных прямых). ***Специальный линейчатый комплекс*** - семейство прямых, пересекающих данную прямую. ***Гиперболическая линейная конгруэнция*** – множество прямых, пересекающих две скрещивающиеся прямые (называемые ее осями или директрисами). Множество прямых, пересекающих три скрещивающиеся прямые, называется ***регулюсом***, или ***линейчатой поверхностью***.

ПРИМЕР 3. Пучок плоскостей – множество плоскостей, проходящих через заданную прямую (если прямая несобственная, имеют пучок параллельных плоскостей). ***Связка плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную точку.

ОТНОШЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Пусть между элементами множества M определено некоторое отношение **~**, то есть для любых двух элементов $a \in M$ и $b \in M$ известно $a \sim b$ (читается «a эквивалентно b»). Это отношение должно удовлетворять следующим требованиям:

1) $a \sim a$ - рефлексивность;

2) если $a \sim b$, то $b \sim a$ - симметричность;

3) если $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$ - транзитивность.

Знак **~** называется ***отношением эквивалентности***,

ПРИМЕР 1. В линейчатом пространстве параллельность прямых ***a, b, c,…*** является отношением эквивалентности, так как 1) $a \| a$, 2) если $a \| b$, то $b \| a$, 3) если $a \| b$ и $b \| c$, то $a \| c$.

ПРИМЕР 2. Отношение перпендикулярности на множестве прямых плоскости симметрично ($a \perp b$ и $b \perp a$), но не рефлексивно и не транзитивно, и поэтому отношением эквивалентности не является.

В связи с заданием на множестве M отношения эквивалентности оно разбивается на непересекающиеся подмножества, называемые ***классами эквивалентности*** – в один класс входят эквивалентные между собой элементы. Пересечение любых двух классов пусто, а объединение всех классов эквивалентности есть M (M – это «слоеный пирог», а классы – это слои). Множество, элементами которого являются классы эквивалентности (слои), называется ***фактормножеством*** множества M по отношению к эквивалентности **~**. Фактормножество в примере 1 – это множество связок параллельных прямых.

Два множества называются ***эквивалентными***, если между их элементами можно установить взаимно однозначное соответствие. Под взаимно однозначным соответствием будем понимать такое соответствие, при котором любому элементу одного множества ставится в соответствие единственный элемент другого множества (и наоборот), любым различным (не совпадающим) элементам одного множества соответствуют различные элементы другого множества, задействованы все элементы обоих множеств.

Об эквивалентных множествах говорят, что они имеют одинаковую мощность. Эквивалентные конечные множества состоят из одного и того же числа элементов. Если бы это было не так, то при установлении взаимно однозначного соответствия каким-то элементам не было бы соответствующих. В случае конечных множеств понятие мощности совпадает с понятием числа элементов.

1.2. ОТОБРАЖЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Одним из фундаментальных понятий современной математики является понятие ***функции***. Как известно, переменная y называется функцией переменной x, если каждому значению x, взятому из области её определения, отвечает одно или несколько значений y. Это записывают так: $y = f(x)$. Большое значение имеют однозначные функции, когда каждому значению x соответствует единственное значение y (и наоборот).

Геометрическим аналогом понятия однозначной функции является ***отображение***. Тогда под x и y понимают какие-либо геометрические образы: точки, прямые, плоскости, окружности…. Для конкретности в дальнейшем под x и y будем понимать точки.

Если даны два множества $X(x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n)$, $Y(y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n)$ и указано правило, по которому каждому элементу x_i множества X ставится в соответствие определённый элемент y_i множества Y, то говорят, что задано отображение f множества X в множество Y, и пишут: $f : X \to Y$ (рис. 4). При этом эле-

мент y_i называется образом элемента x_i, а x_i – прообразом элемента y_i. Символическая запись $y = f(x)$ читается: «в отображении f элементу x соответствует элемент y» или «отображение f переводит x в y».

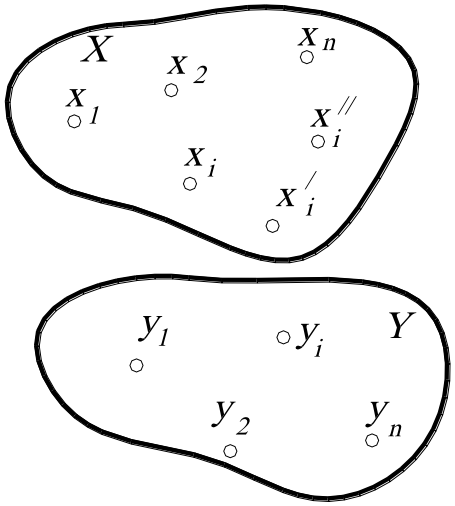


Рис. 4.

Множество X называют ***областью определения (областью отправления)***, а Y - ***областью значений (областью прибытия)*** отображения f.

Пусть область определения X состоит из множества точек $x_1, x_2, x_3 \ldots, x_i, x_n$, а область значений Y – из множества точек $y_1, y_2, y_3 \ldots, y_i, y_n$ (см. рис. 4). Следовательно, при отображении любой точке x_i в области X соответствует единственный образ y_i в области Y, но точка y_i может иметь несколько прообразов $x_i, x_i^{/}, x_i^{//} \ldots$. Следовательно, обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ является в этом случае неоднозначным.

Таким образом, об отображении можно говорить, если заданы два множества и некоторое правило или закон, по которому элементы множеств образуют пары, причем эти множества по этому закону, вообще говоря, не равноправны.

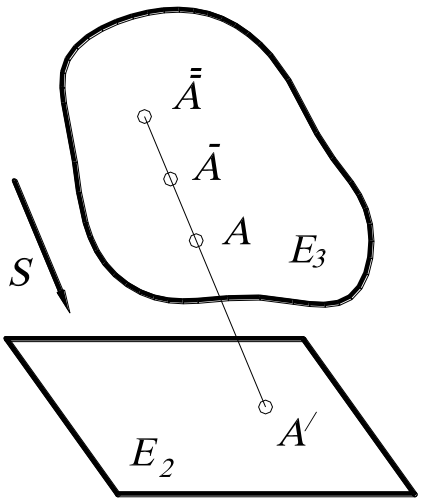


Рис. 5.

Наглядной иллюстрацией сказанного является отображение точек трёхмерного пространства E^3 на плоскость (двумерное пространство) E^2 путём параллельного проецирования (рис. 5): каждая точка A трёхмерного пространства E^3 в данном направлении S проецируется в единственную точку $A^{/}$ плоскости E^2. Однако в точку $A^{/}$ проецируется не только точка A, но и все точки $\bar{A}, \bar{\bar{A}}, \ldots$.

Рассмотрим пример. Пусть – ***З*** **–** множество зрителей в фойе театра перед спектаклем, а ***К*** – множество кресел. Как узнать, что зрителей и кресел поровну? Конечно, можно подсчитать, но мы получим избыточную информацию, нас не интересует их количество. Однако если во время спектакля все места заняты, причем никто из зрителей не стоит в проходах и на каждом месте сидит только один театрал, то это означает, что эти множества равны, в противном случае, наоборот.

Рассмотрим другой пример. Пусть в классе находится множество учеников и множество стульев. Предположим, что после звонка на урок каждый ученик занял свое место, то есть свой стул. В этом случае можно сказать, что задано отображение множества учеников на множество стульев. При этом если на каждом стуле сидит только один ученик, никто не стоит в проходах и все места заняты (например, имеем в классе 30 учеников и 30 стульев), то есть каждому ученику соответствует один единственный стул, и, наоборот, каждому стулу соответствует единственный ученик. Такое отображение называют ***взаимно однозначным*** (иногда говорят взаимно однозначное соответствие).

Отображение называется ***взаимно однозначным,*** если каждому элементу $y_i \in Y$ соответствует единственный прообраз $x_i \in X$ (и наоборот), то есть прямое соответствие $y = f(x)$ и обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ являются однозначными. Такое отображение называется ***биективным,*** или ***биекцией.***

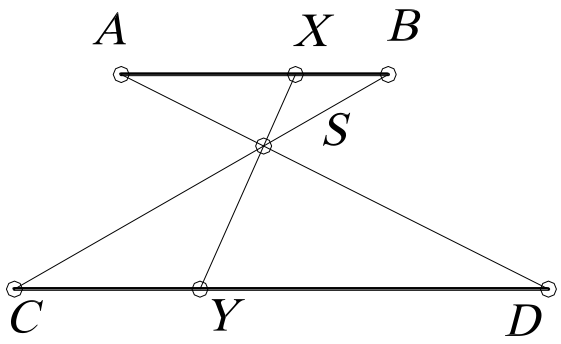


Рис. 6.

Взаимно однозначное соответствие между элементами множеств (или между множествами) может быть установлено различными способами. На рис. 6 такое соответствие между точками двух отрезков (или между отрезками) ***AB*** и ***CD*** установлено прямыми, проходящими через точку ***S***. При этом точке $X \in AB$ соответствует точка $Y \in CD$, что символически записывается так: $X \leftrightarrow Y$. Между этими

отрезками можно установить соответствие так: $X \leftrightarrow Y$, если $\frac{CY}{AX} = \frac{CD}{AB}$, где CY, CD, AB, AX – длины отрезков.

Второе соответствие отличается от первого не только формой задания, но и парами соответствующих точек. Это можно заметить хотя бы по концам отрезка. В первом соответствии $A \leftrightarrow D$, $B \leftrightarrow C$, во втором – $A \leftrightarrow C$, $B \leftrightarrow D$. Этими двумя примерами не исчерпывается множество взаимно однозначных соответствий, которые могут быть установлены для точек данных отрезков.

Кроме этого, встречаются многозначные соответствия. Например, легковой машине соответствует 4 колеса, и наоборот. Такое отображение называется одно- четырёхзначное ($1 \leftrightarrow 4$). Одно-двузначное отображение можно рассмотреть на примере действительных чисел, то есть каждому действительному числу соответствует пара – рационального и иррационального чисел, и наоборот: $1 \leftrightarrow 2$.

Примером обратимого соответствия является отображение двух плоскостей друг на друга при параллельном проецировании (рис. 7). Если в обратимом отображении область прибытия и область отправления – одно и то же множество M, то такое отображение называется отображением множества на себя, или ***преобразованием множества M.***

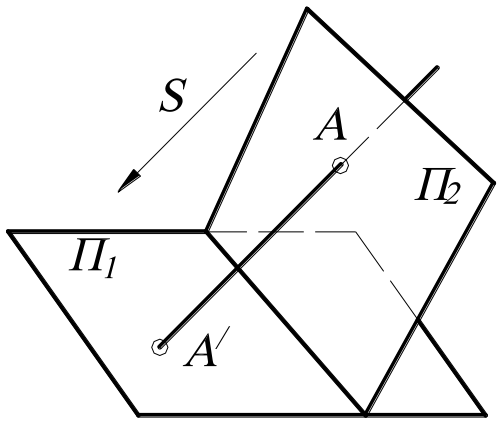


Рис. 7.

Отображение называется ***преобразованием***, если множества X и Y совмещены, то есть не только элементу x_i соответствует определённый элемент y_i, но и элементу y_i соответствует тот же элемент x_i. В этом случае говорят, что множество X отображается на себя $\{X=Y\}$. Другими словами, если отображение является обратимым, то

оно называется преобразованием. Например, центральная симметрия точек пространства относительно некоторой точки O есть преобразование пространства.

Говоря о геометрическом ***преобразовании***, обычно подразумевают, что M – множество точек плоскости или пространства. Если какое-то свойство фигуры F сохраняется в преобразовании f, то есть фигура $F' = f(F)$ обладает тем же свойством, то это свойство называется ***инвариантом*** преобразования.

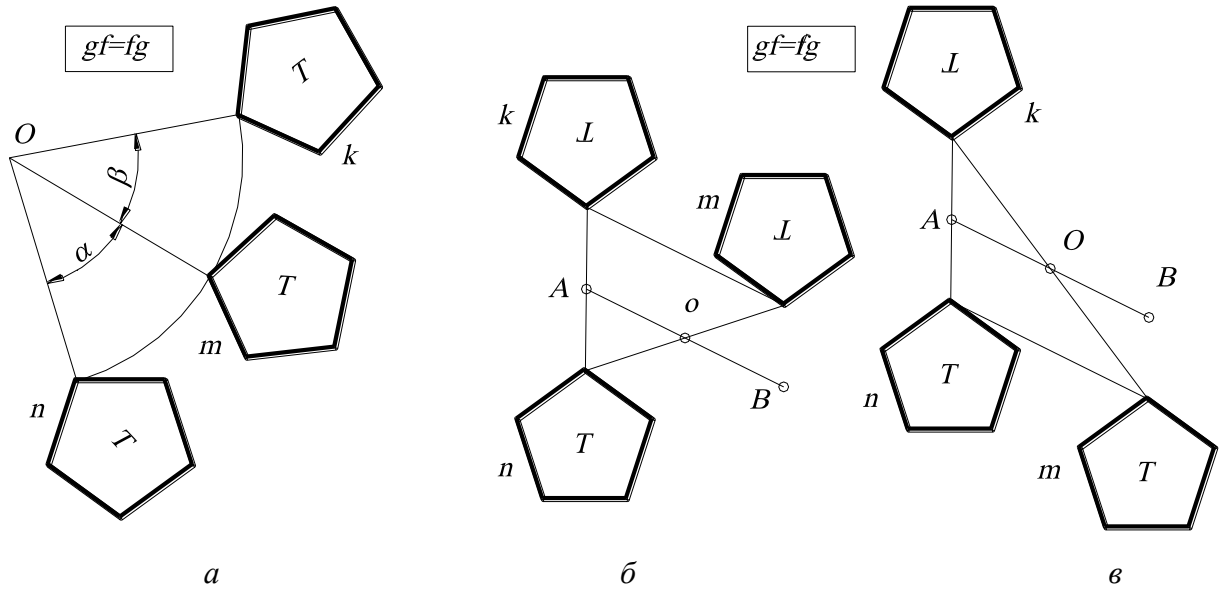
Итак, ***преобразование*** – это взаимно однозначное отображение между всеми точками плоскости (или пространства), то есть правило, при котором каждой точке P соответствует единственная точка P', и, наоборот, каждой точке P' соответствует единственная точка P. Другими словами, правило, таким образом составляющее пары точек, что каждая точка P плоскости (или пространства) ровно в одной паре стоит на первом месте и ровно в одной паре - на втором.

Может случиться, что обе точки пары окажутся одинаковыми. То есть что точка P' совпадает с точкой P. В этом случае точка P называется неподвижной (двойной) точкой преобразования.

Результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их ***произведением***, или ***композицией преобразований.*** Другими словами, преобразование, переводящее прообразы первого в образы второго при условии, что образы первого отождествлены с прообразами второго. Иначе говоря, если $f(k) = m$ и $g(m)=n$, то произведение $h=gf$ переводит k в n, то есть $h(k)=n$ (преобразование, выполняемое первым, пишут ***справа!***). Например, если f и g – повороты вокруг центра O на углы α и β, то $h=gf$ – поворот с той же осью на угол $\alpha+\beta$ (рис. 8, *а*). Если f – перенос на вектор AB, а g – симметрия с центром O, то $h=fg$ – симметрия с центром A, где $2AO=AB$ (такое преобразование показано на рис. 8, *б*).

Здесь в первом примере $h=gf=fg$, то есть не зависит от порядка сомножителей, тогда в этом случае говорят, что f и g ***перестановочны*** или ***коммутируют***. Однако во втором примере произведение зависит от порядка сомножите-

лей, то есть не коммутирует: ***fg≠gf*** (сравните два рисунка – 8, *а* и 8, *в* или 8, *а* и 8, *б*).



а *б* *в*

Рис. 8.

Аналогично иногда результат двух операций зависит от порядка их выполнения, а иногда – и нет. Например, операции ***Л*** и ***П*** надевания левого и правого ботинков перестановочны: ***ЛП=ПЛ***, а операции надевания ботинка ***Б*** и носка ***Н*** – не коммутируют ***БН≠НБ.***

1.3. ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ НА ПОСТРОЕНИЕ

Любую задачу на построение можно сформулировать в общем виде так: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям ***1), 2) …***». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи.

Элементы множества M, удовлетворяющие условию ***1)***, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие ***2)*** выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств $M_1, M_2,$ …, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\} = M_1 \cap M_2 \cap \ldots$.

Задача 1. Построить на плоскости точки a_1, a_2, удаленные от данной точки O_1 на расстояние r_1 и от точки O_2 на расстояние r_2 (рис. 9).

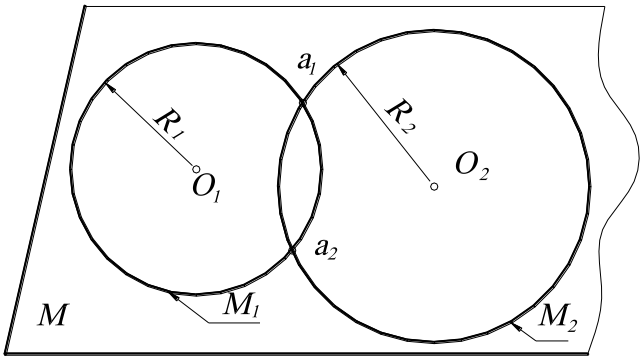
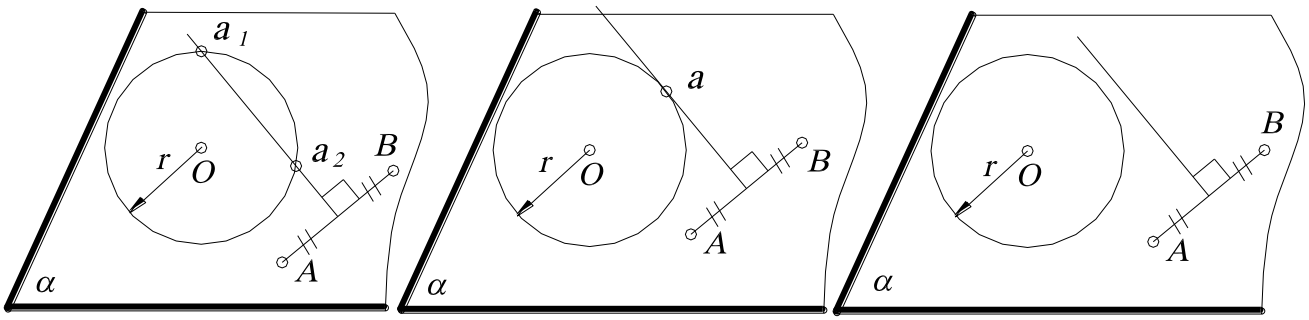


Рис. 9.

Подмножество M_1, выделяемое из плоскости M (здесь плоскость – это множество M) первым условием – это окружность с центром O_1 и радиусом R_1. Аналогично, M_2 – это окружность с центром O_2 и радиусом R_2. Тогда получают искомые точки: $\{a_1, a_2\}=M_1 \cap M_2$.

Задача 2. Найти на плоскости точку a, удаленную на расстояние r от точки O и равноудаленную от точек A и B.



а *б* *в*

Рис. 10.

Подмножество M_1, выделяемое первым условием из плоскости M, - окружность с центром O и радиусом r. Подмножество M_2, удовлетворяющее второму условию, – перпендикуляр, восстановленный к середине отрезка AB. Искомая точка a есть пересечение окружности с перпендикуляром, то есть $a=M_1 \cap M_2$. В данном случае может получиться две, одна или ни одной точки (мнимые) пересечения $M_1 \cap M_2=\varnothing$ (см. рис. 10, *а*, *б*, *в*).

Такой метод называется ***расчленением условий***, то есть элементы из M, удовлетворяющие первому условию, образуют некоторое подмножество; взятое

отдельно второе условие выделяет из множества ***M*** другое подмножество и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения этих подмножеств.

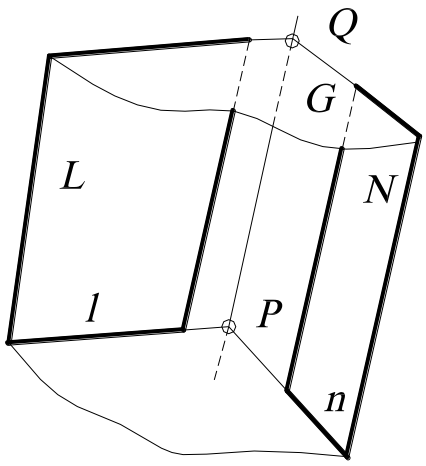


Рис. 11.

Задача 3. Найти отрезок прямой пересечения двух плоскостей ***L*** и ***N*** (***L*** и ***N*** рассматривают как подмножества пространства, элементом которых является точка). Задают вспомогательную плоскость-посредник ***M*** и находят пересечение этих подмножеств $L \cap N \cap M$ (рис.11). Пользуясь свойством идемпотентности, преобразуют: $L \cap N \cap M = L \cap N \cap (M \cap M)$, и далее, пользуясь свойствами коммутативности и ассоциативности преобразуют: $L \cap N \cap (M \cap M) = (L \cap M) \cap (M \cap N)$. Другими словами, введя, плоскость-посредник, находят вначале пересечение посредника с заданными плоскостями (прямые ***l, n***), а затем пересечение этих пересечений (точка ***P***).

Взяв другую вспомогательную плоскость ***G*** и повторив те же самые операции, находят вторую точку ***Q***. Соединив точки ***P*** и ***Q***, получают искомую прямую ***m***. Этот прием применяют в начертательной геометрии при построении точек линии пересечения поверхностей, введя предварительно поверхность-посредник.

1.4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВА И ИХ РАЗМЕРНОСТЬ

Термин «пространство» часто встречается в геометрии. Существуют аффинное пространство, евклидово, проективное, топологическое, эллиптическое и другие. Любое пространство представляет собой множество, удовлетворяющее определенной системе аксиом.

В данном курсе будем рассматривать евклидово пространство, то есть множество точек, удовлетворяющие аксиомам евклидовой геометрии, которая

изучалась в средней школе. Необходимо отметить, что евклидово пространство не одно. Множества точек различной мощности будут давать отличающиеся друг от друга евклидовы пространства. Точка, прямая, плоскость, физическое пространство – это примеры евклидовых пространств различной мощности.

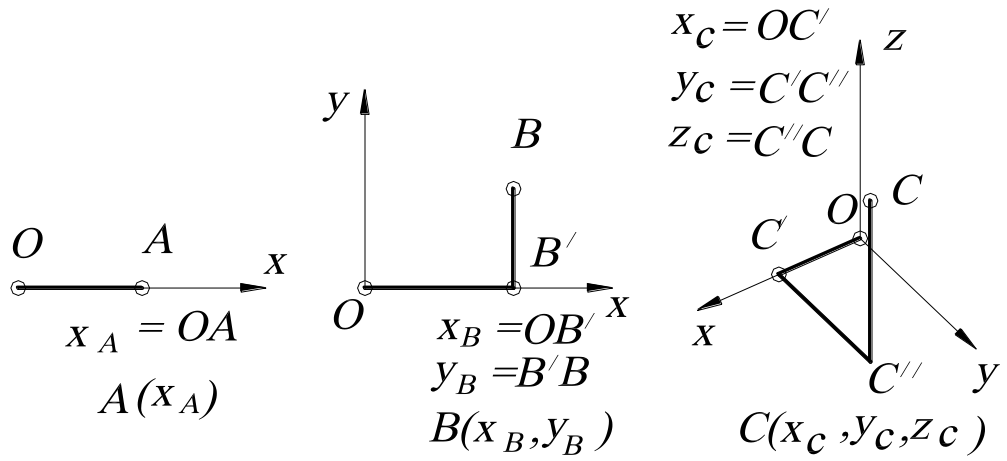
Интуитивно мы понимаем, что на плоскости точек больше, чем на прямой, так как прямая может быть совмещена с некоторой прямой на плоскости. На поверхности точек меньше, чем в пространстве, то есть поверхность - подмножество пространства, поэтому поверхность содержит «меньше» точек, чем пространство.

Таким образом, среди бесконечных множеств существует своя иерархия. Можно сказать, что если множество $\boldsymbol{M}$ можно взаимно однозначно и взаимно непрерывно отобразить на множество $\boldsymbol{N}$, то $\boldsymbol{M}$ и $\boldsymbol{N}$ имеют одинаковую размерность. Если же такого отображения не существует, но существует взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение множества $\boldsymbol{M}$ на подмножество $\boldsymbol{N_1} \in \boldsymbol{N}$, то $\boldsymbol{M}$ имеет размерность меньше, чем $\boldsymbol{N}$.

При моделировании необходимо иметь возможность оценить мощность бесконечного множества. Для этого вводится понятие параметра. ***Параметром называется величина, входящая в некоторую совокупность величин, задание которых определяет элемент множества.*** При этом параметры должны быть независимыми, то есть значения, которые принимает один из параметров, не влияют на значения других, при любом изменении параметров им должен соответствовать уже другой элемент множества. Иными словами, между элементами множества и совокупностями (наборами) параметров установлено взаимно однозначное соответствие.

Число параметров $\boldsymbol{p}$, которое необходимо задать, чтобы определить элемент множества, называется ***параметрическим числом*** этого множества, а само множество – ***p-параметрическим.*** Параметрическое число может быть взято в качестве количественной характеристики бесконечных множеств. В каче-

стве параметров для евклидовых пространств могут быть взяты координаты точки в декартовой системе координат (декартовы координаты).



а *б* *в*

Рис. 12.

На прямой для того, чтобы определить (задать) точку, необходима одна координата (говорят, что точка на прямой имеет одну степень свободы) (рис. 12, *а*). На плоскости – две координаты (то есть точка имеет две степени свободы) (рис. 12, *б*), в пространстве – три, и точка имеет три степени свободы (рис. 12, *в*). Нетрудно заметить, что координаты являются независимыми, то есть при изменении координаты, например ***x***, изменяется положение точки на плоскости.

Число параметров (координат), которое необходимо задать, чтобы определить точку в пространстве, называется ***размерностью*** пространства. Таким образом, ***размерность*** – это параметрическое число множества, которое является пространством. В связи с этим будем считать, что точка – «нульмерное» пространство (аксиома). Линия (прямая) – одномерное евклидово пространство, которое обычно обозначается E_1, или одномерное множество точек - ∞^1. Поверхность (плоскость) – двумерное евклидово пространство, обозначается E_2 или двумерное множество точек - ∞^2, а трехмерное евклидово пространство имеет размерность, равную ***3***, – трехмерное множество точек - ∞^3, обозначается E_3. Употребляется также запись ***dim M=n***, означающая «размерность множества ***M*** равна ***n***» (***dimension*** (англ.) – размерность).

Пусть N – двупараметрическое множество. Каждый элемент из N определяется конкретной парой чисел из множества (a_1, a_2). Между N и E_2 можно установить взаимно однозначное соответствие, так как они одной мощности (параметрическое число N и размерность E_2 равны). Соответствие можно установить, например, так: $x=a_1$, $y=a_2$. Каждому элементу из N будет соответствовать точка из E_2. Пространство E_2 будет являться геометрической моделью N.

Итак, множество имеет размерность n, если его элементам можно взаимно однозначно поставить n-ки («***энки***») чисел $a_1, a_2, a_3 \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества. Эти числа называют параметрами конкретного множества.

Таким образом, за ***эталон n-мерного множества принимают множество*** R_n, ***элементом которого служит n-ка вещественных чисел*** $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, ***то есть n-я декартова степень множества вещественных чисел***.

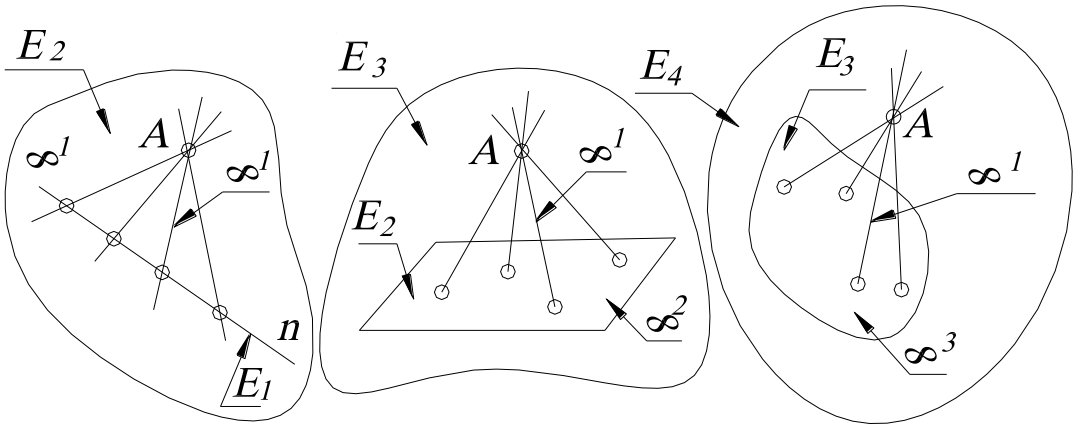
1.5. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_2 возьмем точку, не принадлежащую прямой n (или пространство E_1), и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми пучка и точками прямой. Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) будет определять двумерное пространство E_2 (рис. 13, *а*). Если не учитывать несобственные точки, то пришлось бы «выбросить» из E_2 прямую, параллельную прямой n.

ТРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_3 возьмем точку, не принадлежащую пространству E_2 (то есть плоскости) и также установим взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками 2-пространства (рис.13, *б*). Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) есть трехмерное пространство E_3. Пространство E_2 (как и в первом случае пространство E_1) является проектив-

ным пространством, то есть пространство, дополненное несобственными элементами. В противном случае из связки нам пришлось бы «выбросить» пучок прямых, параллельных E_2, а из E_3 – плоскость этого пучка.

ЧЕТЫРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Начнем с аналогичного построения четырехмерного пространства E_4. Возьмем точку, не принадлежащую трехмерному евклидову пространству E_3, дополненному несобственными элементами, и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми гиперсвязки и точками **3**-пространства (рис.13, *в*). Объединение точек всех этих прямых будет определять пространство E_4. Аналогично строится многомерное пространство.



E_2: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$; E_3: $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$; E_4: $\infty^1 \cdot \infty^3 = \infty^{1+3} = \infty^4$

а *б* *в*

Рис. 13.

Таким образом, мы пришли к идее многомерного пространства. Понятие многомерного пространства или многомерного множества довольно абстрактное, но и в евклидовом пространстве на каждом шагу встречаются такие множества. Например, прямая (самое простое множество) – это одномерное множество точек, множество сфер и множество прямых трёхмерного пространства – четырехмерны, множество конусов вращения – шестимерно и т. д.; цилиндров вращения – пятимерно, сфер, касающихся данной плоскости трёхпараметрическое множество.

Рассмотрим подробнее примеры и приемы подсчета параметров.

1.6. ПРИЁМЫ ПОДСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ

1. Эталон *n*-мерного множества. За эталон ***n***-мерного множества принимают множество $\boldsymbol{R_n}$, элементом которого служит ***n***-ка вещественных чисел $\boldsymbol{a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n}$, то есть ***n***-я декартова степень множества вещественных чисел.

2. Взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение данного множества на эталон. Например, устанавливая взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками плоскости или устанавливая взаимно однозначное соответствие между пучком плоскостей и точками прямой.

Два важных замечания

Замечание 1. Для бесконечных множеств имеют место два факта, кажущиеся на первый взгляд парадоксальными, поскольку они не имеют места для конечных множеств.

Некоторые собственные подмножества бесконечного множества можно взаимно однозначно отобразить на это множество.

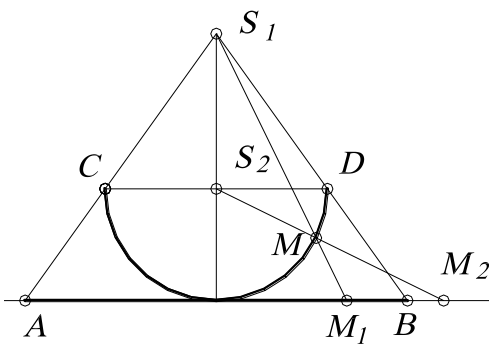


Рис. 14.

Для примера рассмотрим отображение открытого отрезка ***AB*** (открытый отрезок – «отрезок без концов», координаты которого удовлетворяют неравенству $\boldsymbol{x_A < x_i < x_B}$) на прямую, которая совпадает с прямой ***AB*** (см. рис.14). Полуокружность ***CD*** касается в точке середины отрезка ***AB***. Вначале отображают точки отрезка ***AB*** на эту полуокружность из точки $\boldsymbol{S_1}$, то есть точке $\boldsymbol{M_1}$ соответствует точка ***M***).

Затем точки полуокружности (см. точку ***M***) отображают на прямую (точке ***M*** соответствует точка $\boldsymbol{M_2}$) из центра $\boldsymbol{S_2}$. Ясно, что при этом каждой точке прямой соответствует одна и только одна точка прямой, причём ни одна точка на

прямой не пропущена. Это отображение является взаимно однозначным, то есть отрезку прямой соответствует вся прямая.

Полученное соответствие можно установить и по-другому, с помощью кривой тангенсоиды, графика функции $y = tg\ x$. Отображают вначале (с помощью пучка параллельных прямых) открытый отрезок $(-\pi/2, \pi/2)$ на тангенсоиду, причём каждой точке открытого отрезка соответствует единственная точка тангенсоиды, а затем точки тангенсоиды на ось y (рис. 15).

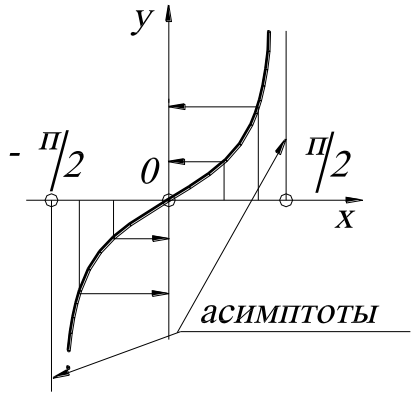


Рис. 15.

Замечание 2. Размерность суммы (объединения) нескольких бесконечных множеств принимают равной максимальной из размерностей слагаемых.

Другими словами, размерность множества не увеличится, если к нему добавить множество меньшей или равной размерности. Например, если объединить множество точек прямой и множество точек плоскости (то есть вложить прямую в эту плоскость), то размерность множества точек на плоскости не увеличится.

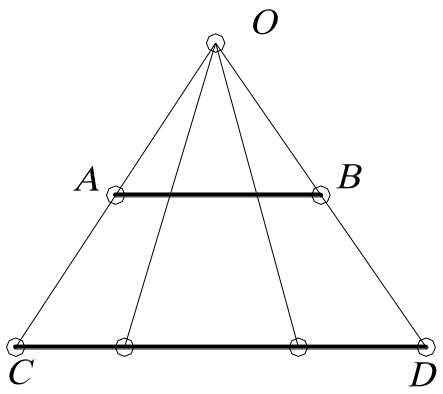


Рис. 16.

Рассмотрим еще примеры сравнения бесконечных множеств. Ответ на вопрос «где больше точек на отрезке длиной 1 мм или на отрезке 1 м» вряд ли бы вызвал тень сомнения – ясно, что отрезок 1 мм в 1000 раз короче метра. Однако можно установить взаимно однозначное соответствие и проверить это. Как это сделать, лучше всего видно на рис. 16.

Отобразим отрезок AB на отрезок CD из точки O пучком прямых. Каждой точке отрезка AB соответствует единственная точка отрезка CD. Трудно при-

мириться с мыслью, что дорога в миллион световых лет имеет столько же точек, сколько радиус атомного ядра!

3. Степени свободы подпространств. Если две точки пространства E_m принадлежат E_n, то E_m называется подпространством E_n. Например, $m=1$, $n=2$ – прямая принадлежит плоскости, тогда прямая является подпространством плоскости, очевидно, что $m<n$. В многомерной геометрии наиболее распространена следующая терминология: E_n – объемлющее n-мерное пространство, E_m – m-мерная плоскость или m-плоскость, если размерность подпространства меньше объемлющего пространства на единицу, то такое многообразие называется $(n-1)$-плоскость, или ***гиперплоскость***.

Из аксиом принадлежности следует, что прямая (1-плоскость) определяется двумя точками, 2-плоскость – тремя неколлинейными точками, 3-плоскость – четырьмя некомпланарными точками, …, n-плоскость – $(n+1)$-точками. При этом каждая плоскость (где $m<n$) определяется заданием $(m+1)$-точек, и эти точки не должны содержаться в $(m-1)$-пространстве.

Рассмотрим множество m-плоскостей E_n (где n – размерность пространства), элементом этого множества является m-плоскость. Начнем с простого примера – прямой, находящейся в двумерном пространстве.

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (0-плоскость) в двумерном пространстве определяется двумя координатами, то есть параметрическое число равно двум - ∞^2.

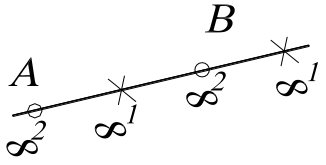


Рис. 17.

Прямая (1-плоскость) однозначно задается двумя независимыми точками A и B (то есть $m+1=1+1=2$), каждая из которых в двумерном пространстве имеет по две степени свободы. Поэтому на задание каждой из них затрачиваем по два парамет-

ра, а на пары (или ***m+1***-точек) точек затрачиваем следующее число параметров: ***n(m+1)=2(1+2)=4*** (рис.17). Другими словами, говорят, что система из ***(m+1)***-точки составляет ***n(m+1)***-параметрическое множество.

Но прямая ***AB*** определяется не только парой точек ***A*** и ***B***, но и любой другой своей парой, принадлежащей прямой ***AB***. Каждая из этих двух точек ***(m+1***-точек), находясь на прямой (в общем случае в ***m***-плоскости), имеет по одной степени свободы (в общем случае – ***m*** степеней свободы), а вместе – ***m(m+1)=1(1+1)=2*** степеней свободы.

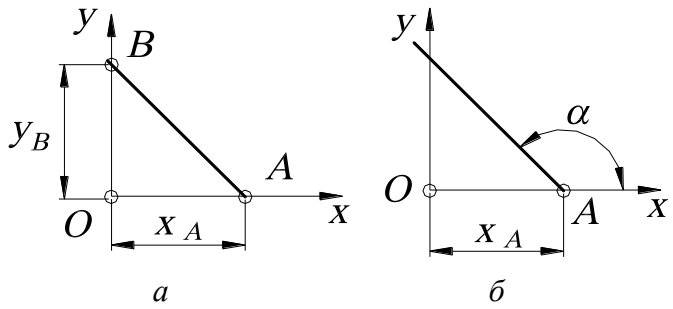
Следовательно, число условий, требуемых для определения прямой (***m***-плоскости), принадлежащей 2-пространству (*n*-плоскости):

$$\frac{\infty^{2}\cdot\infty^{2}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{2+2}}{\infty^{1+1}}=\infty^{4-2}=\infty^{2};$$

в общем случае $$\frac{\infty^{n(m+1)}}{\infty^{m(m+1)}}=\infty^{(n-m)(m+1)}.$$

Таким образом, число ***P*** степеней свободы (параметрическое число) ***m***-плоскости в ***n***-пространстве:

$$P=(n-m)(m+1). \qquad (1)$$



а *б*

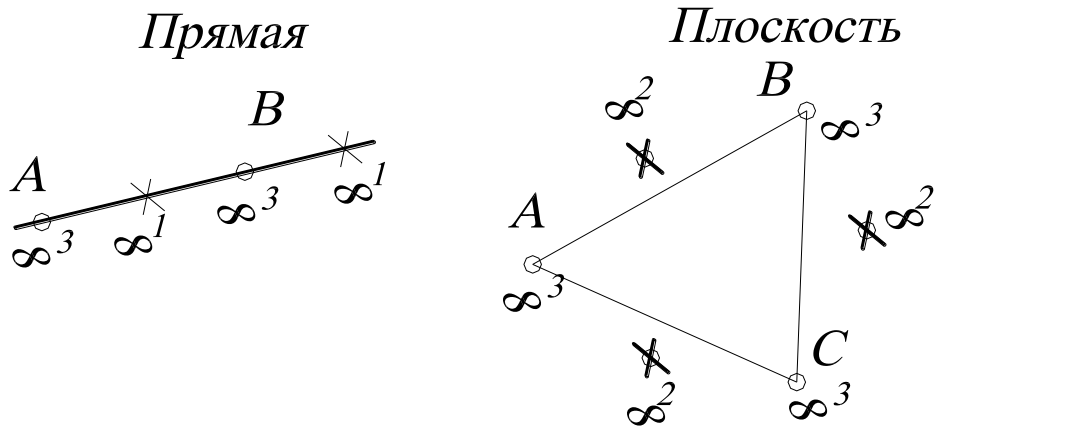
Рис. 18.

Геометрический смысл параметров может быть различным. Например, для двупараметрического множества прямых на плоскости это могут быть x_A, y_B (рис. 18, *а*) или x_A, α (рис. 18, *б*).

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (***0***-плоскость) в трехмерном пространстве имеет три степени свободы - ∞^{3}. ***Прямая*** однозначно задается двумя независимыми точками (рис. 19, *а*), каждая из которых в ***3***-пространстве имеет по три степени свободы, а значит пар точек $\infty^{3}\cdot\infty^{3}=\infty^{6}$. Но эта прямая определяется не только этой парой точек, но и любой другой своей парой, име-

ющей на этой прямой по одной степени свободы, то есть $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^2$. Следовательно, число степеней свободы прямой в ***З***-пространстве составляет $\infty^6 : \infty^2 = \infty^4$, что соответствует формуле ***P=(n-m)(m+1)=(3-1)(1+1)=4.***

Плоскость однозначно задается тремя точками, каждая из которых имеет по три степени свободы, а значит, троек точек: $\infty^3 \cdot \infty^3 \cdot \infty^3 = \infty^9$ (рис.19, *б*). Но плоскость определяется не только этой тройкой, но и любой другой своей тройкой точек, имеющих в этой плоскости по две степени свободы, то есть всего $\infty^2 \cdot \infty^2 \cdot \infty^2 = \infty^6$. Тогда параметрическое число плоскости, находящейся в ***З***-пространстве, будет составлять трехпараметрическое множество, то есть $\infty^9 : \infty^6 = \infty^{9-6} = \infty^3$, что соответствует формуле ***P=(3-2)(2+1)=3***.



$$\frac{\infty^3 \cdot \infty^3}{\infty^1 \cdot \infty^1} = \frac{\infty^{3+3}}{\infty^{1+1}} = \infty^{6-2} = \infty^4 \qquad \frac{\infty^3 \cdot \infty^3 \cdot \infty^3}{\infty^2 \cdot \infty^2 \cdot \infty^2} = \frac{\infty^{3+3+3}}{\infty^{2+2+2}} = \infty^{9-6} = \infty^3$$

а *б*

Рис. 19.

Вообще это число ***(n-m)(m+1)*** стоит на месте ***(к+1)*** меньше в ***n***-й строке «подвешенной за угол» таблице умножения, такая таблица называется «Треугольник Паскаля» (рис. 20).

1
2 2
3 4 3
4 6 6 4
5 8 9 8 5
6 10 12 12 10 6
.....

Рис. 20.

Примеры различных геометрических многообразий

1. Сфер в пространстве $\boldsymbol{E_3}$ - ∞^4, так

как сфере соответствует четыре числа – три координаты ее центра и одно – длина её радиуса.

2. Цилиндр вращения в пространстве $\boldsymbol{E_3}$ определяется пятью параметрами ∞^5 - четыре параметра на ось и один на радиус.

3. Треугольников в пространстве $\boldsymbol{E_3}$ – ∞^9, поскольку треугольник однозначно определен, если заданы три его вершины тройкой координат $\boldsymbol{3\cdot 3=9}$. Аналогично, тетраэдров в $\boldsymbol{3}$-пространстве - ∞^{12}.

4. Сфер в трёхмерном пространстве, проходящих через данную точку, - ∞^3, то есть центров, лежащих на прямой, составляет - ∞^1, а таких прямых – связка ∞^2.

5. Сфер, касающихся плоскости - ∞^3.

6. Окружностей на плоскости - ∞^3.

7. Множество касательных плоскостей к поверхности - ∞^2 (за исключением развертывающихся ∞^1).

8. Окружностей в $\boldsymbol{3}$-пространстве - ∞^4.

4. Связывание параметров. Если на элементы $\boldsymbol{n}$-мерного многообразия $\boldsymbol{M}$ (например, $\boldsymbol{M}$-связка прямых) наложено определенное условие (например, прямые связки $\boldsymbol{M}$ должны пересекать произвольную прямую), причем элементы из $\boldsymbol{M}$, которые удовлетворяют этому условию, образуют $\boldsymbol{n_1}$-мерное подмножество $\boldsymbol{M_1 \subset M}$ (пучок прямых, определяемых центром связки и произвольной прямой, не проходящей через центр), то это условие (требование, ограничение) равносильно фиксированию $\boldsymbol{n-n_1}$ параметров, то есть приданию этим параметрам определенных числовых значений. Это означает, что, фиксируя $\boldsymbol{n-n_1}$ параметров, мы выделяем из $\boldsymbol{M}$ подмножество той же размерности $\boldsymbol{n_1}$. В этом случае говорят не о фиксации, а о связывании параметров, употребляя выражения: «***условие связывает*** $\boldsymbol{n-n_1}$ ***параметров***», «***ограничение поглощает*** $\boldsymbol{n-n_1}$ ***параметров***», «***требование накладывает на параметры*** $\boldsymbol{n-n_1}$ ***связей (понижает размерность многообразия на*** $\boldsymbol{n-n_1}$***)***».

Аналитически такое задание эквивалентно тому, что ***n***-ки параметров, соответствующие элементам из ***M***, удовлетворяют $n-n_1$ уравнениям. Аналогично, фиксируя две (три) координаты или связывая координаты двумя (тремя) параметрами (уравнениями), мы выделяем из трехмерного пространства его одномерное (нульмерное) подмножество.

Пусть ***m***-плоскость (***m***-плоскость определяется ***(m+1)*** фиксированной точкой) проходит через пространство ***r***, которое задается ***(r+1)*** фиксированной точкой. Тогда для полного определения необходимо дозадать еще ***(m+1)-(r+1)=m-r*** точек. Поэтому ***число P степеней свободы m-плоскости, принадлежащей n-мерному пространству и проходящей через r-плоскость:***

$$P=(n-m)(m-r). \qquad (2)$$

ПРИМЕР 1. Множество прямых ***(m=1)*** плоскости ***(n=2)***, проходящих через точку ***(r=0)***, составляет пучок, то есть однопараметрическое множество: ***P=(n-m)(m-r)=(2-1)(1-0)=1***.

ПРИМЕР 2. Множество прямых ***(m=1)*** пространства ***(n=3)***, проходящих через точку ***(r=0)***, составляет связку: ***P=(3-1)(1-0)=2***.

ПРИМЕР 3. Множество плоскостей ***(m=2)*** трехмерного пространства ***(n=3)***, проходящих через точку ***(r=0)***, составляет связку: ***P=(3-2)(2-0)=2***.

ПРИМЕР 4. Множество прямых пространства ***(n=3)***, пересекающих прямую, рассчитывается следующим образом. Вначале считают, сколько прямых проходит через точку, – связка $P_1=2$ (см. пример 3), затем считают, сколько связок ***(m=2)*** в трехмерном пространстве на прямой $P_1=(3-2)(2-1)=1$. Следовательно, прямые, пересекающие заданную прямую, составляют комплекс $P=P_1+P_2=1+2=3$.

В пространстве E_n ***m***-пространство имеет ***(n-m)(m+1)***–степеней свободы, но если оно проходит через ***r***-пространство, то оно имеет ***(n-m)(m-r)*** - степеней свободы. Следовательно, число условий, необходимых для того, чтобы ***m***-пространство в E_n проходило через данное ***r***-пространство (где ***n>m>r)***:

$$D=(n-m)(m+1)-(n-m)(m-r)=(n-m)(r+1). \qquad (3)$$

ПРИМЕР 5. В трехмерном пространстве ***(n=3)*** число условий, необходимых для прохождения прямой линии ***(m=1)*** через данную точку ***(r=0)***: $D = (n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2$. Другими словами, множество прямых трехмерного пространства четырехпараметрично $(P_1=(3-1)(1+1)=4)$, а в связке (множество прямых, проходящих через точку) – двупараметрично $(P_2=(3-1)(1-0)=2)$. Поэтому число условий D, которые требуется наложить на прямые, чтобы они принадлежали данной связке, равно разности P_1-P_2, то есть $D=4-2=2$.

Если r-пространство не фиксировано и имеет степени свободы в q-пространстве, равное $(r+1)(q-r)$, следовательно, число условий, которое необходимо наложить, чтобы m-пространство и q-пространство в пространстве E_n пересекались по r-пространству:

$$(n-m)(r+1)-(r+1)(q-r)=(r+1)(n-m-q+r), \qquad (4)$$

где $m+q \le n+r$, если $m+q>n+r$, то они пересекаются по пространству размерности $m+q-n$, что больше, чем r.

ПРИМЕР 6. Применение формулы (4) покажем на примере определения количества направляющих линейчатой поверхности (в качестве направляющих для простоты возьмем прямые). Требование пересечения образующей линии $(m=1)$ с одной направляющей прямой $(q=1)$ в точке $(r=0)$ равносильно числу условий, накладываемых на образующую и вычисляемых так: $D=(3-1-1+0)(0+1)=1$. Поэтому для выделения из четырехпараметрического множества прямых трёхмерного пространства линейчатой поверхности (однопараметрического множества прямых) необходимо задать три направляющие ($n-n_1=4-1=3$).

ПРИМЕР 7. Коническая поверхность определяется вершиной одной направляющей. Как было показано (пример 6), пересечение образующей с направляющей линией в точке равносильно наложению на образующую одного условия. Прохождение образующей через вершину равносильно наложению двух условий и подсчитывается по формуле (3):$(3-1)(0+1)=2$. В сумме эти требования накладывают на прямую три условия и выделяют из четырехпараметрического множества прямых пространства коническую поверхность.

5. Размерность пересечения. Пусть M – n-мерное множество, M_1 и M_2 – его подмножества размерности m_1, m_2, выделенные условиями, связывающими соответственно $(n-m_1)$ и $(n-m_2)$ параметров.

Оба эти условия вместе связывают: $(n-m_1)+(n-m_2)=2n-m_1-m_2$ параметров. Поэтому размерность пересечения множеств M_1 и M_2, элементы которых удовлетворяют обоим условиям: $n-(2n-m_1-m_2)=m_1+m_2-n$.

$$n\cap=m_1+m_2-n, \qquad (5)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности операционного пространства***.

Если пересекаются i пространств, то применяется следующая формула:

$$n_{\cap}=m_1+m_2+\ldots+m_i-n(i-1);$$

$$n_{\cap}=\sum_{i=1}^{n}m_i-n(i-1), \qquad (6)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности пространства пересечения, взятой i -1 раз, где i – число пересекающихся пространств.***

Условия применения при использовании этой формулы (6):

1. Если оказалось, что размерность меньше нуля, это означает, что заданные множества не пересекаются.

2. Следует иметь в виду, что формула справедлива лишь для подмножеств M_1 и M_2 общего положения. Например, если M_1 и M_2 – прямые, а n – трехмерное пространство, то $n_1=n_2=1$, $n=3$, а $r=-1$, то есть M_1 и M_2 не пересекаются, хотя в частном случае две прямые могут иметь общую точку и даже совпадать (если прямые принадлежат одной плоскости).

3. В случае $r=0$ (нульмерным называется множество, состоящее из конечного числа элементов), поэтому, получив такой результат, не следует думать, что множество пересечений состоит из одного элемента; это возможно, но воз-

можно также, что оно состоит из двух, трех и любого конечного числа элементов.

6. Расслоение множества на классы эквивалентности.

Итак, для множества M, имеющего размерность n: каждому элементу a, принадлежащему M $(a \in M)$, соответствует n-ка параметров $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Зафиксируем какой-либо параметр, например $a_n=0$. Тогда подмножество $M_1 \subset M$ (для элементов, где $a_n=0$). Следовательно, размерность множества M_1 равна $(n-1)$, то есть элемент из множества M_1 определяется набором $(n-1)$ параметров, «чисел».

Поскольку имеется бесчисленное однопараметрическое множество способов, которыми можно зафиксировать параметр a_n, то следовательно, множество M расчленяется на однопараметрическое множество $(n-1)$-мерных подмножеств, каждое из которых соответствует одному из этих однопараметрических значений параметра a_n, причем никакие два из этих подмножеств не пересекаются, и объединение всех этих подмножеств есть множество M.

Такие подмножества называются ***классами эквивалентности***, означающими, что элементам a и b, принадлежащим множеству M, отнесены n-ки чисел $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, $(b_1, b_2, \ldots, b_n)$, в которых $a_n=b_n$. Для фиксированной координаты u_1, в вышеприведенном примере, такими классами эквивалентности являются непересекающиеся 2-поверхности.

Если фиксируются два параметра, то из множества M выделяется $(n-2)$-мерное подмножество. Выполняя перебор всех двухпараметрических способов фиксации этих двух параметров, мы получаем двупараметрическое семейство прямых, параллельных оси y.

В общем случае, фиксируя ∞^n раз m каких-то параметров, мы расслаиваем n-мерное множество M на ∞^m классов по ∞^{n-m} элементов в каждом.

Таким образом, если множество M разбить на ∞^m взаимно непересекающихся и заполняющих все множества M_1 подмножеств по ∞^n элементов в каждом, то M содержит:

$$\infty^m \cdot \infty^n = \infty^{m+n}. \qquad (7)$$

ПРИМЕР. Множество плоскостей пространства расслаивается на ∞^2 пучков параллельных плоскостей по ∞^1 плоскостей в пучке, то есть содержит $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$.

7. Использование уравнений. Далее рассмотрим, как осуществляется подсчет параметрического числа поверхности, если последняя задана в аналитической форме. Для простоты начнем исследование с ***2***-поверхностей пространства E_3.

Рассматривая уравнение типа $Ax+By+Cz+D=0$, можно подсчитать размерность многообразия, а именно множество плоскостей пространства. Если мы придадим коэффициентам A, B, C, D определенные числовые значения A_0, B_0, C_0, D_0, то мы получим некоторую определенную плоскость $\alpha \in M$. Таким образом, имеется соответствие: «четверка чисел» $(A_0, B_0, C_0, D_0) \rightarrow$плоскость пространства α_0, которое однозначно лишь в одном направлении.

Действительно, плоскости α_0 отвечает любая из четверок коэффициентов $kA, kB, kC, kD,$ где k – любое число, не равное нулю. То есть уравнения:

$$A_0x+B_0y+C_0z+D_0=0;$$

$$kA_0x+kB_0y+kC_0z+kD_0=0$$

задают одну и ту же плоскость. Итак, одной четверке чисел соответствует одна плоскость, но одной плоскости соответствует однопараметрическое множество четверок чисел (столько же, сколько чисел k) соответственно пропорциональных четверок. Отношение «быть соответственно пропорциональным» является отношением эквивалентности на множестве четверок чисел. Поэтому четырехпараметрическое множество четверок чисел расслаивается на трехпараметрическое многообразие классов по однопараметрическому семейству пропорциональных четверок в каждом.

Таким образом, соответствие «класс пропорциональных четверок чисел – плоскость пространства» однозначно уже в обе стороны, и поэтому плоскостей в множестве M столько же, сколько таких классов, то есть ∞^3 - трехпараметрическое множество.

Если координаты ***x, y, z*** связаны двумя уравнениями, то этим выделяется одномерное подмножество трехмерного множества точек пространства – линия (в общем случае пространственная).

8. Размерность кривых, поверхностей. Параметрическое число ***P*** плоской алгебраической кривой ***m***-го порядка:

$$P = \frac{m(m+3)}{2}. \qquad (8)$$

ПРИМЕР 1. Параметрическое число кривой второго порядка ***m=2*** (например, коники): $P = \frac{2(2+3)}{2} = 5$, то есть чтобы на плоскости выделить конику, нужно задать пять параметров.

В общем случае параметрическое число алгебраической поверхности ***m***-го порядка:

$$P = \frac{1}{n!}\left[\prod_{i=1}^{n}(m+i)\right] - 1, \qquad (9)$$

где ***n*** – размерность объемлющего пространства; ***m*** – порядок поверхности.

ПРИМЕР 2. Поверхность второго порядка ***m=2*** в трехмерном пространстве ***n=3*** имеет следующее параметрическое число:

$$P = \frac{(2+1)(2+2)(2+3)}{1 \cdot 2 \cdot 3} - 1 = \frac{3 \cdot 4 \cdot 5}{2 \cdot 3} - 1 = 9.$$

В приведенных выше примерах каждый коэффициент эквивалентен заданию одного условия. Поэтому говорят, что кривая второго порядка, будучи пятипараметрической, однозначно определяется заданием пяти точек, а поверхность второго порядка заданием – девяти точек.

1.7. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

При решении любой задачи важнейшим значением является задание необходимого и достаточного числа условий (параметров), которое необходимо

при корректной постановке задачи. Если задача поставлена корректно, то у нее конечное число решений. Мы будем рассматривать только геометрические задачи, хотя в общем случае эту методику можно использовать при решении любых задач (экономических, технологических, экологических и т. д.).

На интуитивном уровне мы иногда понимаем, что задача составлена некорректно, то есть условий для выделения конечного числа решений недостаточно. Иногда встречаются такие задачи, где условий слишком много, то есть если убрать одно условие, то задача будет иметь конечное число решений. О таких задачах говорят, что условие поставлено слишком «жестко». Разрешить эти сомнения позволяет подсчет параметров. Рассмотрим конкретные задачи начертательной геометрии, начиная с самых простых.

ПРИМЕР 1. В плоскости ***xOy*** построить окружность, касающуюся оси ***x*** и имеющую центр на прямой **a** (рис. 21).

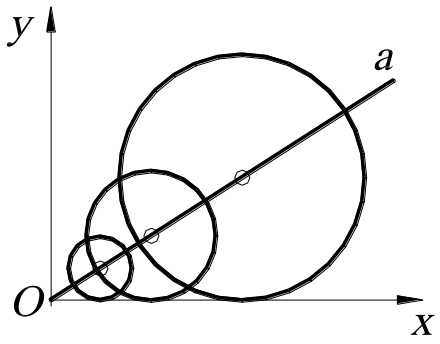


Рис. 21.

Условие задачи «неоднозначно», так как таких окружностей будет столько, сколько точек на прямой, то есть ∞^1. Действительно, параметрическое число окружности в пространстве E_2 равно трем (два параметра тратится на центр и один на радиус), а в условии задачи – только два (условие касания и принадлежность центра прямой). Поэтому необходимо задать еще одно условие, чтобы выделить конечное число решений, например, фиксированную точку на прямой – центр окружности или радиус окружности.

ПРИМЕР 2. Через точку ***B*** провести прямую, параллельную плоскостям α и β и пересекающую горизонтальную плоскость ***H*** в точке ***A*** (рис. 22).

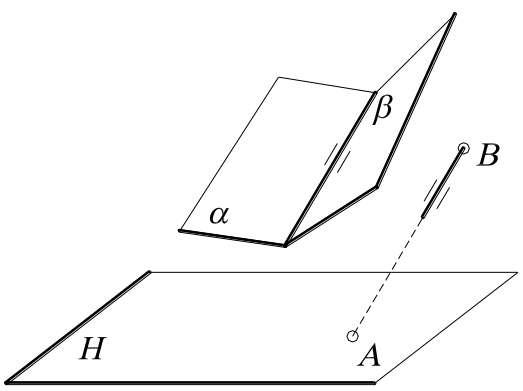


Рис. 22.

Условие задачи поставлено некорректно, «перезадано», так как параметрическое число прямой в пространстве E_3 равно четырем, а в задаче связывается пять условий (условие прохождения через точку связывает два параметра - ***2+2,*** так как две точки – ***A*** и ***B***; условие параллельности линии пересечения двух плоскостей – один). Действительно, если одну из точек переместить, то задача не будет иметь решения.

ПРИМЕР 3.

1. Через точку ***A*** провести прямую, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***a*** и ***b.***

Известно, что прямых в **3**-пространстве четырехпараметрическое множество. Поэтому для того, чтобы построить эту прямую, необходимо «связать» четыре параметра. Условие прохождения прямых через фиксированную точку связывает у последней два параметра. В самом деле, возьмем произвольную (фиксированную) точку и установим взаимно однозначное соответствие (биекцию) между прямыми связки и точками плоскости (каждой точке плоскости соответствует единственная прямая связки и наоборот). Точек на плоскости ∞^2, поэтому и прямых связки составляет двупараметрическое множество - ∞^2 (или по формуле ***P=(n-m)(m-r)=(3-1)(1-0)=2***). Очевидно, что связали два параметра ***D=4-2=2***, что соответствует формуле ***D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***.

В случае прохождения прямых через две скрещивающиеся прямые (в данной задаче две прямые) связывает еще два параметра, так как в пучке прямых, пересекающих прямую ***b*** – ∞^1, но и на прямой ***a*** точек также ∞^1. Поэтому мы выделяем двупараметрическое множество прямых: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$, то есть конгруэнцию. Таким образом, связали все четыре параметра: ***D=4-2-2=0.*** Задача поставлена корректно.

2. Если условие задачи изменить на следующее: построить прямую, проходящую через точку ***A*** и пересекающую три скрещивающиеся прямые.

В данной задаче число условий (как говорят) перезадано для выделения конечного числа решений. Условие прохождения через прямую связывает один

параметр, так как в связке прямых ∞^2, а точек на прямой ∞^1, поэтому мы выделяем трехпараметрическое множество прямых $\infty^2 \cdot \infty^1 = \infty^3$, то есть линейный комплекс. Комплекс определяется заданием всех прямых, проходящих через фиксированную прямую. Прямых в ***3***-пространстве, как известно, ∞^4, то есть связали один параметр ***D=4-3=1***. Условие прохождения всех прямых через две фиксированные прямые, как было сказано выше, «связывает» два параметра. Таким образом, условие прохождения прямых через три скрещивающиеся «связывает» три параметра. Следовательно, ***D=4-3=1***, то есть выделили однопараметрическое множество прямых, которое называется ***линейчатой поверхностью,*** или ***регулюс***. Поэтому условие задачи поставлено некорректно, так как нет конечного числа решений. Однако на примере этой задачи показано, как выделяется линейчатая поверхность.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое независимые параметры?

2. Привести примеры одно- , двух-, трёх-, четырёхпараметрических многообразий.

3. Проверьте правильность следующих утверждений: 1) прямую в пространстве можно задать: а) точкой и параллельной ей прямой; б) точкой и парой пересекающихся прямых; 2) плоскость: а) тройкой точек; б) точкой и прямой; в) парой пересекающихся прямых; 3) сферу: а) центром и точкой; б) центром и касательной плоскостью; в) четвёркой некомпланарных точек; г) диаметром; 4) цилиндром вращения: а) осью и образующей; б) тройкой некомпланарных образующих.

4. Проверить корректность постановки следующей задачи. В пространстве даны плоскость ω и точки O_1 и O_2. Построить в плоскости ω точки A_1 и A_2 на расстоянии r_1 от O_1 и на расстоянии r_2 от O_2.

5. Определить размерность пересечения геометрических многообразий в различных пространствах: пересечение двух прямых в плоскости (пространстве), пересечение двух плоскостей в трёх- и четырёхмерном пространствах

2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Координатами (от лат. *co* – приставка, означающая совместность, и *ordinatus* – упорядоченный, определённый) называют величины, заданием которых определяется положение точки на прямой, плоскости, поверхности или в пространстве.

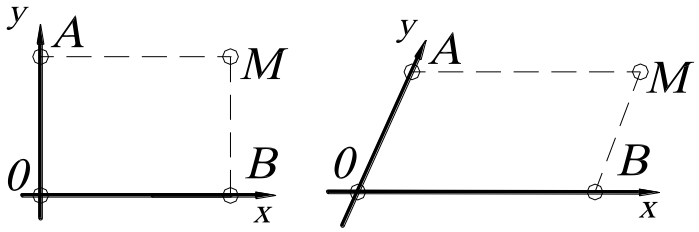
2.1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ

Для одномерного случая хорошей иллюстрацией координат является термометр. Некоторой точке ставится в соответствие число ***0***, задаётся единица измерения, определяющая точки ***1, 2, 3…*** - положительные значения координат, которые располагаются на равных расстояниях друг от друга и с одной стороны от точки ***0***. Отрицательные целые числа ***-1, -2, -3…*** определяются симметрично с противоположной стороны от положительных чисел, а дробные вставляют между ними. Произвольной точке ***A*** ставится в соответствие одно из этих чисел.

В двумерном случае положение точки на плоскости может быть определено её расстоянием до двух фиксированных перпендикулярных прямых – ***осей***. Эти понятия встречаются уже у Архимеда Сиракузского (его знаменитая фраза «дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир» говорит об этом) и Аполлония Пергского, живших более двух тысяч лет назад, и даже у древних египтян.

Впервые идея о прямоугольных координатах (рис. 23, *а*) была систематизирована французами Пьером Ферма (1601 – 1665) и Рене Декартом (1596 – 1650). Однако в их формулировках расстояния могли быть только положитель-

ными. Значительную роль в математике сыграла важная идея о том, что эти расстояния можно считать и отрицательными, которая принадлежала сэру Исааку Ньютону (1642 – 1727). Г. В. Лейбниц (1646 – 1716) первым назвал эти расстояния «координатами».



а *б*

Рис. 23.

Для некоторых целей можно использовать неперпендикулярные оси, расстояния от точки ***0*** представляют собой параллелограмм (рис.23, *б*). Отрезки ***AM = 0B = x*** – абсцисса; ***BM = 0A = y*** – ордината точки ***M*** от двух осей координат ***0x*** и ***0y***. Ось ***x*** выражается уравнением ***y =0***, так как каждая точка оси ***x*** удовлетворяет этому уравнению. По аналогии для оси ***y***: ***x=0***.

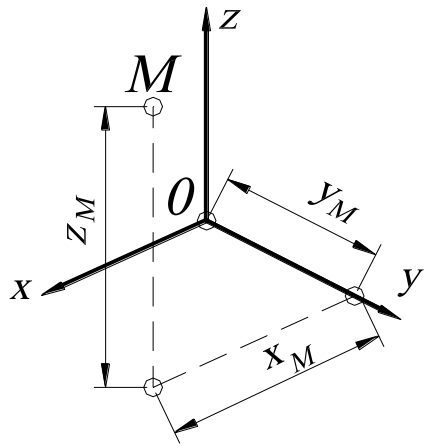


Рис. 24.

Систему координат в пространстве определяют три взаимноперпендикулярные плоскости, которые в своём пересечении дают три взаимноперпендикулярные оси ***x, y, z*** – аппликата (рис. 24). Точка ***0*** во всех случаях называется началом координат.

2.2. ПОЛЯРНЫЕ КООРДИНАТЫ ТОЧКИ НА ПЛОСКОСТИ

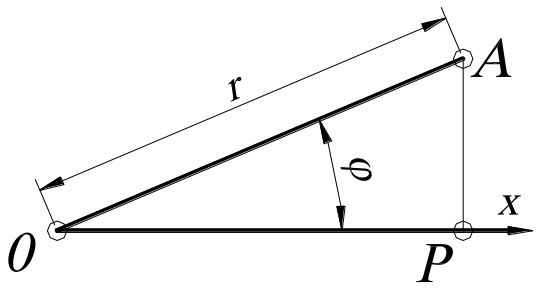


Рис. 25.

Полярные координаты на плоскости есть расстояние ***0A = r*** от фиксированной точки ***0*** (полюса) и угол $\boldsymbol{P\hat{0}M = \varphi}$ между прямой ***0A*** и полярной осью ***0P***, где ***r***- радиус-вектор, ***φ*** - полярный угол (рис. 25).

Ось ***0P*** можно отождествить с осью ***x***

прямоугольных декартовых координат. Тогда точка ***A*** имеет две координаты ***(r; φ)***. Иногда можно использовать и отрицательные значения ***r***, считая, что точка ***(r; φ)*** совпадает с точкой ***(-r;φ+180^0)***.

Если даны декартовы координаты, то можно перейти к полярным координатам, используя тригонометрические функции, а именно: координаты точек

x = r cos φ, y = r sin φ.

Полярные координаты особенно удобны для описания тех движений и преобразований подобия (центральная симметрия, симметрия относительно прямой, гомотетия и т.д.), которые имеют неподвижную точку. Начало координат в этом случае выбирают именно в этой точке. В пространстве аналогом полярных координат служат цилиндрические и сферические координаты.

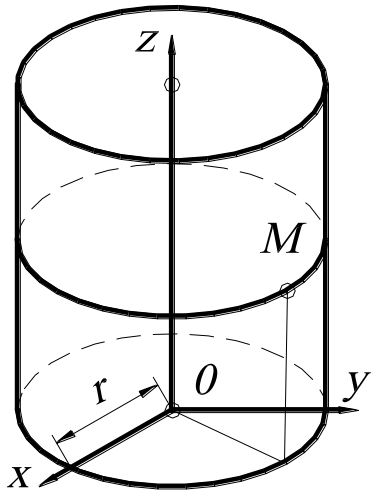


Рис. 26.

2.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Цилиндрические координаты точки ***M*** есть числа ***r, φ, z*** (рис. 26), связанные с декартовыми координатами ***x,y,z*** следующими уравнениями:

x = r cos φ;

y = r sin φ; z = z.

2.4. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Сферические координаты точки ***M*** есть три числа ***r, φ, θ*** связанные с декартовыми координатами следующими уравнениями:

$$x = r\cos\varphi\cos\theta;$$

$$y = r\sin\varphi\cos\theta;$$

$$z = \sin\theta,$$

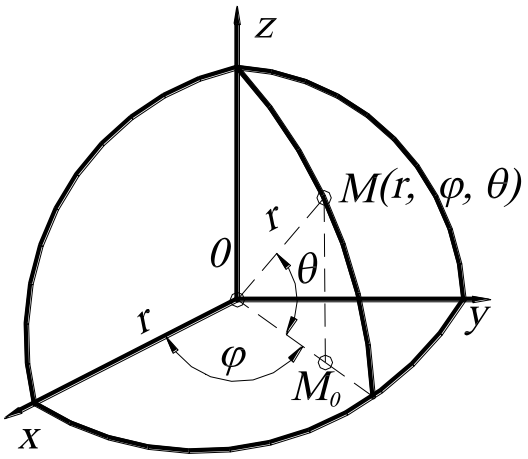


Рис. 27.

где $\boldsymbol{r}$ – радиус-вектор, равный $\boldsymbol{0M}$ (рис. 27);

$\boldsymbol{\varphi}$ - угол между положительным направлением оси $\boldsymbol{0x}$ и горизонтальной проекцией радиус-вектора $\boldsymbol{0M}$ на плоскость $\boldsymbol{x0y}$, взятый против часовой стрелки;

$\boldsymbol{\theta}$ - угол между радиус-вектором $\boldsymbol{0M}$ и горизонтальной проекцией его на плоскость $\boldsymbol{x0y}$;

Угол $\boldsymbol{90^0-\theta = \sigma}$ называется зенитным углом. Сферические координаты применяются для определения географических координат на земной поверхности.

2.5. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

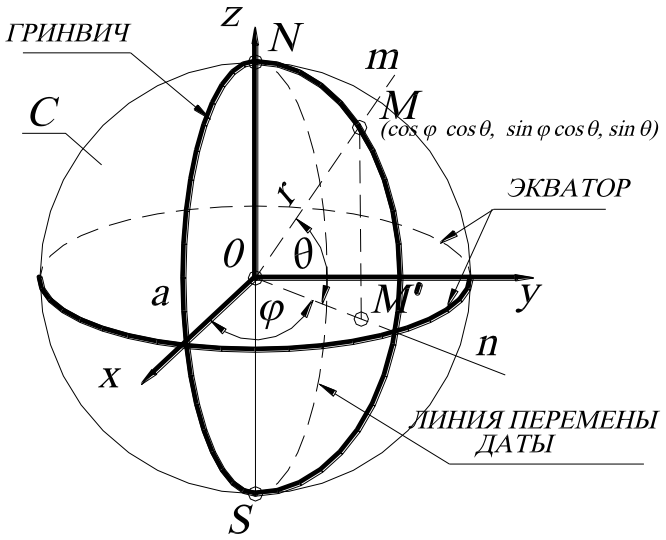


Рис. 28.

Любую точку Земли можно полностью охарактеризовать широтой $\boldsymbol{\theta}$, долготой $\boldsymbol{\varphi}$ и высотой (рис. 28). Астрономические координаты относятся к поверхности сферы $\boldsymbol{C}$. Начало отсчёта $\boldsymbol{O}$ выбирается в центре сферы.

Широта $\boldsymbol{\theta}$ - это угол, образованный отвесной линией в данной точке и плоскостью экватора, то есть угол $\boldsymbol{\theta = M\hat{O}M'}$.

Долгота $\boldsymbol{\varphi}$ - это двугранный угол между плоскостями астрономического меридиана и начального астрономического меридиана (Гринвичского меридиана). Широта отсчитывается от $\boldsymbol{0}$ до $\boldsymbol{90^0}$ к северу от экватора (со знаком «плюс») и от $\boldsymbol{0}$ до $\boldsymbol{90^0}$ к югу от экватора (со знаком «минус»).

Долгота отсчитывается от 0 до 180^0 к востоку от начального меридиана и, аналогично от 0 до 180^0 к западу от начального меридиана. Долгота корректно определена повсюду, кроме точек, принадлежащих полуокружности, называемой «линией перемены даты», ограниченной северным и южным полюсами, так как в этом случае долгота также равна нулю. Остальные точки, можно считать, имеют долготу, равную от 180^0 до -180^0. Одно из преимуществ состоит в том, что соответствующая линия перемены даты полностью проходит в Тихом океане, тем самым уменьшая возможность путаницы. Кривые, вдоль которых широта постоянна (соответственно долгота), называются параллелями (соответственно меридианами).

В качестве третьей координаты служит ***альтитуда,*** или ***абсолютная высота,*** – это расстояние по вертикали от какой-либо точки поверхности Земли до среднего уровня поверхности Мирового океана (для России альтитуда исчисляется от нуля Кронштадского футштока).

Величины θ и φ получают из астрономических наблюдений, а альтитуду – на основе геометрического нивелирования.

2.6. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Поверхность Земли представляет собой поверхность, называемую геоидом.

Геоид (греч. geoeides, от geo – Земля и eidos – вид) – фигура Земли, ограниченная уровневой поверхностью силы тяжести, совпадающей со средним уровнем Мирового океана и продолженной под материками так, что она повсюду перпендикулярна линии отвеса. Форма геоида в результате суточного вращения Земли близка к эллипсоиду вращения, но поверхность его осложнена из-за неравномерности распределения масс внутри Земли. Геоид имеет сложную форму, и поэтому для решения геодезических задач геоид заменяют эллипсоидом вращения, у которого большая полуось $a = 6378388$ метров, а малая по-

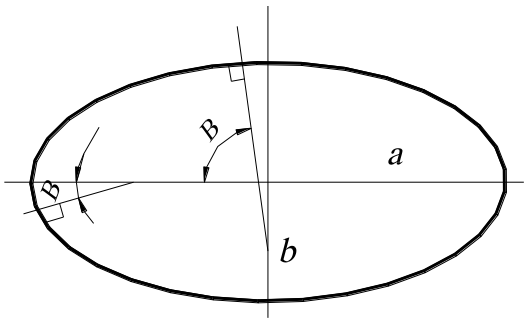


Рис. 29.

луось ***b = 6356912*** метров, и, следовательно, «уплощение» равно $\frac{1}{297}$ (рис. 29).

В каждой стране имеются свои эллипсоиды, то есть каждый эллисоид приближен к геоиду именно в конкретной области. Например, для Российской Федерации – эллипсоид Кроссовского, для США – эллипсоид Хейфорда, а также есть общеземной эллипсоид.

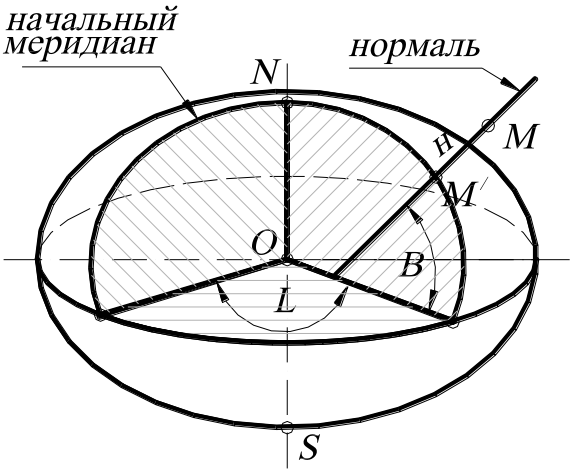


Рис. 30.

Геодезические координаты ***B*** и ***L*** относят к поверхности эллипсоида вращения. Широта ***B*** – угол, образованный нормалью к поверхности земного эллипсоида в данной точке ***M*** и плоскостью экватора (рис. 30). Долгота ***L*** - двугранный угол между плоскостями меридиана данной точки ***M*** и начальным меридианом (Гринвичским меридианом). Высота ***H*** – расстояние по нормали от поверхности земного эллипсоида до данной точки ***M*** (то есть расстояние ***MM'***).

Геодезические координаты отличаются от астрономических за счёт уклонения отвесной линии от нормали в данной точке. Обобщённое название астрономических и геодезических координат – географические координаты.

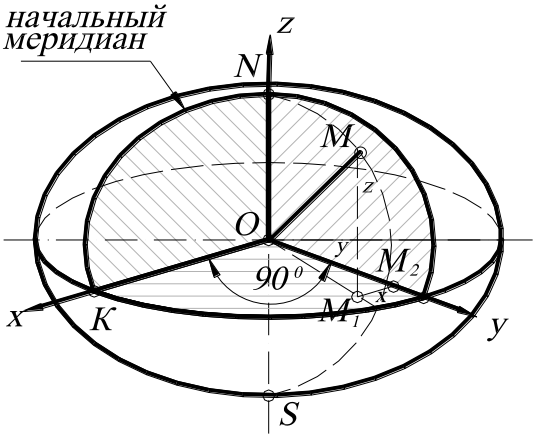


Рис. 31.

СИСТЕМУ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ (рис. 31) образуют три оси с началом в центре эллипсоида ***O***: ось ***Oz*** совпадает с полярной осью эллипсоида; ось ***Ox*** расположена в пересечении плоскости экватора и начального меридиана

SKN; ось ***Oy*** – в пересечении плоскостей экватора и меридиана ***SKN***, составляющего угол 90^0 с плоскостью начального меридиана. Положение точки ***M*** определяется отрезками: $x=M_1M_2$, $y=OM_2$, $z=MM_1$. Такие координаты широко используются для определения точек в космическом пространстве.

2.7. ГЕОЦЕНТРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

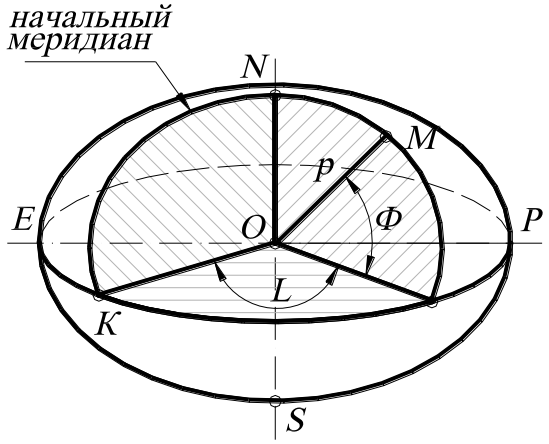


Рис. 32.

Прямоугольная геоцентрическая система имеет начало в центре масс Земли (рис. 32). Широта ***Φ*** – угол, образованный радиус-вектором ***p***, соединяющим центр масс Земли ***O*** с данной точкой ***M*** и плоскостью ***EKP***, перпендикулярной к оси вращения Земли.

Долгота ***L*** – двугранный угол между плоскостями геоцентрического меридиана данной точки и начального геоцентрического меридиана. Ось ***Oz*** параллельна оси вращения Земли, ось ***Ox*** – линия пересечения начального меридиана и экватора, ось ***Oy*** – перпендикулярна осям ***Ox, Oz*** и дополняют систему координат до правой. Геоцентрическая система используется при спутниковом определении, от которой переходят к геодезическим координатам. Для отображения любой точки Земной поверхности вместе с её координатами на плоскость пользуются различными проекциями.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

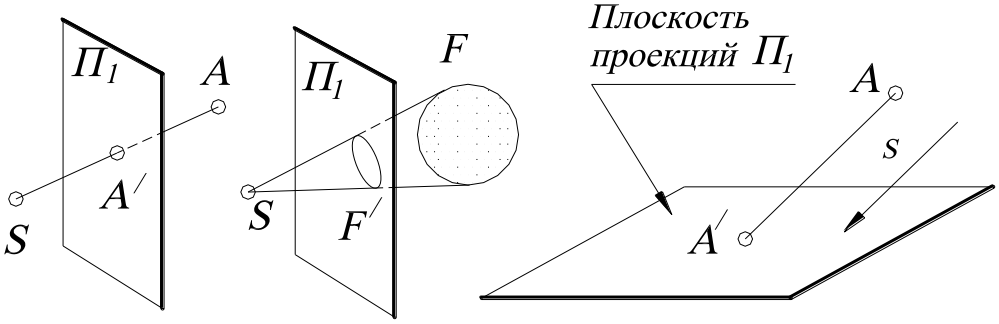
Дан куб с известной стороной ***l=1***. Написать координаты его вершин: в прямоугольных декартовых координатах; в полярных координатах; в цилиндрических и сферических координатах, если начало системы координат выбрать в центре куба, в одной из вершин куба.

3. ПРОЕКЦИИ

3.1. МЕТОД ПРОЕКЦИЙ

В основе всех методов начертательной геометрии лежат операции ***проецирования*** и ***сечения***. Наиболее распространены ***центральное, параллельное*** и ***ортогональное*** проецирование. Получаемые с их помощью изображения – проекции наиболее естественно ассоциируются с рисунками, картинами, фотографиями, картами.

Во всех трёх случаях задаётся ***плоскость проекций*** и связка ***проецирующих прямых*** или проецирующих лучей (при центральном проецировании связка состоит из прямых, проходящих через данную точку, при параллельном и ортогональном – из прямых, параллельных данной прямой). ***Проекцией точки*** ***A*** называют точку A' пересечения с плоскостью Π_1 проецирующей прямой, проходящей через точку ***A*** и центр проекций ***S*** (рис. 33, *а*). ***Проекцией*** F' ***фигуры F*** считается множество проекций всех точек этой фигуры (***фигурой*** в геометрии называют любое множество точек, рис. 33, *б*). Точку ***A*** и фигуру ***F*** называют *оригиналами*.



а *б*

Рис. 33.

Рис. 34.

При ***центральном проецировании*** задают плоскость Π_1 – плоскость проекций и не лежащую в ней точку ***S*** – центр проекций. Прямые, проходящие через точку ***S***, называются проецирующими прямыми. Проекцией точки ***A*** называется точка A' пересечения с плоскостью Π_1 проецирующей прямой ***SA*** (см.

рис. 33, *а*). Чтобы построить проекцию фигуры, следует спроецировать все её точки (см. рис.33, *б*).

Параллельное проецирование – частный случай центрального проецирования, когда центр проекций ***S*** – бесконечно удалённая точка, то есть проходящие через эту точку проецирующие прямые параллельны. Таким образом, при параллельном проецировании задают плоскость проекций $\boldsymbol{\Pi_1}$ и не параллельную ей прямую ***s*** – ***направление проецирования***. Прямая ***s*** и все параллельные ей прямые называются ***проецирующими прямыми***. Точка $\boldsymbol{A'}$ пересечения с плоскостью $\boldsymbol{\Pi_1}$ проецирующей прямой, проходящей через точку ***A***, называется ***параллельной проекцией точки A*** на плоскость $\boldsymbol{\Pi_1}$ в ***направлении s*** или более кратко – ***проекцией точки A*** (рис. 34).

Ортогональное (прямоугольное) проецирование – частный случай параллельного, когда $\boldsymbol{s \perp \Pi_1}$, то есть направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций. Иначе говоря, ортогональная проекция $\boldsymbol{A'}$ точки ***A*** на плоскость $\boldsymbol{\Pi_1}$ есть основание перпендикуляра $\boldsymbol{AA'}$, опущенного из точки ***A*** на плоскость $\boldsymbol{\Pi_1}$**.** Дальнейшие подробности об ортогональных и параллельных проекциях см. п. 3 «Методы изображений».

Рассмотренные в этом параграфе изображения, состоящие из одной проекции, ***необратимы***. Точка ***A*** – оригинал определяет одну проекцию $\boldsymbol{A'}$, но проекции $\boldsymbol{A'}$ соответствует бесчисленное множество оригиналов - все точки проецирующей прямой $\boldsymbol{AA'}$. Одна проекция не определяет оригинала. Для построения обратимых чертежей, определяющих оригинал однозначно, добавляется вторая проекция (метод Монжа, аксонометрия, перспектива) или информация о расстояниях точек-оригиналов от плоскости проекций (проекции с числовыми отметками). Для отображения любой точки земной поверхности вместе с её координатами на плоскость пользуются проекциями, отличающиеся от предыдущих. Рассмотрим некоторые из них.

3.2. СТЕРЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Эти проекции используются не только математиками, но и применяются для составления карт областей земной поверхности. Стереографическая проекция является взаимно однозначным отображением, то есть единственной точке земной поверхности соответствует единственная точка на плоскости.

Стереографической проекцией будем называть проекцию сферы из центра – точки S, принадлежащую этой сфере, на плоскость α, касающуюся этой сферы в точке S' - диаметрально противоположной центру проецирования – точки S (рис. 35). Взяв точку проецирования в одном из полюсов, получим так называемую полярную сетку (см. рис. 35).

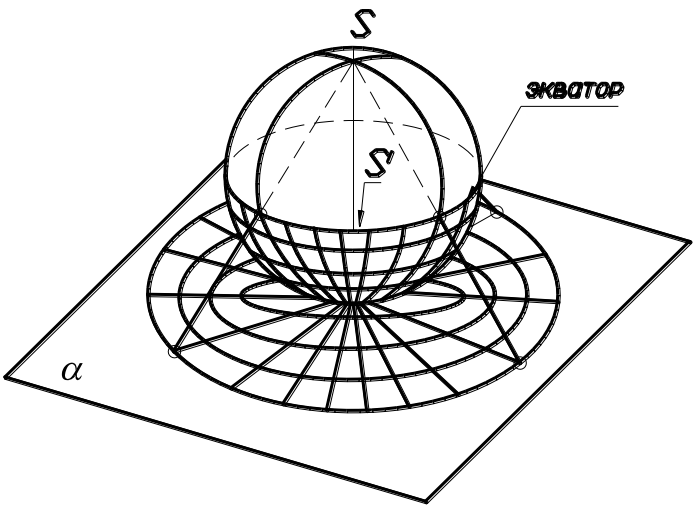


Рис. 35.

Меридианы на этой проекции изображаются прямыми, проходящими через образ полюса – точку S', а экватор и параллели – в виде окружностей. Если точку проецирования поместить на экваторе, получим сетку экваториального типа (подобно той, которая получается на карте двух полушарий мира). На рис. 36 показана стереографическая проекция точки M'' и её сферические координаты.

При стереографической проекции углы между кривыми, лежащими на сфере, изображаются равными углам их проекций. Под углом между кривыми понимается угол между касательными к ним в точке пересечения.

При повороте сферы вокруг диаметра, проходящего через полюс, на плоскости α происходит поворот вокруг точки её касания S' со сферой на тот же угол.

Следует отметить, что свойства этой проекции существенно не изменяются при замене плоскости проекций α на любую другую плоскость, параллельную ей и не проходящую через центр проекций S. Часто за эту плоскость принимают плоскость экватора, если считать центр проекции S и диаметрально противоположную точку S'полюсами.

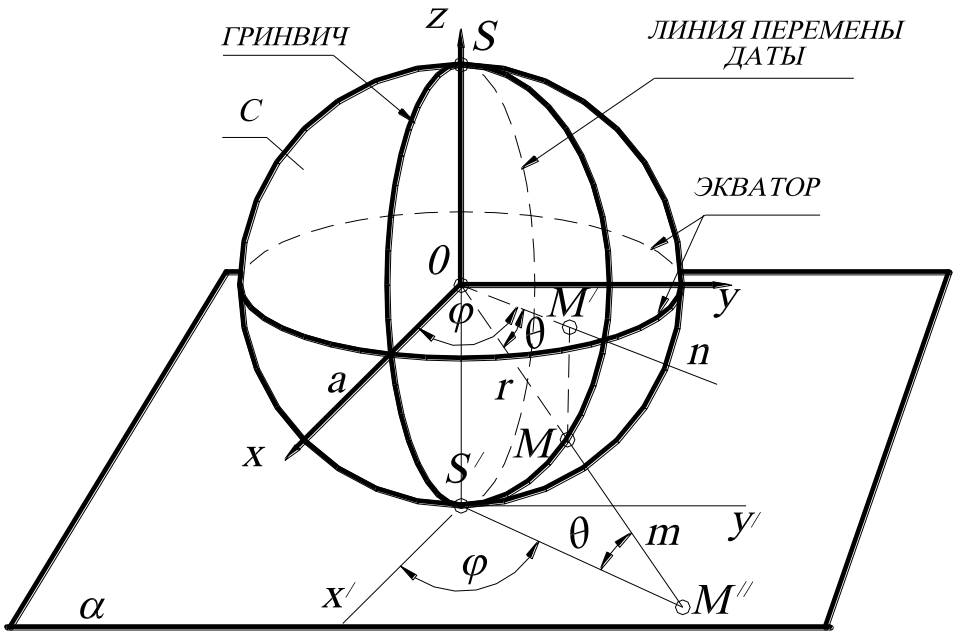


Рис. 36.

В результате построения стереографической проекции, то есть проекции сферы на плоскость, получают карту. Недостаток такой карты в том, что не сохраняются площади. Практически чаще всего на таких картах работают с очень малыми областями сферы, по которым, с необходимыми коррекциями, можно вычислять площади.

Очевидно, существуют карты, сохраняющие площади; они называются эквивалентными или равновеликими. Рассмотрим пример получения такой карты.

3.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Цилиндрическая проекция получается при взаимно однозначном отображении поверхности сферы, вписанной в цилиндр, на поверхность этого цилин-

дра пучком параллельных прямых, перпендикулярных к оси цилиндра. Разворачивая затем цилиндр на плоскость, получают цилиндрическую проекцию сферы. Такая проекция получила название «классическая проекция Меркатора». Эта проекция является равноугольной (или конформной, то есть такая, которая сохраняет углы, рис. 37).

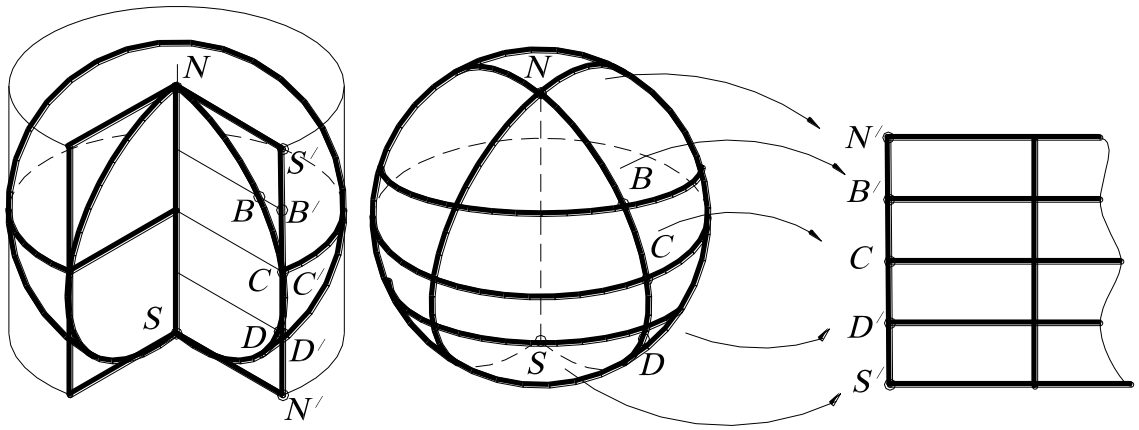


Рис. 37.

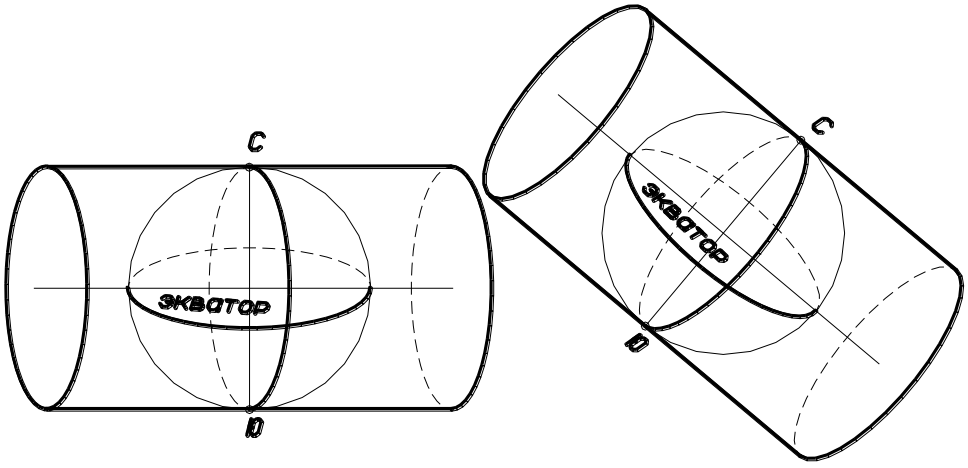
На этой проекции параллели и меридианы представляются ортогональными (прямоугольными) прямыми, а экватор является горизонтальной осью симметрии. Такие проекции имеют изменяющийся коэффициент искажения, который увеличивается к полюсам. В тех областях, где коэффициент искажения изменяется незначительно, построенная таким образом карта хорошо приспособлена к практическим нуждам, и поэтому она часто используется в морской и воздушной навигации.

Действительно, поскольку меридианы и параллели являются ортогональными координатными линиями, кроме того, построенная проекция конформна, то такая траектория движения судна или самолёта по постоянному курсу изобразится на этой карте в виде прямой линии, которую легко провести с помощью линейки. На практике судно или самолёт всегда в течение определённого времени придерживается постоянного курса. Для этого рулевой по компасу сохраняет постоянное направление движения, указанное капитаном.

На сфере такие траектории (то есть кривые, которые пересекают меридианы под постоянным углом) называются ***локсодромы***.

Классическая проекция Меркатора совершенно непригодна у полюсов, так как при приближении к полюсам коэффициент искажения стремится к бесконечности. Поэтому задача измерения с достаточной точностью расстояний и площадей в окрестности полюсов практически неразрешима, но классическая проекция Меркатора даёт прекрасный результат вблизи экватора.

В настоящее время во всём мире наиболее употребительной является поперечная проекция Меркатора. Она получается, если цилиндр, описанный около сферы, касается её по меридиану (рис.38, *а*). Эту проекцию называют проекцией Гаусса – Крюгера. Для неё используется сокращение ***MTU*** (по начальным буквам Mercator transvers universal). Её применяют, например, при создании топографических карт Российской Федерации, эта проекция используется топографической службой Швейцарии.

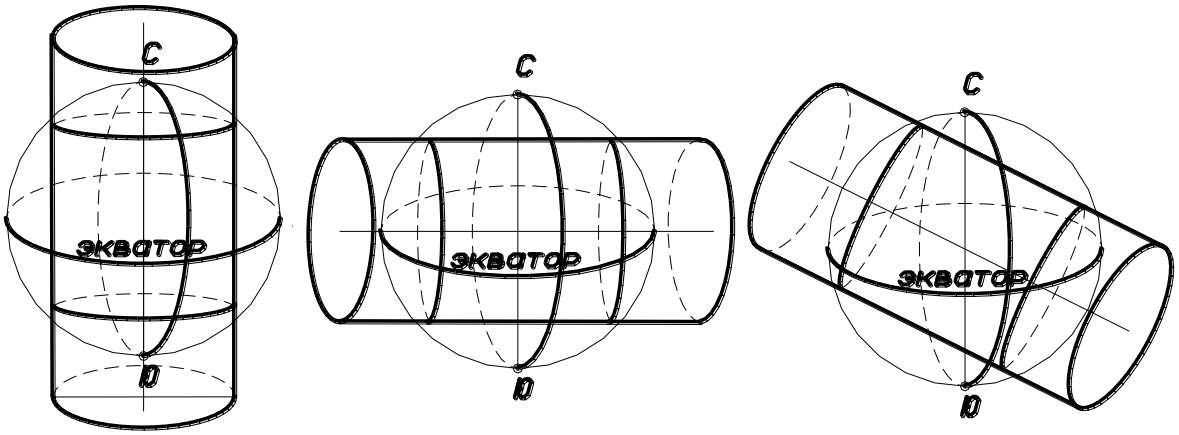


а *б*

Рис. 38.

Кроме рассмотренных цилиндрических проекций, имеются косые цилиндрические проекции (рис.38, *б*). В этом случае ось цилиндра располагается под произвольным углом к прямой, соединяющей северный и южный полюса. Параллели и меридианы при этом изобразятся в виде кривых, однако в малых областях они будут почти прямыми линиями.

Для цилиндрических проекций можно рассматривать цилиндры, пересекающие сферу. На рис. 39, *а* показана нормальная цилиндрическая проекция; на рис. 39, *б* – поперечная проекция; на рис. 39, *в* – косая проекция.



а *б* *в*

Рис. 39.

3.4. КОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Такие проекции при составлении карт называются равноугольными проекциями Ламберта.

Идея Ламберта состоит в том, чтобы меридианы и параллели оставались простыми кривыми на плоскости. Самой простой после ортогональной сетки параллельных прямых является сетка из концентрических окружностей и прямых, проходящих через их центр этих окружностей. Можно сказать, что мы имеем дело с полярной системой координат на плоскости.

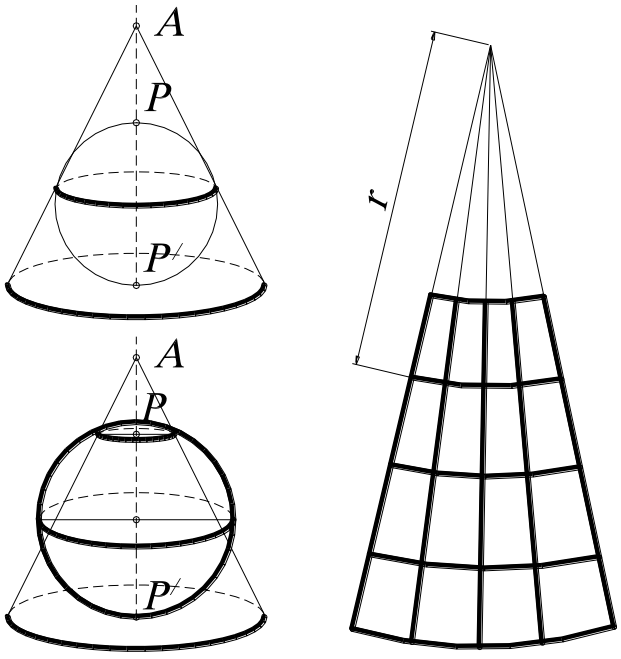


Рис. 40.

В этом случае сфера проецируется на конус, касающийся по выделенной параллели, а затем этот конус разворачивается на плоскость

(рис. 40). Полярный радиус r регулируется некоторой функцией так, чтобы обеспечить равные углы.

Меридианы в этой проекции изображаются прямыми линиями, а параллели – окружностями.

Картография Франции основана на проекциях Ламберта. Вся поверхность Франции покрывается тремя такими картами, одна из которых охватывает зону в три градуса. Однако состыковка этих трёх систем в настоящее время не удовлетворяет требованиям к точности. Поэтому используется карта, полученная при помощи стереографической проекции (с полюсом в Новой Зеландии).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каким образом можно установить взаимно однозначное соответствие между оригиналом, например, точкой A, трёхмерного пространства и её центральной, параллельной проекцией A'?

2. Как будет изображаться стереографическая проекция а) отрезка прямой, который принадлежит экватору сферы, меридиану, б) окружности ?

3. Докажите, что при стереографической проекции локсодромы переходят в логарифмические спирали (см. п. 4.5. «Трансцендентные кривые»).

4. Как задаётся центр проецирования при отображении сферы на конус (см. рис. 40).

ЧАСТЬ 2
ПРИНЦИПЫ ИНВАРИАНТНОСТИ

Построение какой-либо геометрической модели основывается на определённых свойствах объекта (геометрического многообразия). Для задания взаимно однозначных отображений большое значение имеют неизменяющиеся свойства – инварианты. *Инвариант - (invariants – от лат. неизменяющийся) – величина, остающаяся неизменной при тех или иных преобразованиях* (например, площадь какой- либо фигуры). В первой части мы уже сталкивались с инвариантами, например, размерность какого-то геометрического многообразия является величиной постоянной для конкретного пространства. Основными принципами инвариантности также являются симметрия и пропорциональность.

В части 2 рассматриваются преобразования, сохраняющие некоторые свойства геометрических множеств (симметрия относительно точки, прямой или плоскости, вращения, параллельные переносы). Однако отказ от сохранения метрики исследуемых объектов при соответствующем преобразовании расширяет возможности применения методов симметрии и приводит к другим преобразованиям – подобие, инверсия и др.

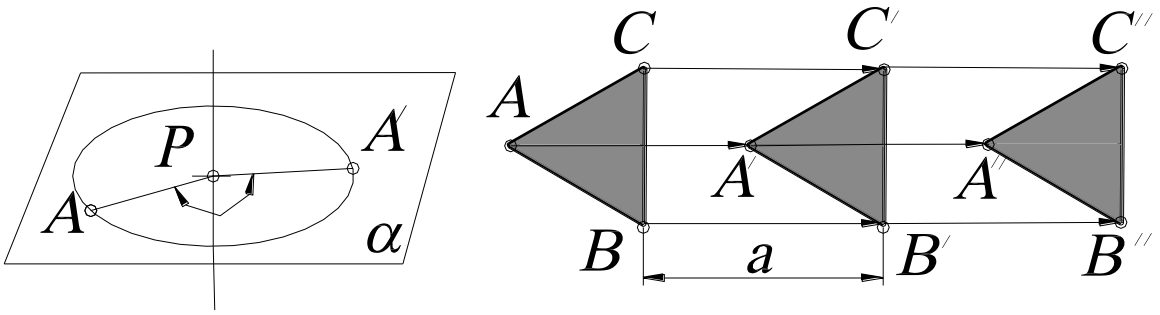
1. ДВИЖЕНИЯ

1.1. ДВИЖЕНИЯ В ЕВКЛИДОВОЙ ПЛОСКОСТИ

Движение - это преобразование, которое сохраняет длины. Например, (рис. 41, *а*) ***вращение*** точки A, принадлежащей плоскости α, вокруг точки P (или вокруг прямой, проходящей через точку P, перпендикулярно к плоскости α) является движением, имеющим одну неподвижную точку P (если угол по-

ворота не кратен 360^0). В противном случае получают ***тождественное преобразование***, точка ***A*** отображается на себя.

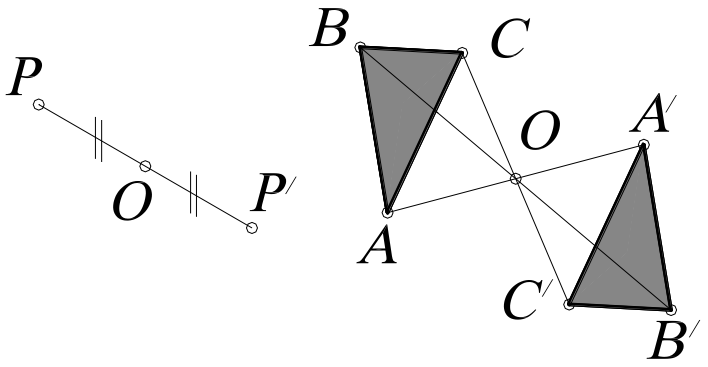
Параллельный перенос (или ***параллельное перемещение***) не имеет неподвижных точек; при этом преобразовании сдвигается каждая точка плоскости на расстояние ***a*** (рис. 41, *б*).



а *б*

Рис. 41.

Симметрия - это вид движения, характеризующийся тем, что распределение точек на пары симметрично. Неподвижными точками симметрии, в зависимости от её вида, являются точка, прямая или плоскость. Соответственно подразделяют симметрию относительно точки, прямой или плоскости. Эти симметрии называют также отражениями от точки, прямой или плоскости, соответственно.



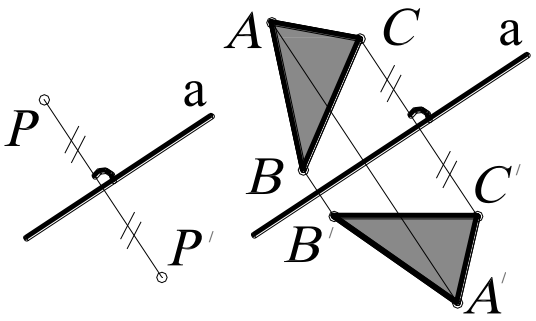
а *б*

Рис. 42.

Центральная симметрия. Две точки ***P*** и ***P′*** называются симметричными относительно точки ***O*** (или относительно центра симметрии ***O***), если точка ***O*** есть середина отрезка ***PP′*** (рис. 42, *а*).

Фигура симметрична относительно центра, если все её точки попарно лежат на прямых, проходящих через этот центр симметрии по разные стороны и на равных расстояниях (рис. 42, *б*).

Осевая симметрия. Две точки называются симметричными относительно прямой (оси), если они лежат на одном перпендикуляре к данной прямой ***a*** по разные стороны и на одинаковом расстоянии (рис. 43 *а*, *б*).



а *б*

Рис. 43.

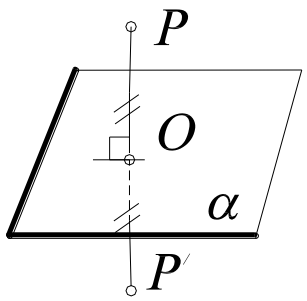


Рис. 44.

Плоскостная (зеркальная) симметрия. Две точки называются симметричными относительно плоскости, если они лежат на перпендикуляре по разные стороны и на одинаковом расстоянии от плоскости (рис. 44).

При рассмотрении вращений (в частности, центральная симметрия), осевых симметрий и параллельных переносов возникает вопрос о том, почему вращение или параллельный перенос можно осуществить непрерывным перемещением плоскости, а осевую симметрию – нельзя. Возникает понятие «ориентации». Любые два треугольника ***ABC*** и $A'B'C'$ могут иметь одинаковую (см. рис.41, *б*) или противоположную (см. рис. 43, *б*) ориентацию.

Если треугольники ***ABC*** и $A'B'C'$ ориентированы одинаково (см. рис.41, *б*), то движение называется ***собственным*** (или 1-го рода). Если же движение меняет ориентацию треугольников ***ABC*** и $A'B'C'$ (см. рис.43, *б*), то такое движение называется ***зеркальным*** (или 2-го рода). Например, собственные движения переводят левую перчатку в левую, а левый винт – в левый (и наоборот). Зеркальные движения переводят левую перчатку в правую, а левый винт – в правый (и обратно).

Рассмотрим несколько видов симметрии на примерах различных фигур. Когда мы говорим, что фигура «симметрична», мы имеем в виду, что суще-

ствуют некоторые движения, оставляющие на месте фигуру в целом, но меняющие отдельные её части. Другими словами, если фигура симметрична, то элементы одной её части переходят в другую. Например, прописные буквы ***А*** и ***Е*** (рис. 45, *а, б*) обладают осевой симметрией, то есть переводятся в себя симметрией относительно некоторой оси – вертикальной в первом случае и горизонтальной – во втором.



Рис. 45.

Буква ***И*** (рис. 45, *в*) обладает центральной симметрией. Однако буква ***И*** может быть представлена последовательным выполнением (причём в любом порядке) отражений от горизонтальной, а затем от вертикальной оси. Как уже известно, результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их произведением или композицией преобразований.

К числу движений, переводящих фигуру в себя, относится и тождественное преобразование. Любая фигура обладает такой симметрией. Например, буква ***Г*** переводится в себя только тождественным преобразованием (рис. 45, *г*).

Изображенная фигура на рис. 45, *д* обладает симметрией 4-го порядка. Это означает, что она переводится в себя на угол, кратный прямому. Такая фигура допускает 4 существенно различных движения, переводящих её в себя, а именно вращения на 1, 2, 3 и 4 прямых угла. Последнее из них - тождественное преобразование.

Наименьшая степень, в которую нужно возвести данное преобразование, чтобы получить тождественное преобразование, называется порядком данного преобразования.

Например, осевая, центральная симметрия имеет порядок 2. Единственным преобразованием порядка 1 является тождественное преобразование. Параллельный перенос вообще не имеет конечного порядка (иногда говорят, что он имеет бесконечный порядок ∞).

Некоторые фигуры переводятся в себя одновременно и центральной и осевой симметрией. Так, например, буква ***H*** имеет горизонтальную ось симметрии (подобно букве ***E***), вертикальную ось симметрии (подобно букве ***A***), а также центр симметрии совпадает с точкой пересечения осей симметрии (рис. 45, *е*). Таким образом, эта буква допускает четыре различных преобразования:

1) тождественное преобразование;
2) отражение от горизонтальной прямой;
3) отражение от вертикальной прямой;
4) центральная симметрия.

Композиция (произведение) движений. Любое движение на плоскости можно определить как композицию поворота и параллельного переноса (параллельный перенос иногда называют трансляцией).

Параллельный перенос определяется как произведение двух центральных симметрий относительно различных точек ***O*** и ***O′*** (рис. 46).

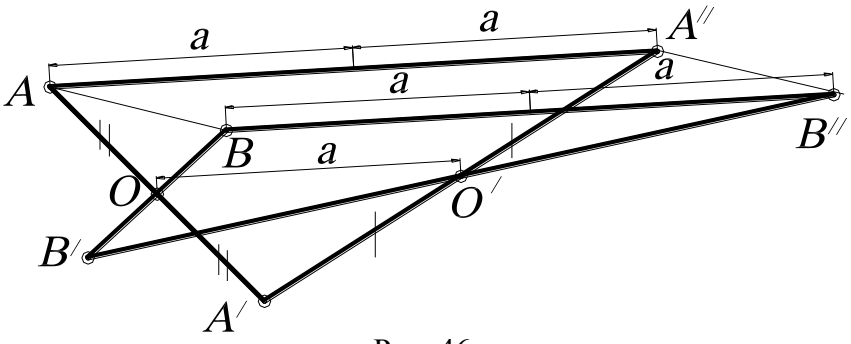
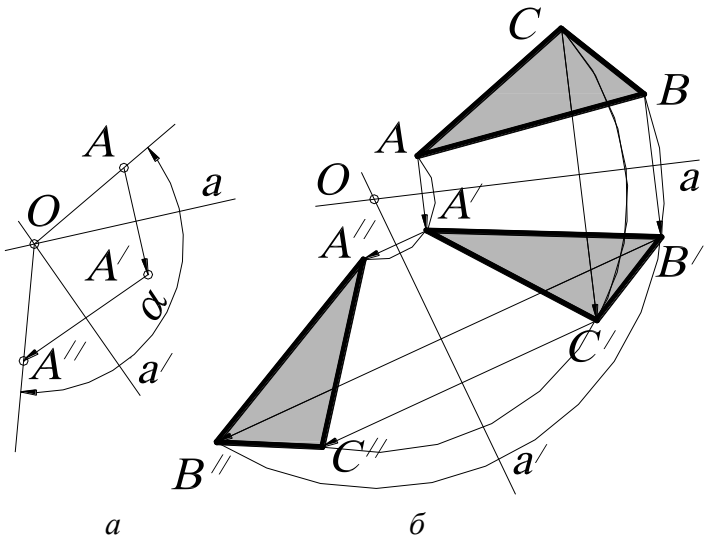


Рис. 46.

Пусть задана произвольная точка ***A*** и даны два центра симметрии ***O*** и ***O′***. Первая симметрия относительно точки ***O*** переводит точку ***A*** в точку ***A′***, а вторая – относительно точки ***O′*** - ***A′*** в ***A″***. Причём окончательно получается отрезок ***AA″***, который параллелен отрезку ***OO″*** и в два раза длиннее его. Таким образом, длина и направление отрезка не зависят от положения точки ***A***, так как параллельный перенос полно-

стью определяется длиной и направлением отрезка AA''. Это подтверждается, если задать параллельный перенос произвольной точки B, параллельный отрезку AA''. Тогда отрезки $AA''=BB''$, а также эти отрезки параллельны между собой и получаются при отображении от точек O и O'.

Движение, оставляющее точку O неподвижной, можно назвать поворотом вокруг точки O. Поворот можно представить как композицию двух осевых симметрий (рис. 47, *а, б*). Однако в этом случае результат отображения зависит от порядка выполнения операций симметрии, то есть для того чтобы получить поворот точки A на угол α (см. рис. 47, *а*), нужно сначала выполнить осевую симметрию относительно оси **a,** а затем – относительно оси **a′**. Говорят, что такая композиция преобразований не обладает свойством переместановочности (или не коммутирует).



а *б*

Рис. 47.

Скользящая симметрия определяется как композиция симметрии относительно прямой m и параллельного переноса вдоль этой прямой. Ясно, что скользящая симметрия определяется своей осью m и величиной переноса a.

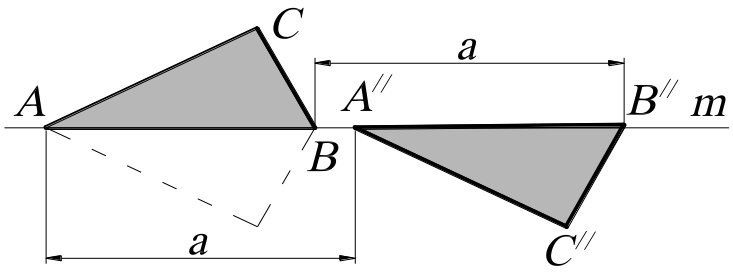


Рис. 48.

Пусть задана ось скользящей симметрии m и величина переноса вдоль этой оси a (рис. 48). Тогда, выполняя операции отражения от прямой и параллельный перенос (независимо в какой последовательности), треугольник ABC отобразится в треугольник $A''B''C''$.

Таким образом, скользящая симметрия – это зеркальное движение, не имеющее неподвижных точек. Такая симметрия часто встречается в орнаментальном искусстве, архитектуре и природе.

В геометрии симметрия и ***асимметрия*** – два противоположных понятия. Асимметрия, казалось бы, - это отсутствие симметрии. Однако асимметричная фигура может складываться из симметричных частей. Другими словами, асимметрия – это композиция симметрии. Асимметрию часто используют в архитектуре, дизайне и др.

1.2. ДВИЖЕНИЯ В ЕВКЛИДОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Существует семь типов перемещений пространства:

1. Тождественное преобразование.
2. Переносы.
3. Повороты (в частности, осевые симметрии – повороты на 180^0).
4. Винтовые перемещения.
5. Зеркальные симметрии или плоскостные.
6. Переносные симметрии.
7. Поворотные симметрии.

В ***тождественном преобразовании*** остаётся неподвижной каждая точка пространства.

Перенос имеет связку неподвижных параллельных прямых и связку неподвижных плоскостей, определяемых парами этих прямых, и не имеет неподвижных точек.

Поворот имеет прямую неподвижных точек – ось поворота – и пучок неподвижных плоскостей, перпендикулярных оси поворота; в осевой симметрии, кроме того, остаются неподвижными все плоскости, проходящие через ось симметрии, и все прямые, пересекающие ось симметрии под прямым углом.

Винтовое перемещение имеет одну неподвижную (двойную) прямую – его ось – и не имеет двойных точек и плоскостей (кроме угла 180^0, так как все плоскости через эту ось неподвижны). Винтовое перемещение определяется углом поворота и величиной переноса вдоль этой оси. Порядок, в котором выполняются обе операции, безразличен (что не имело бы места, если бы параллельное перемещение не было параллельно оси вращения).

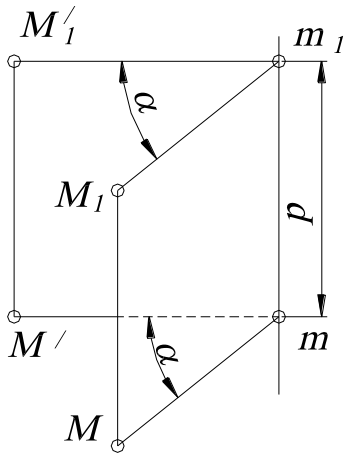


Рис. 49.

Иначе говоря, если точка $\boldsymbol{M'}$ есть то положение, которое занимает точка $\boldsymbol{M}$ после поворота $\boldsymbol{R}$ на угол $\boldsymbol{\alpha}$ вокруг оси $\boldsymbol{d}$ (рис. 49), то $\boldsymbol{M_1'}$ - положение, которое займёт точка $\boldsymbol{M'}$, если выполнить над ней перемещение $\boldsymbol{p}$, параллельное оси $\boldsymbol{d}$, то мы получим ту же самую точку $\boldsymbol{M_1'}$, выполняя над точкой $\boldsymbol{M}$ сначала это же поступательное перемещение $\boldsymbol{p}$, переводящее точку $\boldsymbol{M}$ в $\boldsymbol{M_1}$, а затем поворачивая точку $\boldsymbol{M_1}$ на данный угол вокруг оси $\boldsymbol{d}$.

Частными случаями винтового перемещения являются, очевидно, вращение (когда параллельное перемещение равно нулю) и параллельное перемещение (когда вращение $\boldsymbol{R}$ равно нулю).

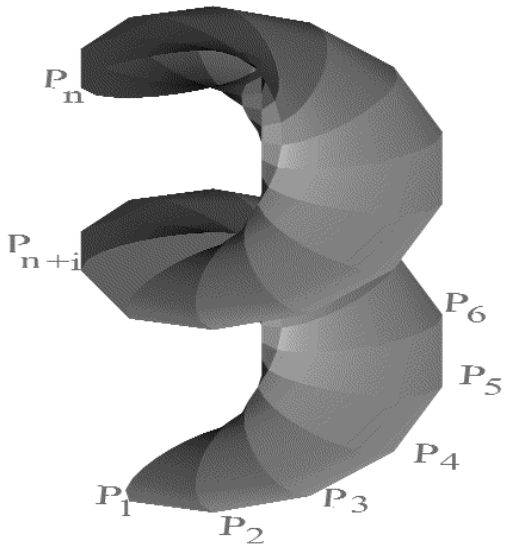


Рис. 50.

Если дано некоторое винтовое перемещение, то тем самым дано определённое направление перемещения. В соответствии с этим винтовое перемещение называется положительным (правым) или отрицательным (левым), смотря по тому, имеет данное вращение положительное или отрицательное направление по отношению к направлению поступательного перемещения. На рис. 50 показано положительное винтовое перемещение.

В ***зеркальной (плоскостной) симметрии*** неподвижны все точки и прямые плоскости симметрии и все прямые и плоскости, ей перпендикулярные.

Переносная симметрия имеет неподвижную плоскость α, пучок неподвижных параллельных прямых в α и пучок неподвижных плоскостей, проходящих через эти прямые перпендикулярно α, и не имеет неподвижных точек. Переносная симметрия есть произведение отражения от плоскости α и перенос параллельно этой плоскости в любом порядке.

Поворотная симметрия оставляет неподвижными взаимно перпендикулярные прямую и плоскость, а также точку их пересечения; центральная симметрия оставляет на месте одну точку (центр симметрии) и все проходящие через неё прямые и плоскости. Поворотная симметрия – это произведение отражения от плоскости α и поворота p с осью $p \perp \alpha$ в любом порядке.

В этом параграфе мы дали обзор различных видов движений в пространстве и их свойства. Читателю представляется возможность самостоятельно разобраться в этих видах движений.

1.3. ПОДОБИЕ

Подобием (или преобразованием подобия) называют преобразование, которое сохраняет отношение длин отрезков. Другими словами, отрезок AB переходит в отрезок $A'B'$, такой что $\frac{A'B'}{AB} = k$, где k - постоянное положительное число (одно и то же для всех отрезков), которое называют ***коэффициентом подобия***. Из этого определения следует, что произвольная фигура, например треугольник, переводится в подобный треугольник, а произвольный угол в равный (быть может противоположно ориентированный) угол. Частным случаем подобия, соответствующим $k = 1$, является движение. Другим частным случаем является гомотетия, при $\pm k$.

1.3.1. ГОМОТЕТИЯ

Пусть точка S – центр подобия (центр гомотетии), а число k – коэффициент подобия. Точкой, ***гомотетичной*** какой-либо точке M, называется точка M', которая получается, если соединить точку M с точкой S прямой линией и отложить на этой прямой от точки S в направлении SM (рис. 51) или в противоположном направлении такой отрезок SM', что имеет место: $\frac{SM'}{SM} = k$. Гомотетию подразделяют на следующие виды:

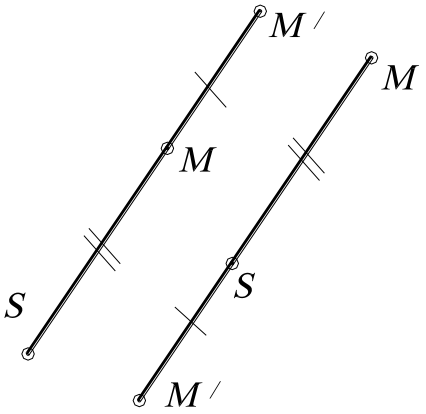


Рис. 51.

Прямая гомотетия – если отрезок SM' откладывается в ту же сторону, что и отрезок SM.

Обратная гомотетия – если оба отрезка SM' и SM направлены в противоположные стороны.

Фигура, гомотетичная (или перспективно-подобная, или подобная, или подобно расположенная) F' какой-либо фигуре F, есть фигура, образованная совокупностью точек M_i', гомотетичных точкам M_i, образующим фигуру F. Другими словами, фигуры называются ***гомотетичными***, если они подобны и подобно расположены, то есть если одну из них можно перевести в другую гомотетией.

Центр гомотетии есть точка, сама себе гомотетичная; это единственная точка, которая обладает данным свойством. Симметрия относительно точки есть частный случай обратной гомотетии.

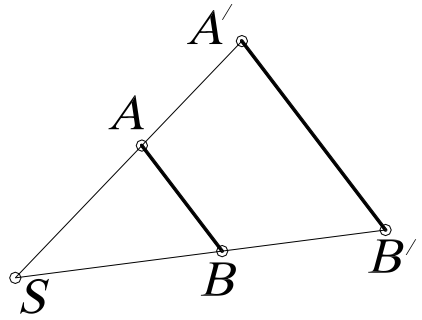


Рис. 52.

Гомотетией называется преобразование, которое сохраняет (или изменяет на противоположное) каждое направление; то есть переводит каждую прямую в параллельную ей прямую (рис. 52).

В двух гомотетичных системах точек, отре-

зок, соединяющий две какие-либо точки одной из систем, и отрезок, соединяющий соответственные им точки, - другой, всегда параллельны, и их отношение равно коэффициенту подобия. Они направлены в одну и ту же сторону или в противоположные, смотря по тому, будет гомотетия прямой или обратной.

Действительно, пусть A и B – две точки первой фигуры, а A' и B' - точки, им гомотетичные (см. рис. 52), S – центр гомотетии, k – коэффициент подобия. Пропорция $\frac{SA'}{SA} = \frac{SB'}{SB} = k$ показывает, что отрезки $A'B'$ и AB параллельны, а подобие треугольников $SA'B'$ и SAB показывает, что отношение этих отрезков равно отношению SA' к SA.

Теорема. Если прямая делит две стороны треугольника на пропорциональные части, то она параллельна третьей стороне.

Следствия.

1. Фигура, гомотетичная прямой линии, есть прямая линия.

Действительно, если точка B перемещается по прямой AB, причём последняя (то есть прямая) остаётся неподвижной, то точка B' описывает прямую, проходящую через точку A' и параллельную AB (см. рис. 52).

2. Фигура, гомотетичная окружности, есть окружность, причём их центры гомотетичны (рис. 53).

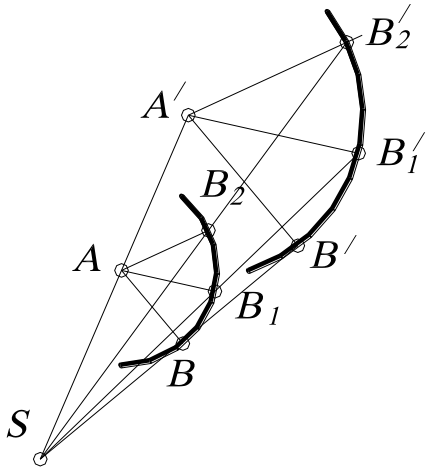


Рис. 53.

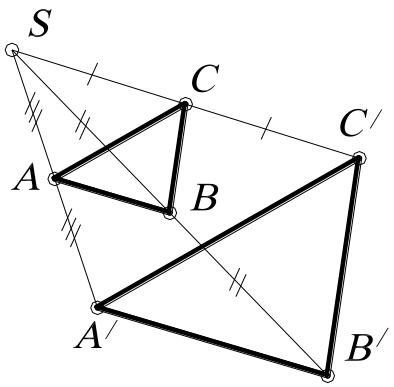
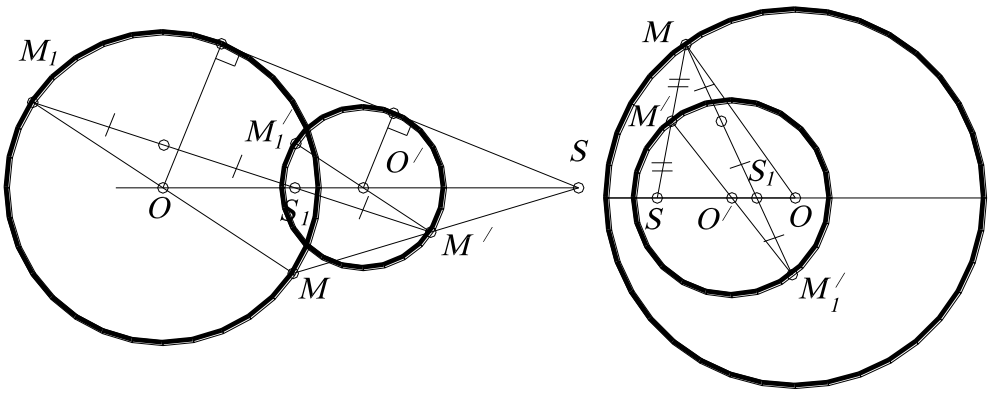


Рис. 54.

Действительно, если точка B перемещатся так, что её расстояние от определённой точки A остается постоянным (то есть можно построить окружность), то точка B' опишет окружность с центром A' и радиусом $A'B' = k \cdot AB$ (см. рис. 53). Фигура, гомотетичная данному треугольнику, есть треугольник, подобный первому (рис. 54), где S – центр прямой гомотетии, а коэффициент подобия $k = \frac{1}{2}$.

Две любые окружности можно рассматривать как гомотетичные и притом двумя различными способами.

Если O и O' - центры окружностей, а M и M' - концы двух соответственно параллельных радиусов, направленных в одну сторону, удовлетворяют условию: $\frac{SM'}{SM} = \frac{O'M'}{OM} = k$, где $k = \frac{1}{2}$, описывают две прямогомотетичные окружности. Тогда концы M и M' служат соответственными точками двух обратногомотетичных фигур; в обоих случаях коэффициент подобия равен отношению радиусов (рис. 55).



а *б*

Рис. 55.

Следовательно, две окружности имеют два центра – S, S_1; один соответствует прямой гомотетии и называется внешним; другой, соответствующий обратной гомотетии, – внутренним. Чтобы построить эти центры, нужно начертить произвольный диаметр первой окружности MOM_1 и параллельный ему радиус второй окружности $M'O'$ (причём точка M' лежит с той же стороны от

прямой OO', что и точка M), тогда точка S_1 лежит на пересечении прямых OO' и M_1M'.

Две равные или две концентрические окружности тоже можно перевести друг в друга двумя гомотетиями, но в этих случаях существует только один центр подобия. В случае концентрических окружностей это связано с тем, что две гомотетии имеют один и тот же центр.

В случае равных окружностей одна гомотетия представляет собой параллельный перенос, который не имеет центра (то есть центр удалён в бесконечность), другая гомотетия - симметрия относительно точки S, совпавшей с серединой OO' (рис. 56).

Если окружности касаются друг друга, то точка касания есть один из центров подобия. В том случае, если заданные окружности гомотетичны, то центры этих окружностей соответствуют друг другу и соответственные радиусы параллельны. В зависимости от того, будут ли они направлены в одну и ту же сторону или в противоположные, мы будем иметь ту или иную из двух гомотетий, установленных выше.

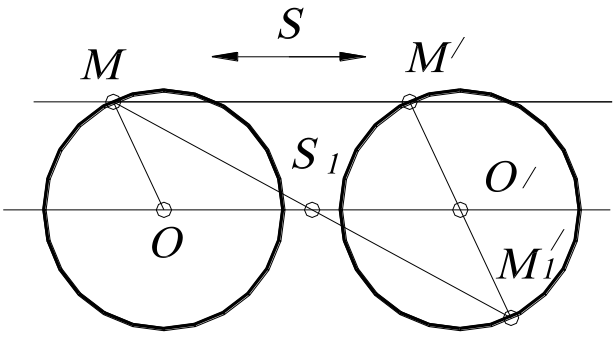


Рис. 56.

Таким образом, две окружности не могут быть гомотетичны более чем двумя различными способами. Однако три окружности c_1, c_2, c_3 можно рассматривать как фигуры попарно гомотетичные и притом четырьмя различными способами.

Можно выбрать произвольно прямую или обратную гомотетию между окружностями c_1 и c_3 (что составляет четыре возможных сочетания).

Гомотетия между окружностями c_2 и c_3 определяется двумя первыми гомотетиями. При этом три внешних центра подобия будут лежать на одной прямой; точно так же будут лежать на одной прямой каждый внешний центр подобия с двумя внутренними центрами, ему не соответственными. Четыре прямые, та-

ким образом определённые, называются ***осями подобия***: одна из них – внешняя ось подобия, три другие – внутренние. Оси подобия попарно пересекаются в шести центрах подобия (рис. 57).

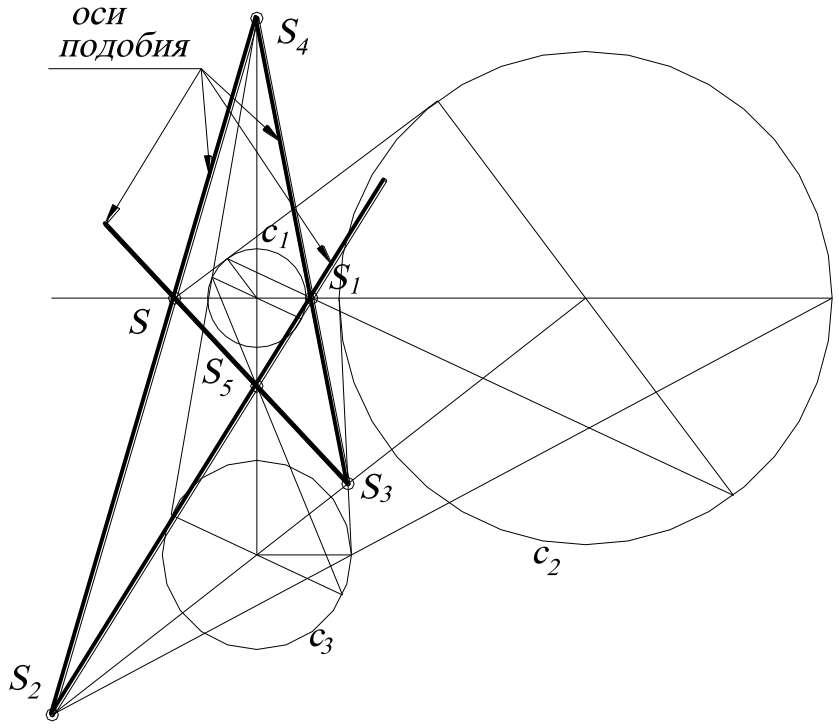


Рис. 57.

Следующее свойство гомотетии будет относится к трём гомотетичным фигурам. Итак, ***две фигуры, гомотетичные третьей, гомотетичны между собой, и три центра подобия лежат на одной прямой*** (рис.58). Если фигуры F_1 и F_2 гомотетичны относительно центра S_{21}, а фигуры F_1 и F_3 гомотетичны относительно центра S_{13}. Тогда фигуры F_2 и F_3 гомотетичны между собой относительно центра S_{23}, причём гомотетия будет прямой, если две исходные гомотетии одного рода, и обратной, если эти гомотетии различного рода. Точка S_{23}, рассматриваемая как центр гомотетии фигур F_2 и F_3, имеет в качестве соответственной в фигуре F_1 некоторую точку s. Прямая s S_{23} пройдет через точку S_{13} (как соединяющая соответственные точки фигур F_1 и

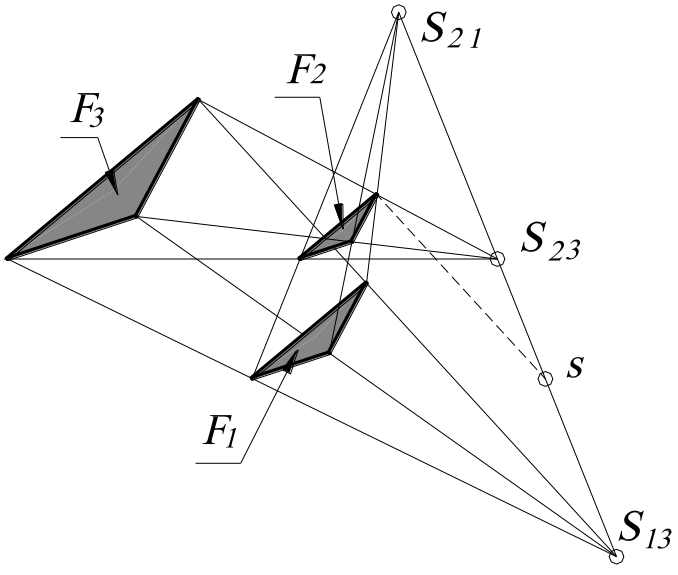


Рис. 58.

F_3) и через точку S_{21} (как соединяющая соответственные точки фигур F_1 и F_2). Таким образом, если фигуры попарно гомотетичны, то из трёх гомотетий прямыми будут одна или все три.

Композиция гомотетии и движений. Менее известен вид подобия, такой, как ***центрально-подобное вращение*** (или поворотное расширение, рис. 59) и представляющее собой произведение центральной гомотетии (центрально-подобного преобразования) $G(k)$ с коэффициентом подобия k (например, при $k=2$, см. рис. 59) и вращения вокруг точки O на угол α.

Ещё один вид подобия – это ***центрально-подобная симметрия*** (рис. 60), представляющая произведение гомотетии $G(k)$ с коэффициентом k и симметрии относительно прямой n, проходящей через точку O. В обоих случаях неподвижная точка O называется ***центром*** преобразования подобия. При этом можно использовать гомотетию только с положительным коэффициентом k. Другими словами, произведение гомотетии $G(k)$ и вращения вокруг точки O на угол α совпадает с произведением гомотетии $G(-k)$ и вращения вокруг точки O на угол $\alpha+\pi$. Аналогично, произведение гомотетии $G(k)$ и симметрии относительно прямой n, проходящей через точку O, совпадает с произведением гомотетии $G(-k)$ и симметрии относительно прямой, проходящей через точку O перпендикулярно к прямой n. Центрально-подобная симметрия имеет две взаимно перпендикулярные неподвижные прямые, которые называются ***осями***.

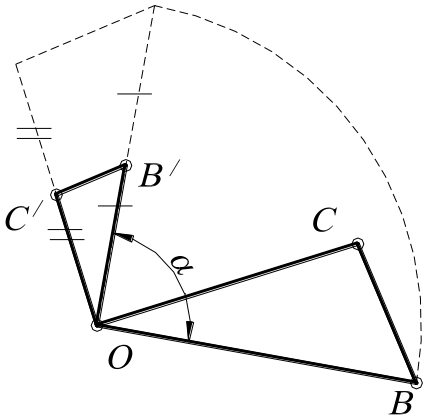


Рис. 59.

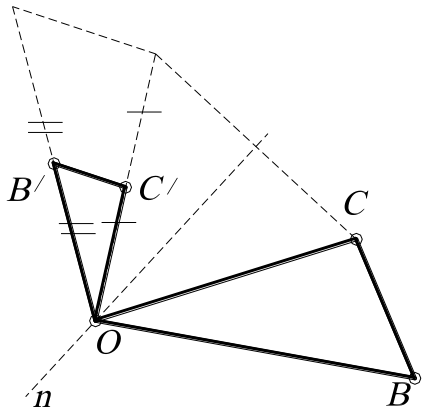


Рис. 60.

1.4. ИНВЕРСИЯ

Евклидову геометрию, в которой основную роль играют прямые и плоскости, можно расширить до круговой (сферической) геометрии. В такой геометрии роль прямых и плоскостей переходит к окружностям и сферам. Можно утверждать, что прямые и плоскости представляют собой окружности и сферы бесконечного радиуса. Это понятие можно заменить выражением, подтверждающим, что прямые и плоскости – это окружности или сферы, проходящие через некоторую идеальную точку, называемую бесконечно удалённой точкой. Преобразование относительно окружности (сферы), называемое ***инверсией***, рассматривал в 1835 году Л. Дж. Магнус (впервые встречается в трактате Аполлония Пергского «О плоских геометрических местах» в III в. до н. э.). Инверсия в одном отношении сходна с преобразованием подобия, но отличается от них в другом: оно переводит углы в равные им углы, но некоторые прямые преобразуются в окружности. Подобно симметриям относительно прямой или точки ***инверсия является симметрией*** (т. е. имеет порядок 2). Подобно симметрии относительно прямой (или плоскости, для пространства), инверсия имеет бесконечно много неподвижных точек, но эти точки заполняют не прямую (или плоскость), а окружность (сферу); поэтому инверсию часто называют «симметрией относительно окружности (сферы)».

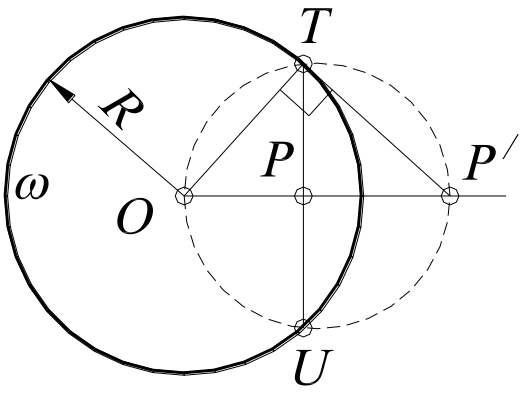


Рис. 61.

Пусть даны окружность ω с центром O и радиусом R и точка P, отличная от точки O (рис. 61). Образом точки P при инверсии относительно окружности ω назовём точку P', лежащую на луче OP, расстояние которой до точки O удовлетворяет соотношению $|OP| \cdot |OP'| = R^2$. Из этого определения следует, что образом точки P является точка P', а следовательно, инверсия (так же, как и симметрия)

обладает тем свойством, что двукратное применение её приводит к тождественному преобразованию.

Кроме того, каждая точка, лежащая вне окружности инверсии ω, имеет своим образом точку, лежащую внутри ее: инверсия «выворачивает внутренность окружности ω наружу», и наоборот, каждая внутренняя точка (за исключением центра O) – во внешнюю точку.

Построим инверсную точку к данной точке P (отличной от точки O), лежащей внутри окружности инверсии ω. Пусть T – один конец хорды окружности инверсии, проходящей через точку P, перпендикулярно к OP (см. рис. 61). Тогда касательная к окружности инверсии, проведённая в точке T, пересекает прямую OP вне окружности инверсии, в искомой точке P'. В самом деле, так как прямоугольные треугольники OPT, OTP' подобны и $OT=R$, то $\frac{OP}{R} = \frac{R}{OP'}$

и, следовательно, $|OP| \cdot |OP'| = R^2$.

Для того, чтобы построить образ произвольной точки P', лежащей вне окружности ω, нужно построить окружность на отрезке OP' как на диаметре, а точки ее пересечения T и U с окружностью ω соединить отрезком TU. Тогда его середина и будет искомой точкой P (являющейся точкой пересечения отрезков TU и OP).

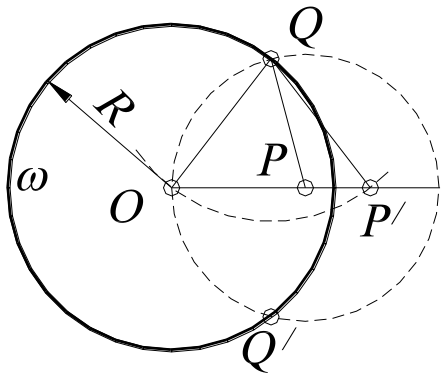


Рис. 62.

Если $OP > \frac{1}{2}R$, то инверсную точку P' к точке P легко построить одним циркулем. Пусть окружность с центром P и радиусом OP пересекает окружность инверсии ω в точках Q и Q' (рис. 62). Тогда точка P' - вторая точка пересечения окружностей с центрами Q и Q', проходящих через точку O (это легко можно увидеть из рассмотрения подобных треугольников POQ и QOP').

Рассмотрим, во что переходят при инверсии некоторые прямые и кривые линии. Окружность с центром ***O*** и радиусом ***r***, очевидно, переходит в концентрическую ей окружность радиуса $\frac{R^2}{r}$. Любая прямая, проходящая через точку ***O***, переходит в себя (при условии, что точка ***O*** не рассматривается (говорят, с выколотой точкой), так как образом точки ***O*** является сама точка ***O***. В противном случае нарушалось бы условие непрерывности преобразования).

Образом любой прямой ***n***, не проходящей через точку ***O***, является окруж-

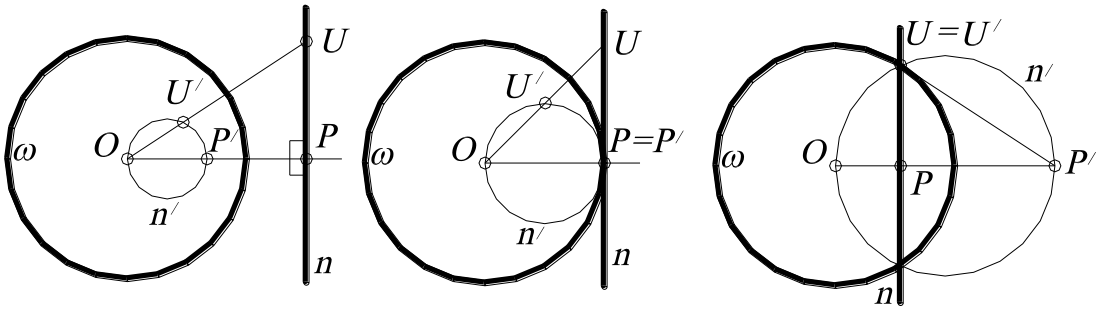


Рис. 63.

ность ***n′***, проходящая через точку ***O*** (за исключением самой точки ***O***), а её диаметр, проходящий через точку ***O***, перпендикулярен прямой ***n*** (рис. 63).

Образ окружности ***n***, не проходящей через точку ***O***, переходит при инверсии в другую окружность ***n′***, также не проходящую через точку ***O*** (рис. 64),

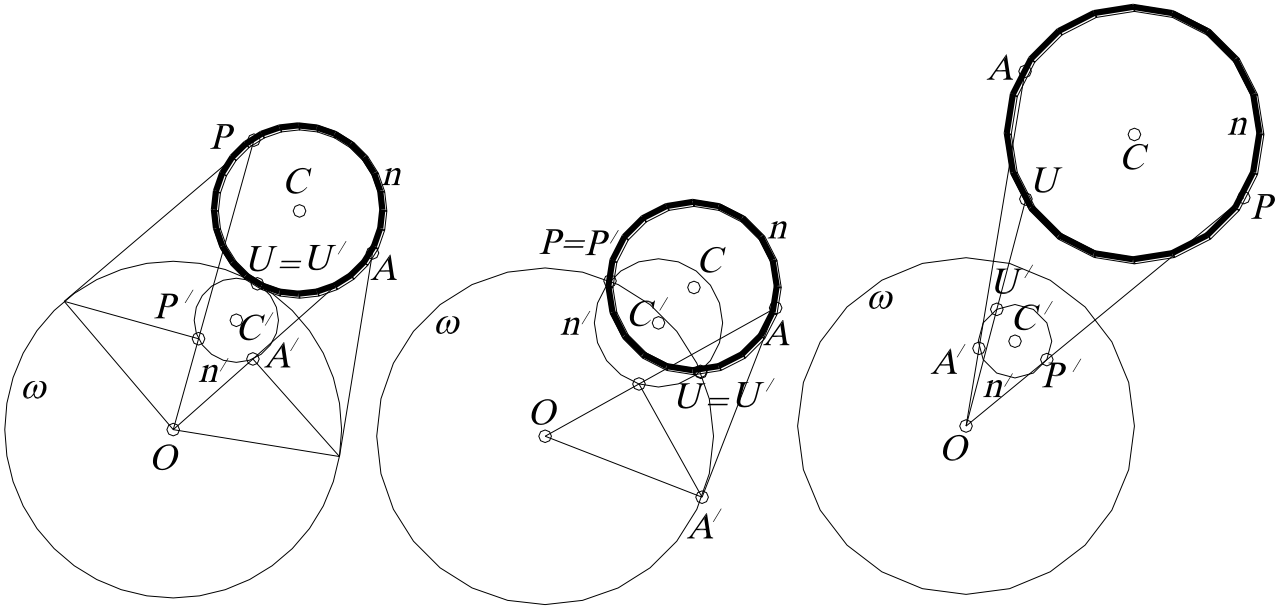


Рис. 64

или, может быть, в ту же самую окружность. Последняя возможность осуществляется в двух следующих случаях: 1) когда данная окружность совпадает с окружностью инверсии; 2) когда инверсия является тождественным преобразованием.

Произведение инверсий с общим центром O и радиусами R и R' окружностей инверсии представляет собой гомотетию $G(k)$, где $k = \left(\frac{R'}{R}\right)^2$.

1.5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ

Законы симметрии играют огромную роль в строении кристаллов. В строении кристаллической решетки исчерпывается композиция всех видов симметрий реального мира. В связи с этим в данном параграфе рассматривается строение кристаллов.

Кристаллическое вещество характеризуется своим внутренним строением, которое можно назвать закономерно-дискретным (закономерно-прерывным). Материальные частицы, слагающие такое вещество, расположены в определённом порядке; они не заполняют пространства сплошь, а находятся друг от друга на некотором расстоянии.

Чтобы получить наглядное представление о структуре кристаллического вещества, вообразим себе систему параллелепипедов одной и той же формы, плотно сложенных друг с другом в параллельном положении. Каждый параллелепипед со всех сторон окружен такими же параллелепипедами. Восемь параллелепипедов сходятся углами в одной точке.

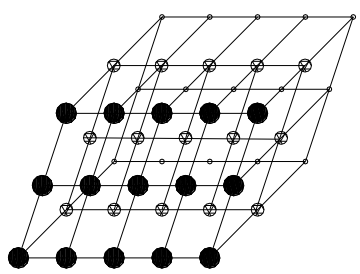


Рис. 65.

Если мысленно откинуть параллелепипеды, оставив на месте только точки, то получим пространственную решётку, состоящую только из одних точек. Пространственная решетка является «скелетом» вся-

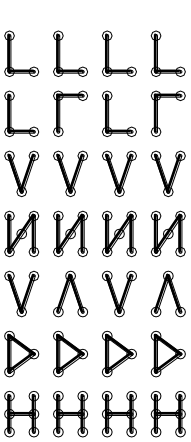
кого кристалла, независимо от внешней формы (рис. 65).

Отдельные точки, слагающие пространственную решетку, называются её узлами. Эти узлы являются атомами, из которых состоят кристаллы. Прямая, проведённая через два узла, называется ***рядом решетки***. Два ряда определяют плоскость пространственной решетки, или ***плоскую сетку***. Расположение узлов на плоской сетке можно рассматривать как вершины бесконечно большого числа равных параллелограммов, приложенных друг к другу без промежутков. Кроме этого, плоскую сетку можно представить в виде правильных треугольников, квадратов и прямоугольников, так как такими геометрическими фигурами можно покрыть всю плоскость без просветов и двойных покрытий.

Таким образом, можно сказать, что любое кристаллическое вещество имеет геометрическую структуру, порождаемую группами симметрий. Русский учёный-кристаллограф Е. С. Фёдоров создал теорию строения кристаллов на основе групп симметрии. Он выявил, что в действительности таких групп конечное число, а именно: для ряда решетки линейных групп всего 7, для плоской сетки – 17, а пространственной – 230. Линейные кристаллографические группы, образующие кристаллические ряды, порождаются с помощью семи бесконечных «одномерных» групп симметрий, приведённых в табл. 1.

Таблица 1

7 одномерных кристаллографических групп

№ п. п.	Типичный узор	Образующие
1		Один параллельный перенос
2		Одна скользящая симметрия
3		Две осевые симметрии
4		Две центральные симметрии
5		Одна осевая и одна центральная симметрии
6		Один параллельный перенос и одна осевая симметрия
7		Три осевые симметрии

В случае 3 обе оси симметрии вертикальны, одна рассекает повторяющуюся фигуру пополам, то есть переводит её в себя; другая симметрия переводит эту фигуру в одну из соседних. Таким образом, уже половина повторяющейся фигуры, расположенная между осями симметрии, порождает бесконечный одномерный ряд. В случае 4 повторяющаяся фигура уже имеет одну центральную симметрию (центр находится на пересечении диагоналей), вторая центральная симметрия, центр которой находится между этими фигурами, переводит её половину в соседнюю. В случаях 6 и 7 имеется горизонтальная ось симметрии. Для всех этих групп, кроме 1 и 2 , имеется некоторая свобода в выборе образующих; например, в случаях 4 и 5 одну из двух образующих можно заменить переносом.

Два ряда определяют плоскость пространственной решетки или плоскую сетку. Бесконечные дискретные двумерные группы движений (группы симметрий повторяющихся узоров) отличаются от бесконечных одномерных групп тем, что содержат два независимых параллельных переноса, то есть переноса в неколлинеарных направлениях. Русский кристаллограф Е. С. Федоров показал, что существует в точности 17 таких двумерных групп. Символы, которые обозначают эти группы (см. табл. 2), взяты из Международных таблиц рентгенокристаллографии.

Простейшей двумерной группой является группа **p1** (рис. 66), порождаемая двумя независимыми переносами. Так как преобразование, обратное параллельному переносу, и произведение двух параллельных переносов также являются переносами, эта группа состоит только из параллельных переносов.

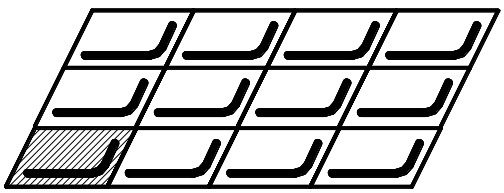


Рис. 66. Группа **p1**

Любая фигура, например фигура, показанная на рис. 66, переводится группой **p1** в бесконечное множество таких фигур, образующих двумерный узор. Обратно **p1** есть полная группа симметрий такого узора при условии, что сама фигура полно-

стью несимметрична, то есть её группа симметрий состоит из одного лишь тождественного преобразования.

Таблица 2

17 двумерных кристаллографических групп

№ п. п.	Обозначение	Образующие
1	**p1**	Два параллельных переноса
2	**p2**	Три центральные симметрии
3	**p3**	Два вращения на 120^0
4	**p4**	Центральная симметрия и вращение на 90^0
5	**p6**	Центральная симметрия и вращение на 120^0
6	**cm**	Осевая и скользящая симметрии с параллельными осями
7	**pm**	Две осевые симметрии и параллельный перенос
8	**pg**	Две скользящие симметрии с параллельными осями
9	**cmm**	Две осевые симметрии с перпендикулярными осями и одна центральная симметрия
10	**pmm**	Симметрия относительно четырёх сторон прямоугольника
11	**pmg**	Одна осевая и две центральные симметрии
12	**pgg**	Две скользящие симметрии с перпендикулярными осями
13	**p31m**	Симметрии относительно трёх сторон равностороннего треугольника
14	**p3m1**	Осевая симметрия и вращение на 120^0
15	**p4m**	Симметрии относительно трёх сторон прямоугольного равнобедренного треугольника
16	**p4g**	Осевая симметрия и вращение на 90^0
17	**p6m**	Симметрии относительно трёх сторон прямоугольного треугольника с углом 30^0

Если фигура представляет собой простую точку, узор называется двумерной решеткой. Характерным свойством такой решетки является то, что прямая, соединяющая любые две точки решетки, содержит множество других точек, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга, то есть одномерную решетку. Прямые, соединяющие узлы решетки, образуют мозаику из равных между собой параллелограммов, заполняющих всю плоскость без просветов и двойных покрытий (термин «мозаика» применяем для обозначения любого расположения многоугольников, полностью покрывающих всю плоскость и не перекрывающихся между собой, см. рис. 66). Типичный параллелограмм образован четырьмя точками. Параллельный перенос переводит этот параллелограмм в некоторый другой параллелограмм таким образом, что устанавливается взаимно однозначное соответствие между ячейками мозаики и преобразованиями

группы, обладающее тем свойством, что каждое преобразование группы переводит любую точку первоначального параллелограмма в точку, аналогичным образом расположенную относительно сторон нового параллелограмма. Поэтому типичный параллелограмм называют фундаментальной областью.

Выбор фундаментальной области весьма неоднозначен. Фундаментальной областью может служить любой параллелограмм с вершинами в точках решетки, не содержащих других точек решетки внутри или на контуре.

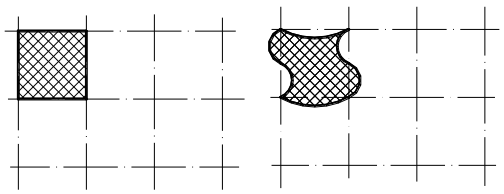


Рис. 67.

Фундаментальная область не обязательно должна быть параллелограммом. Например, можно заменить пары противоположных сторон парами кривых, совмещающихся параллельным переносом (рис. 67).

Однако независимо от того является ли она параллелограммом или любой другой фигурой, имеет ту же площадь, что единичный параллелограмм.

Любая выпуклая фундаментальная область группы параллельных переносов является центрально-симметричным многоугольником (параллелограммом или центрально-симметричным шестиугольником).

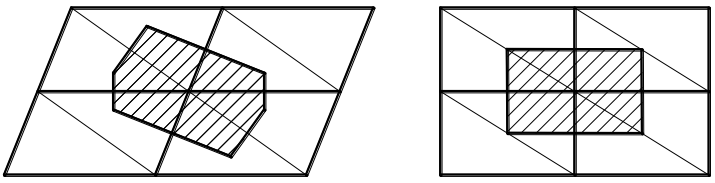


Рис. 68.

Мы можем выделить среди всех параллелограммов, являющихся фундаментальными областями (см. рис. 66, заштрихованная область), приведённый параллелограмм, имеющий самые короткие стороны. Переносы вдоль этих сторон называются приведёнными образующими группы. Соединив вершины приведённого параллелограмма и пары соответствующих вершин параллелограмма, придём к мозаике конгруэнтных нетупоугольных треугольников с вершинами в точках решетки. Каждая точка решетки принадлежит шести таким треугольникам (рис. 68). Соединив центры окружностей, описанных око-

ло шести треугольников, получим область Дирихле (или «многоугольник Вороного»). Такие области в совокупности заполняют всю плоскость и являются специальным видом фундаментальной области. Область Дирихле является центрально-симметричной. Её форма зависит от отношения длин образующих параллелограмма и угла между ними. Если этот угол прямой, то область Дирихле – прямоугольник (или квадрат). Во всех остальных случаях область Дирихле – шестиугольник (необязательно правильный, но имеющий, в силу центральной симметрии, равные и параллельные противоположные стороны).

Любая данная решетка симметрична относительно середины отрезка, соединяющего любые две точки решетки. Середины таких отрезков образуют решетку с более мелкими клетками, у которой образующие переносы вдвое короче.

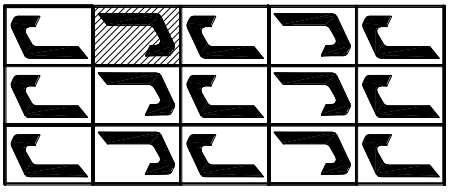


Рис. 69. Группа **p2**

В этом случае симметрии решетки исчерпываются переносами и центральными симметриями. Другими словами, группа симметрии **p2** (рис. 69) образуется из группы **p1** добавлением центральной симметрии (параллельный перенос является композицией двух центральных симметрий).

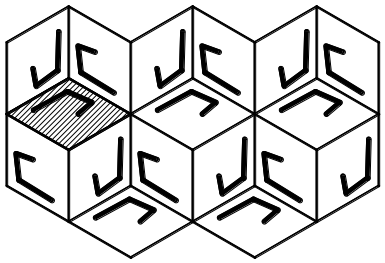


Рис. 70. Группа **p3**

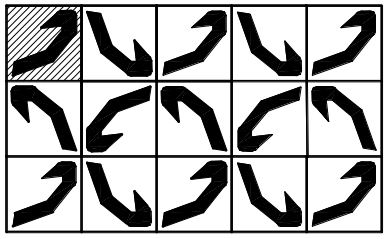


Рис. 71. Группа **p4**

Группы **p1** и **p2** являются двумя простейшими из 17 дискретных групп движений. Полное описание 17 двумерных групп заняло бы слишком много места. Поэтому представляется целесообразным привести только их наглядные изображения (рис. 70 – 84).

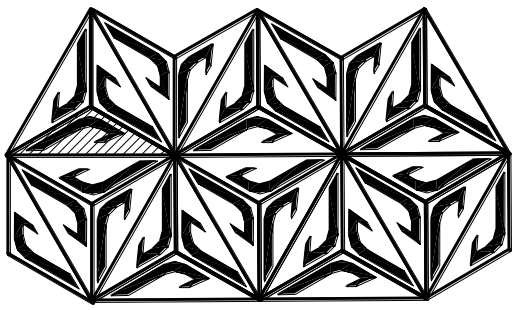


Рис. 72. Группа **p6**

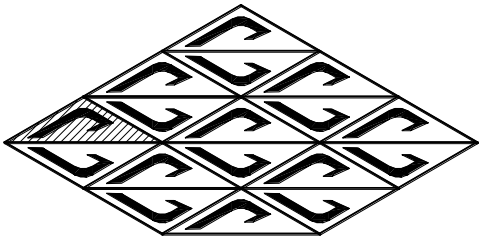


Рис. 73. Группа **cm**

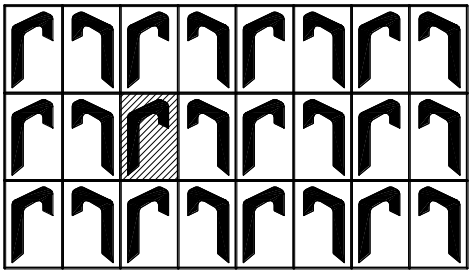


Рис. 74. Группа **pm**

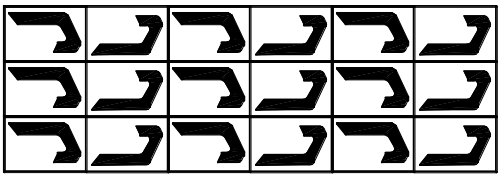


Рис..75. Группа **pg**

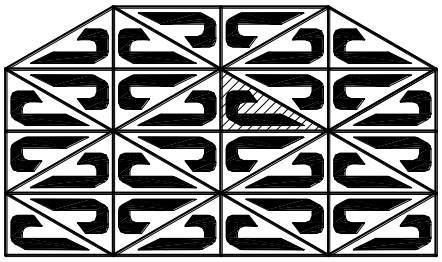


Рис. 76. Группа **cmm**

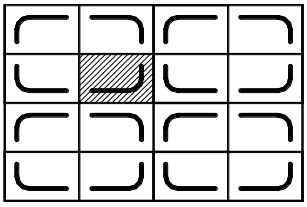


Рис. 77. Группа **pmm**

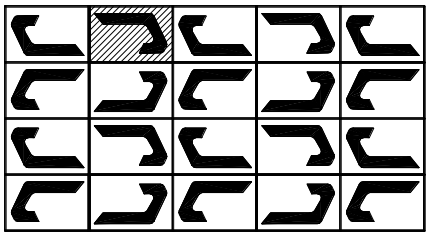


Рис. 78. Группа **pmg**

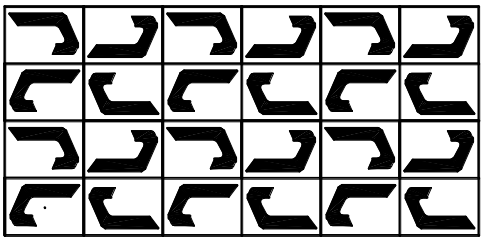


Рис. 79. Группа **pgg**

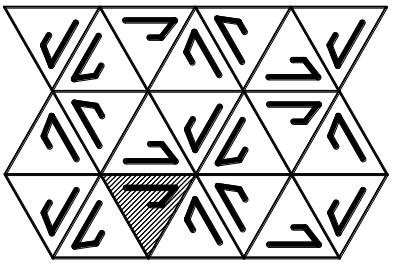


Рис. 80. Группа **p31m**

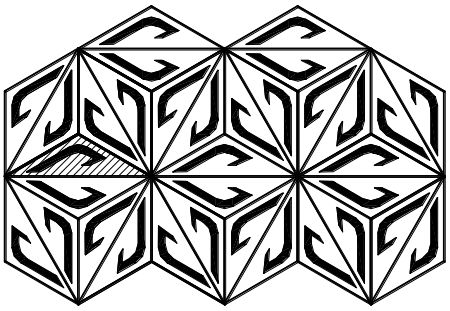


Рис. 81. Группа **p3m1**

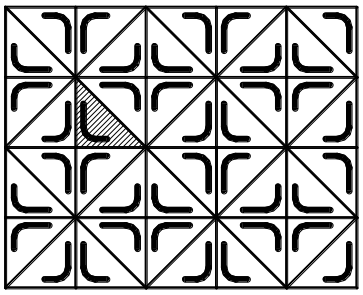


Рис. 82. Группа **p4m**

Заполнение плоскости многоугольниками (см. рис. 66 – 84) возможно в том случае, когда сетка состоит из параллелограммов (в частности ромбов, прямоугольных четырёхугольников, квадратов) и правильных треугольников (правильный шестиугольник складывается из шести правильных треугольников).

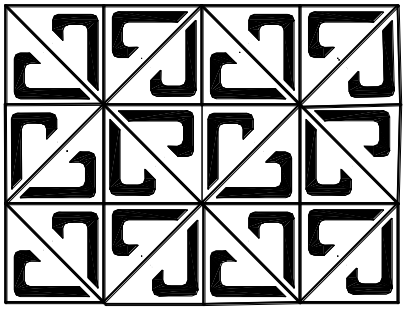


Рис. 83. Группа **p4g**

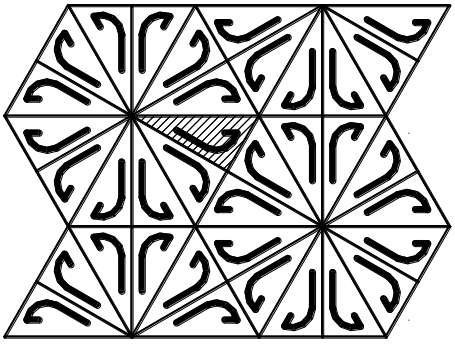


Рис. 84. Группа **p6m**

Известно, что единственно возможные порядки осей вращения, входящих в группу симметрий решетки, равны 2, 3, 4 или 6. Из пятиугольников сетку на плоскости построить нельзя. Следовательно, ось симметрии 5-го порядка в кристаллах невозможна. По той же причине невозможны и все оси порядка выше шести.

Уравнение:

$$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{\beta}+\frac{1}{\gamma}=1,$$

где α, β, γ - порядки осей вращения, подтверждает возможные порядки осей вращения. Рассмотрим существующие вращения, при котором плоскость заполняется многоугольниками (четырёхугольниками или треугольниками), плотно прилегающими друг к другу, то есть без зазоров и наложений.

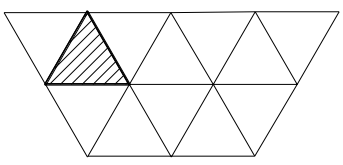


Рис. 85. Сеть **T**

Правильный треугольник (на рис. 85 этот треугольник заштрихован) имеет ось симметрии третьего порядка. Его зеркальное отражение, то есть такой же треугольник, имеющий ось симметрии 3-го порядка, который переходит в себя при поворотах вокруг оси на угол 120^0. Следовательно, возникает ещё

ось 3-го порядка. Таким образом, получаем равенство: ***1/3+1/3+1/3 = 1***, то есть сеть, которую обозначим буквой ***T***.

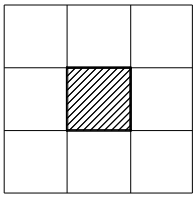


Рис. 86. Сеть ***Q***

Далее рассмотрим квадрат, то есть фигуру, обладающую осью симметрии 4-го порядка (рис. 86).

Пристроим к исходному квадрату (показан на рис. 86 штриховкой) ещё один квадрат, так, чтобы заданный квадрат переходил в другой квадрат при повороте на 180^0 вокруг некоторой оси 2-го порядка. Чтобы сохранить исходную симметрию заданного квадрата, необходимо окружить его ещё тремя квадратами (всего четыре квадрата). Таким образом, в этой конфигурации появляется ещё одна ось 4-го порядка, и в результате получаем равенство ***1/4 +1/2+1/4 = 1***, то есть сеть, обозначаемую буквой ***Q***.

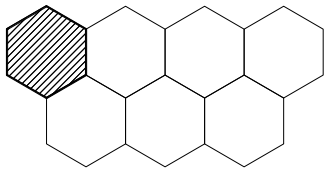


Рис. 87. Сеть ***S***

Правильный шестиугольник имеет ось симметрии 6-го порядка. Ось 2-го порядка переводит исходный шестиугольник в другой (рис. 87). Чтобы сохранить исходную симметрию шестиугольника, необходимо использовать ось симметрии 3-го порядка, переводящего шестиугольник в себя. Следовательно, получаем равенство для сети ***S***: ***1/6+1/2+1/3=1***.

Таким образом, единственно возможными случаями будут те, которые указаны в табл. 3.

Таблица 3

Двумерные сети

Наименование сети	$1/\alpha$	$1/\beta$	$1/\gamma$
T	1/3	1/3	1/3
Q	1/4	1/2	1/4
S	1/6	1/2	1/3
D	1/2	1/2	1/∞
U	1/1	1/∞	1/∞

Сети ***U*** и ***D*** отвечают, соответственно, группам симметрий тождественного преобразования и одномерных групп движений. Рассуждение легко закончить, показав, что сети ***T, Q, S*** отвечают группам, связанным соответственно с рис. 70 – 72.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что представляет собой произведение двух центрально-подобных вращений?

2. Что представляет собой произведение двух скользящих симметрий?

3. Пусть точка ***B*** – середина отрезка ***AC***. Какие движения преобразуют:

а) отрезок ***AB*** в ***CB***; б) отрезок ***AB*** в ***BC***?

4. Постройте образ квадрата, описанного вокруг окружности инверсии.

5. Определите группы симметрий следующих узоров:

…p p p p…

…p b p b…

…b q b q…

…b d p q b d p q…

2. ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТЬ

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ТЕОРИИ ЧИСЕЛ

Одно из основных понятий математики, которое зародилось в глубокой древности и постепенно расширилось и обобщилось, – это понятие числа. В связи со счётом отдельных предметов возникло понятие о ***целых положительных*** (***натуральных***) числах, а затем идея о бесконечности натурального ряда чисел 1, 2, 3,…. Задачи измерения длин, площадей, масс и т. п., а также выделение именованных величин привели к понятию ***рационального дробного*** числа. В связи с решением уравнений 1-й степени (линейных уравнений) введены по-

нятия об ***отрицательных*** числах. Понятие об отрицательных числах возникло ещё у индийцев в VI – XI вв.

Все целые и дробные положительные и отрицательные числа, включая нуль, называются рациональными.

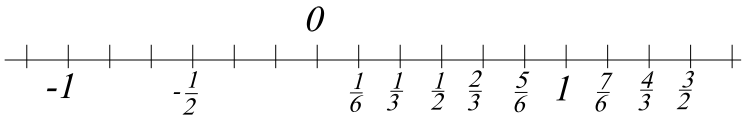


Рис. 88.

Для наглядности воспользуемся изображением чисел на прямой (рис. 88). Представим, что на прямой отмечены все точки с рациональными координатами. Говорят, что совокупность всех этих рациональных точек образует на числовой оси «всюду плотное множество». Другими словами, между любыми двумя рациональными точками имеется ещё, по крайней мере, одна рациональная точка. Примером может служить совокупность всех рациональных дробей, содержащихся между нулём и единицей, если сами эти два числа не включать. В самом деле, какова бы ни была правильная дробь, всегда существует ещё меньшая дробь, содержащаяся между нею и нулём, и большая, содержащаяся между нею и единицей. Однако когда мы обращаем рациональную дробь в десятичную, мы можем кроме конечных дробей получать ещё и бесконечные десятичные дроби, которые должны быть периодическими. Простейшим примером будет $\frac{1}{3} = 0{,}333\ldots$, период которой состоит из одной цифры 3, начинается непосредственно после запятой. Но тогда нет препятствий к тому, чтобы представить себе непериодическую десятичную дробь, цифры которой следуют друг за другом по какому-либо определённому закону. Каждый, конечно, признает такую дробь иррациональным числом. Исторически возникновение понятия иррационального числа начинается с Пифагора, который рассуждал следующим образом. Если мы имеем прямоугольный треугольник, в котором два катета равны единице длины $a=b=1$, то его гипотенуза имеет длину $\sqrt{2}$. Таким образом, мы геометрически построили такой отрезок, отложив который на числовой оси от нулевой точки,

мы придем к точке ***иррациональной***, то есть такой точке, которая не содержится в прежнем множестве рациональных точек. Другими словами, ***иррациональные числа – числа, несоизмеримые с единицей, а потому не могущие быть точно выраженными ни целыми, ни дробными рациональными числами***. К таким числам относятся числа $\pi = 3{,}1415926\ldots$(значение числа «пи» с точностью до пятисотого знака имеется в Интернете), $e=2{,}7182818\ldots$, $\sqrt{2} = 1{,}4142136\ldots$. Вообще, в большинстве случаев, гипотенуза $\sqrt{a^2+b^2}$ прямоугольного треугольника, в котором катеты выражаются числами a и b, будет выражена иррациональным числом. На рис. 89 показано построение таких иррациональных чисел. Начертив квадрат и наложив его диагональ на сторону, получают $\sqrt{2}$; наложив на сторону этого прямоугольника его диагональ, – получают $\sqrt{3}$ и т. д. Строят ряд так называемых динамических прямоугольников со сторонами $\sqrt{1}$, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{6}$ и т. д.

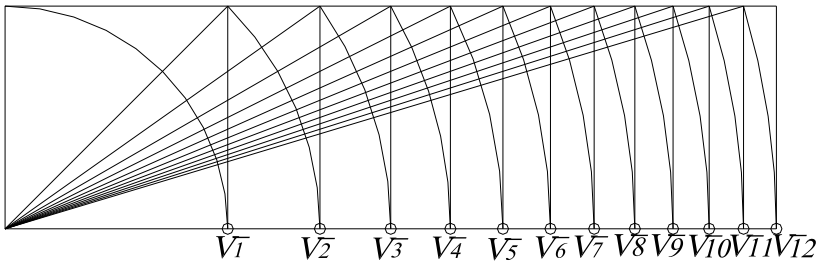


Рис. 89.

Школа Пифагора очень усердно занималась изысканием таких пар чисел a и b, которым соответствует рациональная гипотенуза; это так называемые пифагоровы числа, примером которых являются числа $3, 4, 5$.

Рациональные и иррациональные числа составляют совокупность ***действительных чисел***.

В связи с решением квадратных и кубических уравнений в XVI в. возникли ***комплексные числа***. Лишь в XIX в. пришли к логическому пониманию сущности комплексных чисел. Здесь прежде всего надо указать на геометрическую интерпретацию, к которой почти одновременно пришли многие исследователи. Наиболее глубоко проник в сущность вопроса Гаусс.

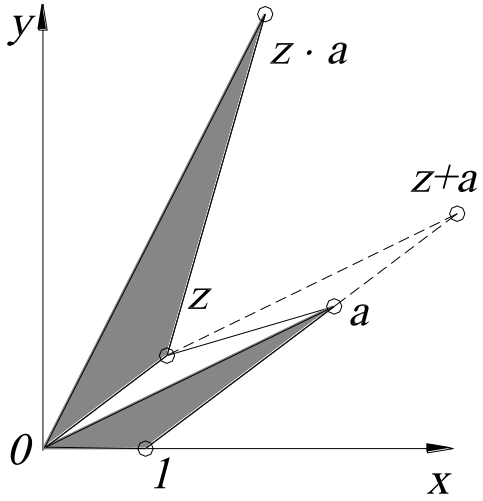


Рис. 90.

Комплексное число – это число вида $x+iy$, где x и y – действительные числа, i – так называемая мнимая единица (число, квадрат которого равен минус единице $i^2=-1$). Совокупность точек плоскости в декартовой системе координат x, y рассматривают как изображение совокупности комплексных чисел $x+iy$. Геометрически каждое комплексное число $x+iy$ изображается точкой на плоскости, имеющей прямоугольные координаты x и y.

Рассмотрим геометрическое толкование операций над комплексными числами. Сумма произвольных чисел $z+a$ получается тогда посредством известного построения параллелограмма по соответствующим этим числам точкам и по началу координат O. Здесь, точнее сказать, речь идёт о сложении двух векторов, изображаемых направленными отрезками, идущих от нулевой точки O к точкам a и z (если эти векторы коллинеарны, то «параллелограмм» вырождается (рис. 90)). Произведение $z\cdot a$ получается при помощи точки-единицы 1 ($x=1, y=0$) посредством построения треугольника, подобного треугольнику $a01$. Другими словами, сложение $z'=z+a$ изображается параллельным переносом, а умножение $z'=z\cdot a$ - подобным преобразованием, то есть центрально-подобным вращением (поворотным расширением) при неподвижном начале O.

Если полярные координаты точки обозначить через r и φ, то соответствующее комплексное число можно представить в виде $r(\cos\varphi+i\sin\varphi)$, где $r=\sqrt{x^2+y^2}$ - модуль комплексного числа $x+iy$, φ - аргумент комплексного числа.

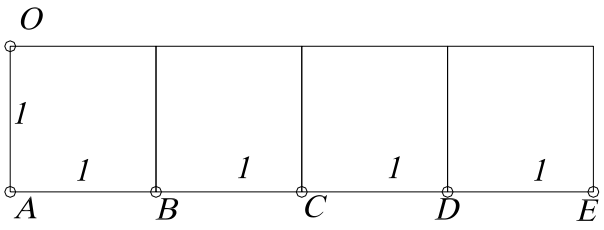
2.2. ПРОПОРЦИИ

Природа создала человека, соблюдая постоянные отношения частей к целому. Леонардо да Винчи исследовал пропорциональность человеческого тела. В его рисунках имеется изображение фигуры человека с распростертыми руками, вписанной в квадрат и в окружность, которое подтверждает отношение частей к целому. В отношении архитектуры Микеланджело говорил, что тот, кто знает анатомию человеческого тела, в состоянии понять внутреннее соответствие архитектурного целого, где каждая отдельная часть требует соответствующего отношения к прилегающей части и не одна из них не должна быть создана без правильного соотношения с целым.

Пропорции – это одно из средств создания элементов, что приводит к гармонии.

Как известно, в математике пропорцией называется равенство двух отношений: ***a : b = c : d***. Известны простые отношения и иррациональные.

ПРОСТЫЕ ОТНОШЕНИЯ (ПРОПОРЦИИ) – это отношения, в которых зависимость двух величин выражается дробным числом, где числитель и знаменатель – целые числа. Например, ***1:1***, ***1:2***, ***1:3***, ***1:4***, ***1:5***,…. На отношении ***1:1*** строятся простейшие геометрические формы – квадрат, куб. Остальные отношения дают в прямоугольной форме построение квадрата целое число раз, при этом меньшая величина служит единицей измерения (модулем) большей (рис. 91).

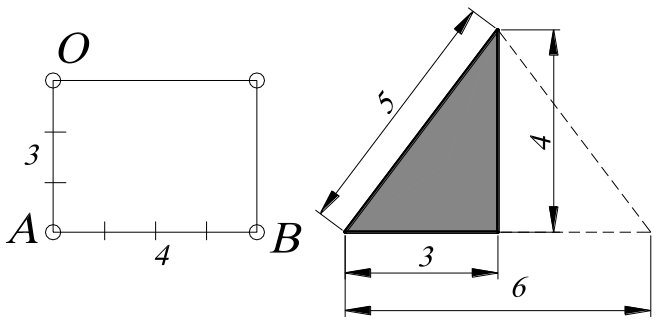


OA:AB=1:1; OA:AC=1:2;
OA:AD=1:3; OA:AE=1:4.

Рис. 91.

Простые отношения – ***2:3***, ***3:4***, ***2:5***, ***3:5***, ***5:6*** и т. п. содержат единицу измерения – модуль, укладывающийся не целое число раз в каждой пространственной величине, входящей в отношение. Примерами простых отношений могут служить сле-

дующие формы: полтора квадрата, два с половиной квадрата (рис. 92, *а*), отношение сторон в «египетском треугольнике» (рис. 92 ,*б*).



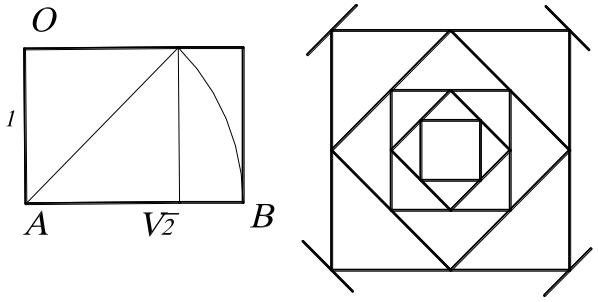
OA:AB=3:4

а *б*

Рис. 92.

ИРРАЦИОНАЛЬНЫЕ ОТНОШЕНИЯ. Эти отношения основываются на простой геометрической закономерности их построения. Такими отношениями являются следующие отношения.

Отношение диагонали квадрата к его стороне: ***OA:AB = 1:*** $\sqrt{2}$ (рис. 93, *а*). На рис.93, *б* приводится построение ряда отношений ***1:*** $\sqrt{2}$, где сторона описанного квадрата равна диагонали вписанного. Таким образом, имеем бесконечный ряд величин, построенных на отношении ***1:*** $\sqrt{2}$. К числу иррациональных отношений принадлежит ***1:*** $\sqrt{5}$ - отношение диагонали прямоугольника, составленного из двух квадратов, к его короткой стороне.

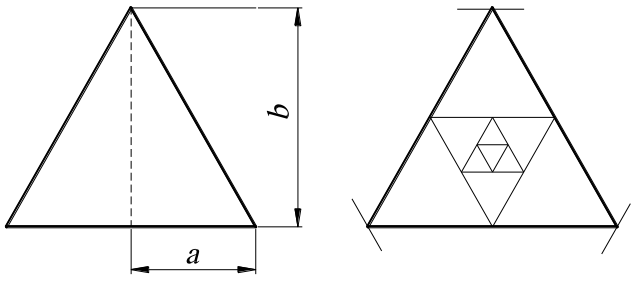


OA:AB=1: $\sqrt{2}$

а *б*

Рис. 93.

Иррациональным отношением является отношение высоты равностороннего треугольника к половине его основания ***a : b=1*** : $\sqrt{3}$ (рис.94, *а*). В ряде вписанных треугольников имеется бесконечный ряд величин (рис. 94, *б*).



а *б*

Рис. 94.

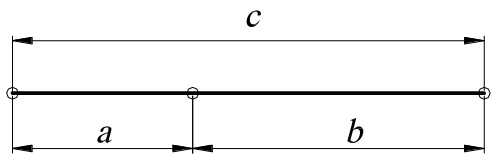
2.3. ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ

В математике это сечение называют делением в крайнем и среднем отношении. Эта пропорция характерна для многих творений природы. Многие знаменитые произведения архитектуры и художественного творчества созданы по законам «золотого сечения».

«Геометрия владеет двумя сокровищами: одно из них – это теорема Пифагора, а другое – деление отрезка в среднем и крайнем отношении…. Первое можно сравнить с мерой золота; второе же больше напоминает драгоценный камень»*

Евклидово построение правильного пятиугольника опирается на деление отрезка в отношении $\tau : 1$, где $\tau = \frac{\sqrt{5}+1}{2} = 1{,}618033...$. Другими словами, у пятиугольника $ADCDE$ со стороной, равной единице, диагонали равны τ (рис. 95).

Золотое сечение – это такое пропорциональное деление отрезка на неравные части, при котором весь отрезок относится к большей части, как сама большая часть относится к меньшей; или, другими словами, меньший отрезок так относится к большему, как больший – ко всему (см. рис. 95).



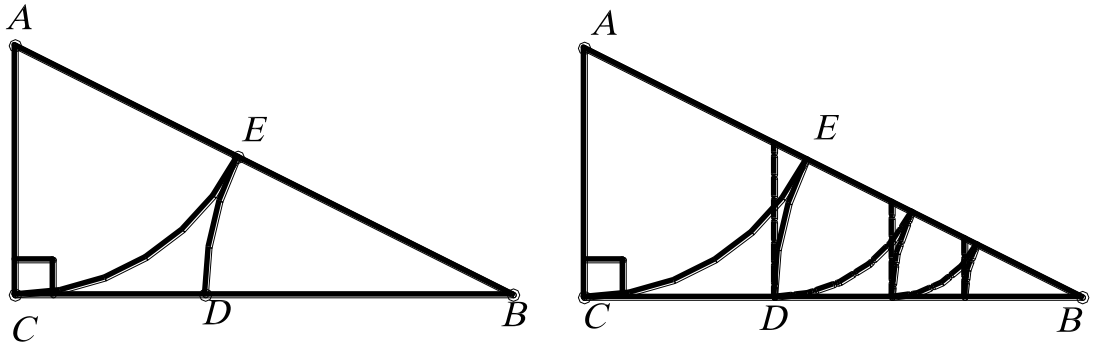
$$\frac{a}{b} = \frac{b}{c} \quad \text{или} \quad \frac{c}{b} = \frac{b}{a}$$

Рис. 95.

На рис. 96, *а* изображён один из способов построения по данному отрезку BC точки D, которая делит отрезок BC в отношении «золотого сечения», то есть $\frac{BD}{DC} = \frac{BC}{BD}$ или $\frac{DC}{BD} = \frac{BD}{BC}$. Для построения точки D, принадлежащей отрезку BC и делящей этот отрезок BC в пропорции «золотого сечения», строится прямоугольный треугольник ABC, где

* Кеплер И. (Kepler J.). Gesammelte Werke, t. 1, 2, 3, Munchen, 1938, 1939, 1941.

сторона $AC = \frac{1}{2}BC$. Затем строится точка ***E***: с помощью циркуля отрезок ***AC*** откладывается на стороне ***AB***, при этом ***AC=AE.*** Построение точки ***D*** выполняется вращением точки ***E*** вокруг точки ***B***, то есть ***BE=BD***.



а *б*

Рис. 96.

Отрезки «золотого сечения» выражаются иррациональной дробью ***BD=0,618…***, если ***BC*** принять за единицу, тогда ***CD=0,382…***. Для практических целей часто используют приближённые значения, то есть ***0,62*** и ***0,38***. Если отрезок принять за сто частей, то большая часть отрезка равна ***62***, а меньшая – ***38*** частям. В литературе можно встретить названия ***майор*** и ***минор***. Майор – это обозначение большей части, а минор – меньшей части.

Деление по «золотому сечению», проделанное над основным целым, может быть продолжено до бесконечности, давая непрерывный ряд пропорций по «золотому сечению», путём откладывания каждый раз минор на соответствующий майор (см. рис. 96, *б*).

Построение правильного пятиугольника основано на построении пропорций «золотого сечения», так как диагонали правильного пятиугольника делятся в отношении «золотого сечения». На рис.97, *а* показано построение правильного пятиугольника. Пусть ***O*** – центр описанной окружности, ***A*** – точка на окружности и ***E*** – середина отрезка ***OA***. Перпендикуляр к радиусу ***OA***, восстановленный в точке ***O***, пересекает окружность в точке ***D***. Пользуясь циркулем, откладывают на диаметре отрезок ***CE***, равный отрезку ***ED***. Длина стороны вписанного в окружность правильного пятиугольника равна ***DC***. Откладывая на окруж-

ности отрезки ***DC,*** получают пять точек, которые являются вершинами правильного пятиугольника. При этом отрезок ***OC***, равный отрезку ***BD***, будет являться стороной вписанного в эту окружность правильного десятиугольника.

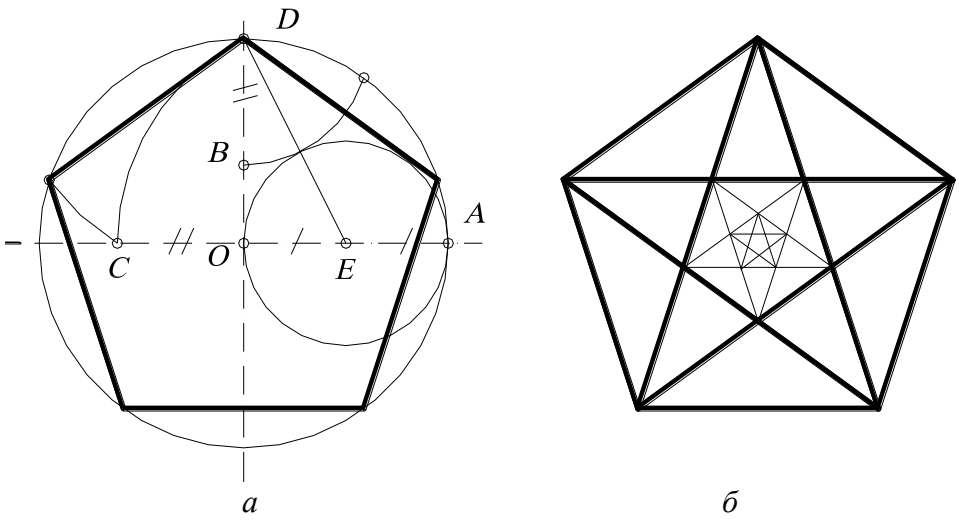


Рис. 97.

Соединяя вершины правильного десятиугольника через одну, получают фигуру, называемую пентаграммой (на рис.97, *б* пентаграмма выделена толстыми линиями). В ряде вписанных пентаграмм, строится ряд величин, связанных между собой «золотым сечением». Таким образом, нетрудно убедиться в том, что отношение «золотого сечения» позволяет получать бесконечный пропорциональный ряд, в котором каждый член есть сумма двух предыдущих. Причём эта сумма относится к большему слагаемому точно так же, как большее слагаемое – к меньшему.

Вообще говоря, на соотношении стороны диагонали квадрата и прямоугольника, образованного из двух квадратов, могут быть развиты связанные, взаимопроникающие ряды, составленные из простых и иррациональных чисел.

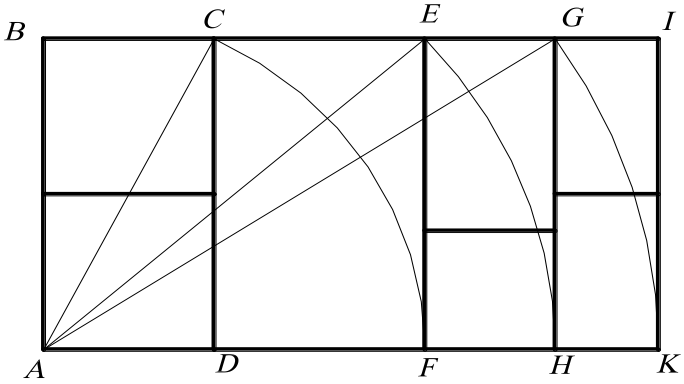


Рис. 98

Построение показывает, как, откладывая на продолжении прямоугольника ***ABCD***, составленного из двух квадратов, получают прямоугольник ***ABEF***, соотношение сторон которого равно $2:\sqrt{5}$ (рис. 98). Одновременно возникает

прямоугольник ***CDEF*** - прямоугольник «золотого сечения». Диагональ ***AE***, отложенная на продолжении стороны ***AF***, определит сторону нового прямоугольника ***ABHG***. Соотношение его сторон - ***2:3***. Часть его – ***CDGH*** – квадрат. Таким образом. Повторяя один и тот же приём построения, приходят сначала к целочисленным отношениям, затем к иррациональным и вновь возвращаются к целочисленным. Следующий цикл операций приводит к иррациональным отношениям, причём прямоугольник ***GHIK*** будет состоять из двух прямоугольников «золотого сечения».

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дан отрезок прямой единичной длины. Используя пропорциональность, постройте точки с координатами: $\frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{7}{9}$.

2. Дан правильный пятиугольник со стороной ***a***. Используя пропорциональность, построить правильный пятиугольник со стороной ***b***, радиус описанной окружности которого равен ***r***.

3. МЕТОДЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

При обсуждении метода изображения начертательной геометрии нас прежде всего интересуют четыре вопроса: ***1) что***, ***2) чем***, ***3) на чём*** и ***4) каким способом изображается?*** Другими словами: 1) какое множество служит областью отправления отображения, 2) какое множество – областью прибытия, 3) какое множество является исходным для конструирования области прибытия и 4) по какому правилу сопоставляются элементы области прибытия (прообразы и образы)?*

* Пеклич В. А. Высшая начертательная геометрия. М., 2000. 173 с.

3.1. ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА МОНЖА

Этот метод предложил в конце XVIII в. французский математик, инженер и политик Гаспар Монж. В основе этого метода лежит ортогональное проецирование.

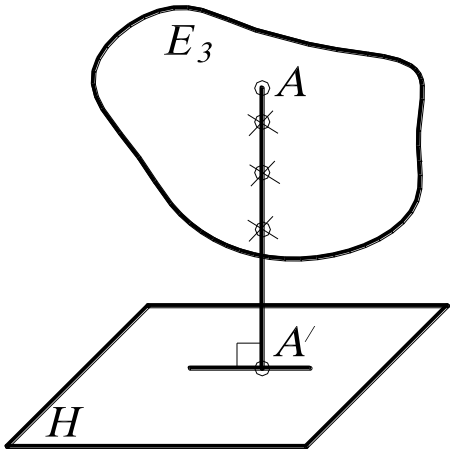


Рис. 99.

Ортогональной (или ***прямоугольной***) проекцией точки ***A*** (рис. 99) на плоскость ***H*** называют основание перпендикуляра A', опущенного из точки ***A*** на плоскость ***H***. Точку ***A*** называют оригиналом, плоскость ***H*** – плоскостью проекций, отрезок прямой AA' - проецирующей прямой. Иногда оригиналы называют ***прообразами***, проекции – ***образами***, а соответствие между ними – ***отображениями***.

Получаемый при этом на плоскости ***H*** чертёж ***необратим***, так как соответствие между оригиналом ***A*** и проекцией A' однозначно только в одну сторону. Оригиналу соответствует единственная проекция ***A***, но проекции точки A' соответствует бесчисленное (однопараметрическое) множество точек на проецирующей прямой AA'. Поэтому Гаспар Монж вводит вторую взаимно перпендикулярную плоскость проекций. На рис. 100 изображе-

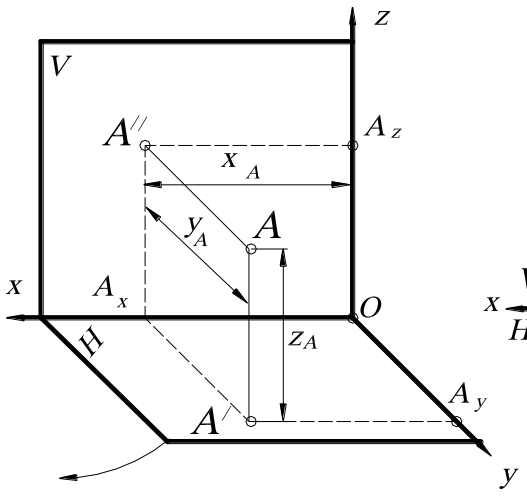


Рис. 100.

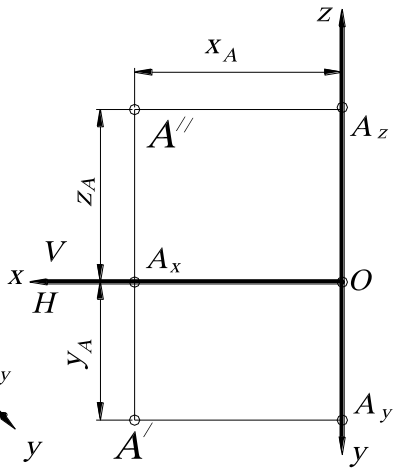


Рис. 101.

на* прямоугольная декартова система с координатными осями ***x, y, z***. Плоскости ***xy*** и ***xz*** обозначаются ***H*** и ***V***. Плоскость ***H*** называется горизонтальной плоскостью проекций, а ***V*** – фронтальной плоскостью проекций. Плоскость ***V*** расположена в пространстве вертикально, а плоскость ***H*** – горизонтально. Ортогональные проекции точки ***A*** на эти плоскости обозначаются: A' - горизонтальная проекция точки; A'' - фронтальная проекция точки. Перпендикуляры, опущенные из проекций A' и A'' на ось ***x***, пересекаются в точке A_x.

Совмещая плоскости ***V*** и ***H*** с построенными в них проекциями поворотом плоскости ***H*** вокруг оси x на 90^0 так, чтобы эти плоскости совпали, получают ***чертёж*** (или ***эпюр***) Монжа (рис. 101). Проекции A' и A'' расположены на эпюре на вертикальной прямой $A'A'' \perp x$, называемой ***линией проекционной связи***, или, коротко, ***линией связи***.

Построенный по таким правилам чертёж, состоящий из пары проекций, расположенных на одной линии связи, обратим, то есть соответствие между оригиналом и чертежом однозначно в обе стороны. Так по рис.101 можно определить координаты ***x, y*** и ***z*** точки ***A*** (расстояния от точки ***A*** до координатных плоскостей ***yz, zx, xy*** соответственно), равные длинам $x=OA_x$, $y=A_xA'$, $z=A_xA''$.

Кроме горизонтальной и фронтальной плоскостей проекций (в черчении их называют видом сверху и видом спереди) иногда строят третью проекцию – ***профильную*** (вид слева). Координатную плоскость ***yz*** обозначают ***W*** и называют профильной плоскостью проекций (рис. 102). Построив профильную проекцию A''', поворачивают ***W*** вокруг оси ***z*** на 90^0 и получают эпюр, содержащий три проекции (рис.103). При этом третья проекция располагается в проекционной связи с первой и со второй. Новой информации об оригинале эта проекция не добавляет, она является зависимой и лишь делает имеющуюся информацию

* Рядом с чертежами будем давать наглядные изображения, по которым легче представить, что на них изображено. Такие изображения (рис. 100, 102, 104 и др.) выполняются по правилам аксонометрии, которая рассматривается в параграфе 3.3.

более удобной, то есть, имея профильную проекцию, легче догадаться, что изображено на чертеже.

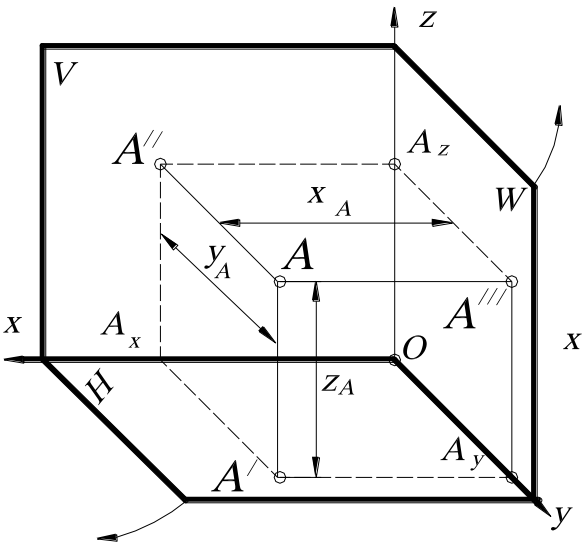


Рис. 102.

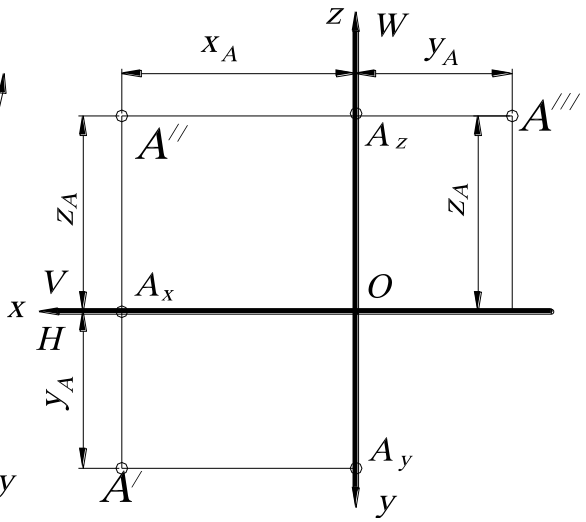


Рис. 103.

Таким образом, для чертежа Монжа областью отправления служит трёхмерное евклидово пространство, областью прибытия – множество пар точек на линиях проекционной связи (прямых пучка с несобственным центром), которое является подмножеством декартова квадрата плоскости чертежа. Другими словами, прообразом точки ***A***, принадлежащей трёхмерному пространству при отображении, назначается пара её образов A' и A'' на две плоскости проекций (лежащих на одной линии связи), представляющих собой произведение определённых проецирований и сечений.

3.2. ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

В этом методе изображения только одна плоскость проекций, которая расположена горизонтально. Точку пространства задают на чертеже её ортогональной проекцией на плоскость ***xOy*** (горизонтальной проекцией) и числовой отметкой этой точки, равной расстоянию от точки до плоскости проекций. Отметку пишут в виде индекса справа внизу у обозначения проекции точки. На

рис. 104 предполагается, что отрезок проецирующей прямой AA_3 перпендикулярен плоскости проекций ***xOy*** (или ***основная плоскость проекций***) и пересекает эту плоскость в точке A_3. Длина отрезка AA_3 равна трём метрам (отметки обычно указывают в метрах). Перед отметками точек, расположенных под плоскостью ***xOy***, пишут знак «минус».

Другими словами, плоскость ***xOy*** – это плоскость ***z=0*** (её часто называют ***плоскостью нулевого уровня***)*, а отметка точки – это координата ***z*** этой точки.

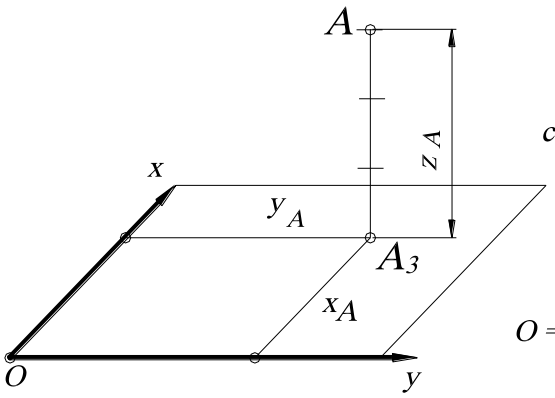


Рис. 104.

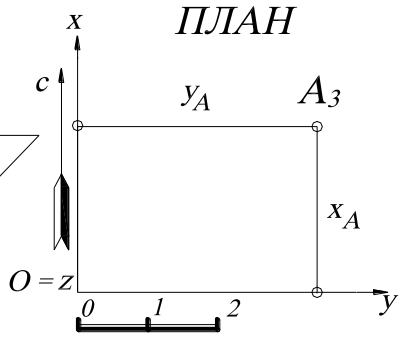


Рис. 105.

На рис. 105 показан чертёж точки A_3 в проекциях с числовыми отметками. Такие чертежи обычно называют ***планами***. Система координат ***xOy*** на плане располагается так, что ось ***Ox*** параллельна осевому меридиану, совпадающему с северным направлением, а ось ***Oy*** совпадает с направлением на восток. План дополняется линейным масштабом, который определяет единицу измерения по оси ***z***.

От такого чертежа легко перейти к чертежу Монжа, считая, что плоскость ***xOy*** в методе Монжа совпадает с плоскостью ***H*** (при этом проекция A' совпадает с проекцией A_3): выбрав произвольно ось проекций ***x*** (что соответствует произвольному выбору фронтальной плоскости проекций ***V***), провести перпендикулярно ей линию проекционной связи и, отложив на ней от оси ***x*** координату $z_A=3$, получить проекцию A''. Очевидно, что чертёж (см. рис. 105), на кото-

* За абсолютную нулевую отметку для европейской части России принимают уровень Балтийского моря.

ром задана точка A_3, обратим – этой проекцией однозначно определяется оригинал A.

Таким образом, в проекциях с числовыми отметками ***областью отправления*** является пространство E_3, а ***областью прибытия*** – декартово произведение множества точек плоскости чертежа и множества вещественных чисел. В этом отображении точке $A \in E_3$ сопоставляется пара её образов A_3 и z_A, переводящие оригинал A в её горизонтальную проекцию A_3 и в координату z_A.

3.3. АКСОНОМЕТРИЯ

Аксонометрические проекции относят к наглядным изображениям, построенным на одной плоскости проекций (картине) методом параллельного* проецирования объекта и жестко связанной с ним системы трёх взаимно перпендикулярных осей координат. Аксонометрию используют в тех случаях, когда требуется дать более наглядное, по сравнению с чертежом Монжа (или проекций с числовыми отметками), изображение, по которому легче представить оригинал. Слово «аксонометрия» буквально означает «измерение по осям». На аксонометрическом чертеже имеются проекции координатных осей, и проекции точек в аксонометрии строят, откладывая по осям координаты этих точек.

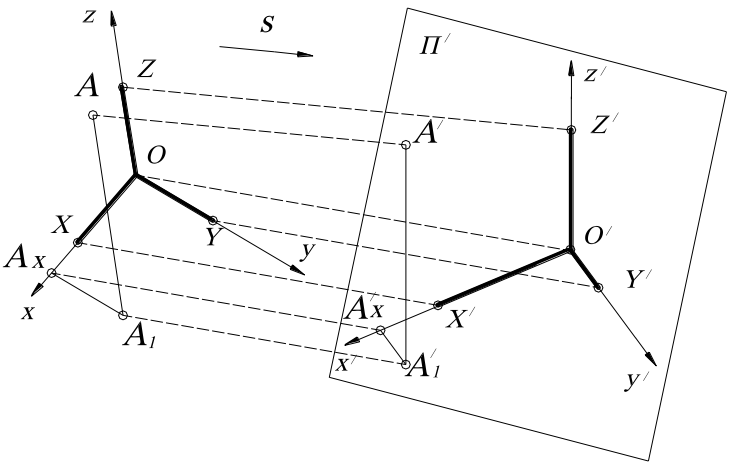


Рис. 106.

На проецируемом объекте (рис. 106) – точка A – выбирают прямоугольную (декартову) систему координат, жестко связанную с данным объектом. Пусть ***OX***, ***OY***, ***OZ*** –

* Аксонометрическая проекция может быть и центральной (перспектива), но здесь и далее будем иметь в виду параллельную аксонометрическую проекцию.

единичные отрезки этой системы координат ***Oxyz***, то есть равные единице длины (например, 1 см, 1 дм и т. п.) попарно перпендикулярные отрезки, отложенные от начала координат ***O*** по координатным осям ***x, y, z***. В аксонометрии их принято называть ***натуральными масштабами***, а систему координат – ***натуральной системой координат***. Пусть далее A_1 – ортогональная проекция точки ***A*** на плоскость ***xy*** (горизонтальная проекция), а A_x - ортогональная проекция точки A_1 на ось ***x***, то есть OA_xA_1A – координатная (натуральная) ломаная точки ***A***, звенья OA_x, A_xA_1, A_1A которой равны координатам ***x, y, z*** точки ***A***.

После этого расположим в пространстве плоскость ***аксонометрических проекций*** (или ***картинную плоскость***) Π' и выберем направление проецирования ***s***. Если угол между Π' и ***s*** отличен от прямого, то аксонометрию называют ***параллельной*** или ***косоугольной***, если $s \perp \Pi'$, то ***прямоугольной*** или ***ортогональной***.

Спроецировав точку ***A*** вместе с системой координат и координатной ломаной на плоскость Π', получают:

- проекцию A' точки ***A***, которая называется аксонометрической проекцией, или аксонометрией точки ***A***;

-проекции x', y', z' осей ***x, y, z***, называемые аксонометрическими осями;

-проекции $O'X'$, $O'Y'$, $O'Z'$, называемые аксонометрическими масштабами;

-проекцию $O'A_xA_1'A'$ координатной ломаной – аксонометрическая координатная ломаная, звенья которой $O'A_x'$, $A_x'A_1'$, $A_1'A'$ - это аксонометрические координаты точки ***A***.*

Точку A_1' называют ***вторичной проекцией***** точки ***A*** или основание точки ***A*** (рис. 107), поскольку это проекция проекции, а именно аксонометрическая проекция горизонтальной проекции A_1 точки ***A***.

---

* Проекции в аксонометрии обозначают, добавляя штрих (′) к обозначению соответствующего оригинала.

** Термин ввёл проф. В.И. Курдюмов.

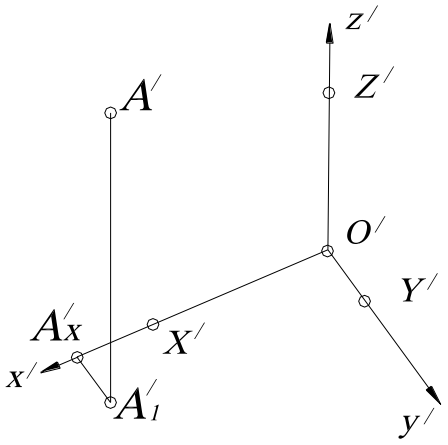


Рис.107

Таким образом, на аксонометрическом чертеже должны быть заданы аксонометрические оси и масштабы и две проекции точки A – аксонометрическая A' и вторичная A_1', расположенные на линии проекционной связи, параллельной оси z'.

Одной только аксонометрической проекцией A' оригинал не определён – ей соответствуют все точки проектирующей прямой $A'A \parallel s$ (см. рис. 106). Двум же проекциям A' и A_1' при условии, что $A'A_1' \| z'$, соответствует однозначно определённый оригинал A. В самом деле, проведя через точки A' и A_1' прямые $A'A$ и $A_1'A_1$, параллельные направлению проецирования s (см. рис.106), находят на пересечении прямой $A_1'A_1$ с плоскостью xy точку A_1, проводят через неё прямую $A_1A \parallel z$ и получают точку $A=A_1A \cap A'A$.

Это означает, что построенный по таким правилам чертёж обратим, то есть оригиналу A однозначно соответствуют две проекции A' и A_1', и двум проекциям A' и A_1' однозначно соответствует оригинал A. Чертёж даёт полную информацию об оригиналах, и задачи могут быть однозначно переведены на язык изображений.

ПОКАЗАТЕЛИ ИСКАЖЕНИЯ. Отношения $\frac{O'X'}{OX}=k_x$; $\frac{O'Y'}{OY}=k_y$; $\frac{O'Z'}{OZ}=k_z$ аксонометрических масштабов называют ***показателями искажения по осям x, y, z.***

На практике обычно вместо аксонометрических масштабов задают показатели искажения по осям и строят проекции A' и A_1', то есть откладывают вдоль аксонометрических осей натуральные координаты точки A, помноженные на соответствующие коэффициенты искажения k_x, k_y, k_z. Натуральные коорди-

наты обычно берут с чертежа Монжа или с чертежа в проекциях с числовыми отметками.

Выбирать произвольно аксонометрические оси и показатели искажения можно на основании ***теоремы Польке***, которая гласит: ***три выходящих из одной точки, произвольных отрезка на плоскости можно считать параллельной (косоугольной) аксонометрической проекцией****. Другими словами, произвольно можно выбирать направление проецирования ***s*** и расположение картинной плоскости Π'.

Однако есть некоторые ограничения этого произвола:

1. Направление проецирования должно быть не параллельно ни одной из координатных осей. В противном случае ось спроецируется в точку, то есть один из коэффициентов будет равен нулю, а это уже не «измерение по осям».

2. Направление проецирования должно быть не параллельно ни одной из координатных плоскостей. Если задать направление проецирования параллельно одной из координатных плоскостей, то эта плоскость и все параллельные ей плоские фигуры оригинала спроецируются в прямые, и будет утрачено основное преимущество аксонометрии – наглядность.

Практически применяется всего несколько видов косоугольной аксонометрии, перечислим их. Если все три показателя искажения равны: $k_x = k_y = k_z$, то такую аксонометрию называют ***изометрией***; ***диметрия*** – если равны только два коэффициента искажения ($k_x = k_z \neq k_y$); ***триметрия*** – если никакие коэффициенты не равны: $k_x \neq k_y \neq k_z$.

Если картинную плоскость Π' расположить параллельно координатной плоскости ***xz*** (фронтальной плоскости проекций ***V***), то при *любом направлении проецирования* ***s*** фигуры, расположенные в плоскости ***xz*** и в параллельных ей плоскостях, будут изображаться без искажения. Это означает, что $k_x = k_z = 1$,

* Доказательство этой теоремы см. Глазунов Е. А., Четверухин Н. Ф. Аксонометрия. М., 1953.

такая аксонометрия называется ***косоугольной фронтальной диметрией***; если $k_y = 0,5$ - ***кабинетной проекцией*** (рис. 108). Если же вдобавок направление проецирования ***s*** наклонено к плоскости Π' под углом 45^0, то $k_y = 1$, и аксонометрия называется ***косоугольной фронтальной изометрией***, или ***кавальерной проекцией*** (рис. 109).

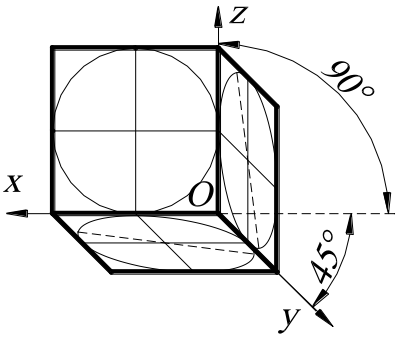


Рис. 108.

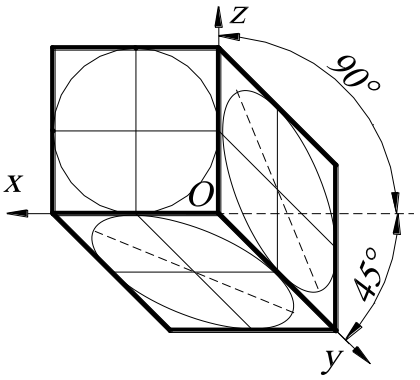


Рис. 109.

Если $\Pi' \| xy$ и угол между направлением проецирования ***s*** и картинной плоскостью Π' составляет 45^0, то $k_x = k_y = k_z = 1$, и такую аксонометрию называют ***косоугольной горизонтальной изометрией***, или ***военной перспективой*** (рис. 110) и ***лягушачьей перспективой*** при виде сверху (рис. 111).

Во всех перечисленных проекциях две аксонометрические оси взаимно перпендикулярны, а третью можно выбрать произвольно, но обычно её направляют в соответствии с ***ГОСТ 2.317-69***.

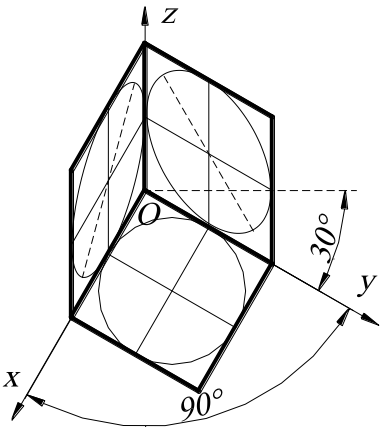


Рис. 110.

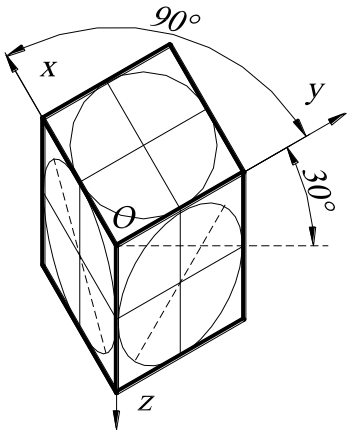


Рис. 111.

ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ИЗОМЕТРИЯ И ДИМЕТРИЯ

Для вычерчивания наглядных изображений технических деталей и сооружений чаще всего применяют ***прямоугольную изометрию***, в которой $k_x = k_y = k_z$ (рис. 112), и ***прямоугольную диметрию***, в которой $k_x = k_z \neq k_y$ (рис. 113).

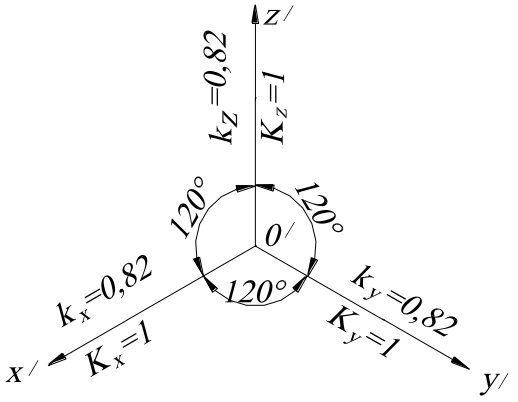


Рис. 112.

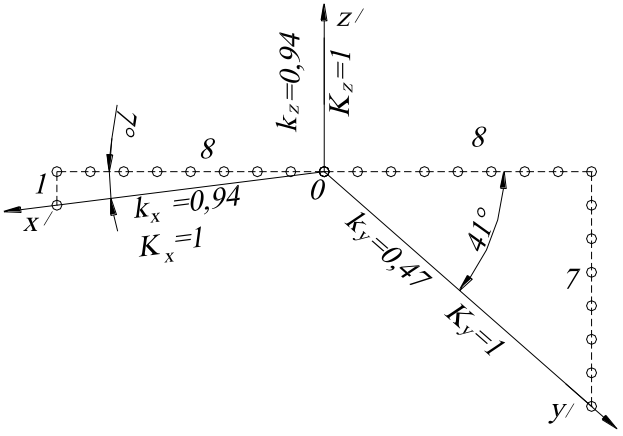


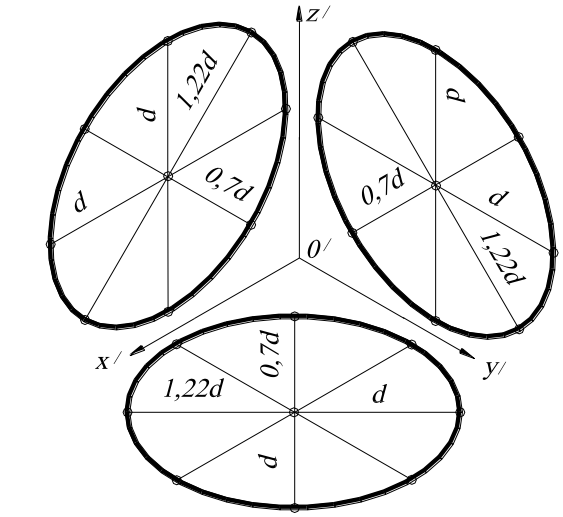
Рис. 113.

Прямоугольная изометрия получается в том случае, когда картинная плоскость Π' равнонаклонена к натуральным осям ***x, y, z***. При этом аксонометрические оси ***x′, y′ z′*** образуют углы 120^0. Все три показателя искажения в прямоугольной изометрии равны: $k_x = k_y = k_z = 0{,}82$, и при построении все три координаты точки нужно умножить на ***0,82***. На практике для удобства обычно пользуются так называемыми ***приведёнными показателями искажения*** $K_x = K_y = K_z = 1$, округляя ***0,82*** до ***1*** (см. рис. 112). При этом аксонометрический чертёж увеличивается в $1:0{,}82 \approx 1{,}22$ раза, и говорят, что он выполнен в ***аксонометрическом масштабе 1,22:1***.

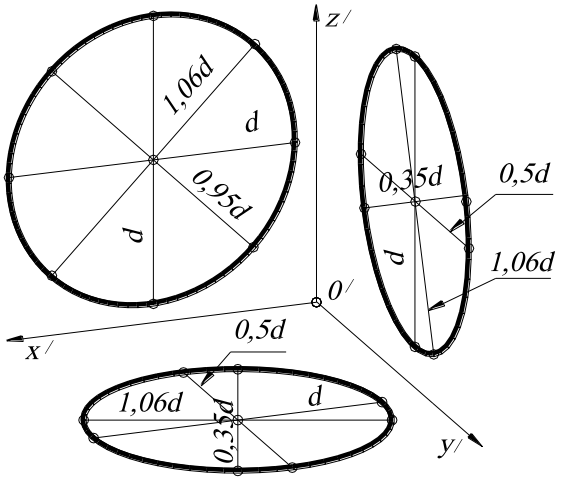
Для получения прямоугольной диметрии, в которой $k_x = k_z \neq k_y$, картинная плоскость Π' должна быть одинаково наклонена к координатным осям ***x*** и ***z***, при этом аксонометрическая ось ***y′*** - биссектриса угла между осями ***x′*** и ***y′***. В такой диметрии аксонометрические оси ***x′*** и ***z′*** образуют с горизонтальной прямой (при условии, что ось ***z′*** направлена вертикально) углы, примерно равные, 7^0 и

41⁰. Зная, что ***tg7⁰≈1/8*** и ***tg41⁰≈7/8***, эти углы легко построить с помощью прямоугольных треугольников, у которых горизонтальные катеты равны восьми единицам, а вертикальные ***1*** и ***7*** (см. рис. 113).

Как и в прямоугольной изометрии, на практике обычно заменяют ***точные*** показатели искажения $k_x = k_z = 0{,}94$; $k_y = 0{,}47$ приведёнными показателями: $k_x = k_z = 1$; $k_y = 0{,}5$, то есть натуральные координаты ***x*** и ***z*** откладывают по соответствующим аксонометрическим осям в натуральную величину, а координату ***y*** уменьшают в два раза. При этом чертёж получается увеличенным в ***1:0,94=0,5:0,47≈1,06*** раза (см. рис. 113).



а



б

Рис.114

На рис. 114, *а* в прямоугольной изометрии с приведенными коэффициентами искажения показаны проекции окружностей, лежащих в координатных плоскостях ***xy, xz, yz***. Это эллипсы, большие оси которых равны ***1,22d***, а малые – ***0,7d***, где ***d*** – диаметр окружностей.

В диметрии с приведёнными показателями искажения окружности, лежащие в плоскостях ***xy, xz, yz***, изображаются эллипсами с большой осью, равной ***1,06d***; малые оси эллипсов равны соответственно ***0,35d***, ***0,95d***, ***0,35d*** (рис. 114, *б*)

Таким образом, для аксонометрии областью отправления служит трёхмерное пространство, областью прибытия – множество пар точек на линиях, параллельных оси ***z***, то есть произведение отображений, переводящих точку трёх-

мерного пространства в её основную и вторичную проекцию. Различие с методом Монжа и проекциями с числовыми отметками заключается лишь в различии применяемых в них проецирований и сечений и их комбинаций.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чём заключается обратимость чертежа в проекциях с числовыми отметками?

2. Дайте определение ортогонального проецирования.

3. Определяет ли одна проекция точки её положение в трёхмерном пространстве?

4. Сколько нужно иметь проекций точки, чтобы можно было однозначно определить её положение в трёхмерном пространстве при центральном и параллельном проецировании?

5. Сколько проекций необходимо, чтобы отобразить точку четырёхмерного пространства?

6. Чем отличаются чертежи, выполненные в проекциях с числовыми отметками, от чертежа Монжа и аксонометрии?

ЧАСТЬ 3
ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

1. ПРЯМАЯ ЛИНИЯ

1.1. ИЗОБРАЖЕНИЕ ПРЯМЫХ ЛИНИЙ В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

Прямая линия может быть задана парой точек, точкой и направлением или двумя пересекающимися плоскостями.

По расположению относительно основной плоскости проекций различают прямые общего положения и прямые частного положения. ***Прямой общего положения*** называется прямая, не параллельная и не перпендикулярная основной плоскости проекций. Остальные прямые называются прямыми ***частного положения***.

Прямые частного положения могут быть двух типов: 1) ***горизонтальные (или прямые уровня)*** – это прямые параллельные основной плоскости проекций; 2) ***проецирующие (или вертикальные)*** – это прямые перпендикулярные основной плоскости проекций. На рис. 115 приведены примеры чертежей прямой общего положения ($A_{50}B_{10}$), горизонтальной прямой ($C_{30}D_{30}$) и проецирующей прямой ($F_{80}E_{20}$).

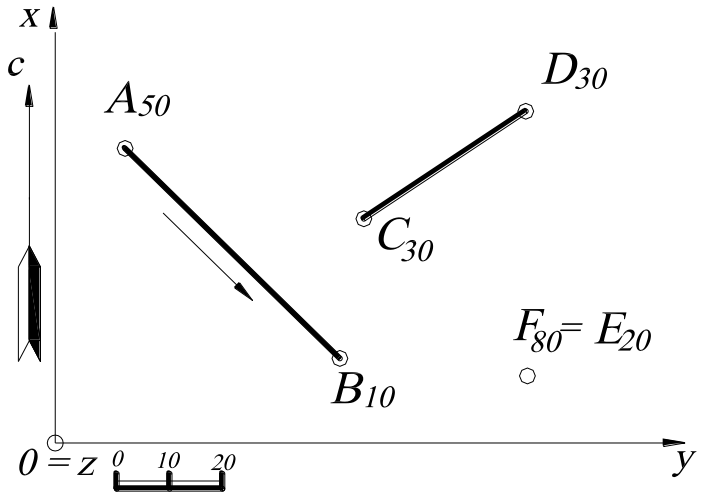


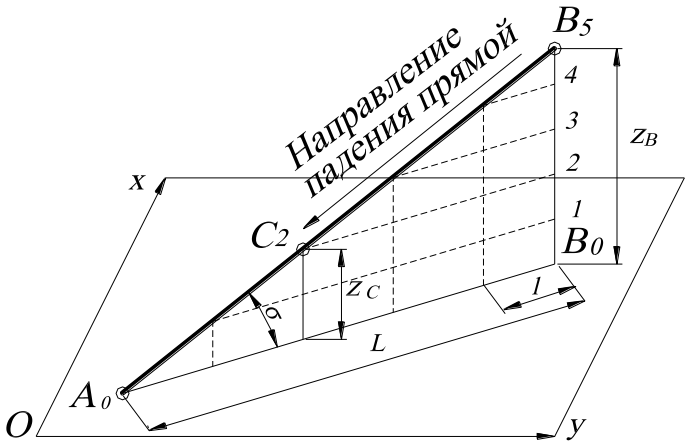
Рис. 115.

Направление прямой в проекциях с числовыми отметками в пространстве удобнее всего задавать углами в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

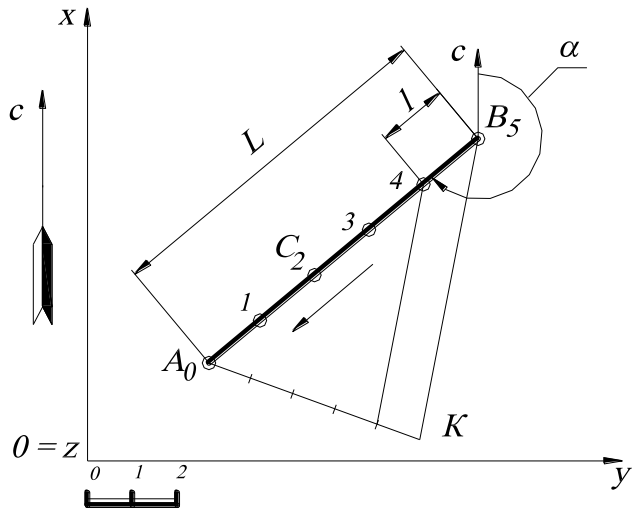
Угол α, отсчитываемый по

часовой стрелке от северного направления меридиана до направления падения прямой, называется ***азимутом падения прямой***, если изменить этот угол на 180^0, то ***азимутом восстания*** (рис. 116, *а*, *б*).

Направление падения прямой соответствует направлению спуска прямой от точки с большей отметкой к точке с меньшей высотной отметкой. Направление падения прямой на чертеже обозначают стрелкой (см. рис. 116, *б*, проекция отрезка прямой A_0B_5).



а



б

Рис. 116.

Горизонтальная проекция отрезка прямой называется ***заложением прямой*** и обозначается ***L*** (см. рис.116, *а*, *б*).

Если разница между отметками двух точек равна единице линейного масштаба, то заключённый между ними отрезок называют ***интервалом*** данной прямой. Другими словами, заложение, соответствующее единичному подъёму прямой, называется ***интервалом прямой***, или ***масштабом заложения***, и обозначается ***l*** (см. рис.116, *а*, *б*).

Интервал прямой может быть определён путём обычного пропорционального деления отрезка прямой (см. рис.116, *б*). Построение на горизонтальной проекции прямой нескольких её точек с соседними целочисленными (то есть выражаемыми целыми числами) отметками называется ***градуированием*** прямой. Градуирова-

ние прямой может выполняться способом пропорционального деления или с помощью палетки.

Пропорциональное деление отрезка прямой заключается в делении его горизонтальной проекции на ***n*** равных частей, где ***n*** – разность числовых отметок двух точек, задающих этот отрезок. На рис. 116, *б* показано градуирование отрезка A_0B_5 пропорциональным делением на пять равных частей (***n=5-0=5***). Для этого из точки A_0 проведена вспомогательная прямая под любым углом к проекции отрезка и на ней отложено пять равных отрезков произвольной длины. Конечная точка ***K*** последнего отрезка соединяется со второй заданной точкой B_5 отрезка. Параллельно этой прямой KB_5 проводят прямую через одно деление, определяя интервал прямой ***l***. Таким образом, с помощью градуирования можно построить числовую отметку любой точки.

Угол наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций (или основной плоскости проекций) называется ***углом падения*** σ прямой.

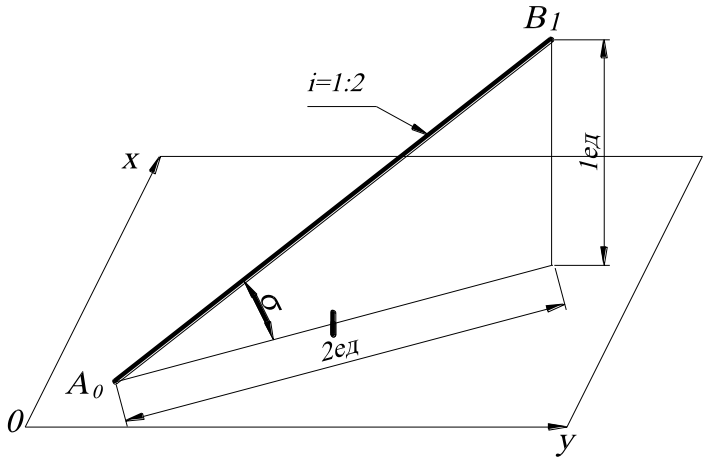


Рис. 117.

Угол падения прямой может быть задан ***уклоном прямой i*** – отношением единичного отрезка к интервалу прямой, или, другими словами, отношением противолежащего катета к прилежащему, обозначается ***i*** (рис.117). Интервал и уклон – взаимно обратные величины, то есть $l = \frac{1}{i}$ и $i = \frac{1}{l}$. Очевидно, уклон численно равен тангенсу угла σ, который данная прямая образует с горизонтальной плоскостью проекций H_0. Чем меньше уклон прямой (и больше интервал), тем ближе она к горизонтальному направлению, и, наоборот, чем больше уклон (и меньше интервал), тем прямая ближе к вертикальному направлению. Другими словами,

если ***l=0***, то ***i=∞*** и прямая вертикальна, если ***l=∞***, то ***i=0*** и прямая горизонтальна (все её точки имеют одну и ту же отметку).

Интервал прямой может быть определён с помощью ***профиля*** (вертикального разреза). Профиль является вертикальной (фронтальной) проекцией заданной прямой. Профиль строится в масштабе чертежа, по одной оси откладываются заложения, а по другой – высотные отметки по координаты ***z***.

Для построения профиля вводят локальную систему координат $0'x'y'z'$ на плане (рис. 118), которая определяет фронтальную плоскость проекций. Ось z' выбирается вертикально, то есть перпендикулярно к оси x'. На профиле по оси z' откладываются числовые отметки, в соответствии с линейным масштабом. В этом случае основная плоскость проекций $0'x'y'$ на профиле будет проецироваться в виде прямой, совпадающей с осью x'. На рис. 118 в соответствии с заданным масштабом построен профиль прямой и определена величина интервала ***l***. Полученный интервал на профиле может быть отложен несколько раз на плане от точки B_5 (или от точки A_0) для построения любой целочисленной отметки точки прямой. Точки A_0 и B_0 называются соответственно основаниями точек ***A*** и ***B*** на профиле.

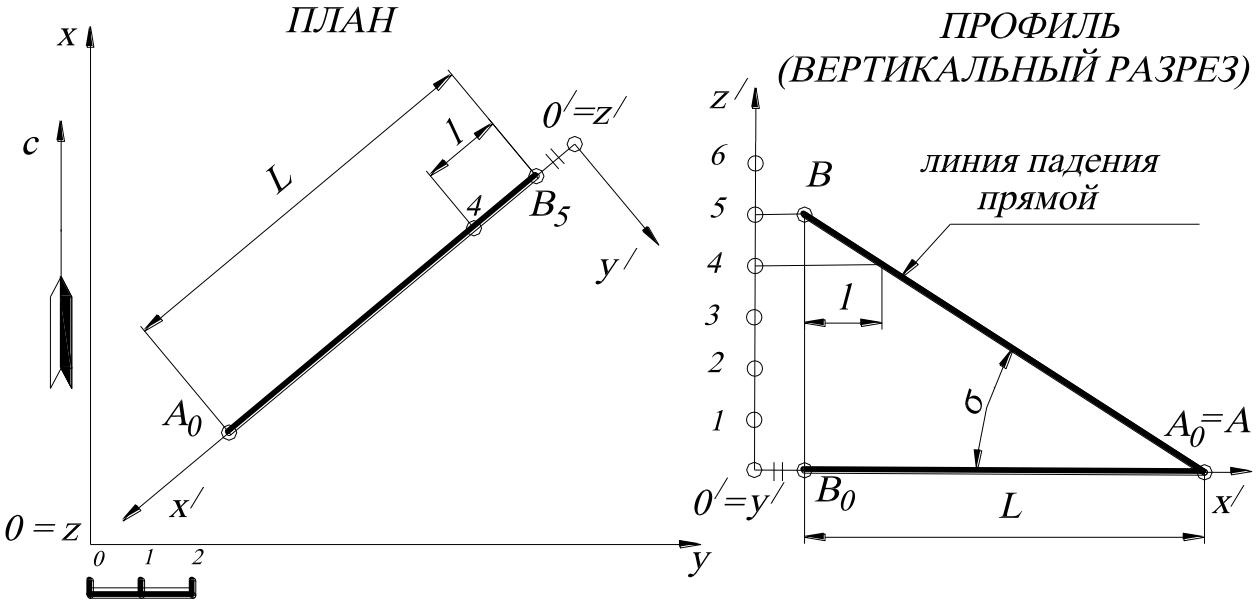
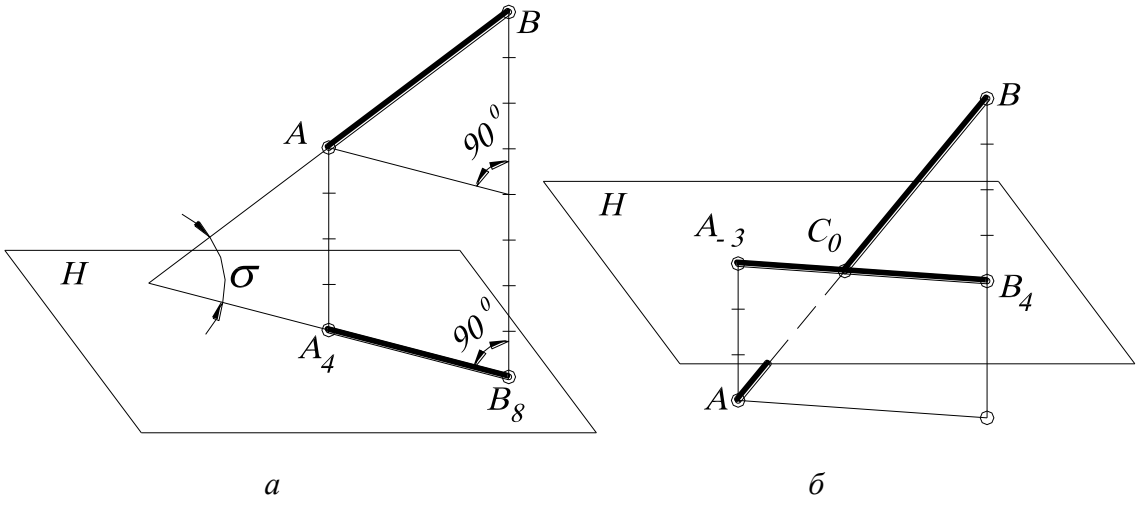


Рис. 118.

1.2. ПОСТРОЕНИЕ НАТУРАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ И ЕЁ УГЛА НАКЛОНА К ОСНОВНОЙ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ Н

Угол прямой σ с плоскостью проекций ***H*** определяется как угол, составленный прямой и её проекцией (заложением) на этой плоскости.

Длина отрезка прямой и угол σ могут быть определены из прямоугольного треугольника (рис. 119, *а, б*), в котором один катет равен проекции отрезка прямой (заложению), а другой катет равен разности расстояний концов отрезка от плоскости проекций ***H***.



а *б*

Рис. 119.

Если координаты, определяющие расстояния концов отрезка от плоскости проекций ***H***, имеют разные знаки (рис.119, *б*), то надо иметь в ***виду разность алгебраическую.***

На рис. 120 длина отрезка ***AB*** и угол σ, составленный прямой ***AB*** с плоскостью ***H***, определены из прямоугольного треугольника, построенного на заложении

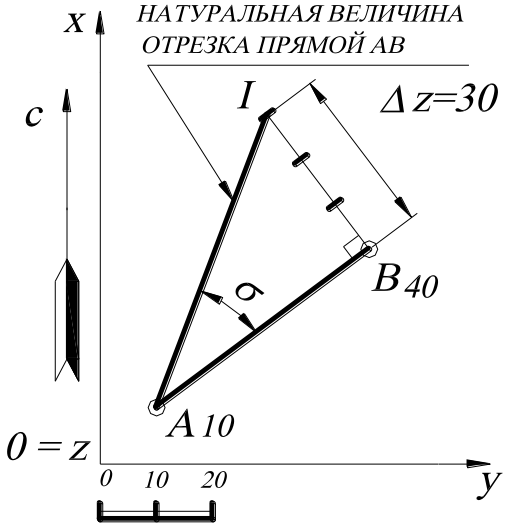


Рис. 120.

$A_{10}B_{40}$, где $|B_{40}I| = z_B - z_A = 40 - 10 = 30$. В прямоугольном треугольнике ABI гипотенуза AI выражает натуральную величину отрезка прямой, а угол между натуральной величиной и заложением отрезка прямой определяет угол наклона σ прямой к плоскости H.

Нахождение числовой отметки произвольной точки, принадлежащей прямой, рассмотрим на конкретном примере. Например, найти числовую отметку точки C, принадлежащей отрезку прямой AB (рис. 121). Для этого выполняют градуирование отрезка прямой AB. Через точку A проводят произвольную прямую $B_{10}I$, на которой откладывают разность высотных отметок концов отрезка A и B. Выбрав единичный масштаб $1ед.=10\ мм$, откладывают $50\ мм$. С помощью пропорциональности, через подобные треугольники находят высотную отметку точки C, то есть пересечение прямой, проходящей через точку C и параллельную AI, с прямой $B_{10}I$. На рис. 121 отметка точки C равна 37 ($10+27=37$).

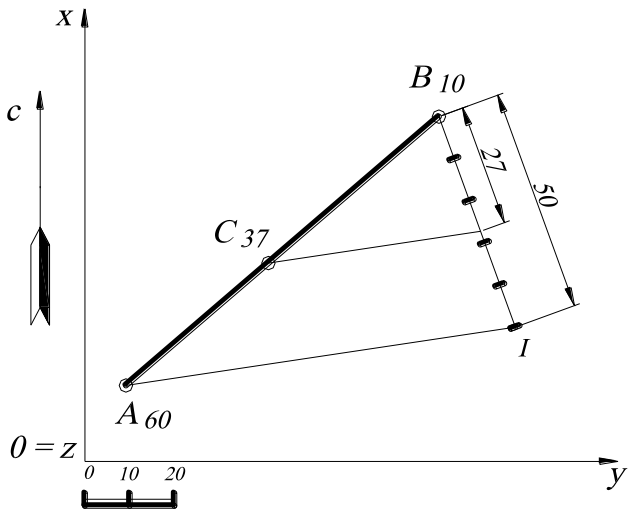


Рис. 121.

1.3. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМЫХ

Прямые линии в пространстве могут пересекаться, быть параллельными и скрещиваться.

1.3.1. ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПРЯМЫЕ

Это прямые, принадлежащие одной плоскости и имеющие одну действительную общую точку. На чертеже проекции этих прямых пересекаются, и про-

екции точек их пересечения имеют одну высотную отметку (рис. 122). В этом случае прямые, соединяющие одинаковые отметки заданных прямых, будут параллельны. Эти прямые являются горизонталями плоскости (см. тему «Плоскость»).

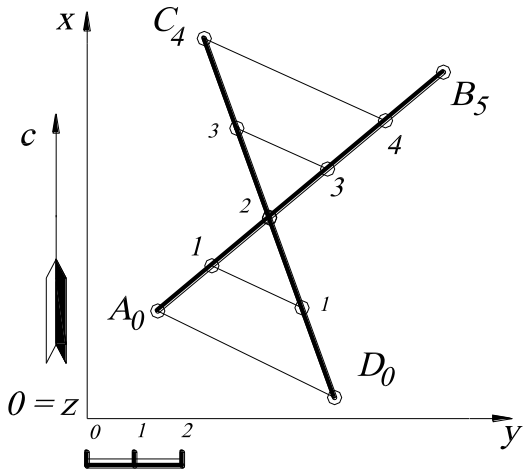


Рис. 122.

Если заданные прямые не градуированы, то необходимо определить величины числовых отметок обеих прямых в точке пересечения их проекций.

ПРИМЕР. Определить пересекаются ли заданные прямые $A_{60}B_{10}$ и $E_{20}F_{60}$ (рис. 123).

Для того чтобы определить, пересекаются ли эти прямые в пространстве, необходимо найти отметки точек этих прямых в пересечении их проекций, то есть точки $C_?$, принадлежащей прямой $A_{60}B_{10}$ и точки $K_?$, принадлежащей прямой $E_{20}F_{60}$. Поэтому последовательно выполняют градуирование прямых $A_{60}B_{10}$ и $E_{20}F_{60}$. Точка C, принадлежащая прямой $A_{60}B_{10}$, имеет числовую отметку, равную 37, а точка K, принадлежащая прямой $E_{20}F_{60}$,– числовую отметку, равную 38.

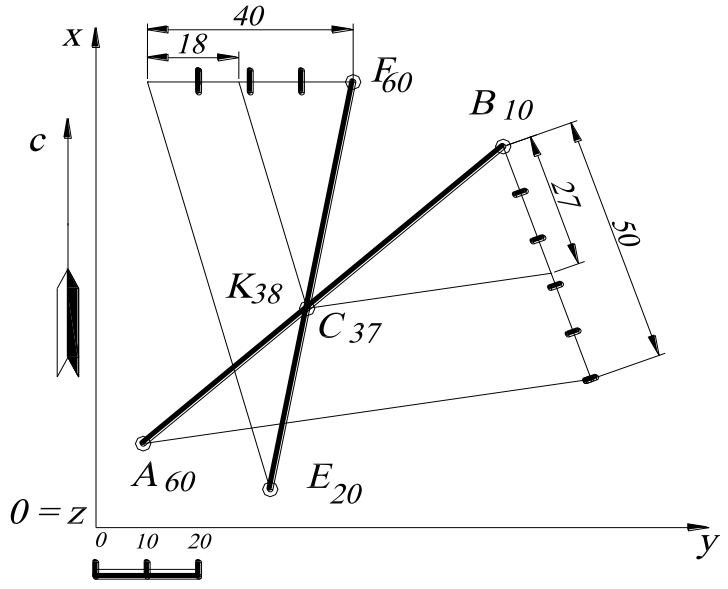


Рис. 123.

Следовательно, отрезки прямых $A_{60}B_{10}$ и $E_{20}F_{60}$ в пространстве не имеют общих точек, то есть не пересекаются. Подробное описание нахождения числовой отметки произвольной точки, принадлежащей прямой (см. рис. 121).

1.3.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПРЯМЫЕ

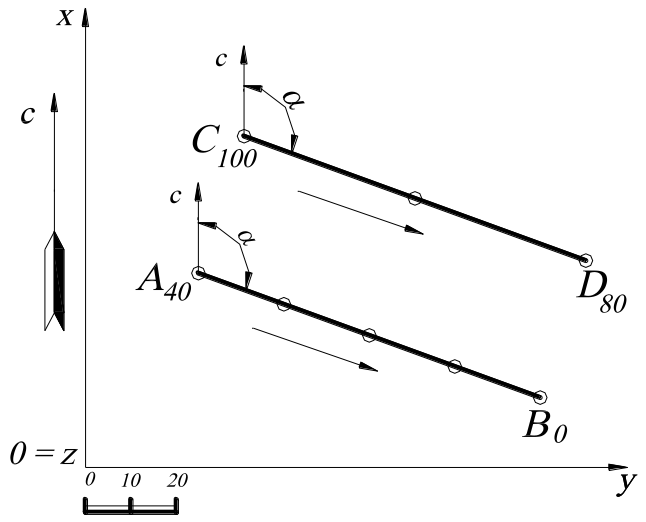


Рис. 124.

Параллельные прямые – это прямые, лежащие в одной плоскости и не имеющие действительных общих точек. На чертеже проекции этих прямых параллельны, углы падения равны, азимуты падения равны, равны заложения (рис. 124).

1.3.3. СКРЕЩИВАЮЩИЕСЯ ПРЯМЫЕ

Скрещивающиеся прямые – прямые, не лежащие в одной плоскости и не имеющие никаких (действительных, мнимых) общих точек. На чертеже проекции прямых могут пересекаться, но точки пересечения их проекций имеют разные числовые отметки (рис. 125, *а*).

На плане проекции скрещивающихся прямых могут быть параллельны, интервалы равны, но направление падения должно быть противоположным (рис. 125, *б*). В том случае, если и направления падения совпадают, тогда прямые параллельны.

На плане проекции скрещивающихся прямых могут быть параллельны, направления падения совпадают, но интервалы должны быть различны (рис.125, *в*).

Скрещивающиеся прямые используются для определения видимости на чертеже (рис.125, *а*). Точка, принадлежащая прямой ***CD*** и имеющая отметку ***4,*** будет закрывать точку, принадлежащую на прямой ***AB***, имеющую отметку ***2.*** Следовательно, прямая ***CD*** будет закрывать прямую ***AB***.

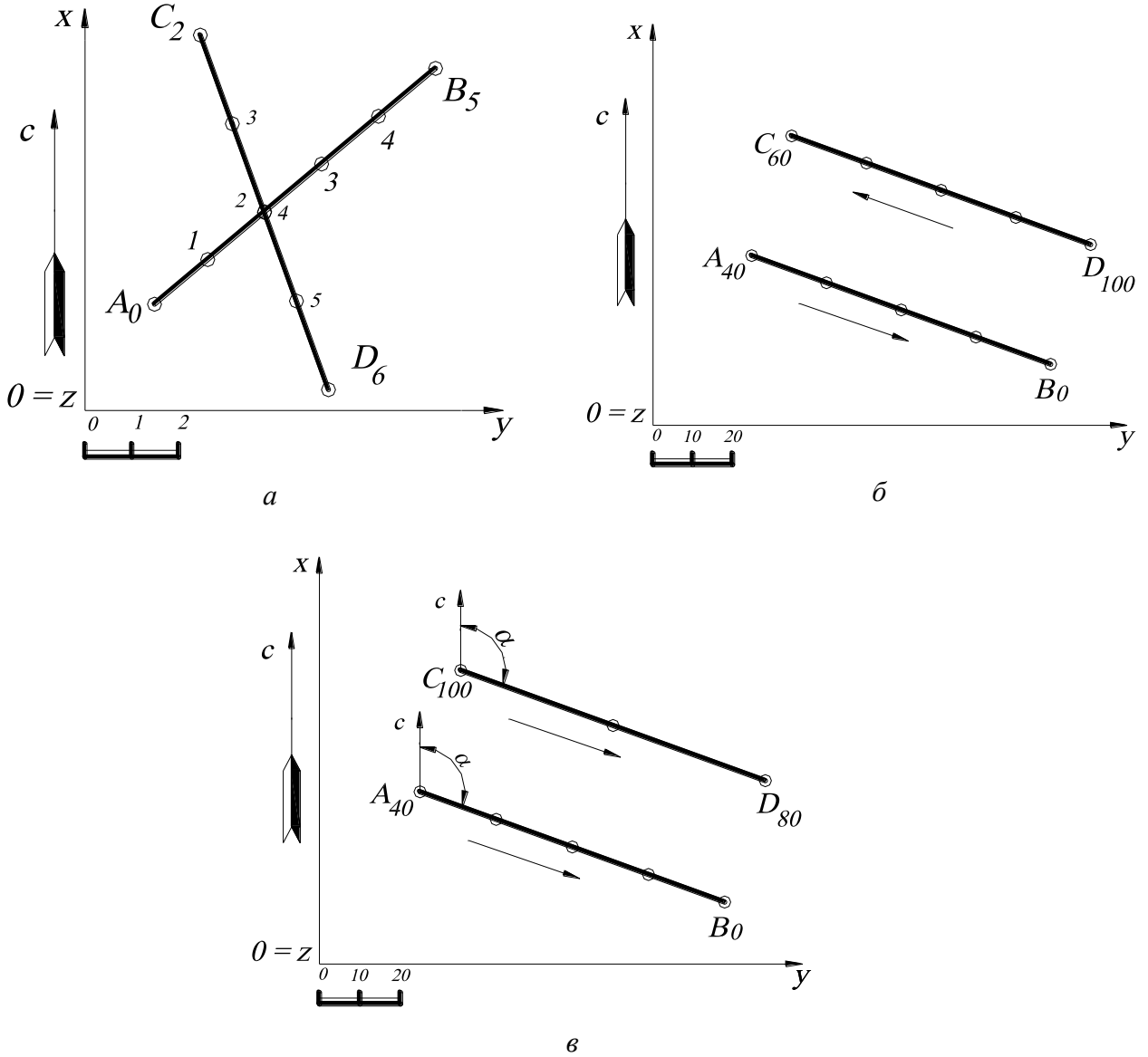


Рис. 125.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Перечислите способы задания прямой в проекциях с числовыми отметками.

2. Что такое уклон, заложение и интервал прямой?

3. Что называется градуированием прямой?

4. Изобразите на плане две пересекающиеся прямые, параллельные, скрещивающиеся.

5. Сформулируйте признаки параллельности прямых, заданных проекциями с числовыми отметками.

6. На заданной прямой $A_{25}B_{80}$ построить точку $C_?$, отстоящую от основной плоскости проекций на ***50***. Прямая задана точками ***A(20,15, 25)***, ***B(50,70,80)***.

7. На отрезке прямой $A_{50}B_{10}$ найти точку $C_?$, делящую этот отрезок в отношении ***AC:CB=2:3***. Прямая задана точкой ***A(50;30;50)***, азимутом падения $\alpha=120^0$, углом падения $\sigma=30^0$.

8. Построить отрезок прямой, симметричный отрезку заданной прямой ***AB*** относительно: а) основной плоскости проекций, б) оси ***Ox***, в) оси ***Oy***, г) начала координат ***O***. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

9. На отрезке ***AB*** построить отрезок ***AC*** заданной длины ***/AC/=40*** мм и определить отметку точки ***C***. Отрезок прямой задан координатами концов ***A*** и ***B***. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

10. Найти расстояние от точки ***C*** до прямой ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40,30,40)***, ***B(20,70,30)***, ***C(10,25,20)***.

11. Построить прямую $CD_?$, проходящую через точку ***C***, параллельную прямой ***AB***, длиной ***50***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(40,25,50)***, ***B(10,70,10)***, ***C(90,30,20)***.

12. Построить проекции ромба ***ABCD***, диагональ которого ***/BD/=50 мм*** и лежит на прямой ***MN***. ***A(35,60,50)***, ***M(40,20,30)***, ***N(10,80,30)***.

13. Прямая ***AB*** имеет уклон ***i=1:2***. Определить отметку точки ***B***. Прямая задана точками ***A(20,15, 25)***, ***B(50,70,z)***.

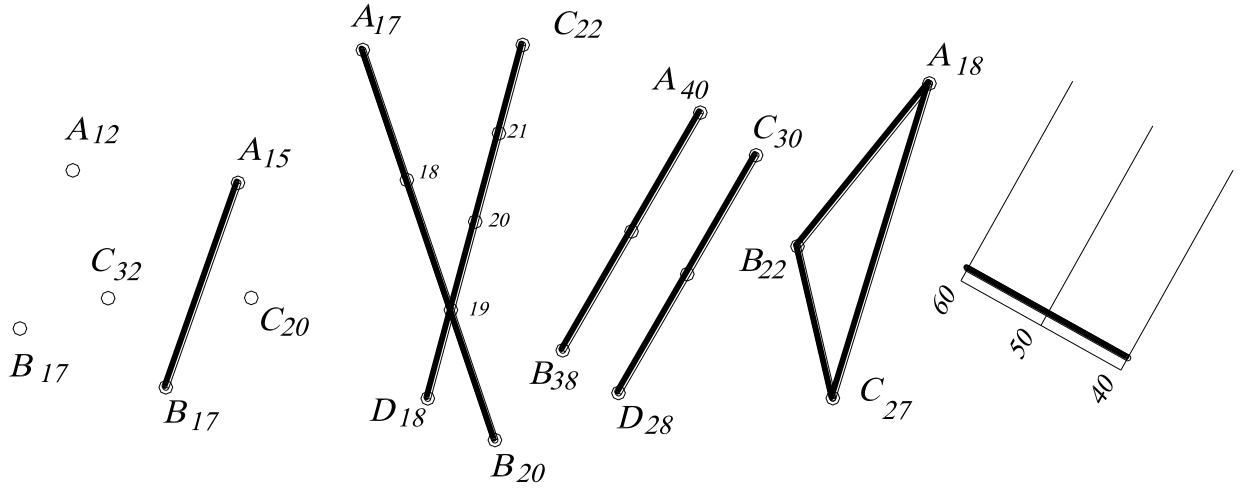
2. ПЛОСКОСТЬ

Плоскость – простейшая поверхность. Понятие плоскости (подобно точке и прямой) принадлежит к числу основных понятий геометрии. Плоскость обладает тем свойством, что любая прямая, соединяющая две её точки, целиком принадлежит ей.

2.1. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПЛОСКОСТЕЙ

Плоскость на чертеже можно задать:

1. Тремя неколлинейными точками, то есть тремя точками, не лежащими на одной прямой (рис. 126, *а*).
2. Точкой и прямой, не проходящей через эту точку (рис. 126, *б*).
3. Двумя пересекающимися прямыми (рис. 126, *в*).
4. Двумя параллельными прямыми, которые на чертеже в проекциях с числовыми отметками могут быть горизонталями (рис. 126, *г*; см. рис. 122).
5. Плоским отсеком (то есть любой плоской фигурой – кругом, многоугольником и т. п., рис. 126, *д*).
6. Масштабом заложения (рис.126, *е*).



а *б* *в* *г* *д* *е*

Рис. 126.

Плоскость относительно основной плоскости проекций ***H*** может занимать следующие положения:

- горизонтальное (параллельное плоскости ***H***);
- вертикальное или проецирующее (перпендикулярное плоскости ***H***);
- наклонное или общее положение (непараллельное и неперпендикулярное основной плоскости проекций ***H***).

Наиболее удобным и наглядным изображением плоскости в проекциях с числовыми отметками является задание с помощью ***масштаба заложения плоскости***.

На рис. 127, 128 в аксонометрии и на плане изображена плоскость общего положения ω. Дадим определения основных элементов этой плоскости, которые используются в проекциях с числовыми отметками.

След плоскости $\omega_н$ - линия пересечения плоскости ω с основной плоскостью проекций ***H*** (горизонталь с нулевой отметкой).

Горизонталь плоскости – прямая, принадлежащая плоскости и параллельная основной плоскости проекций ***H*** (***0–0***, ***1–1***, ***2–2***, на рис. 127, 128). Горизонтали плоскости могут рассматриваться как сечения заданной плоскости ω семейством плоскостей, параллельных основной плоскости проекций.

Отметка горизонтали – высота ***z*** горизонтали над основной плоскостью проекций ***H*** (на рис. 127, 128 горизонтали проведены соответственно с отметками 0, 1 и 2 единицы масштаба). След плоскости $\omega_н$ является горизонталью с нулевой отметкой.

Линиями падения (наибольшего ската) плоскости называются прямые, лежащие в этой плоскости и перпендикулярные к горизонталям этой плоскости (в том числе и к её горизонтальному следу $AB \perp \omega_н$).

Согласно правилам проецирования прямого угла, горизонтальная проекция линии наибольшего ската плоскости перпендикулярна к горизонтальной проекции горизонтали этой плоскости и к её горизонтальному следу.

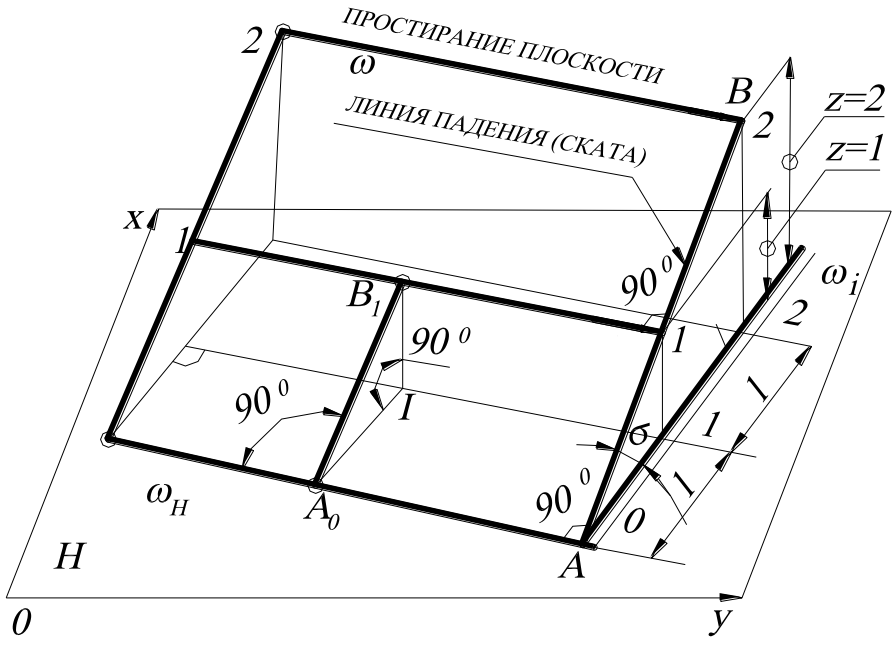


Рис. 127.

Профиль линии наибольшего ската есть линейный угол двугранного, образованного плоскостями **ω** и ***H***. Следовательно, линия наибольшего ската плоскости может служить для определения угла наклона этой плоскости к плоскости проекций ***H***.

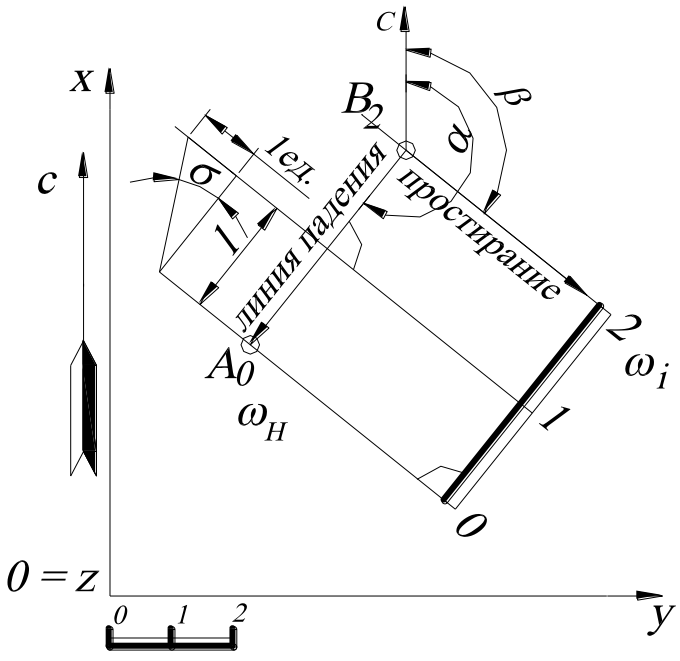


Рис. 128.

Масштаб заложения. Так называют градуированную проекцию линии падения (ската) плоскости. Так как линия ската плоскости перпендикулярна горизонталям, то масштаб заложения тоже перпендикулярен горизонталям плоскости. Масштаб заложения плоскости изображается на чертеже двумя параллельными прямыми (утолщённой и тонкой) и обозначается той же буквой, что и плоскость, с нижним индексом ***i*** – **ω_i**.

Перпендикулярно масштабу заложения плоскости проводят проекции её горизонталей. Вдоль масштаба заложения плоскости (со стороны тонкой линии) указываются отметки этих горизонталей, цифры числовых отметок проставляются так, чтобы их верх был ориентирован в сторону подъёма плоскости.

Изображение плоскости ω масштабом заложения плоскости показано на рис. 128.

Кратчайшее расстояние на плане между проекциями двух соседних горизонталей, соответствующее единице высотного превышения, называется ***интервалом плоскости*** ω и обозначается l (см. рис. 127, 128).

Угол падения плоскости σ - угол наклона плоскости ω к основной плоскости проекций H. Определяется углом наклона между линией падения и её проекцией на основную плоскость проекций (см. рис. 127, 128).

Уклон плоскости i – отношение единицы линейного масштаба к интервалу: $i = \frac{1}{l}$, или тангенс угла падения плоскости: $i = \mathrm{tg}\sigma$.

Иногда при решении инженерных задач на земной поверхности возникает необходимость ориентировать заданную плоскость относительно меридиана Земли. Для этого вводятся следующие термины.

Азимут падения α ***плоскости*** - это угол, отсчитываемый по часовой стрелке на плане, от северного направления меридиана до направления падения плоскости (рис. 128). ***Азимут восстания*** отличается от азимута падения на 180^0.

Направление простирания плоскости – это правое направление горизонталей, если наблюдатель смотрит в сторону восстания плоскости.

Азимут простирания β ***плоскости*** – угол, отсчитываемый по часовой стрелке на плане, от северного направления меридиана до направления простирания (см. рис. 128).

Угол между азимутом простирания и азимутом падения всегда равен 90^0.

Сечение вертикальной плоскостью называют в геологии профилем, или разрезом. Если разрез выполняется перпендикулярно простиранию плоскости, то он называется ***вкрест простирания***, или ***прямой***. Если вертикальный разрез не перпендикулярен простиранию, то такой разрез называется ***косым***.

ПРИМЕР. Определить элементы залегания плоскости, заданной тремя неколлинейными точками A_3, B_2, C_0. Построить разрез вкрест простирания, то есть вертикальная плоскость разреза должна проходить перпендикулярно горизонталям заданной плоскости (рис. 129).

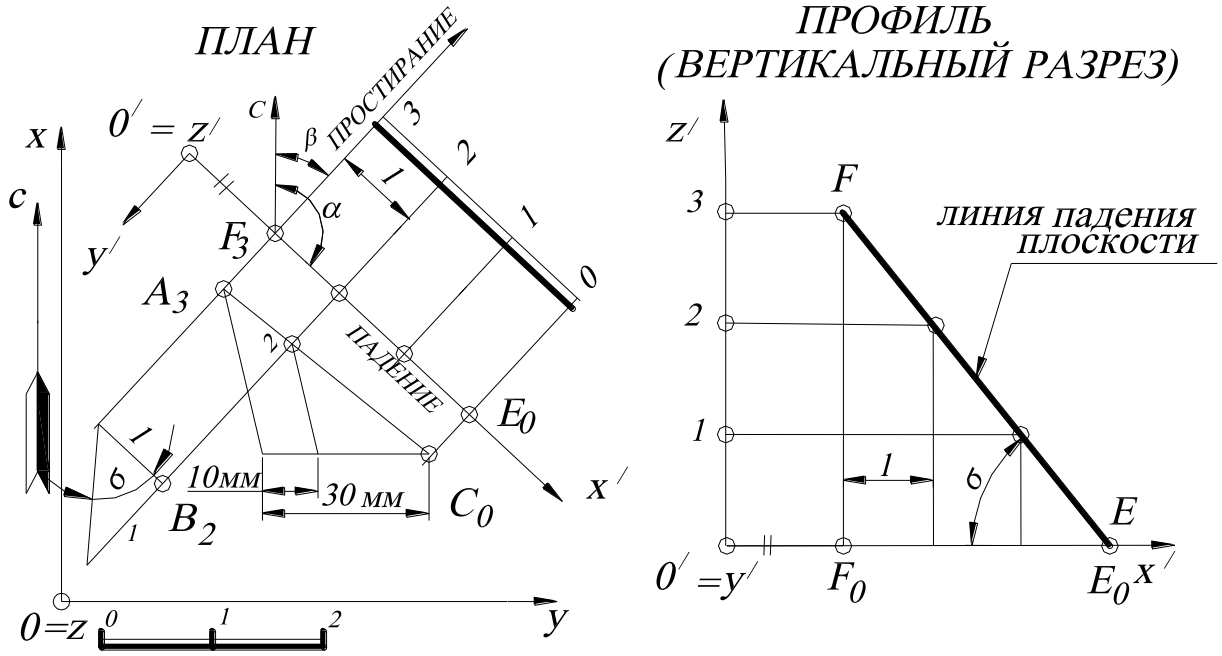


Рис. 129.

Алгоритм решения.

1. В заданной плоскости ($A_3B_2C_0$) на плане строят горизонталь 2-2. Для этого необходимо проградуировать проекцию отрезка прямой A_3C_0 (см. рис. 129). Горизонталь с соседней целочисленной отметкой (3-3) будет параллельна горизонтали 2-2. Кратчайшее расстояние между горизонталями 2-2 и 3-3 является интервалом заданной плоскости ***l***. Перпендикулярно к проекциям горизонталей задают масштаб заложения.

2. Находят линию падения плоскости (линию наибольшего ската), проекция которой перпендикулярна горизонталям плоскости. Линия падения плоскости является масштабом заложения.

3. Определяют азимуты падения и простирания.

4. Находят угол падения плоскости на разрезе вкрест простирания. Такой разрез (профиль) строится также как показано на рис. 119.

2.2. ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ ПЛОСКОСТИ

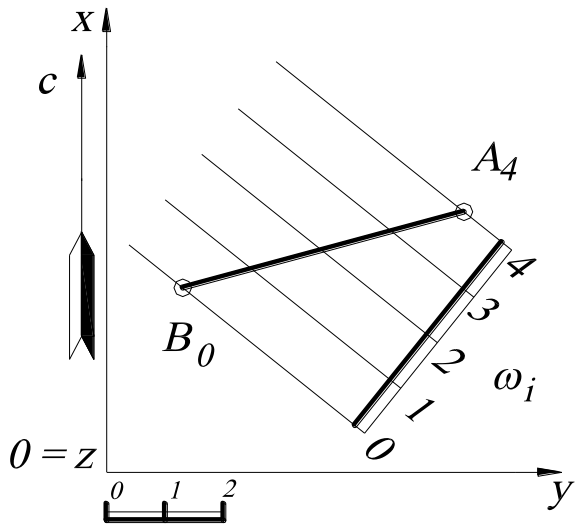


Рис. 130.

1. Точка принадлежит плоскости, если через неё проходит прямая, лежащая в этой плоскости. На чертеже в проекциях с числовыми отметками такой прямой может служить горизонталь плоскости. Следовательно, на плане если точка принадлежит плоскости, то она лежит на горизонтали этой плоскости и имеет с ней одинаковую числовую отметку (рис. 130).

2. Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, лежащие в этой плоскости (см. рис. 130). На чертеже прямая имеет две точки, высотные отметки которых с плоскостью являются общими.

Рассмотрим примеры принадлежности прямой и точки плоскости на конкретных примерах.

ПРИМЕР 1. В плоскости, заданной масштабом заложения ω_i, через точку A_9 провести прямую с уклоном $i = \frac{1}{5}$ (рис. 131).

Интервал прямой, которую требуется построить, равен $l = \frac{1}{i} = 5$ единицам масштаба. Следовательно, точка этой прямой, имеющая отметку **8**, должна ле-

жать на горизонтали плоскости с отметкой ***8*** и удалена от точки A_9 на величину интервала прямой ***l=5*** единиц линейного масштаба. Для выполнения этих условий из точки A_9 как из центра проводят окружность радиусом ***R=5*** и находят точки пересечения её с ***8***-й или ***10***-й горизонталью плоскости ω_i (точки B_8 и C_8). Точка A_9 и точки B_8 и C_8 определят две прямые, удовлетворяющие условию задачи: прямые A_9B_8 и A_9C_8 принадлежат плоскости ω, проходят через точку A_9 и имеют уклон ***i = 1:5***.

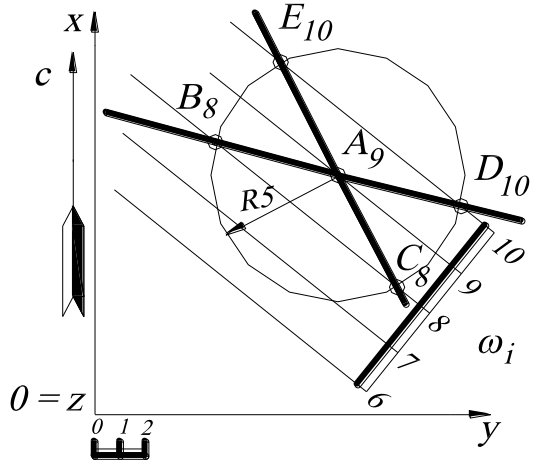


Рис. 131.

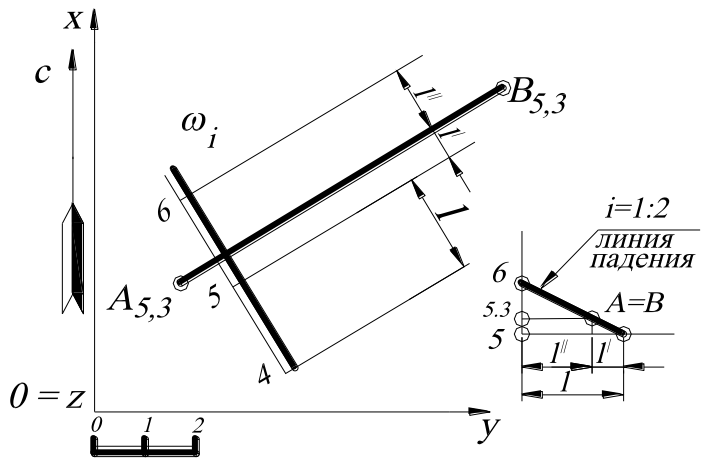


Рис. 132.

ПРИМЕР 2. Через проекцию отрезка горизонтальной прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ провести плоскость ω с уклоном $i = \frac{1}{2}$ (рис. 132).

Проекция прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ является проекцией горизонтали плоскости ω с отметкой ***5,3 – 5,3***, так как по условию задачи через неё проходит плоскость. Следовательно, проводят перпендикулярно прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ масштаб заложения и градуируют его, зная интервал $l = \frac{1}{i} = 2$ единицы масштаба. Для этого строят профиль, на котором определяют расстояния l' и l'' от горизонтали с числовой отметкой ***5,3*** (то есть прямой $A_{5,3}B_{5,3}$) до ближайших горизонталей с целочисленными значениями 5 и 6. Масштаб заложения ω_i определяет искомую плос-

кость ω. Задача имеет два решения, так как вторая плоскость будет иметь противоположное направление падения.

ПРИМЕР 3. Через прямую A_2B_5 общего положения провести плоскость ω с уклоном ***i =1:1,5*** (рис. 133).

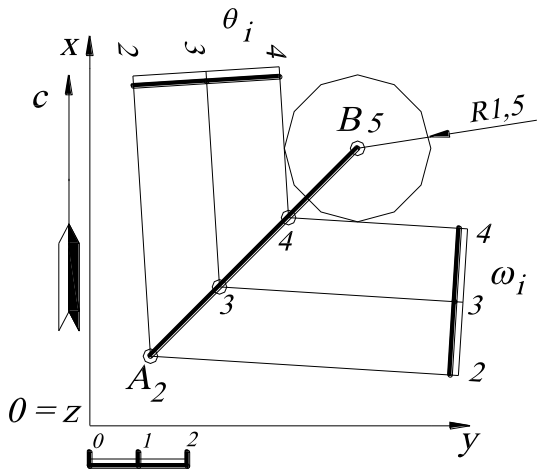


Рис. 133.

Градуируют прямую A_2B_5. Строят конус вращения с вершиной в точке ***B***, вертикальной осью и окружностью основания, радиус которой равен ***1,5*** единицы линейного масштаба и которая расположена в горизонтальной плоскости с отметкой ***4*** (на 1 м ниже точки ***B***). Уклон любой образующей конуса и уклон любой его касательной плоскости ***i=1:1,5***. Поэтому две искомые плоскости θ_i ***и*** ω_i - это две касательные плоскости к конусу, проходящие через прямую A_2B_5.

2.3. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

Плоскости в пространстве могут быть параллельны, пересекаться и быть взаимно перпендикулярными.

2.3.1. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПЛОСКОСТИ

Плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости будут соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости. На чертеже проекции горизонталей параллельных плоскостей будут соответственно параллельны, масштабы заложения одинаковые и направления падения их совпадают.

При решении конкретных инженерных задач в проекциях с числовыми отметками встречается необходимость определения мощности слоя. Будем рас-

сматривать ***слой*** как часть пространства, ограниченного двумя параллельными плоскостями (рис. 134). Верхняя плоскость слоя θ называется ***кровлей*** (на чертеже изображается красным цветом), а нижняя плоскость слоя ω – ***подошвой*** (на чертеже изображается синим цветом).

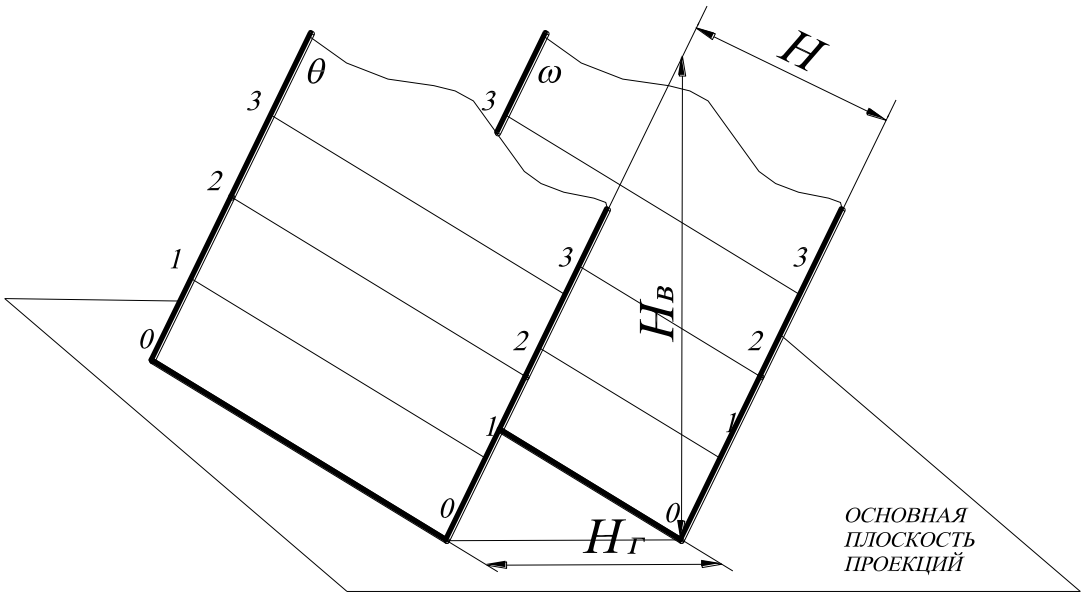


Рис. 134.

H – мощность слоя (нормальная мощность, истинная мощность) – кратчайшее расстояние между двумя параллельными плоскостями кровли и подошвы.

H_B – вертикальная мощность – расстояние от плоскости кровли до плоскости подошвы, измеряемое по вертикали.

$H_Г$ – горизонтальная мощность – расстояние между плоскостью кровли и плоскостью подошвы в горизонтальном направлении.

$H_{ВИД}$ – видимая мощность – кратчайшее расстояние от кровли до подошвы слоя, определяемое по топографической поверхности.

ПРИМЕР. Определить нормальную ***H***, горизонтальную $H_Г$ и вертикальную H_B мощности слоя, заданного двумя параллельными плоскостями θ_i и ω_i (рис. 135).

Для этого строят прямой профиль, плоскость которого перпендикулярна горизонталям плоскости. Построение профиля показано на рис. 135. Выбирают локальную систему координат $0'x'y'z'$ на плане. Плоскость профиля определяют оси x' и z'. На профиле с помощью заложения прямой AB определяют линию падения плоскости θ, которая является плоскостью подошвы заданного слоя. Для построения кровли на профиле определяют точку C (с помощью заложения L), через которую проводят прямую, параллельную прямой AB. Прямая, проходящая через точку C на профиле, является линией падения плоскости кровли.

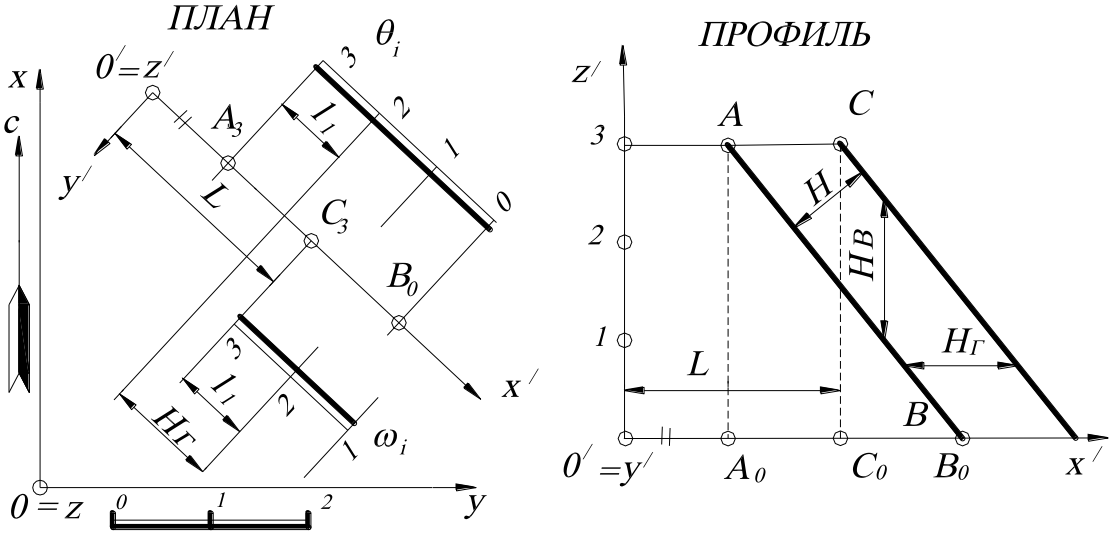


Рис. 135.

Кратчайшее расстояние на прямом профиле между линией падения кровли и линией падения подошвы, – нормальная мощность слоя H. Расстояние на этом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеренное по вертикали – вертикальная мощность слоя H_B.

Расстояние на прямом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеряемое в горизонтальном направлении, – горизонтальная мощность слоя $H_Г$. Горизонтальная мощность слоя измеряется параллельно основной плоскости проекций, поэтому эту мощность можно определить на плане как расстояние между одноимёнными (с одинаковыми высотными отметками) горизонталями плоскостей θ_i и ω_i.

2.3.2. ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПЛОСКОСТИ

Пересекающиеся плоскости всегда имеют действительную прямую пересечения. Для нахождения прямой пересечения заданных плоскостей необходимо найти общие точки или точку и направление.

Рассмотрим несколько способов построения линии пересечения на конкретных примерах.

ПРИМЕР 1. Найти линию пересечения заданных плоскостей $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$ (рис. 136).

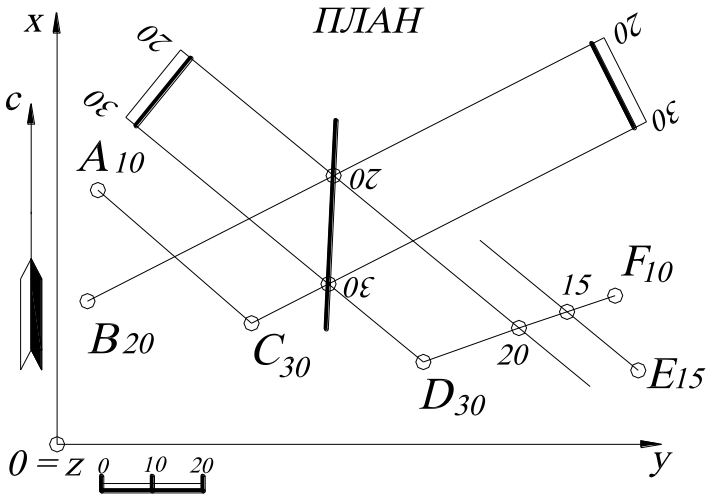


Рис. 136.

В заданных плоскостях $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$ находят направление горизонталей (см. рис. 129). Затем находят точки пересечения горизонталей заданных плоскостей, имеющих одинаковые высотные отметки. Такими горизонталями на рис. 136 являются ***30-30*** и ***20-20***. Их точки пересечения определяют прямую пересечения заданных плоскостей.

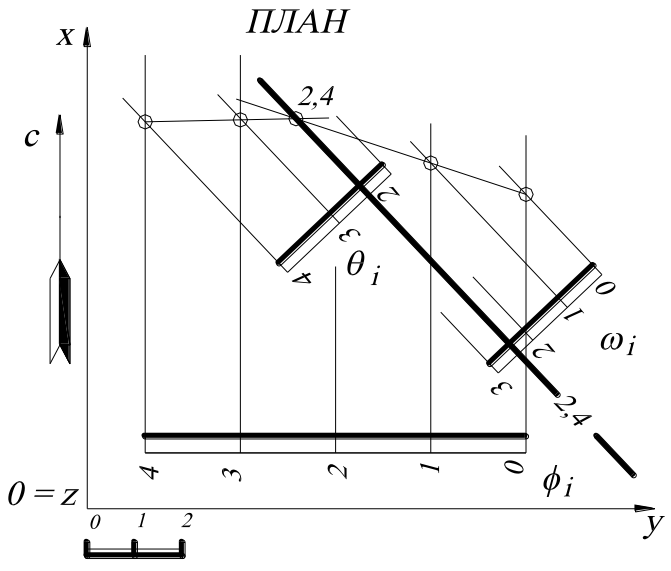


Рис. 137.

ПРИМЕР 2. Найти линию пересечения заданных плоскостей θ и ω, азимуты падения которых одинаковы или отличаются друг от друга на 180^0 (рис.137).

Одноимённые горизонтали плоскостей, использованные в *примере 1*, здесь ничего не дают, поскольку горизонтали данных плоскостей параллельны. В

этом случае линия пересечения плоскостей по направлению будет совпадать с направлением горизонталей, которые по условию задания параллельны между собой. Остаётся найти общую точку.

Алгоритм решения:

1. Вводят вспомогательную плоскость ϕ_i общего положения.
2. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью θ_i, так же, как в примере 1.
3. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью ω_i..
4. Найденные линии пересечения дают искомую точку с отметкой 2,4 (нахождение числовой отметки на рис. 137 не показано, которое выполняется методом градуирования любой из прямых). Эта точка принадлежит всем трём плоскостям и является их общей точкой.

Подобную задачу можно решить с помощью построения профилей заданных плоскостей (рис. 138).

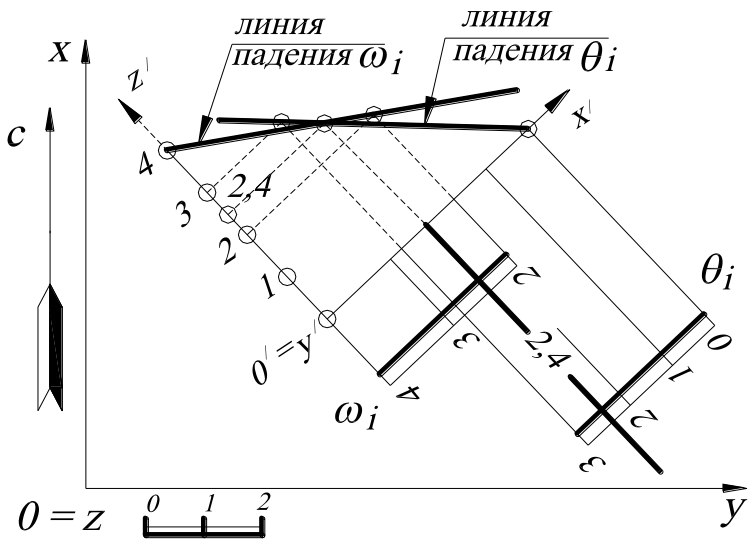


Рис. 138.

В этом случае задают профиль (удобнее в проекционной связи, см. рис.138) перпендикулярно горизонталям заданных плоскостей. Для этого вводят локальную систему отсчёта $0'x'y'z.'$ На профиле строят линии падения (скатов) плоскостей θ_i и ω_i. Точка пересечения линий скатов заданных плоскостей определяет искомую точку, а направление искомой линии пересечения будет параллельно горизонталям плоскостей θ_i и ω_i.

Пересечение плоскости общего положения с вертикальной плоскостью. В этом случае проекция искомой линии пересечения совпадает с вертикальной плоскостью. Такое сечение в проекциях с числовыми отметками называется вертикальным разрезом. Разрез строится по аналогии с построением профиля. Если секущая плоскость задана вкрест простирания плоскости общего положения (то есть перпендикулярно горизонталям плоскости), то на разрезе получается линия падения заданной плоскости. Если секущая плоскость задана не перпендикулярно простиранию, то на разрезе может получиться:

- горизонталь заданной плоскости.
- прямая, не совпадающая с линией ската плоскости (***косой*** разрез).

Пересечение плоскости общего положения с горизонтальной плоскостью. Проекция линии пересечения совпадает с горизонталью заданной плоскости общего положения.

2.4. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ

1. Прямая принадлежит плоскости.
2. Прямая параллельна плоскости.
3. Прямая пересекает плоскость.
4. Прямая перпендикулярна плоскости.

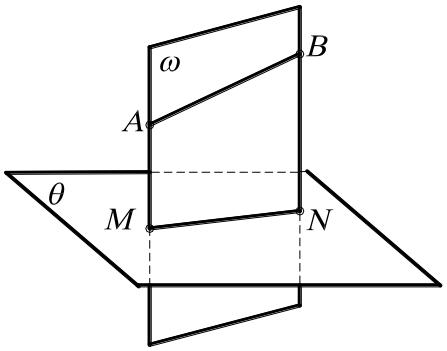


Рис. 139.

Если на модели непосредственно нельзя установить взаимное положение прямой и плоскости, то прибегают к некоторым вспомогательным построениям, в результате которых от вопроса о взаимном положении прямой и плоскости переходят к вопросу о взаимном положении данной прямой и некоторой вспомогательной прямой. Для этого проводят через данную прямую AB вспомогательную плоскость ω так, чтобы эта плоскость пересекла данную плоскость θ (рис. 139). Затем рассматривают прямую MN – прямую пересечения плоскостей ω и θ. При этом возможны три случая:

1. Прямая ***MN*** совпадает с прямой ***AB*** – это соответствует тому, что прямая ***AB*** принадлежит плоскости θ.

2. Прямая ***MN*** пересекает прямую ***AB*** – это соответствует тому, что прямая ***AB*** пересекает плоскость θ.

3. Прямая ***MN*** параллельна прямой ***AB*** – это соответствует тому, что прямая ***AB*** параллельна плоскости θ.

Итак, указанный приём определения взаимного положения прямой и плоскости заключается в следующем:

- Через данную прямую проводят вспомогательную плоскость и строят линию пересечения этой плоскости и данной плоскости.
- Устанавливают взаимное положение данной прямой и прямой пересечения плоскостей; найденное положение определяет взаимное положение данной прямой и плоскости.

Решая различные задачи с применением вспомогательных плоскостей, необходимо выбирать эти плоскости так, чтобы все возникающие при этом построения были по возможности проще, и чтобы этих построений было меньше.

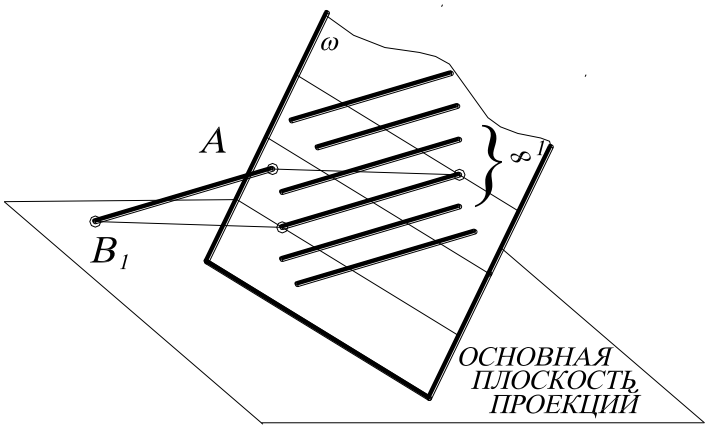


Рис. 140.

Теория принадлежности прямой плоскости рассмотрена выше.

Прямая параллельна плоскости, если в плоскости найдётся хоть одна прямая, параллельная ей. Вообще таких прямых однопараметрические множество ∞^1 или пучок прямых (рис. 140).

2.4.1. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ С ПЛОСКОСТЬЮ

Для нахождения точки пересечения прямой с плоскостью удобнее всего придерживаться следующего ***алгоритма:***

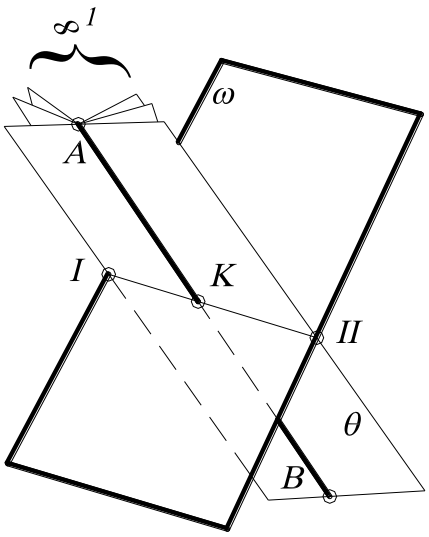


Рис. 141.

1. Через заданную прямую ***AB*** (рис.141) проводят вспомогательную плоскость-посредник θ (таких плоскостей может быть ∞^1 - пучок).

2. Находят линию пересечения ***I II*** вспомогательной плоскости–посредника θ с заданной плоскостью ω.

3. Искомая точка ***K*** будет находиться на пересечении заданной прямой ***AB*** с линией пересечения ***I II*** плоскости-посредника θ и заданной плоскости ω.

4. Определяют видимость проекции прямой ***AB*** на чертеже по конкурирующим точкам и числовую отметку точки ***K***.

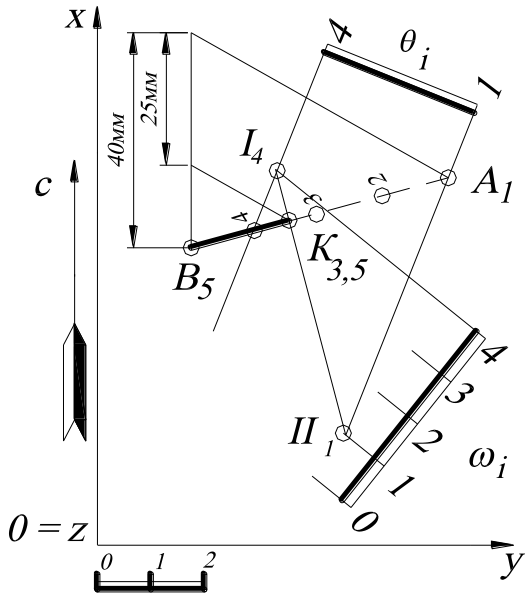


Рис. 142.

ПРИМЕР. Найти точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью ω, заданной масштабом заложения ω_i (рис. 142).

Через заданную прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник θ (на чертеже эта плоскость задана двумя горизонталями h_1 и h_4; см. признак принадлежности прямой к плоскости). Определяют пересечение посредника θ с заданной плоскостью ω – пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками. Таким образом, находят точки ***I*** и

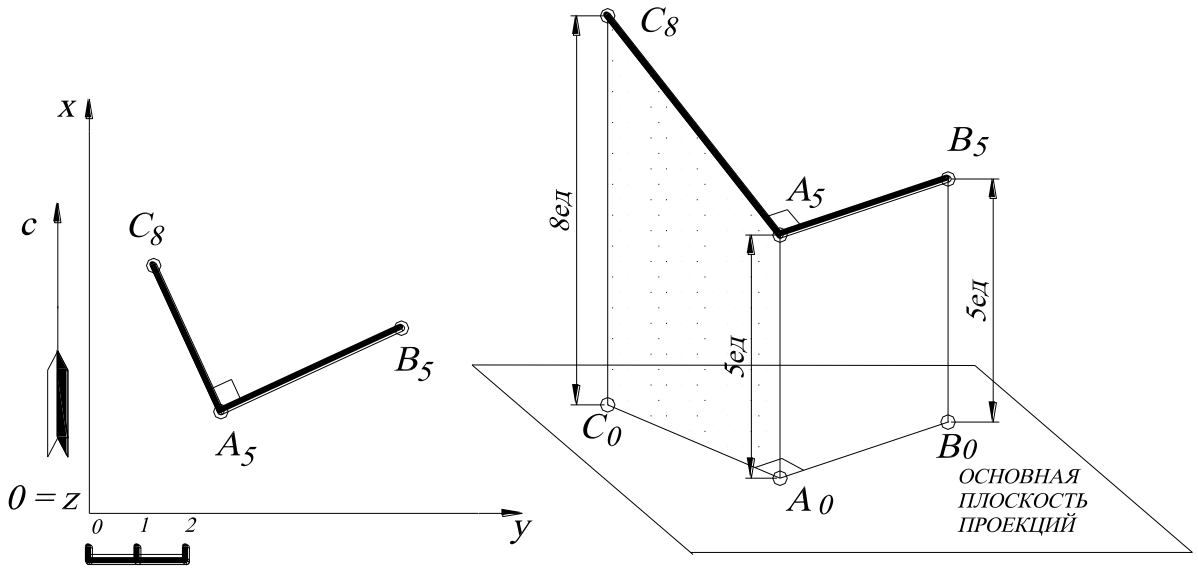
II. Точки ***I*** и ***II*** определяют линию пересечения плоскости-посредника θ и заданной ω. Точка пересечения найденной прямой линии ***I II*** с прямой A_1B_5 даёт искомую точку ***K***.

Для нахождения высотной отметки точки ***K*** используют градуирование прямой A_1B_5. Из точки B_5 проводят прямую под произвольным углом. На этой прямой откладывают разность высотных отметок ***A*** и ***B***, которая равна ***4 ед.*** (***1ед.=10 мм***). Затем через подобные треугольники находят числовую отметку искомой точки – $K_{3,5}$. Точка ***K*** является точкой, в которой заданная прямая изменяет свою видимость, то есть те числовые отметки проекции прямой A_1B_5, которые выше заданной проекции плоскости ω_1, там проекция прямой видима (и наоборот).

2.4.2. ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ

Вначале рассмотрим ***теорему о частном проецировании прямого угла***, суть которой в следующем.

Если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекций, а другая ей не перпендикулярна, то прямой угол проецируется на эту плоскость проекций в виде прямого угла (рис.143, *а*).



а *б*

Рис. 143.

Доказательство (рис. 143, *б*)**.** Отрезок прямой A_5B_5 перпендикулярен отрезку B_5B_0 по построению. Отрезок прямой A_5C_8 перпендикулярен A_5B_5 по заданию. Следовательно, отрезок прямой A_5B_5 будет перпендикулярен плоскости $C_8C_0A_0A_5$. Отрезок прямой A_0B_0 параллелен отрезку прямой A_5B_5. Таким образом, отрезок прямой A_0B_0 также перпендикулярен плоскости $C_8C_0A_0A_5$. Следовательно, отрезок прямой A_0B_0 перпендикулярен отрезку прямой A_0C_0.

Свойство перпендикулярности прямой и плоскости: если прямая перпендикулярна плоскости, то она перпендикулярна двум пересекающимся прямым, лежащим в этой плоскости. На чертеже проекция (заложение) этой прямой всегда перпендикулярна к горизонталям этой плоскости (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла) (рис. 144).

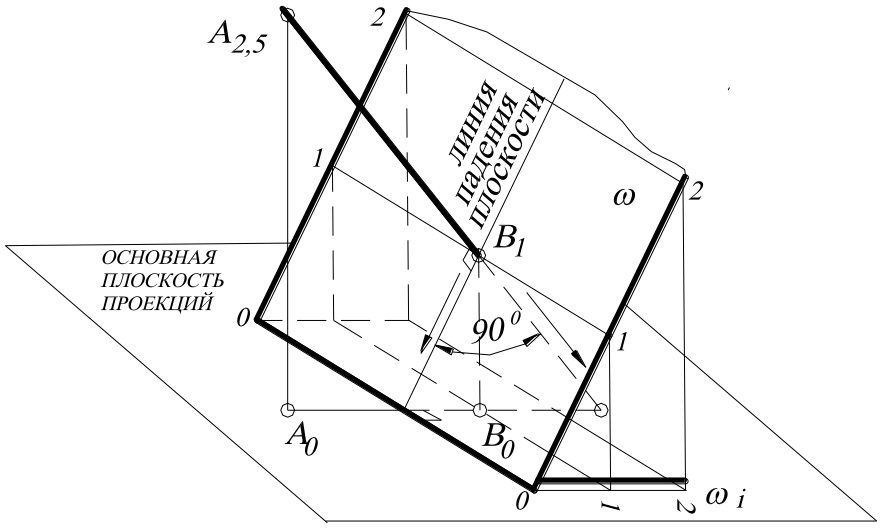


Рис. 144.

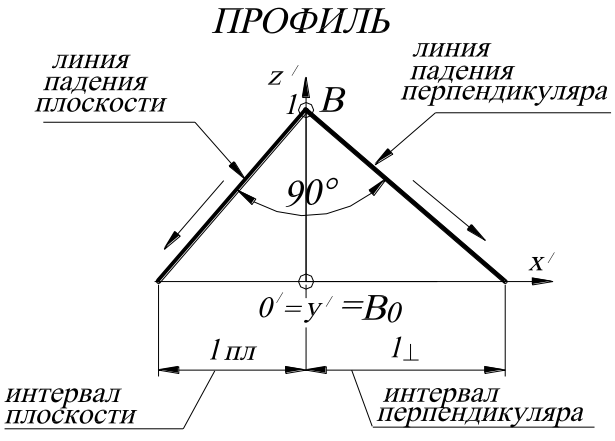


Рис. 145.

Интервал прямой l, перпендикулярной к плоскости, определяется с помощью прямого угла, построенного на профиле или через уклон i , так как это величина обратно пропорциональная уклону: $i = \frac{1}{l}$, $l = \frac{1}{i}$ (рис. 145).

ПРИМЕР. Дана точка A_3, принадлежащая плоскости ω. Построить прямую A_3B_7, перпендикулярную плоскости ω. Плоскость ω задана масштабом заложения ω_i (рис. 146).

На плане проекция (заложение) искомой прямой A_3B_7, перпендикулярной плоскости, всегда перпендикулярна горизонталям плоскости (на основании теоремы о проецировании прямого угла).

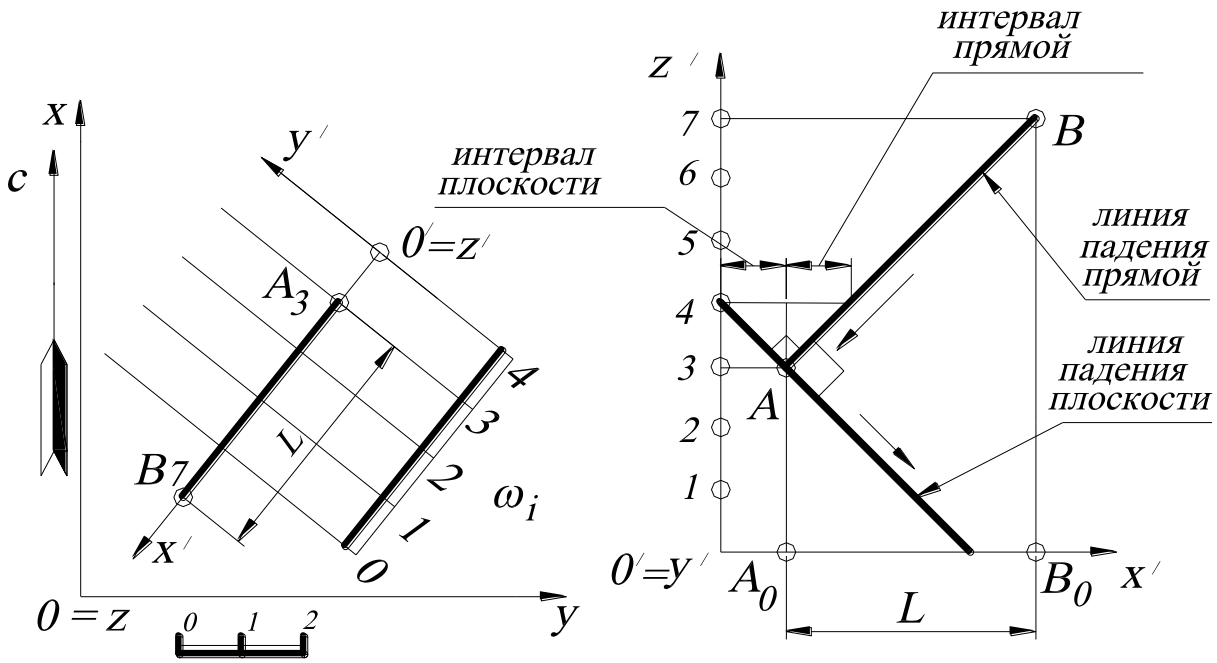


Рис. 146.

Направление падения искомого перпендикуляра и заданной плоскости ω_i противоположны, а интервал перпендикуляра определяется с помощью профиля, построением прямого угла к линии падения плоскости. Таким образом, определив на профиле интервал прямой и отложив его (на плане) на заложении прямой четыре раза в сторону восстания, получают точку B_7.

Можно решить по-другому, то есть построить точку B_7 на профиле и с помощью заложения L найти её на плане. Задача имеет два решения.

Если подобная задача (построение перпендикуляров) решается многократно, то следует прибегнуть к использованию шаблона (полетки), представляющего собой нарисованный прямой угол на прозрачном материале (калька, пластик). Располагая соответствующим образом этот шаблон, можно сразу найти

масштаб заложения прямой, зная масштаб заложения плоскости на профиле, который удобнее всего расположить на миллиметровой бумаге.

2.5. ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПЛОСКОСТЕЙ

Признак перпендикулярности плоскостей. Если плоскость проходит через перпендикуляр к другой плоскости, то эти плоскости взаимно перпендикулярны. Вообще говоря, таких перпендикуляров будет целый пучок параллельных прямых, то есть однопараметрическое множество прямых ∞^1 (рис. 147).

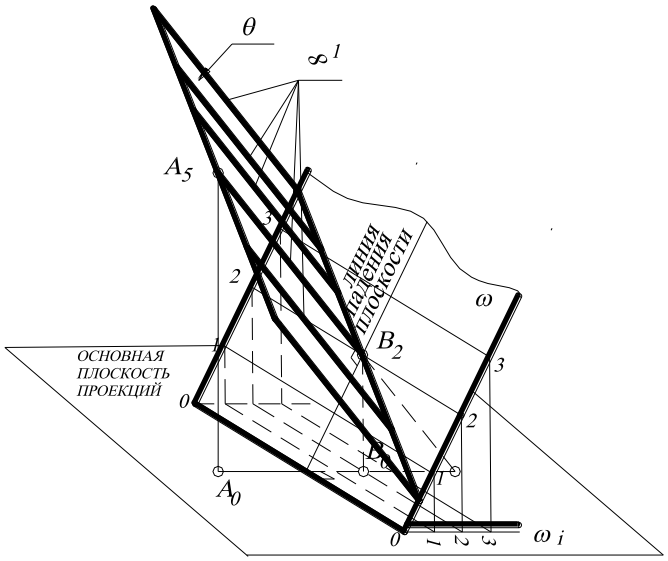


Рис. 147.

ПРИМЕР. Через заданный отрезок прямой $F_{10}D_{30}$ построить плоскость ω, перпендикулярную заданной плоскости $A_{10}B_{20}C_{30}$ (рис. 148).

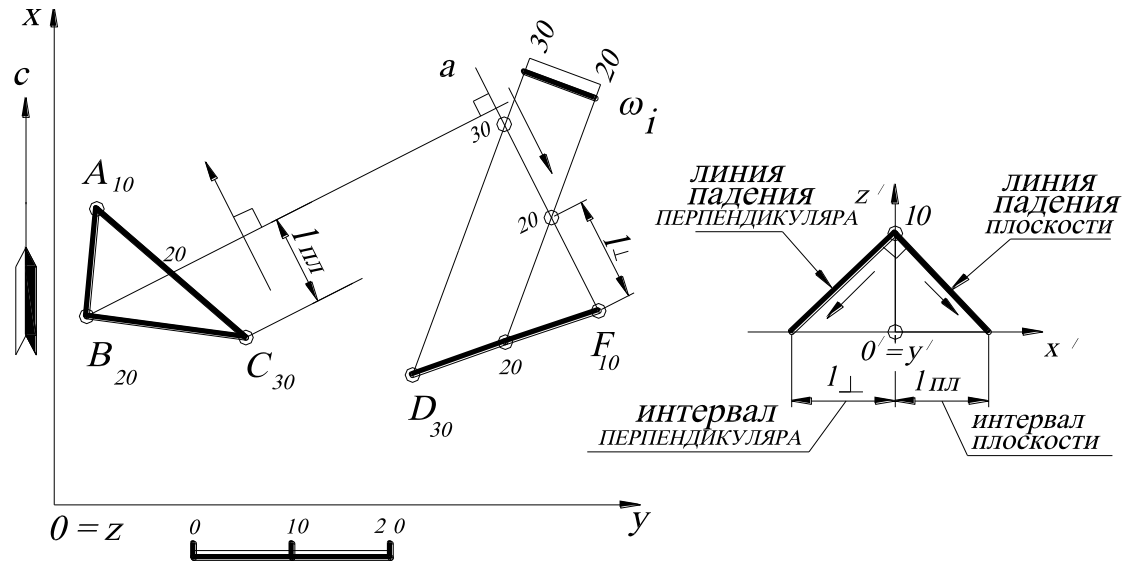


Рис. 148.

Плоскости перпендикулярны, если в одной из них содержится перпендикуляр к другой плоскости. Поэтому через произвольную точку проекции отрезка прямой $F_{10}D_{30}$ (например, через проекцию точки F_{10}) проводят произвольную прямую a, перпендикулярную плоскости треугольника $A_{10}B_{20}C_{30}$ (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Для этого в плоскости треугольника $A_{10}B_{20}C_{30}$ находят горизонталь. На профиле определяют интервал прямой a. Проградуировав на плане прямую a, зная, что падение перпендикуляра и плоскости противоположно, строят горизонтали искомой плоскости ω. Искомую плоскость на плане задают масштабом заложения ω_i.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить треугольник ***ABC*** и найти его азимут падения α, азимут простирания β, угол падения σ и интервал ***l***. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***, ***C(60, 80, 25)***.
2. Через точку ***C*** провести по плоскости ***ABC*** прямую, уклон которой вдвое меньше уклона плоскости. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***, ***C(60, 80, 25)***.
3. Построить плоскость P_i, с уклоном ***i=1:1,5***, проходящую через отрезок прямой ***AB***. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***.
4. Плоскость ***ABC*** имеет уклон ***i=1:3***. Определить масштаб чертежа. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***, ***C(60, 80, 25)***.
5. Построить точку B_{10}, принадлежащую прямой ***AB***. Прямая ***AB*** перпендикулярна плоскости P_i. Точка ***A*** задана координатами ***A(30, 30, 70)***, плоскость P_i задана точкой ***C(50, 20, 50)***, азимутом падения $\alpha=150^0$, интервалом ***l=20***.
6. Определить расстояние от точки K_{10} до плоскости, заданной треугольником ***ABC***. Точки заданы координатами ***A(20, 40, 20)***, ***B(15, 90, 50)***, ***C(45, 60, 30)***, ***K(35, 100, 10)***.

7. Построить треугольник ***ABC***, принадлежащий плоскости P_i, если известно, что ***AB=BC=CA=40 мм***, сторона ***AB*** параллельна основной плоскости проекций. Плоскость P_i задана точкой ***A(25, 45, 40)***, азимутом падения $\alpha=150^0$ и интервалом ***l=10***.
8. Построить плоскость P_i, проходящую через точку ***K(20, 40, 55)*** и параллельную плоскости треугольника ***ABC***. Точки заданы следующими координатами: ***A(50, 40, 30)***, ***B(0, 80, 60)***, ***C(70, 80, 0)***.

3. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

Решение позиционных и метрических задач значительно упрощается, если геометрические многообразия находятся в частном положении относительно плоскости проекций. Поэтому для более простого решения задач часто прибегают к такому преобразованию чертежа, которое переводило бы интересующие нас прямые и плоские фигуры оригинала из общего положения относительно плоскости проекций в частное (в проецирующие прямые или прямые уровня; в проецирующие плоскости или плоскости уровня).

Под ***позиционными*** будем понимать задачи по определению общих элементов различных геометрических многообразий. К ним относятся задачи на взаимопринадлежность (определение точки на линии или поверхности, проведение плоскости через данные линии и т. п.) и задачи на пересечение геометрических многообразий (нахождение линии пересечения двух поверхностей, определение точки пересечения линии с поверхностью и т. п.).

Метрическими называются задачи, в которых необходимо определить значения геометрических величин – длин отрезков, размеры углов, расстояния между геометрическими многообразиями, а также площадь, объём и т. п.

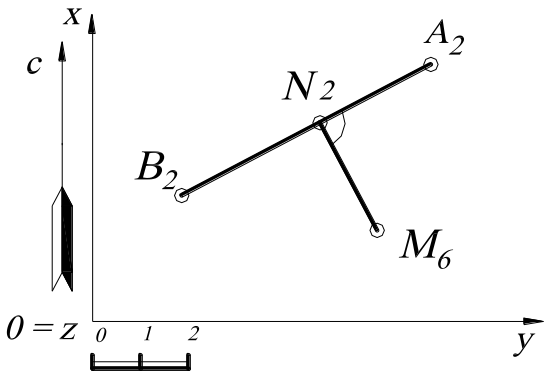
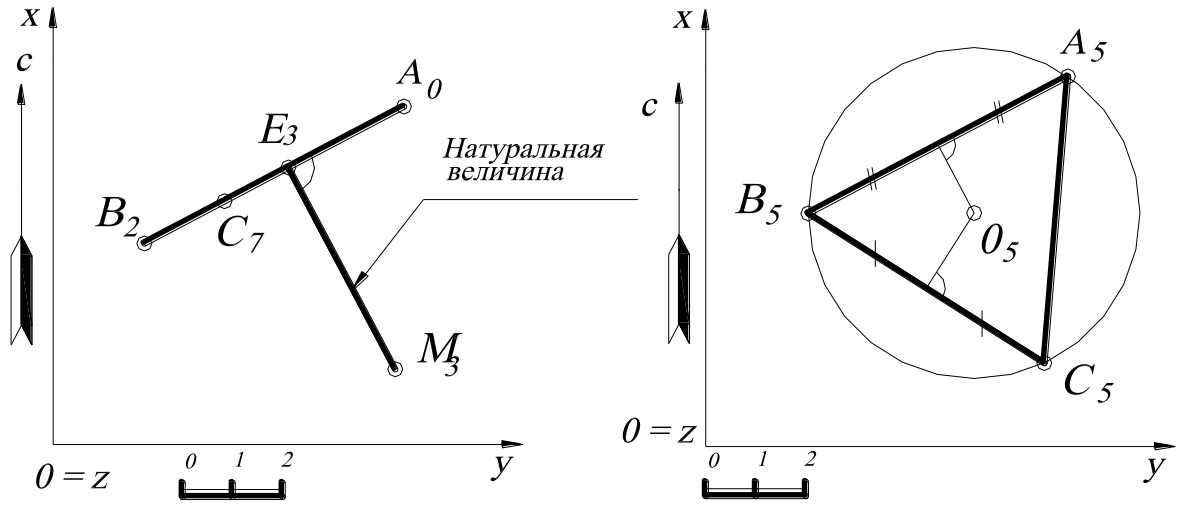


Рис. 149.

Например, для построения перпендикуляра из точки M_6 к горизонтальной прямой A_2B_2 (рис. 149) достаточно провести прямую на плане $M_6N_2 \perp A_2B_2$ (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Непосредственно по данному чертежу определяется натуральная величина отрезка прямой AB, равная проекции отрезка прямой A_2B_2. Однако для нахождения натуральной величины отрезка прямой общего положения M_6N_2 необходимо выполнить дополнительные построения.

Аналогично решают задачи и в том случае, когда на чертеже даны плоскости частного положения (рис. 150, *а*, *б*).



а *б*

Рис. 150.

Несложно, например, построить перпендикуляр ME (M_3E_3) из точки M (M_3) к проецирующей плоскости, заданной треугольником ABC $(A_0B_2C_7)$, и найти его основание E (E_3). Для этого достаточно провести прямую из проекции точки M_3, перпендикулярную к проекции треугольника $A_0B_2C_7$. При этом одновременно находят натуральную величину расстояния от заданной точки M до плоскости треугольника ABC, равную проекции отрезка M_3E_3 (рис.150, *а*).

Натуральная величина плоских фигур определяется на чертеже тогда, когда плоскость фигуры параллельна плоскости проекций, то есть является плоскостью уровня. На рис. 150, *б* треугольник ***ABC***, лежащий в горизонтальной плоскости Δ_5, проецируется на плане без искажения, то есть проекция этого треугольника равна оригиналу. Поэтому любые построения можно выполнять непосредственно на проекции треугольника $A_5B_5C_5$. Если, например, надо найти центр описанной окружности около треугольника ***ABC***, то для этого достаточно построить окружность, описанную около проекции треугольника $A_5B_5C_5$.

Таким образом, рассмотренные примеры убеждают в преимуществах, которые могут быть получены при переходе от общего расположения оригиналов относительно плоскости проекций к их частному положению.

Изменения взаимного расположения объекта и плоскости проекций можно достичь двумя способами:

1) заменяя данную плоскость проекций новой плоскостью проекций так, чтобы неподвижный объект в пространстве оказался в каком-либо частном положении относительно новой системы отсчёта – ***способ замены плоскостей проекций***;

2) перемещая объект в пространстве так, чтобы он оказался в частном положении относительно неизменной плоскости проекций – ***способы вращения***.

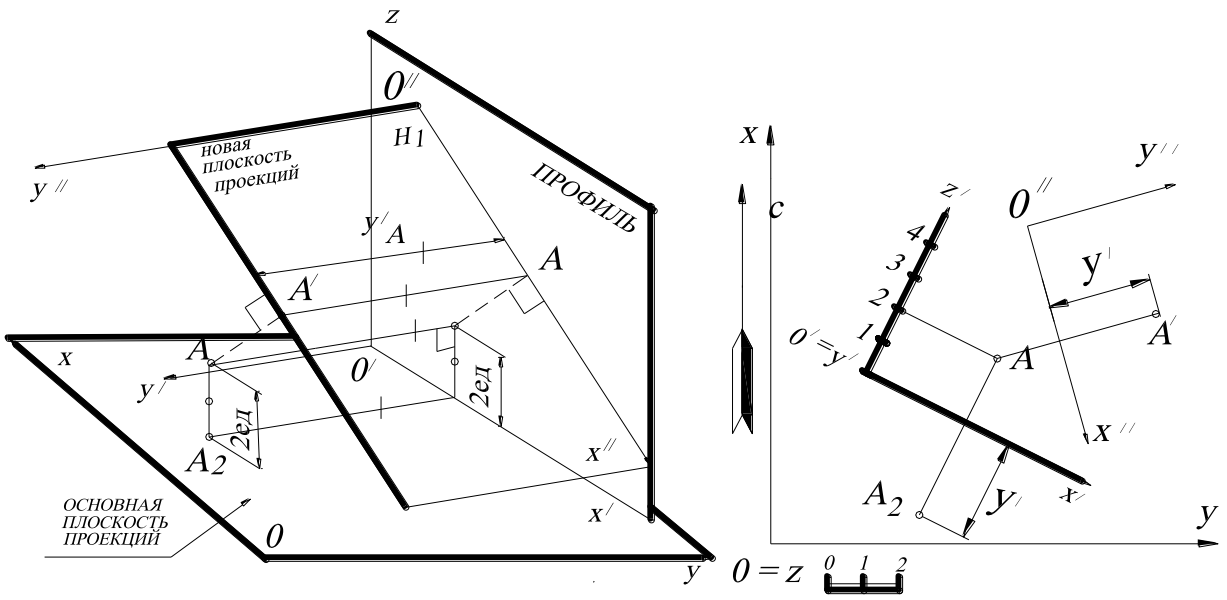
3.1. СПОСОБ ЗАМЕНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ

Особенностью способа замены плоскостей проекций является переход от данной системы координат ***0xyz***, в которой заданы проекции объекта («старая система»), к ***новой*** системе координат $0'x'y'z'$. При этом главным условием является то, что новая плоскость проекций и «старая» взаимно перпендикулярны

(так как используем ортогональное проецирование). Положение самого объекта в пространстве остаётся неизменным.

Пусть некоторая новая плоскость проекций $0'x'z'$ перпендикулярна заданной основной плоскости проекций $0xy$ (рис.151, *а*). Такую новую плоскость проекций называют профилем. Прямая пересечения x' плоскостей $0'x'z' \cap 0xy$ назовём новой осью проекций. Ортогональная проекция точки A_2 обозначается на профиле A. Повернув плоскость профиля вокруг оси x' на 90^0, получают две проекции точки A, которые находятся на одной линии проекционной связи (рис.151, *б*).

Аналогично можно плоскость профиля $0'x'z'$ заменить ещё другой новой плоскостью проекций $0''x''y''$ (см. рис.151, *а*). Проекция точки A' будет находиться на линии проекционной связи, на расстоянии y' от новой оси x'' (см. рис.151, *б*).



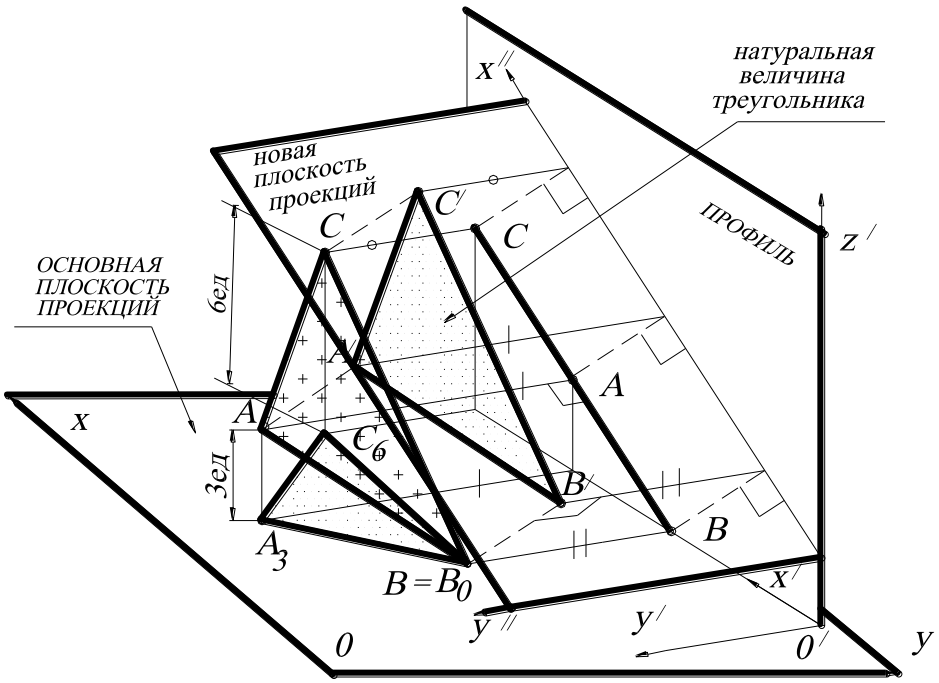
а *б*

Рис. 151.

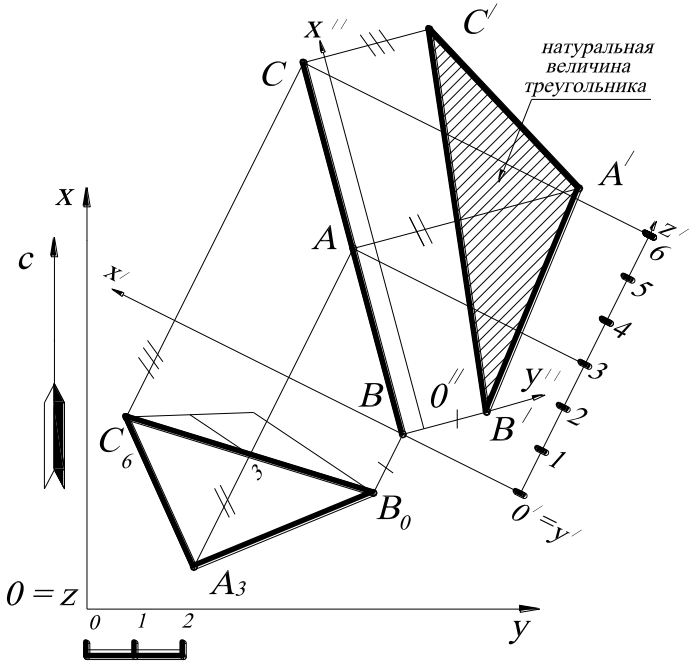
Итак, исходную плоскость проекций можно последовательно заменять новой плоскостью проекций. Причём новая плоскость проекций всегда перпендикулярна к предыдущей плоскости проекций. Дополнительные требования к выбору новой плоскости проекций связаны с конкретными условиями решаемой

задачи, с тем, чего мы хотим добиться в результате преобразования. Рассмотрим несколько задач, при решении которых используется способ замены плоскостей проекций.

Задача 1. Найти натуральную величину треугольника ***ABC*** (рис.152, *а*, *б*).



а



б

Рис. 152.

Треугольник ABC спроецируется на некоторую плоскость проекций в натуральную величину, если треугольник ABC будет параллелен этой плоскости проекций. Другими словами, если треугольник ABC будет находиться в плоскости уровня, по отношению к какой-либо плоскости проекций, то он спроецируется на неё в натуральную величину (см. рис. 150, *б*).

Заданный треугольник $A_3B_0C_6$ занимает общее положение. Плоскость общего положения нельзя сразу преобразовать в плоскость уровня, потому что новая плоскость проекций не будет перпендикулярна к основной плоскости проекций $0xy$ (см. рис.152, *а*). Это возможно лишь для проецирующей плоскости. Поэтому первую новую плоскость проекций (профиль) $0'x'z'$ располагают перпендикулярно к заданному треугольнику $A_3B_0C_6$, то есть перпендикулярно к проекции горизонтали. Только в этом случае плоскость треугольника $A_3B_0C_6$ на профиле будет проецирующей. Следовательно, в плоскости треугольника $A_3B_0C_6$ строят горизонталь. На рис. 152, *б* построим горизонталь h_3, используя градуирование отрезка прямой B_0C_6. Вторую новую плоскость проекций $0''x''y''$ располагают параллельно полученной на профиле проекции треугольника ABC (а следовательно, перпендикулярно к плоскости профиля $0'x'z'$). Тогда треугольник ABC спроецируется на новую плоскость проекций $0''x''y''$ без искажения. Для выполнения этой замены на чертеже проводят (в произвольном месте) ось x'' параллельно профилю треугольника ABC. Затем строят линии проекционной связи из каждой точки профиля треугольника ABC (перпендикулярно к этой оси x'') и откладывают на них оси x'' координаты y'_A, y'_B, y'_C (аналогично, как показано на рис. 151, *б*).

Таким образом, используя проецирование на дополнительные плоскости проекций, можно преобразовать: плоскость общего положения – в проецирующую; проецирующую – в плоскость уровня и двумя последовательными преобразованиями, плоскость общего положения – в плоскость уровня.

Задача 2. Найти натуральную величину двугранного угла между плоскостями ***ABC*** и ***ADC*** (рис. 153).

Двугранный угол измеряется линейным углом, который получается при пересечении его граней плоскостью, перпендикулярной его ребру ***AC***.

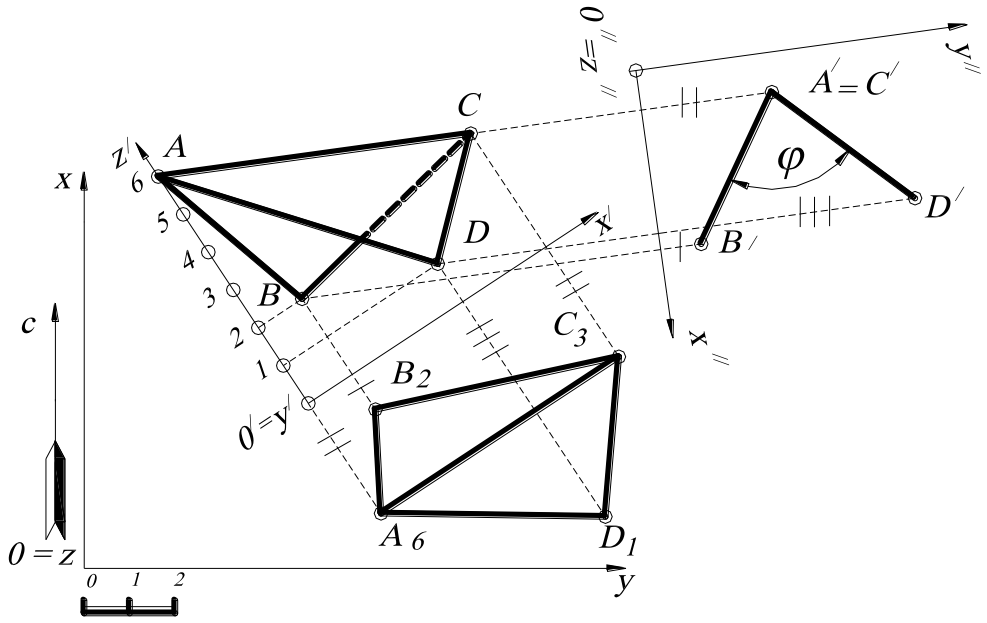


Рис. 153.

Поэтому в данной задаче необходимо новую плоскость проекций выбрать так, чтобы отрезок прямой A_6C_3 на этой плоскости проекций стал проецирующим. Отрезок прямой A_6C_3 задаёт прямую общего положения, а прямую общего положения нельзя сразу преобразовать в проецирующую, так как новая плоскость проекций, перпендикулярная к прямой общего положения, не будет перпендикулярна к заданной основной плоскости проекций ***0xy***. Следовательно, сначала вводят новую плоскость проекций $0'x'z'$ (профиль), перпендикулярную ***0xy*** и параллельную A_6C_3 – на чертеже ось x' параллельна A_6C_3, а затем плоскость профиля $0'x'z'$ заменяют на новую плоскость проекций $0''x''y''$. Прямая A_6C_3 по отношению к плоскости профиля $0'x'z'$ стала прямой уровня, а по отношению к $0''x''y''$ - проецирующей. Построения на новые плоскости проекций треугольников $A_6B_2C_3$ и $A_6C_3D_1$ выполняются по аналогии построениям предыдущей задачи. Угол φ - это искомый угол между плоскостями $A_6B_2C_3$ и $A_6C_3D_1$.

Задача 3. Найти расстояние и угол между скрещивающимися прямыми ***AB*** и ***CD*** (рис. 154).

Угол между скрещивающимися прямыми равен углу между параллельными им пересекающимися прямыми. Поэтому проводят через точку D_4 прямую, параллельную A_6B_2 – на чертеже появляется её проекция D_4E_0. Искомый угол φ равен углу $\angle C_0D_4E_0$. Найти натуральную величину этого угла – это то же самое, что найти величину $\Delta C_0D_4E_0$. Это сделано точно так же, как в задаче 1. Строится плоскость профиля, перпендикулярная горизонтали треугольника $C_0D_4E_0$ (то есть $h_0 = C_0E_0$), а затем задаётся новая плоскость проекций $0''x''y''$, параллельная профилю треугольника ***CDE***.

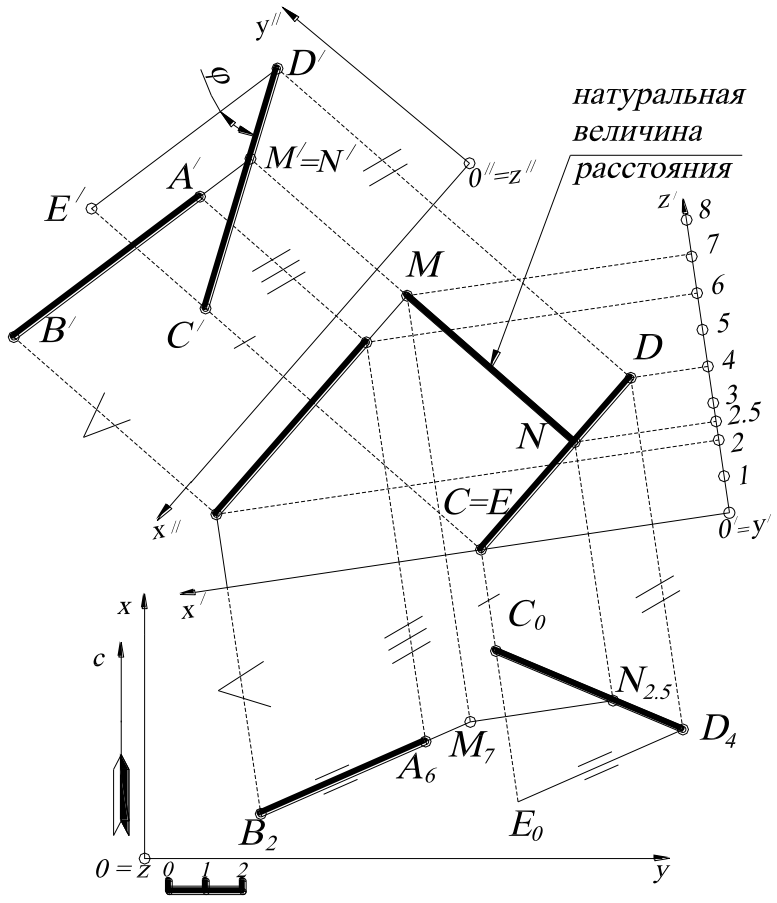


Рис. 154.

Кроме того, общая точка $M'=N'$ проекций $A'B'$ и $C'D'$ - это проекция на $0''x''y''$ общего перпендикуляра ***MN*** прямых ***AB*** и ***CD***, которым измеряется расстояние между ними. Поскольку $MN \perp 0''x''y''$, то $MN \parallel 0'x'z'$. Следовательно, ***MN*** проецируется на плоскость проекций $0'x'z'$ (профиль) в натуральную величину.

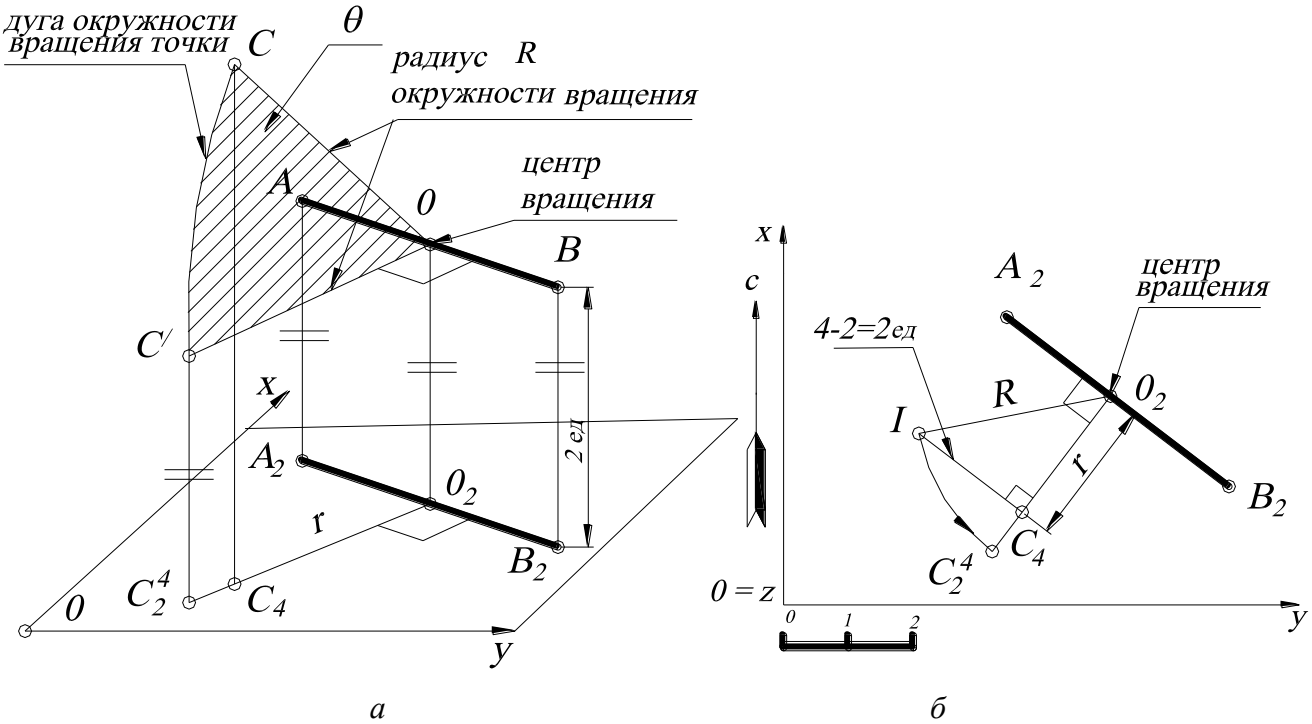
3.2. СПОСОБЫ ВРАЩЕНИЯ

В отличие от способа замены плоскостей проекций, где заданная фигура оставалась неподвижной, а плоскости проекций изменялись, преобразование чертежа можно добиться обратным путём, а именно: оставив плоскость проекций неподвижной, переместить фигуру в пространстве до желаемого положения. Такое перемещение фигуры в пространстве выполняется с помощью вращения.

Вращением фигуры вокруг оси называется такое движение, при котором каждая точка фигуры перемещается по окружности, плоскость которой перпендикулярна к оси вращения, центр расположен в точке пересечения оси вращения с плоскостью вращения, а радиус равен расстоянию от точки до оси вращения. В проекциях с числовыми отметками в основном используется способ вращения вокруг линии уровня.

Вращение вокруг линии уровня

Рассмотрим сначала сущность способа на примере вращения точки C_4 вокруг горизонтали $h_2 = A_2B_2$ (рис. 155).



а *б*

Рис. 155.

Пусть нужно построить проекцию точки C_4 после вращения вокруг горизонтальной прямой A_2B_2 на числовую отметку $z=2$ (новую проекцию точки после вращения будем обозначать C_2^4).

При вращении вокруг линии уровня точка C перемещается по окружности, плоскость которой θ перпендикулярна к линии $h_2 = A_2B_2$ (см. рис.155, *а*). Окружность с центром 0 и радиусом $R=|0C|$ проецируется на плоскость проекций $0xy$ в виде отрезка прямой $0_2C_2^4$. После поворота точки C, до совмещения с числовой отметкой $z=2$, точка C переместиться в точку C', которая спроецируется в точку C_2^4.

На чертеже эта задача решается следующим образом (см. рис. 155, *б*). Через точку C_4 проводят прямую, перпендикулярную к горизонтали $h_2 = A_2B_2$, и находят центр вращения 0_2. Отрезок прямой $C_40_2 = r$ – это проекция радиуса вращения точки C. Методом прямоугольного треугольника определяют натуральную величину радиуса вращения точки $R = 0_2I$. После этого обратным перемещением точки I находят новое положение точки C_2^4. Таким образом, точка C_4 перейдёт в положение C_2^4, а проекция отрезка прямой $0_2\ C_2^4$ будет параллельна основной плоскости проекций $0xy$.

Задача 1. Определить натуральную величину треугольника $A_6B_2C_{10}$ вращением вокруг горизонтали (рис. 156).

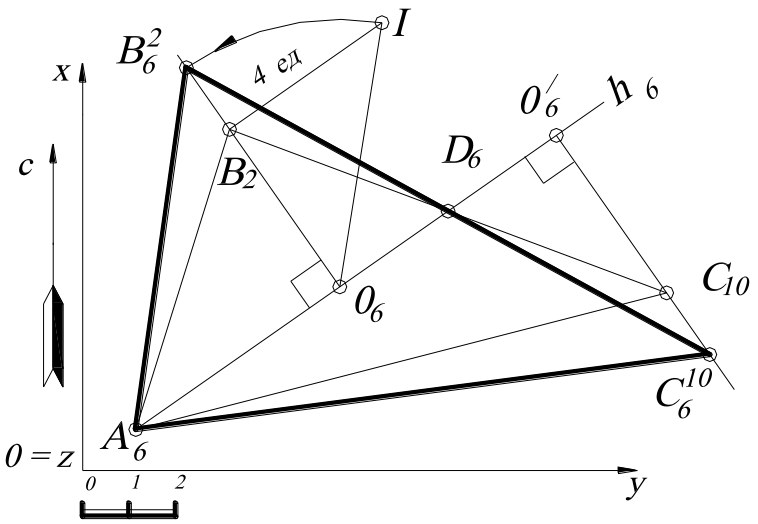


Рис. 156.

Через точку A_6 проводят горизонталь плоскости $A_6B_2C_{10}$. Для этого находят на прямой B_2C_{10} точку, имеющую отметку $z=6$ (выполняется с помощью градуирования, на чертеже не показано). При вращении вокруг горизонтали h_6 точка B_2 и точка C_{10} перемещаются в пространстве по окружностям, плоскости которых перпендикулярны оси вращения A_6D_6. Проекция радиуса вращения для точки B – B_2O_6, а для C – $C_{10}O'_6$. Находят натуральную величину радиуса вращения точки B_2 методом прямоугольного треугольника, а затем полученный отрезок совмещают с проекцией радиуса – точка B_6^2. Точку C_6^{10} можно определять аналогичным способом. Однако точка D_6 при вращении является неподвижной (так как принадлежит горизонтали h_6). Следовательно, прямая, соединяющая точки B_6^2 и D_6, в пересечении с прямой O'_6C_{10} определит точку C_6^{10}. Таким образом, треугольник $A_6\ B_6^2\ C_6^{10}$ будет являться натуральной величиной, так как параллелен основной плоскости проекций.

Второй вариант решения задачи – вращение треугольника $A_6B_2C_{10}$ с построением профиля, как показано на рис. 157. При этом плоскость профиля $0'x'z'$ задаётся перпендикулярно к горизонтали h_6. Тогда по отношению к плоскости профиля горизонталь h_6 будет являться проецирующей, а все точки треугольника будут перемещаться по окружностям, плоскости которых будут параллельны плоскости профиля (будут проецироваться на профиль в натуральную величину).

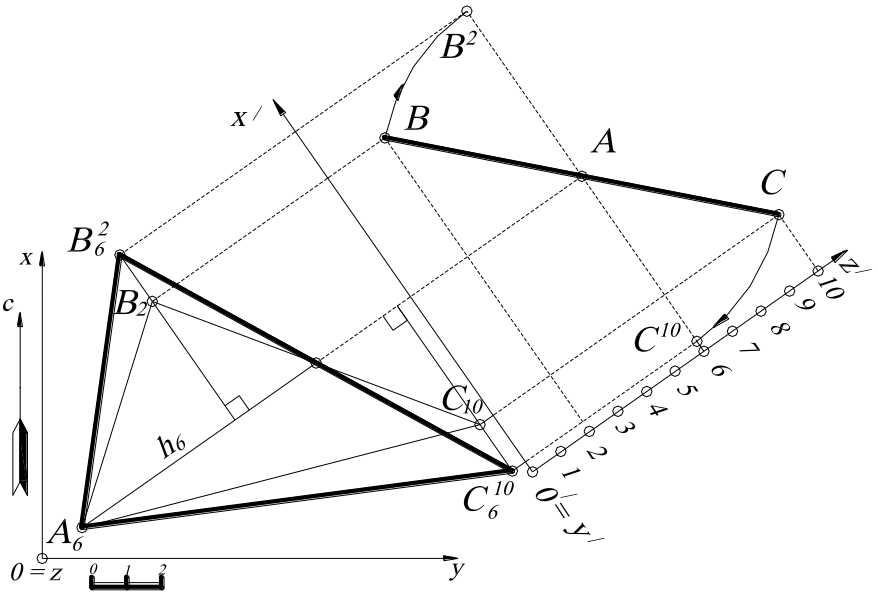


Рис. 157.

Задача 2. Найти угол наклона прямой A_7B_2 к плоскости общего положения P_i (рис. 158).

Угол наклона прямой к плоскости – это угол между заданной прямой и её проекцией на заданную плоскость. ***Алгоритм*: 1.** Находят точку пересечения заданного отрезка прямой AB и плоскости P_i – точка C. **2.** Из другого конца отрезка прямой AB (точки A) строят перпендикуляр m к заданной плоскости P_i и находят точку пересечения перпендикуляра m и заданной плоскости P_i – точка D. **3.** Прямая CD является проекцией отрезка заданной прямой AB на плоскость P_i. Поэтому угол θ - угол между прямыми AC и CD – искомый.

Решение задачи упрощается при построении профиля. Точка C определяется на плане из условия принадлежности к отрезку прямой AB, а точка D строится вначале на профиле, а затем по проекционной связи на плане (см. перпендикулярность прямой и плоскости). Построив проекцию угла θ, определяют натуральную величину этого угла вращением вокруг любой горизонтали, например, h_3.

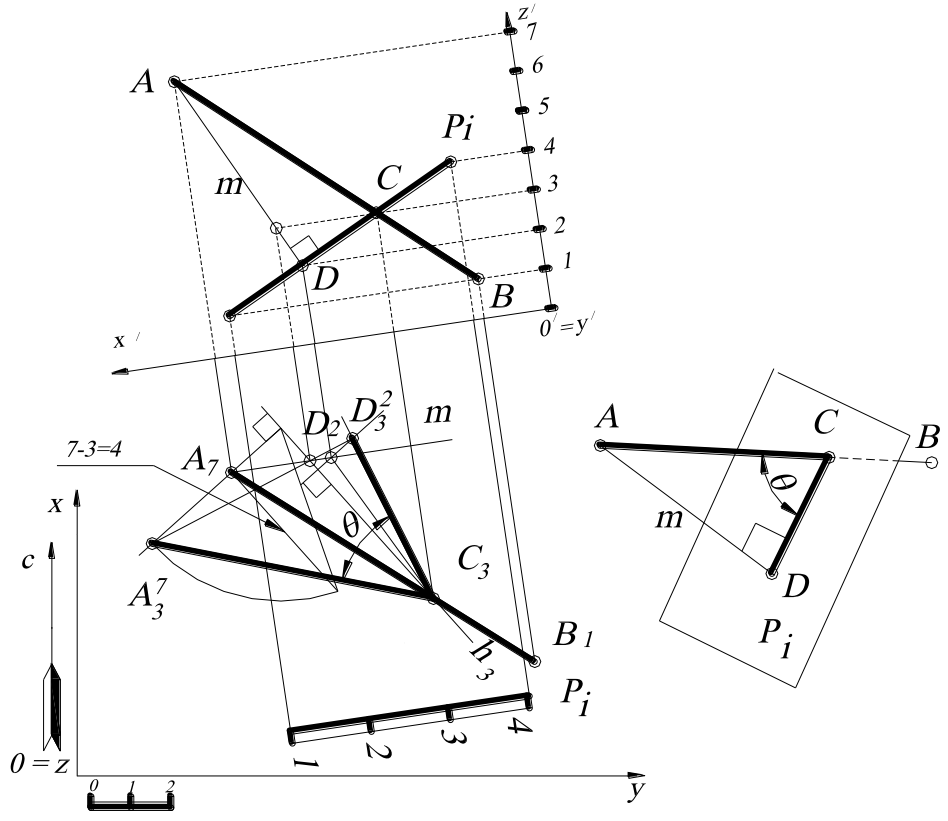
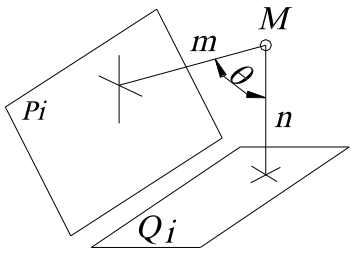


Рис. 158.

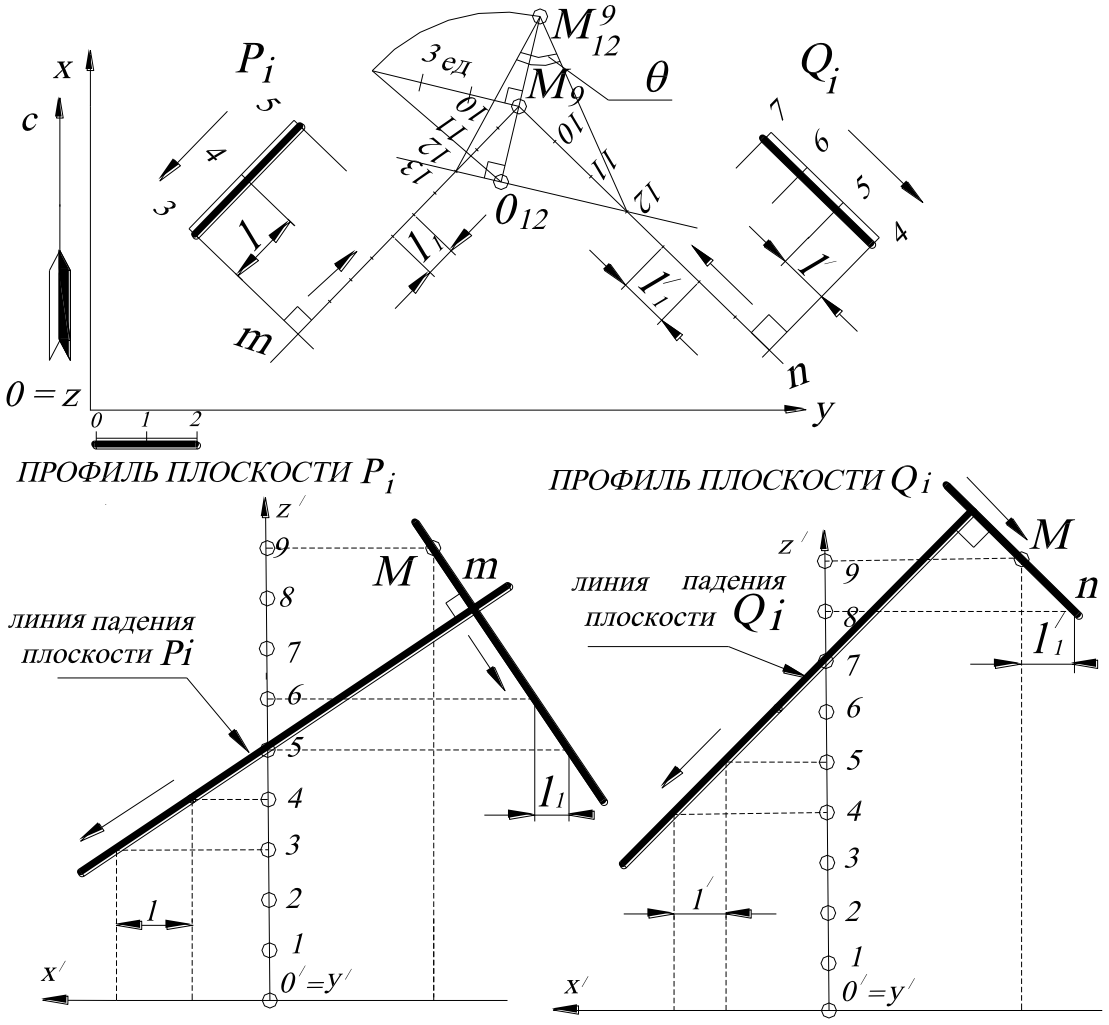
Задача 3. Найти двугранный угол между плоскостями P_i и Q_i.

Эту задачу решим двумя способами.

Решение 1: (рис.159, *а, б*). Для первого решения этой задачи используют следующий ***алгоритм*** (см. рис.159, *а*) Выбирают произвольную точку ***M***, из которой строят прямые ***m*** и ***n***, перпендикулярные плоскостям P_i и Q_i соответственно. Прямые ***m*** и ***n*** задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями.



а



б

Рис. 159.

На плане (см. рис. 159, *б*) плоскости P_i и Q_i заданы масштабами заложения. В соответствии с алгоритмом выбирают произвольную точку, например M_9, из которой строят проекции перпендикуляров m и n к заданным плоскостям соответственно. Проекции этих перпендикуляров на плане проецируются прямыми, перпендикулярными к проекциям горизонталей заданных плоскостей P_i и Q_i. Причём направление падения плоскости и направление падения перпендикуляра – противоположны. Для определения интервалов m и n строят профили перпендикуляров к линиям падения заданных плоскостей (см. рис. 159, *б*), то есть к линии падения плоскости проводят перпендикулярную прямую. Это можно сделать из любой точки, так как интервал перпендикуляра от этого не меняется. Затем на плане градуируют проекции m и n, в соответствии с направлением падения. Проекции прямых m и n задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям P_i и Q_i. Угол при вершине M_9 определяет проекцию двугранного угла между заданными плоскостями P_i и Q_i. Далее находят натуральную величину угла θ вращением вокруг произвольной горизонтали, например 12-й. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями P_i и Q_i.

Решение 2*:** (рис. 160, *а*, *б*). Для решения задачи используют следующий ***алгоритм (см. рис.160, *а*):

1. Находят линию пересечения a заданных плоскостей P_i и Q_i.

2. Строят плоскость F_i перпендикулярную к линии пересечения плоскостей a.

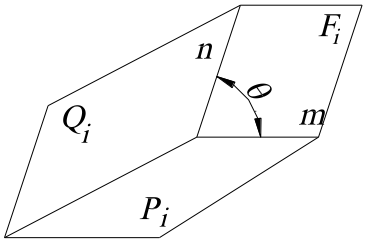
3. Находят линии пересечения m и n заданных плоскостей P_i и Q_i. с плоскостью F_i.

4. Угол θ между прямыми n и m является двугранным углом между заданными плоскостями P_i и Q_i.

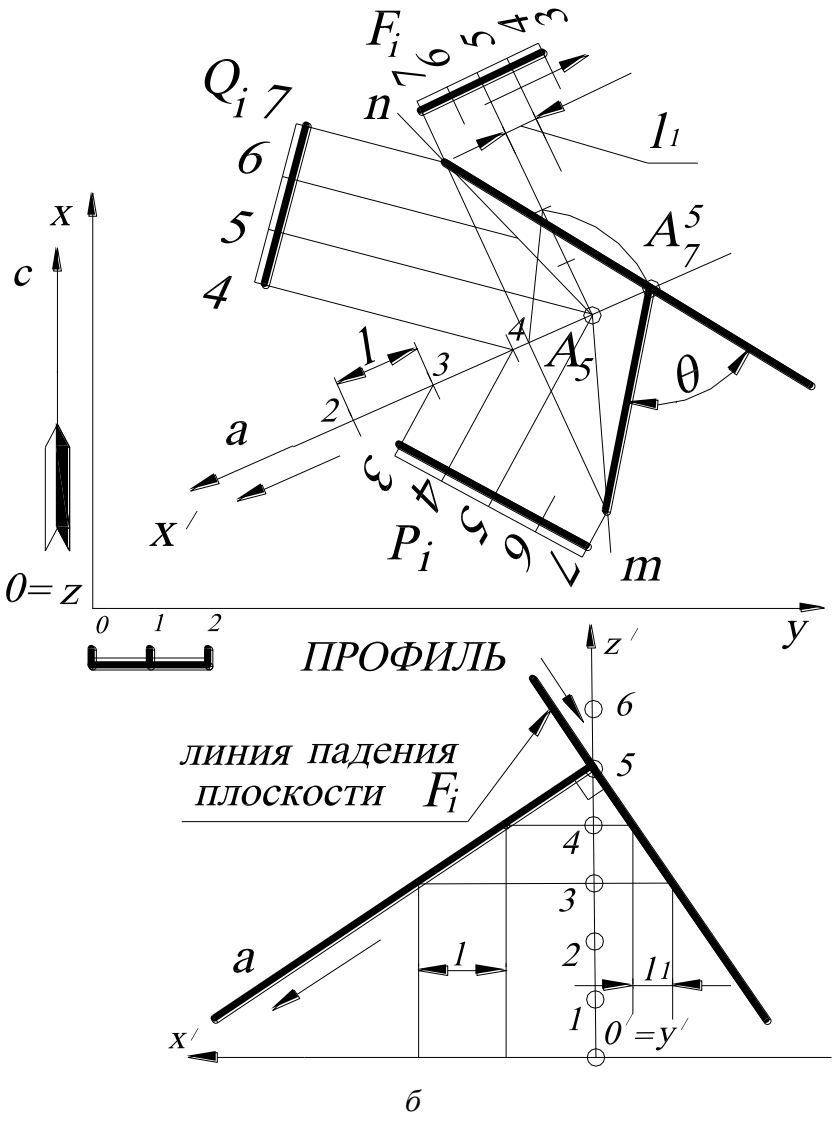
Построение на чертеже выполняется следующим образом (см. рис.160, *б*).

1. Плоскости P_i и Q_i заданы масштабами заложения. Проекция линии пересечения заданных плоскостей a задаётся парой точек – точек пересечения двух

пар горизонталей плоскостей P_i и Q_i с одинаковыми высотными отметками (h_4–h_4 и h_5-h_5). Для удобства построения точка пересечения горизонталей с **5**-й высотной отметкой обозначена A_5.



а



б

Рис. 160.

2. Через проекцию точки A_5 строят плоскость F_i, перпендикулярную прямой ***a***. Следовательно, горизонтали этой плоскости будут перпендикулярны к

заложению (проекции) прямой a, а масштаб заложения будет определяться построением профиля прямой a и перпендикулярной плоскости F_i, заданной на профиле линией падения. Интервал l_1 определяет горизонтали плоскости F_i с отметками ***4***-й и ***3***-й.

3. Находят линии пересечения заданных плоскостей P_i и Q_i и построенной плоскости F_i – m и n соответственно. Пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками задаёт прямые m и n.

4. Вращением точки A_5 вокруг любой горизонтали плоскости (например, ***7***-й), находят натуральную величину двугранного угла θ. Двугранный угол между плоскостями считается острым. Поэтому на рис. 160, *б* угол θ показан смежным с построенным тупым углом.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Показать на примере нахождение натуральной величины треугольника методом замены плоскостей проекций; методом вращения.
2. Построить точку S, равноудалённую от заданных точек A, B и C и удалённую от плоскости треугольника ABC на расстояние 25 мм. Координаты точек задать самостоятельно.
3. Построить точку S, равноудалённую от заданных точек A, B и C на расстояние 50 мм.
4. Дано: точка O_3, точка $A_?$ и расстояние R. Найти числовую отметку точки A, если известно, что расстояние между точками A и O равно R.
5. Дано: точки A, B, C и D. Построить проекцию точки O, равноудалённую от четырёх данных точек.
6. Дано: три параллельные прямые AB, CD и EF. Построить прямую, равноудалённую от заданных прямых.

4. КРИВЫЕ ЛИНИИ

4.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин «***кривая***» в различных разделах математики определяют по-разному. В начертательной геометрии кривую рассматривают как траекторию движения точки, как линию пересечения двух поверхностей и т. п.

Кривые классифицируются по их уравнениям и подразделяются на ***алгебраические*** и ***трансцендентные****, в зависимости от того, являются ли их уравнения алгебраическими или трансцендентными в прямоугольной системе координат.

Если кривая не описывается аналитически, то она называется незакономерной, например, задание топографической поверхности множеством плоских незакономерных кривых.

Алгебраические кривые подразделяются в зависимости от порядка кривой. Порядок кривой определяется степенью ее алгебраического уравнения, освобожденного от корней и радикалов.

Кривая называется ***плоской***, если все ее точки принадлежат некоторой плоскости, в противном случае она называется ***пространственной***.

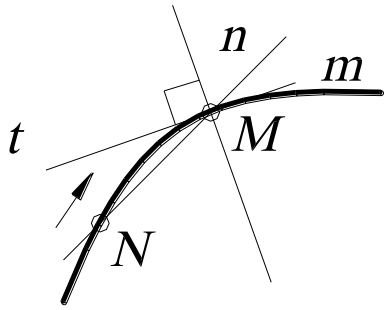


Рис. 161.

Для исследования локальных свойств плоской кривой строят в выбранной точке ***касательную*** и ***нормаль*** (рис. 161).

Касательной прямой ***t*** в точке ***M*** кривой ***m*** называется крайнее положение секущей ***MN***, когда точка ***N*** линии ***m*** стремится к точке ***M***.

* Алгебраическими называются кривые, которые описываются алгебраическими уравнениями (окружность, парабола, гипербола и т.д.)
Трансцендентными называются кривые, которые описываются тангенциальными уравнениями (синусоида, циклоида и т. д.)

Нормалью n к плоской кривой в точке ***M*** называется прямая, перпендикулярная касательной ***t*** в этой точке.

Для пространственной кривой в каждой точке имеется бесчисленное множество (∞^1) нормалей, образующих нормальную плоскость.

Точка кривой называется ***обыкновенной (регулярной)***, если в этой точке можно построить единственную касательную к кривой. Кривая в этой точке ***гладкая***.

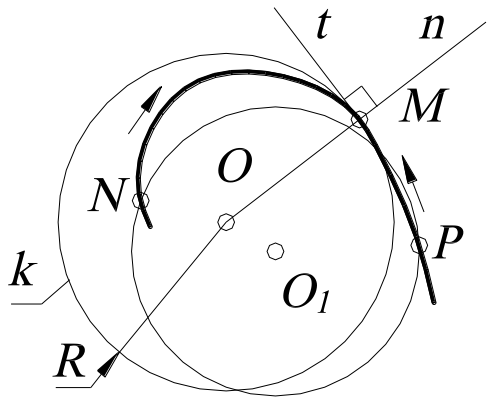


Рис. 162.

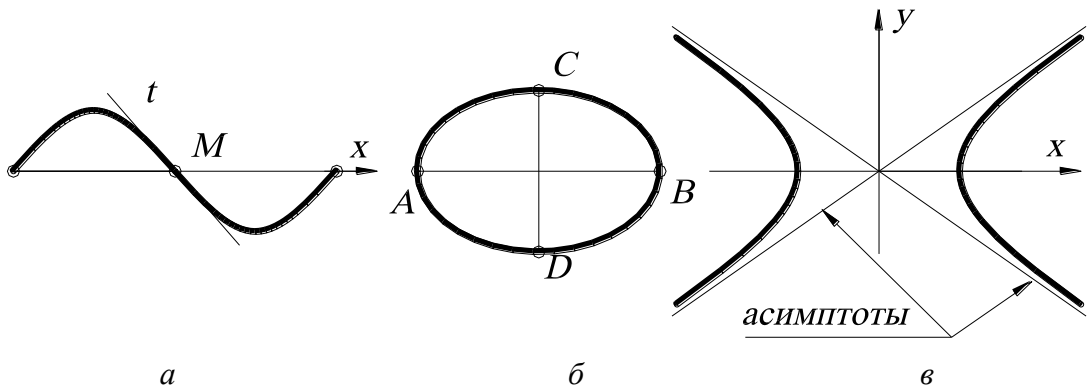
К локальным свойствам кривой также относится понятие ***кривизны***. Предельное положение окружности ***к***, проходящей через точку ***M*** и две другие ее близкие точки ***N*** и ***P***, когда $N \to M$, $P \to M$, называется ***кругом кривизны*** (или ***соприкасающаяся окружность***) кривой в точке ***M*** (рис. 162).

Центр ***O*** круга кривизны называется ***центром кривизны*** для точки ***M*** и находится на нормали к кривой в направлении ее вогнутости. ***Радиус круга кривизны R*** называется радиусом кривизны. Величина $K = 1/R$, обратная радиусу кривизны, называется ***кривизной кривой*** в данной точке.

Если в обыкновенной точке ***M*** кривой ***m*** кривизна имеет экстремальное значение, в частности, равна нулю, то точка ***M*** называется ***специальной***. К специальным точкам относятся ***точки перегиба*** (рис. 163, *а*)***, вершины кривой*** (рис. 163, *б*)***, несобственные точки*** (рис. 163, *в*).

В точке перегиба ветви кривой расположены по разные стороны от касательной ***t***, кривизна равна нулю, так как радиус кривизны становится бесконечно большим, например, кривизна *синусоиды* в точке ***M*** (см. рис. 163, *а*) равна нулю. В точке перегиба кривизна меняет знак. С одной стороны точки кривая ***выпуклая***, с другой – ***вогнутая***.

В окрестности неособой точки кривизна меняется плавно, в точке особой – скачком. Точки, в которых кривизна наибольшая или наименьшая, называются ***вершинами*** кривой. Вершины синусоиды (см. рис.163, *а*) – это её высшие и низшие точки.



а *б* *в*

Рис. 163.

В вершинах кривой кривизна имеет ***максимум*** или ***минимум***. Например, в точках ***A*** и ***B*** эллипса кривизна имеет максимальное значение, а в точках ***C*** и ***D*** – минимальное (см. рис.163, *б*). ***Несобственные точки кривой*** – это бесконечно удаленные точки пересечения кривой с несобственной прямой плоскости. Такие точки на чертеже имеют собственного представителя – ***асимптоты.*** Другими словами, касательная к кривой в её бесконечно удалённой точке называется ***асимптотой***. Например, гипербола имеет две несобственные точки – две асимптоты (см. рис.163, *в*).

Две кривые ***касаются***, если в их общей точке у них общая касательная.

Точки кривой называются ***особыми***, если в них не определено положение касательной. К ним относятся ***узловые*** (рис.164, *а*)***, изолированные*** (рис. 164, *б*)***, точки возврата*** первого и второго рода (рис.164, *в*, *г*), ***точки самоприкосновения*** (рис. 164, *д*)***, точки излома*** (рис. 164, *е*)***, точки прекращения***(рис. 164, *ж*)***, асимптотические*** (рис. 164, *з*).

Изолированная точка – действительная точка пересечения мнимых ветвей. Она может быть расположена вне действительной ветви кривой, однако ее координаты будут удовлетворять уравнению кривой.

Особые точки типа точки излома, точки прекращения, асимптотические точки могут существовать только у трансцендентных кривых.

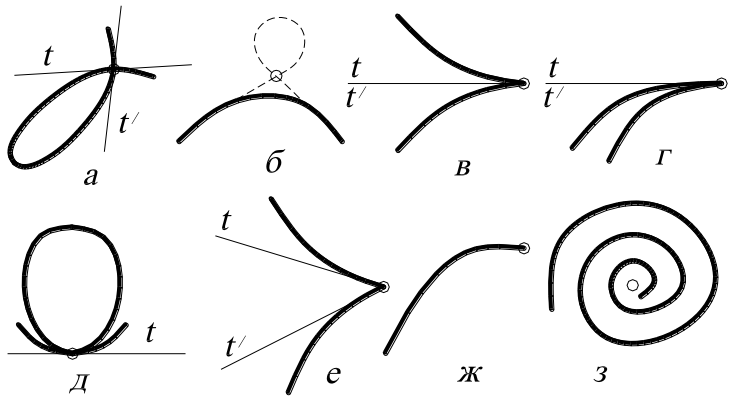


Рис. 164.

Асимптотическая точка (не путать с несобственной, бесконечно удаленной точкой) – это точка, вокруг которой кривая «закручивается» бесконечное число раз, подходя к ней на сколь угодно малое расстояние.

Уравнение ***f(x, y, C)=0***, где ***C*** – переменный параметр, определяет *однопараметрическое семейство кривых*. Кривая, касающаяся каждой кривой семейства, называется ***огибающей*** этого семейства. Каждая кривая является огибающей семейства своих касательных и семейства своих соприкасающихся окружностей.

На рис.165 показано семейство окружностей радиуса ***r***, центры которых лежат на окружности радиуса ***R***. Огибающая этого семейства – пара окружностей, если ***R>r*** (рис.165, *а*), ***R<r*** (рис.165, *в*), и одна окружность, если ***R=r*** (рис.165, *б*).

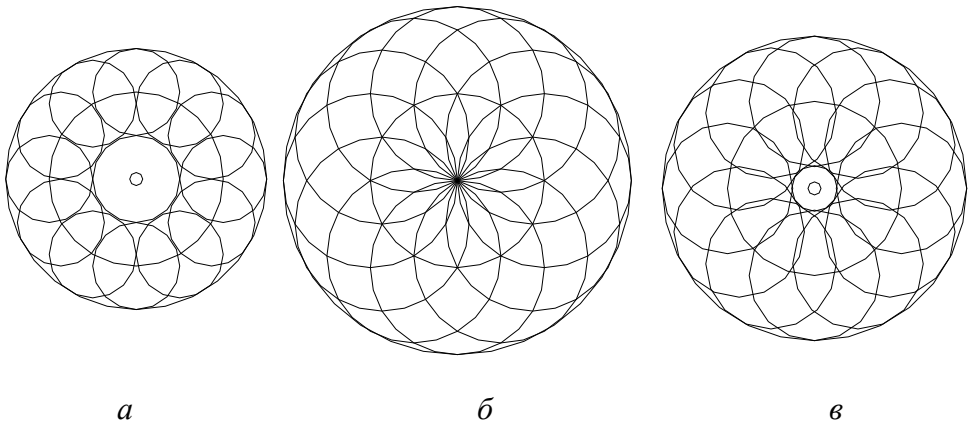


Рис.165

4.2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ КРИВЫХ

Плоские алгебраические кривые имеют три основные характеристики: ***порядок, класс, жанр.***

Порядок алгебраической кривой определяется степенью ее уравнения, записанного в декартовых координатах, после освобождения его от дробей и радикалов.

Алгебраическая кривая ***n***-го порядка определяется простыми $\frac{n\cdot(n+3)}{2}$ точками или соответствующим количеством кратных точек.

Кратная точка ***p*** эквивалентна следующему числу простых точек, вычисляемому формулой $\frac{p\cdot(p+1)}{2}$. Например, ***p =2***, двухкратная точка эквивалентна заданию трех простых точек, так как $\frac{2\cdot(2+1)}{2}=3$; ***p=3***, трехкратная точка эквивалентна заданию шести простых точек, так как $\frac{3\cdot(3+1)}{2}=6$ и т. д.

Графически порядок кривой определяется максимальным количеством точек пересечения кривой линии с прямой. При этом надо иметь в виду, что в число точек пересечения входят как действительные, так и мнимые точки. Например, задана кривая третьего порядка ***m***, которую прямая ***a*** пересекает в трех действительных различных точках, прямая ***b*** – в двойной и простой точках, прямая ***c*** – в двух совпавших (здесь касается) и одной отличной от них точках, а прямая ***d*** – в одной действительной и двух мнимых точках (рис. 166).

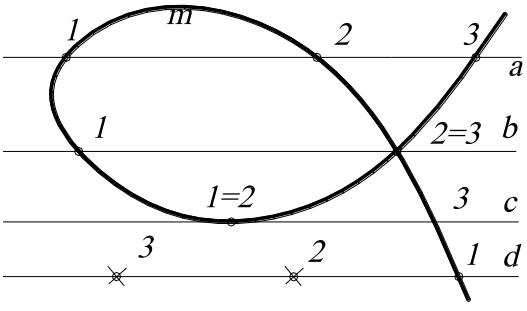


Рис. 166.

Класс алгебраической кривой определяется степенью ее уравнения, записанного в тангенциальных координатах, что можно определить графиче-

ски числом касательных, действительных или мнимых прямых, которые можно провести к этой кривой из произвольной точки, не лежащей на ней.

Кривые второго порядка являются также кривыми второго класса. Для кривых высших порядков в общем случае класс не равен порядку. Например, кривые третьего порядка могут быть кривыми третьего, четвертого, шестого классов.

Порядок кривых n, класс k, число двойных (узловых и изолированных) точек d, число точек возврата r, число двойных касательных t, число точек перегиба w связаны между собой формулами Плюккера:

$$k = n\cdot(n - 1) - 2d - 3r\ ; \qquad w = 3n\cdot(n - 2) - 6d - 8r;$$

$$n = k\cdot(k - 1) - 2t - 3w\ ; \qquad r = 3k\cdot(k - 2) - 6t - 8w\ .$$

Из этих формул следует, что кривая n-го порядка, не имеющая особых точек, будет кривой класса $k = n\cdot(n-1)$, а число точек перегиба такой кривой определяется равенством $w = 3n\cdot(n-2)$, причем в числе точек перегиба могут быть и мнимые.

При отсутствии особых точек алгебраическая кривая имеет максимально возможное число точек перегиба. Известно, что кривая n-го порядка может иметь не более $\frac{(n-1)\cdot(n-2)}{2}$ двойных точек.

Жанр (***род***) кривой определяется числом p, являющимся разностью между наибольшим числом двойных точек, которые может иметь кривая этого порядка, и их фактическим числом у данной кривой.

$$p = \frac{(n-1)(n-2)}{2-d-r} \qquad \text{или} \qquad p = \frac{(k-1)(k-2)}{2-t-w}.$$

Если рассматриваемая кривая имеет наибольшее число двойных точек, возможных для кривой ее порядка, то она будет кривой нулевого жанра.

Кривая нулевого жанра обладает весьма важным свойством, а именно: координаты точки, описывающей эту кривую, могут быть выражены рациональными функциями некоторого параметра.

В силу этого свойства кривые нулевого жанра называются рациональными (уникурсальными) кривыми.

Более сложными по свойствам являются кривые первого, второго и т. д. жанров. Например, в случае кривых первого жанра правые части их параметрических уравнений могут быть выражены эллиптическими функциями параметра, в силу чего такие функции называют эллиптическими.

Для рациональных кривых количество точек перегиба минимально, а количество особых точек максимально.

4.3. ПРИБЛИЖЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ КАСАТЕЛЬНЫХ И НОРМАЛЕЙ К ПЛОСКИМ КРИВЫМ

Касательные и нормали к плоским кривым можно строить графически или с помощью специальных приборов. Рассмотрим способы построения касательных и нормалей к плоским кривым, основанные на построении так называемых кривых ошибок.

Построение касательной, проходящей через точку, лежащую вне данной кривой (рис. 167).

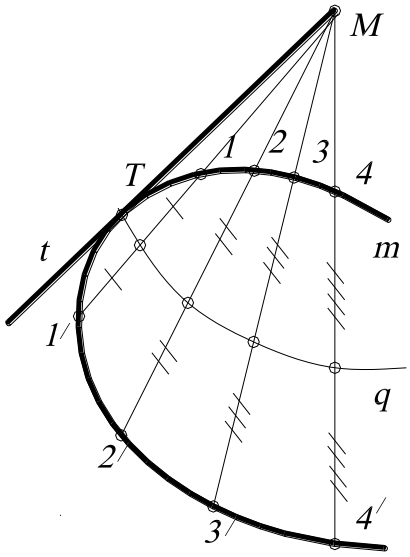


Рис. 167.

Через данную точку ***M*** проводят ряд секущих прямых. Точки их пересечения с кривой ***m*** обозначим соответственно ***1, 1′, 2, 2′, 3, 3′, 4, 4′.*** Находим середину каждой из полученных хорд и построим кривую ***q***, являющуюся их геометрическим местом. Точка ***T*** пересечения данной и построенной кривых будет точкой касания, а прямая ***TM*** – искомой касательной. Линию ***q*** называют ***кривой ошибок.***

Построение касательной, параллельной заданному направлению S

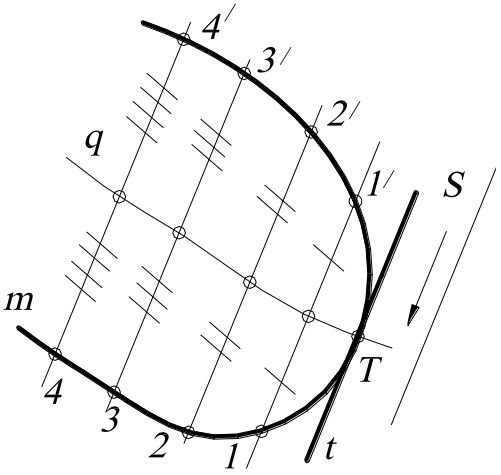


Рис. 168.

Проводят ряд прямых, параллельных прямой ***S*** и пересекающих данную кривую ***m*** соответственно в точках ***1, 1′, 2, 2′, 3, 3′, 4, 4′*** (рис. 168). Находят середины хорд ***11′, 22′, 33′, 44′*** и строят кривую ошибок ***q*** – геометрическое место середины хорд. Точка пересечения построенной и данной кривых будет точкой касания. Касательная ***t*** проходит через точку ***T*** параллельно данному направлению ***S***.

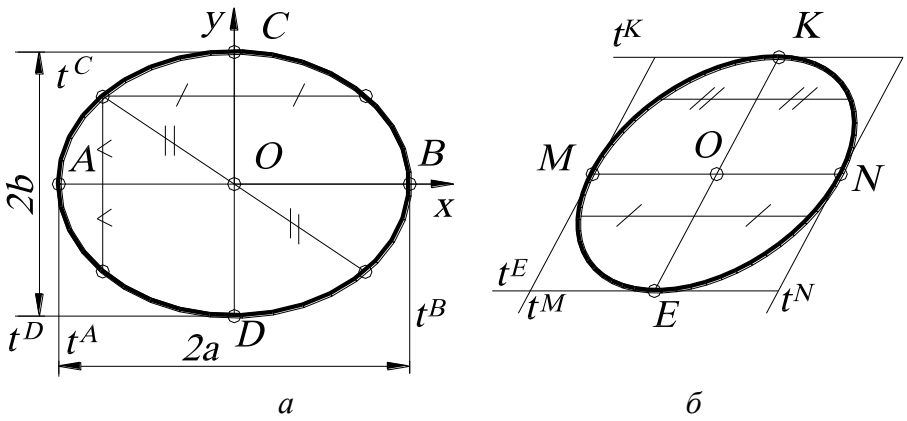
4.4 КРИВЫЕ ВТОРОГО ПОРЯДКА (КОНИКИ)

Уравнениям второй степени соответствуют кривые второго порядка: эллипс, гипербола и парабола. Окружность является частным случаем эллипса. Все эти линии можно встретить на конической поверхности вращения, поэтому их нередко называют кониками (построение конических сечений см. в п. 6.5 «Конические сечения»).

Параметрическое число ***p*** кривых второго порядка равно $p = \frac{m(m+3)}{2} = \frac{2(2+3)}{2} = 5$ (где ***m*** – порядок кривой, см. «размерность кривых»), то есть, чтобы задать кривую второго порядка однозначно, нужно задать пять параметров, например, пять точек; три точки и две касательные и т. п.

ЭЛЛИПС описывается уравнением $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$.

Если $a=b=R^2$, то $x^2+y^2=R^2$ – уравнение окружности.



а *б*

Рис. 169.

Эллипс – это замкнутая кривая, симметричная относительно осей ***AB***, ***CD*** и центра ***O*** (рис.169, *а*). Через центр эллипса проходят его диаметры. Диаметр эллипса ***AB*** есть его ***большая ось***, а ***CD*** – ***малая ось***. ***|AB|=2a***, ***|CD|=2b***; ***AB⊥CD***. Диаметры ***AB*** и ***CD*** называют главными осями эллипса, а их концы – точки ***A***, ***B***, ***C***, ***D*** – его вершинами.

Всегда можно подобрать такую пару диаметров эллипса, что хорды, параллельные одному из диаметров, делятся другим пополам. Такие диаметры называют ***сопряжёнными***. На рис.169, *б* построена пара сопряжённых диаметров – ***MN***, ***KE***.

Касательные к эллипсу, построенные в концах его сопряженных диаметров (прямые ***t***), параллельны соответствующим диаметрам.

Графически можно построить любую точку эллипса, если заданы концы его сопряженных диаметров: ***A***, ***B*** и ***C***, ***D*** (рис. 170). В этом случае эллипс построен равномерным сжатием окружности в направлении ***OC⊥AO***, то есть из центра эллипса ***O*** строят прямую ***OM*** до пересечения с большей окружностью. Затем находят точку ***M*** как пересечение прямых, параллельных сопряженным диаметрам ***AB*** и ***CD***.

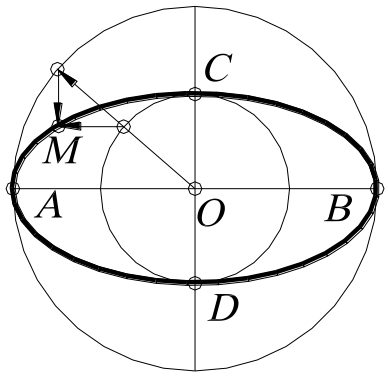


Рис. 170.

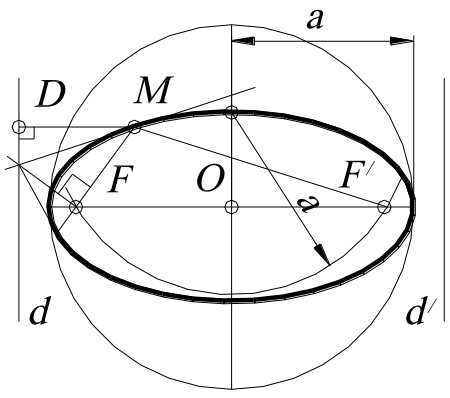


Рис. 171.

Фокусы и директрисы эллипса

1. *Эллипс есть множество таких точек* M*, для которых сумма расстояний* MF *и* MF' *до двух фиксированных точек* F *и* F' *постоянна.*

2. Эллипс есть множество таких точек M*, для которых отношение расстояния* MF *до фиксированной точки* F *к расстоянию* MD *до фиксированной прямой* d *равно постоянной величине* $\varepsilon<1$.

Точки F и F' называются ***фокусами*** эллипса (рис.171). Прямые d и d' называются ***директрисами*** эллипса (фокусу F соответствует директриса d). Отношение $MF:MD=\varepsilon$ называется ***эксцентриситетом*** эллипса. Фокусы лежат на большой оси эллипса, а директрисы ей перпендикулярны. Расстояние между фокусами обозначают $2c$, при этом $c^2=a^2-b^2$ и $\varepsilon=c:a$, где a и b – большая и малая полуоси эллипса. Постоянная сумма $MF+MF'$ равна $2a$. Поэтому если даны оси эллипса, то фокусы находят в пересечении большой оси с окружностью радиуса a с центром в конце малой оси. Построение точки D (см. рис.171), через которую проходит директриса d, выполняется следующим образом. В точке F восстанавливается перпендикуляр, который в пересечении с касательной, проведённой через точку M, определяет точку D. Директрисы эллипса симметричны относительно малой оси эллипса.

Множество точек M, для которых отношение MF до фиксированной точки F (фокуса) к расстоянию MD до фиксированной прямой d (директрисы) есть постоянная величина ε, называется ***гиперболой***, если $\varepsilon>1$, и параболой, если $\varepsilon=1$.

ГИПЕРБОЛА описывается уравнением $\frac{x^2}{a^2}-\frac{y^2}{b^2}=1$.

Гипербола – геометрическое место точек M, разность расстояний $r-r'=|MF|-|MF'|$ которых до двух заданных точек F и F' есть величина постоянная, равная $2a$. Точки F, F' – ***фокусы*** гиперболы, расстояние от F до F' – фокусное расстояние, а точки A и A' - вершины гиперболы. Отрезки $AA'=2a$ и $BB'=2b$ – действительная и мнимая оси гиперболы (рис. 172). Гипербола – это незамкну-

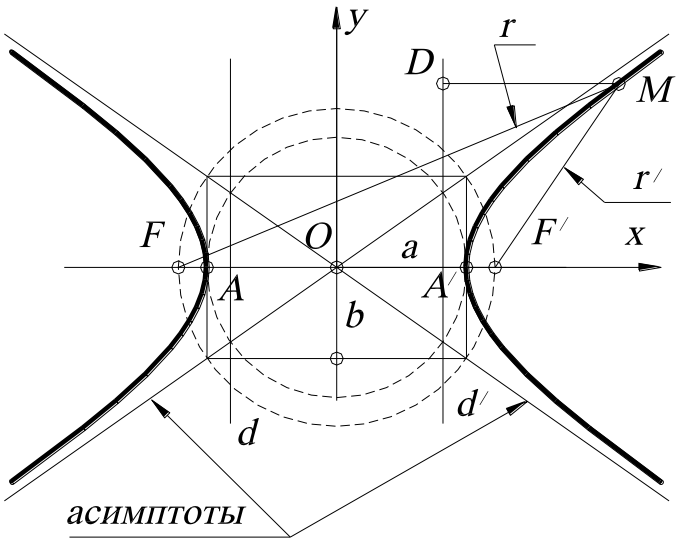


Рис. 172.

тая центральная кривая, начало координат – ***центр*** гиперболы ***O***. Она имеет две бесконечные ветви, которые неограниченно приближаются в бесконечно удаленных точках к двум прямым, называемым ***асимптотами***. Директрисы ***d*** и ***d′*** параллельны мнимой оси гиперболы.

Рассмотрим построение гиперболы по заданным вершинам ***A*** и ***A′*** и фокусному расстоянию ***FF′*** (рис. 173).

Разделив фокусное расстояние ***FF′*** пополам, получают точку ***O***, от которой в обе стороны откладывают по половине заданного расстояния между вершинами ***A*** и ***B***. Слева от фокуса ***F*** задают ряд произвольных точек ***1, 2, 3***… (напоминаем, что коника однозначно определяется заданием пяти точек). Из фокуса ***F*** описывают дугу вспомогательной окружности радиусом ***r***, равным, например, расстоянию от вершины гиперболы ***A′*** до точки ***3***. Из фокуса ***F′*** проводят вторую дугу вспомогательной окружности радиусом ***r′***, равным расстоянию от вершины ***A*** до точки ***3***. На пересечении этих дуг находят точку ***M*** и точку ей симметричную относительно прямой ***AA′***, принадлежащие гиперболе. Таким же способом находят остальные точки гиперболы. Вторая ветвь гиперболы строится симметрично первой.

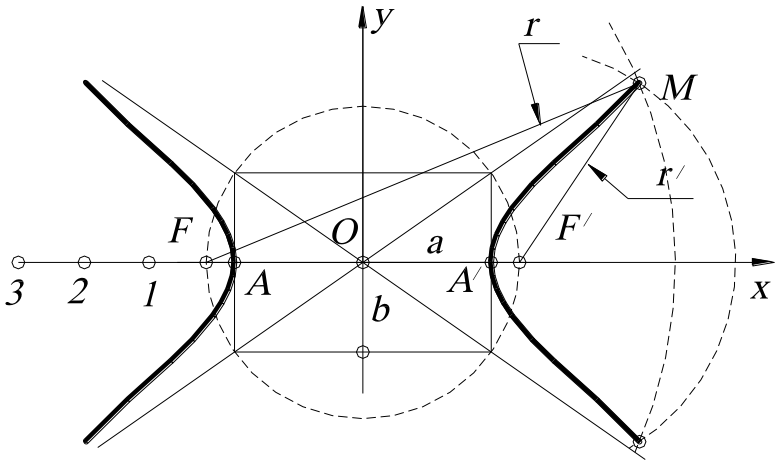


Рис. 173.

ПАРАБОЛА определяется уравнением

$$y^2 = 2px.$$

Парабола (рис. 174) – геометрическое место точек ***M***, равноудаленных от данной точки ***F***, называемой ***фокусом***, и прямой ***d***, называемой ***директрисой***.

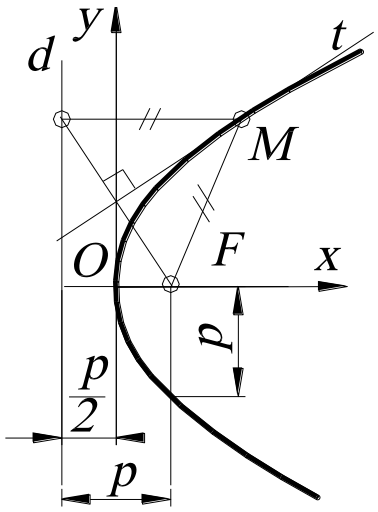
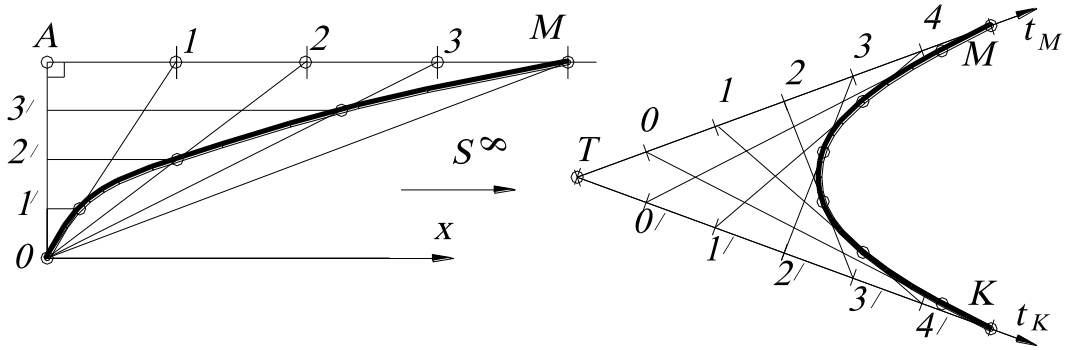


Рис. 174.

Расстояние от фокуса до директрисы $FK = p$ называется ***параметром*** параболы, прямая ***FK*** – ***осью***, а середина ***FK*** – ***вершиной*** параболы.

Если требуется построить параболу по заданной вершине ***O***, оси симметрии ***x*** и точке ***M*** (рис.175, *а*), то строится вспомогательный прямоугольный треугольник ***OMA***. Его стороны ***OA*** и ***AM*** делят на одинаковое число равных частей и проводят прямые ***01, 02, 03***, … и прямые, параллельные оси симметрии ***x***: $S^{\infty}1'$, $S^{\infty}2'$,…***MA*** ($S^{\infty} \subset x$), в пересечении которых получаем точки искомой параболы.



а *б*

Рис.175

На рис.175, *б* дан пример построения параболы по двум её точкам ***M*** и ***K*** и двум пересекающимся в точке ***T*** касательным t^M и t^K. Отрезки ***MT*** и ***KT*** ($T = t^M \cap t^K$) делят на одинаковое число равных частей и соединяют, как показано на рис. 175, *б*. Эти прямые служат касательными к параболе. В образованный контур вписывают плавную кривую – искомую параболу, которая огибает построенные прямые.

4.5. ТРАНСЦЕНДЕНТНЫЕ КРИВЫЕ

Трансцендентными* называются кривые, уравнения которых, будучи записаны в прямоугольной системе координат, не являются алгебраическими.

Разлагая в ряд правую часть уравнения такой, например, трансцендентной кривой, как $y=\sin x$ (синусоида, см. рис.163, *а*), получают уравнение, содержащее алгебраические функции, однако число членов в нём будет неограниченным, а степень бесконечно большой. Это дает основание рассматривать трансцендентные кривые как алгебраические линии бесконечно высокого порядка. Соответственно этому можно полагать, что характерные точки алгебраических кривых (точки перегиба, особые точки и т. п.) у трансцендентных кривых могут встречаться в *бесконечном количестве*. И это на самом деле так: трансцендентная кривая может пересекать прямую в бесконечном числе точек, у нее может быть бесконечное число вершин даже на сколь угодно малом интервале (например, у кривой $y = \sin\frac{1}{x}$ вблизи начала координат), бесконечное количество точек перегиба, асимптот и т. д.

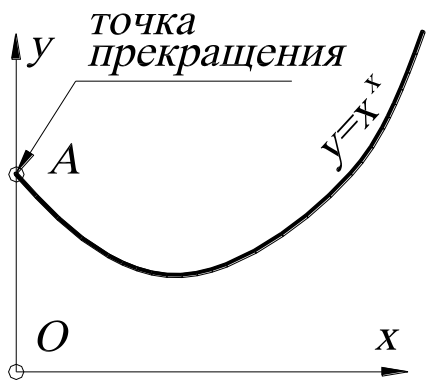


Рис. 176.

Но помимо этой особенности у трансцендентных кривых могут быть характерные точки особой природы, которые не существуют у алгебраических кривых. К ним относятся *точки прекращения*, обладающие той особенностью, что окружность достаточно малого радиуса, проведённая из такой точки как из центра, пересекает кривую только в одной точке (например, кривая $y=x^x$, называемая ***степенно-показательной кривой***, рис. 176). Сюда же относятся также

* Трансцендентный от лат. transcendens – выходящий за пределы.

угловые точки, в которых прекращаются две ветви кривой, причём каждая из них имеет в этой точке свою касательную.

Трансцендентная кривая может иметь также *асимптотическую точку*, к которой неограниченно приближается ветвь кривой, делая вокруг этой точки бесконечное количество оборотов, например, у спирали золотого сечения точка ***O*** является асимптотической (рис. 177). Построение спирали выполнено следующим образом. Построен прямоугольник золотого сечения. Это означает, что $\frac{BC}{CD}=\frac{BD}{BC}$, где сторона ***BC=AB***. Для построения стороны ***BD*** строят квадрат ***ABCH***, делят сторону ***BC*** пополам и получают точку ***M***. Проводят дугу окружности радиусом ***MH*** до совмещения с продолженной стороной ***BC*** и получают точку ***D***. Затем квадрат ***ABCH*** достраивают до прямоугольника ***ABDF***. Прямоугольник ***ABDF*** называется *прямоугольником золотого сечения*. По построению прямоугольник золотого сечения ***ABDF*** делится на квадрат***ABCH*** и меньший прямоугольник золотого сечения ***CDFH***. От малого прямоугольника ***CDFH*** можно отрезать другой квадрат, оставляя ещё меньший прямоугольник, и продолжать этот процесс до бесконечности. Что касается построения кривых отрезков спирали, то они получены четвертями окружностей из центров ***H, J***,…. Таким образом, мы получаем бесконечную последовательность точек: …., ***I, G, E, C, A***,… . Полученные точки лежат на равноугольной (логарифмической) спирали, уравнение которой имеет вид: $\rho = a^{\varphi}$. Другими словами, логарифмическую спираль можно приблизить спиралью, образованной четвертями

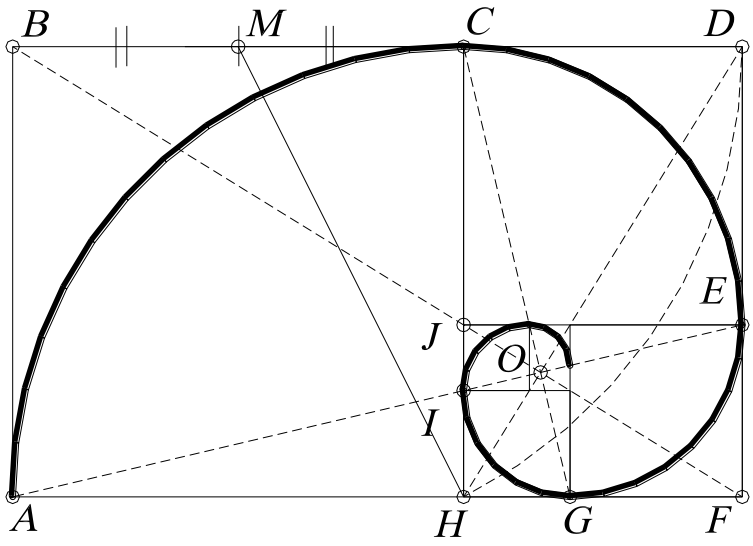


Рис. 177.

окружностей, вписанными в последовательные квадраты, изображенные на рис.177. Однако логарифмическая спираль пересекает стороны квадратов под очень малыми углами, а не касается их.*

Помимо указанных характерных точек трансцендентные кривые могут иметь бесконечное множество *изолированных точек*, образующих *пунктирную ветвь*. Особым свойством трансцендентных кривых является и то, что для некоторых из них длина дуги, отсчитываемая от какой-либо точки кривой до её асимптотической точки, является величиной конечной, у других же эта длина неограниченно велика.

Сложность природы трансцендентных кривых затрудняет их изучение. До сих пор нет удовлетворительной классификации трансцендентных кривых. Попытки определить основы теории этих кривых были малосостоятельны и сводились главным образом к тому, чтобы создать общую теорию, охватывающую своими предложениями одновременно и алгебраические, и трансцендентные кривые.

4.6. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КРИВЫЕ. ТРЕХГРАННИК ФРЕНЕ

Исследование любой кривой включает в себя исследование кривой в целом и исследование в окрестности ее точки. Для исследования свойств кривой в целом необходимо установить общие свойства кривой и ее проекции. Естественно, они связаны со свойствами проецирования и справедливы для проекций плоских кривых.

1. Несобственная точка кривой проецируется в несобственную точку ее проекции. Это свойство – следствие свойства параллельного проецирования, которое представляет собой однозначное отображение, ставящее в соответствие несобственные точки пространства несобственным точкам плоскости.

* Кокстер Г. С. М. Введение в геометрию. М.: Наука, 1966. – 242 с.

2. Касательная к кривой проецируется в касательную к ее проекции, если направление проецирования не параллельно касательной (в противном проецируется в точку).

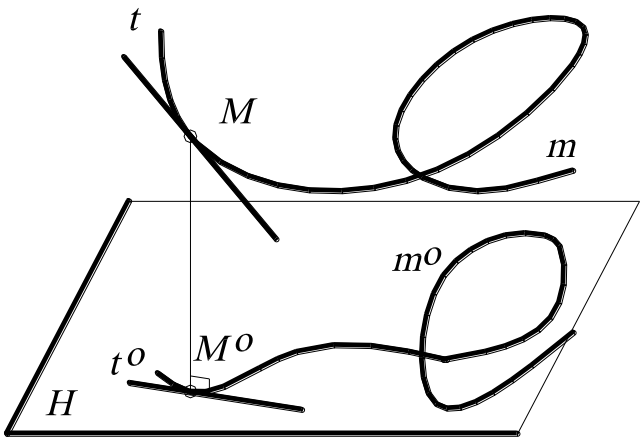


Рис. 178.

Как известно, касательная – это прямая, секущая (пересекающая) кривую в двух совпавших точках (рис.178).

При параллельном проецировании точкам кривой однозначно соответствуют точки ее проекции. Следовательно, двум совпавшим точкам пересечения касательной к кривой соответствуют две совпавшие точки проекции касательной и проекции кривой. Это свойство дает обоснование способа построения касательной ***t*** к кривой ***m*** в ее точке ***M***.

Порядок алгебраической (в общем случае) кривой равен порядку проекции кривой.

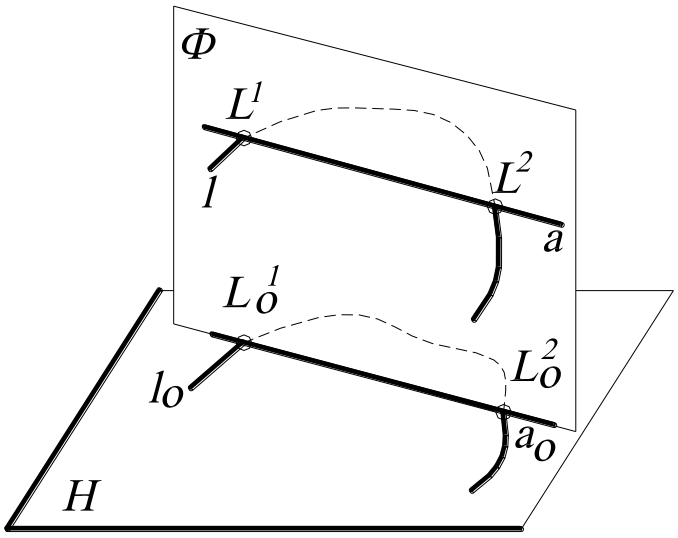


Рис. 179.

Проводят некоторую проецирующую плоскость ***Ф***, которая пересекает данную кривую ***1 n***-го порядка в ***n*** точках $\boldsymbol{L^i}$, где ***i=1,2,…,n*** (рис.179). Согласно однозначности проецирования, проекция прямой $\boldsymbol{a_0 = \Phi \cap H}$ пересекает проекцию $\boldsymbol{l_0}$ кривой ***l*** также в ***n*** точках, то есть $\boldsymbol{L_0^i}$, где ***i=1,2,…n***.

В частных случаях проекция может распадаться и иметь меньший, чем у кривой, порядок. Например,

кривая второго порядка, лежащая в проецируемой плоскости, проецируется в «двойную» прямую, то есть каждая проецирующая прямая пересекает оригинал (кривую второго порядка) дважды.

В общем случае, если каждая проецирующая плоскость пересекает оригинал в ***k*** точках, то порядок проекции в ***k*** раз меньше, чем порядок у оригинала. Если центр проецирования находится на кривой в ее обыкновенной точке, то порядок проекции меньше на единицу, если в ***k***-кратной точке, то порядок меньше на ***k***.

Исследования свойств пространственной кривой в окрестности ее точки. Трехгранник Френе. Исследования так называемых дифференциальных (локальных) свойств производятся путем построения проекций кривой на грани сопровождающего трехгранника, называемого трехгранником Френе*.

Покажем построение сопровождающего трехгранника кривой, не останавливаясь на методике такого исследования, так как это предмет дифференциальной геометрии. Он состоит из трех ребер – ***касательной, нормали*** и ***бинормали*** – и из трех граней – ***соприкасающейся, нормальной*** и ***спрямляющейся плоскости*** (рис. 180). Все плоскости, проходящие через касательную ***t*** к кривой ***m*** в точке ***M***, называются касательными. Таких плоскостей можно провести пучок (∞^1). Среди них одна называется ***соприкасающейся плоскостью*** Θ, являющейся предельным положением некоторой плоскости Θ (M, M^1, M^2) при стремлении точек M^1, M^2 вдоль кривой к точке M.

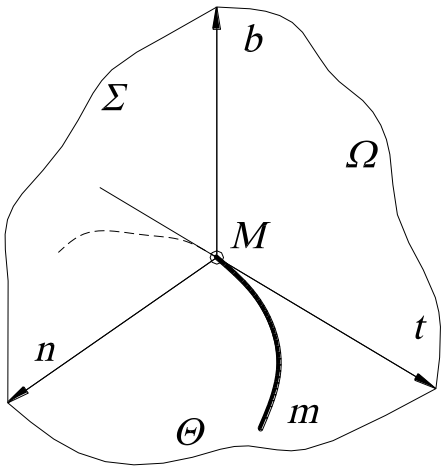


Рис. 180.

Из дифференциальной геометрии известно, что соприкасающаяся плоскость Θ наилучшим образом приближается в

* Трехгранник Френе – по имени французского ученого Френе (Frenet), предложившего его впервые в 1847 г.

окрестности точки ***M*** к кривой ***m***. Поэтому эту кривую ***m*** в окрестностях точки ***M*** рассматривают как плоскую.

Плоскость $\Sigma(M \in \Sigma)$, перпендикулярная касательной ***t***, называется ***нормальной***. Плоскость $\Omega \in t$, перпендикулярная плоскости Θ, называется ***спрямляющей***.

4.7. ВИНТОВЫЕ ЛИНИИ

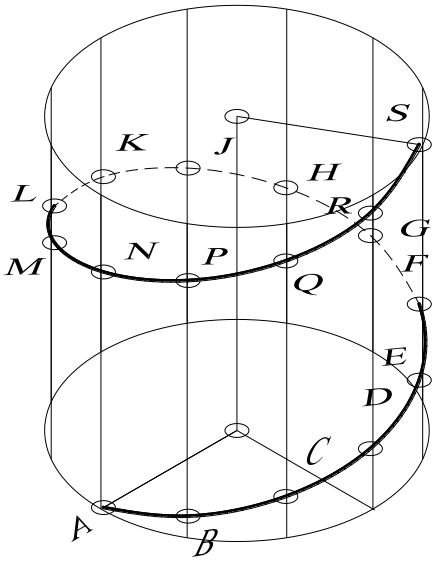


Рис. 181.

Цилиндрическая винтовая линия (рис. 181) описывается точкой, совершающей равномерное движение по образующей цилиндра вращения, которая, в свою очередь, равномерно вращается вокруг оси цилиндра. Смещение ***AN*** вдоль образующей при одном полном обороте называется ***шагом*** (***h***) винтовой линии.

Величина $p = \frac{h}{2\pi}$ - параметр винтовой линии, который определяет перемещение ***r*** точки вдоль оси за время поворота последней на угол φ, равный одному радиану*.

Различают правую и левую винтовые линии. Радиус цилиндра ***r*** и его ось ***i*** называют соответственно ***радиусом*** и ***осью*** винтовой линии. Для определения винтовой линии необходимо задать две величины – ***h*** (шаг) и ***r***.

Таким образом, винтовая линия – это кривая, определяемая двумя параметрами. Цилиндрические винтовые линии обладают свойством сдвигаемости, то есть могут сдвигаться сами по себе. Две дуги одинаковой длины одной и той

* От лат. Radius – радиус – центральный угол, соответствующий дуге, длина которой равна радиусу этой окружности. Содержит приблизительно $57^0 17' 45$. Принимается за единицу измерения углов.

же винтовой линии совпадают при наложении друг на друга. Этим свойством обладают также прямая и окружность.

Построение проекций винтовой линии определяется характером ее образования в пространстве (рис. 182).

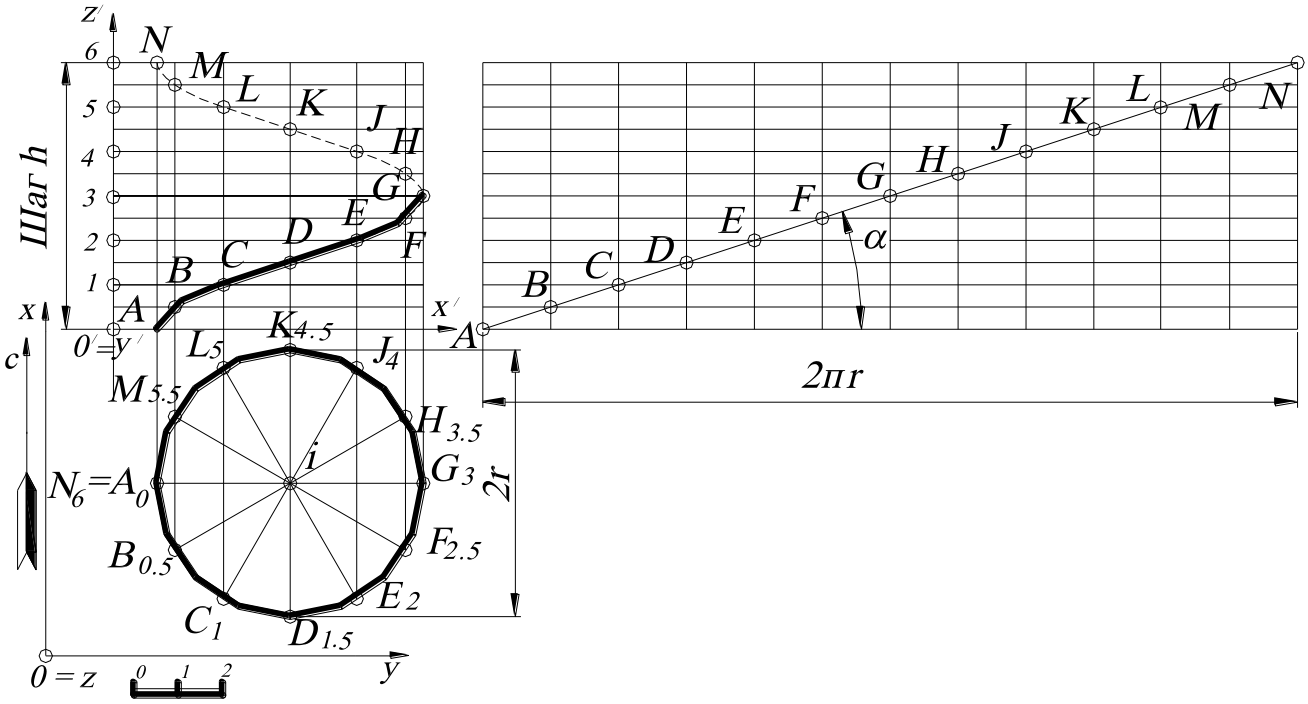


Рис. 182.

Горизонтальная проекция цилиндра и винтовой линии – окружность, совпадающая с проекцией окружности основания цилиндра. Если цилиндр разрезать по его прямолинейной образующей ***AN*** (рис.182) и, разгибая, разгладить по плоскости, получится развёртка цилиндра – прямоугольник с высотой ***h*** и основанием $2\pi r$, в которое развернётся окружность основания цилиндра. Винтовая линия в результате развёртывания превратится в прямую – диагональ прямоугольника. Это означает, что винтовая линия пересекает все образующие под одним и тем же углом α.

Для построения развёртки винтовой линии (см. рис.182) делят окружность основания цилиндра, являющуюся горизонтальной проекцией винтовой линии, и отрезок, равный шагу ***h***, отложенный на оси цилиндра, соответственно на одинаковое число равных частей. На рассматриваемом чертеже взято ***12*** ча-

стей. Тогда точки на профиле винтовой линии будут лежать на пересечении соответствующих горизонтальных и вертикальных прямых, проведенных через одноименные точки деления. Полученные точки соединяют плавной кривой. Как следует из способа построения, данная кривая является гелисой.

При развертывании цилиндрической поверхности на плоскость винтовая линия на развертке превращается в прямую, наклоненную под углом α к горизонтальной прямой – развертке основания цилиндра. Это следует из закона образования винтовой линии, по которому равным угловым перемещениям точки по окружности соответствуют равные прямолинейные перемещения, перпендикулярные плоскости окружности. На развертке равным отрезкам горизонтальной прямой будут соответствовать равные перемещения точки в вертикальном направлении. Итак, траектория точки на развертке представляет собой линию, у которой ординаты точек пропорциональны абсциссам, то есть прямую.

Угол α равен углу подъема винтовой линии и определяется по формуле

$$tg\alpha = \frac{h}{2\pi r} = \frac{p}{r}.$$

Тот факт, что на развёртке винтовая линия перешла в прямую, означает также, что винтовая линия является одной из ***геодезических линий*** на цилиндре. Так называют кратчайшую из всех линий, которые можно провести по поверхности через какие-либо две её точки, форму которой принимает нить, туго натянутая по поверхности между соседними точками.

Винтовая линия – кратчайшая из всех линий, которые можно провести между двумя точками, лежащими на поверхности цилиндра и на одном витке. Такая линия называется ***геодезической***.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дать определение порядка, жанра, класса кривой.

2. Показать на примерах особые точки кривой.

3. Воспользовавшись параболой, построенной на рис.174 или на рис.175, проверьте теорему о том, что лучи света, параллельные оси кривой, после отражения проходят через одну точку – фокус параболы.

4. Перегибая лист бумаги, постройте семейство касательных к параболе (из предыдущего вопроса).

5. Можно ли построить касательные к гиперболе, перегибая лист бумаги?

5. МНОГОГРАННИКИ

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ПРАВИЛЬНЫЕ МНОГОГРАННИКИ

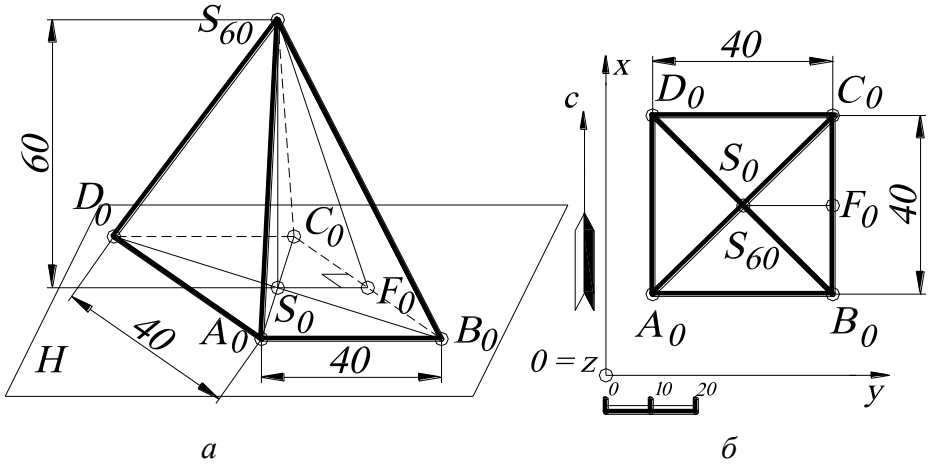
Многогранник – это геометрическое тело, часть пространства, ограниченное со всех сторон плоскими многоугольниками. Многоугольники, из которых состоит многогранник, называют ***гранями***, а стороны и вершины этих многоугольников – ***ребрами*** и ***вершинами*** многогранника.

Выпуклым называют многогранник, расположенный с одной стороны от плоскости любой грани. Любое плоское сечение выпуклого многогранника – выпуклый многоугольник. Для любого выпуклого многогранника справедлива ***формула Эйлера:*** **В+Г-Р=2**, где **В** – число вершин многогранника, **Г** – число граней многогранника, **Р** – число его ребер.

Пирамида – это выпуклый многогранник, основание которого – некоторый многоугольник, а боковые грани – треугольники с общей вершиной, которая называется вершиной пирамиды. Основание пирамиды – многоугольник, имеющий число сторон, равное числу боковых граней пирамиды. При неограниченном увеличении числа сторон основания пирамида становится конусом. Высота пирамиды – это перпендикуляр, опущенный из вершины пирамиды на ее основание. Как легко видеть на рис. 183, *а*, высота $S_{60}S_0$ пирамиды $SABCD$ есть катет прямоугольного треугольника $S_{60}S_0B_0$, в котором гипотенуза $S_{60}B_0$ есть ребро пирамиды, а катет S_0B_0 – расстояние от основания высоты до одной

из вершин основания пирамиды. Если рассматривать прямоугольный треугольник $S_{60}S_0F_0$, то высота пирамиды $S_{60}S_0$ является катетом, другой катет S_0F_0 – это перпендикуляр, опущенный из основания высоты на сторону пирамиды, а гипотенузой является отрезок прямой $S_{60}F_0$.

Правильной называют пирамиду, основание которой – правильный многоугольник, а высота проходит через центр основания. Все боковые грани правильной пирамиды – равнобедренные треугольники.



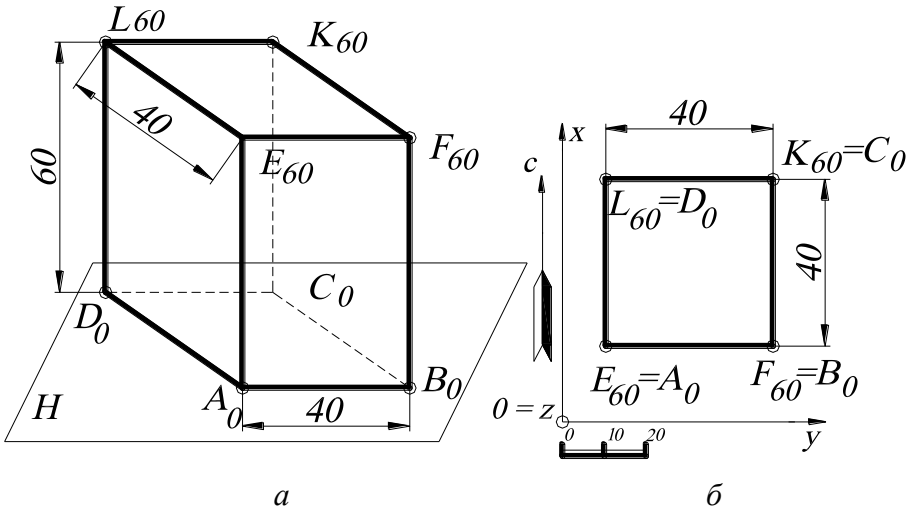
а *б*

Рис. 183.

В проекциях с числовыми отметками многогранники задаются на плане вершинами – точками с высотными отметками. На рис. 183, *а* показана пирамида ***SABCD*** во фронтальной изометрии, на рис. 183, *б* построена эта же пирамида в проекциях с числовыми отметками.

Если вершину пирамиды удалить в бесконечность, то ребра пирамиды будут параллельны, и поверхность пирамиды преобразуется в поверхность ***призмы***. Поверхность призмы ограничена двумя основаниями (гранями, соответствующими при параллельном переносе), а остальные грани (боковые) – параллелограммы. На рис. 184, *а* дана фронтальная изометрия призмы ***ABCDEFKL***, рис. 184, *б* – призма ***ABCDEFKL*** в проекциях числовыми отметками. Если неограниченно увеличивать число сторон оснований, то в пределе призма станет цилиндром. Призма называется прямой, если ее боковые грани и ребра перпендикулярны основанию. Прямая призма называется правильной,

если ее основания правильные многоугольники. Все боковые грани правильной призмы – равные прямоугольники.



а *б*

Рис. 184.

Правильные многогранники – это выпуклые многогранники, все грани которых равны, а также равны его двугранные углы. Все вершины правильного многогранника лежат на одной сфере (описанной), все его грани касаются одной сферы (вписанной) и все рёбра касаются одной сферы. Центры этих трёх сфер совпадают в центре многогранника. Существует пять типов правильных многогранников, называемых телами Платона: тетраэдр, гексаэдр (куб), октаэдр, икосаэдр и додекаэдр.

При построении тел Платона будем использовать метод вращения вокруг линии уровня (п. 4.2). В этом случае нужно уметь определять числовые отметки его вершин на плане. Нахождение числовых отметок будет осуществляться решением обратной задачи, то есть определение числовой отметки точки данной проекции по заданному её совмещённому положению и заданной оси вращения.

В самом деле, пусть A_2B_2 – горизонтальная ось, вокруг которой вращают точку C и получают её совмещённое положение C_2 с горизонтальной плоскостью на высоте 2; $C_?$ – горизонтальная проекция точки, числовую отметку которой нужно найти (рис.185). Точки C_2 и $C_?$ лежат на одном перпендикуляре к

оси вращения A_2B_2, так как при вращении вокруг линии уровня точка C перемещается по окружности, плоскость которой перпендикулярна A_2B_2. Точка $C_?$ может находиться ниже или выше отрезка A_2B_2, а их проекции будут совпадать. Однако числовые отметки точек будут отличаться на одинаковую разность по отношению к отрезку A_2B_2. Предположим, что точка $C_?$ находится выше A_2B_2. Тогда строится прямоугольный треугольник $C_?O_2I$, гипотенуза которого равна R – натуральной величине радиуса вращения точки C (см. рис. 155). Измерив величину катета $IC_?$, получают $IC_?=2$ (в соответствии с линейным масштабом). Затем арифметически прибавляют её к числовой отметке точки C_2, то есть $2+2=4$. Поэтому точка $C_?$ имеет числовую отметку, равную 4. В том случае, если точка $C_?$ находится ниже оси вращения A_2B_2 (по условию задания), она имеет отметку $C_{2-2}=C_0$.

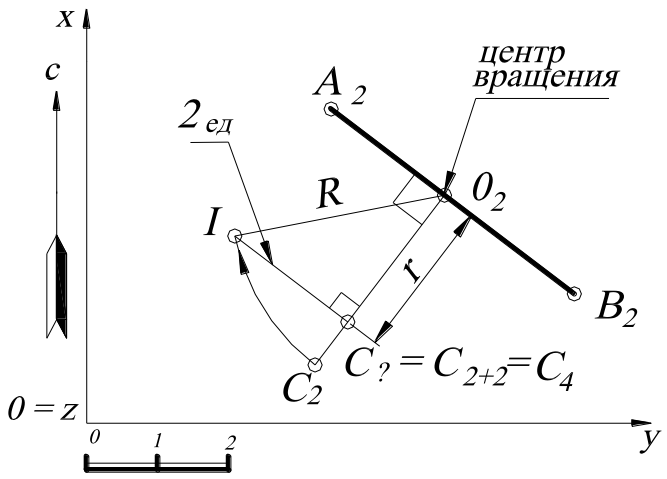
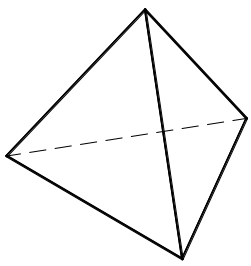


Рис. 185.

Таким образом, для того, чтобы определить числовую отметку точки по её совмещённому положению, строят прямоугольный треугольник с одним катетом, равным расстоянию от центра вращения до проекции точки; гипотенузой, равной натуральной величине радиуса вращения, проведённой из центра вращения. Тогда полученная длина второго катета этого прямоугольного треугольника будет являться числовой разностью между числовой отметкой искомой точки и числовой отметки оси вращения.



Далее рассмотрим построения всех пяти правильных многогранников в проекциях с числовыми отметками.

1. Тетраэдр – треугольная пирамида, все четыре грани которой – равносторонние треугольники.

ПРИМЕР. Построить тетраэдр, поставленный на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** по заданному ребру (построения могут выполняться аналогично, если необходимо построить неправильную пирамиду по произвольным шести рёбрам).

Построение тетраэдра начинают с построения на горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** основания тетраэдра $A_0B_0C_0$ – правильного треугольника с заданной стороной. Затем, для определения проекции вершины тетраэдра, совмещают его боковые грани с горизонтальной плоскостью проекций ***xOy***, приняв за оси вращения соответствующие стороны основания тетраэдра. Совмещение граней представится в виде трёх одинаковых равносторонних треугольников $A_0S'B_0$, $B_0S''C_0$, $C_0S'''A_0$. При этом точки S', S'' и S''' – это совмещения одной и той же точки – вершины тетраэдра $S_?$. Затем поднимают боковые грани тетраэдра до тех пор, пока точки S', S'' и S''' не сольются в одну $S_?$, - при этом горизонтальные проекции точек S', S'' и S''' будут перемещаться по перпендикулярам ***n, m, k*** к осям вращения A_0B_0, B_0C_0, C_0A_0, и поэтому горизонтальная проекция вершины $S_?$ будет находиться в точке пересечения всех трёх перпендикуляров.

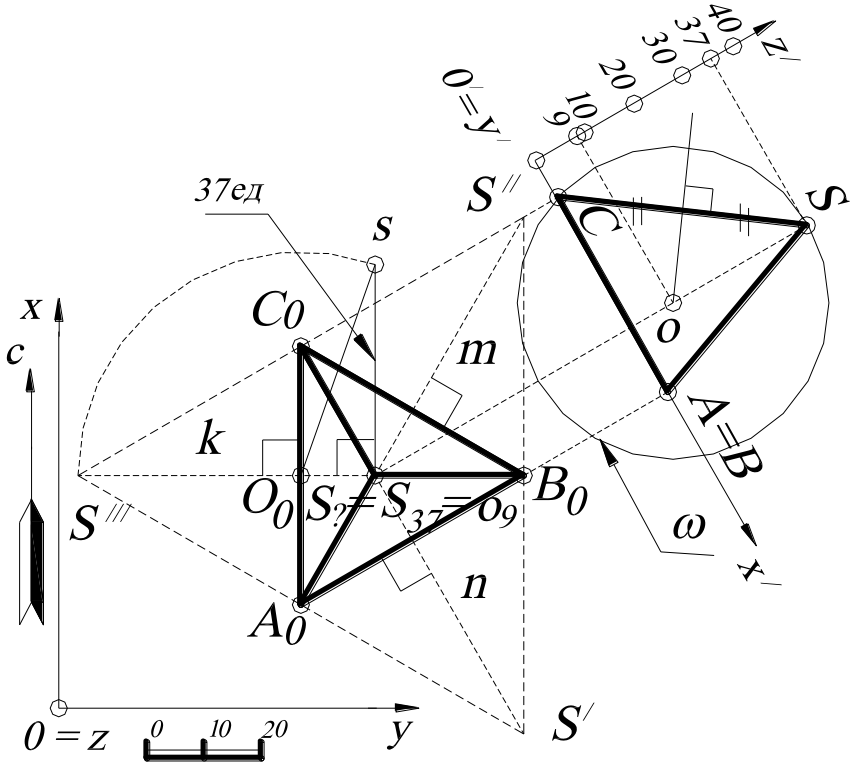


Рис. 186.

По найденной таким образом горизонтальной проекции вершины $S_?$ и её совмещению (например, S'''), остаётся определить числовую отметку точки $S_?$.

Искомая числовая отметка или расстояние от горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** (по заданию основания тетраэдра) равно катету $S_?s$ прямоугольного треугольника $S_?sO_0$, построенного по гипотенузе O_0S''' и катету $S_?O_0$ (см. рис. 185).

Проекция описанной сферы ω строится из условия того, что все точки тетраэдра принадлежат поверхности сферы. Ребро ***SC*** параллельно плоскости профиля. Следовательно, проекция описанной сферы (на профиле) будет проходить через точку ***S***, ***C*** и точку, ей симметричную относительно высоты тетраэдра (так как точка ***C*** принадлежит параллели описанной сферы и на этом профиле будет принадлежать очерку этой сферы). Построив серединный перпендикуляр к профилю отрезка ***SC***, находят проекцию центра ***o*** описанной сферы ω. Горизонтальная проекция описанной сферы определяется радиусом ***oS=oC*** и центром o_9. Вследствие того, что описанная сфера ω на плане будет изображаться в виде окружности такого же радиуса, как и на профиле, и для того, чтобы не затенять построения тетраэдра на плане, проекция описанной сферы на плане не проведена.

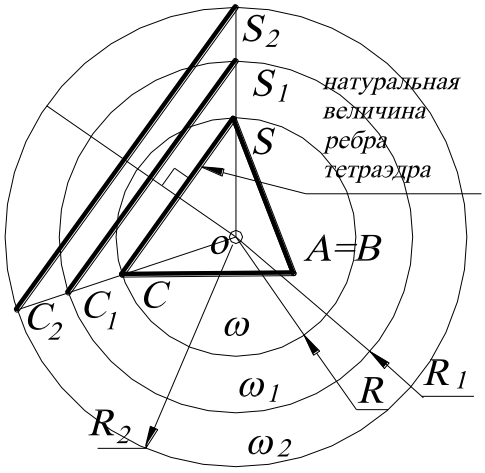
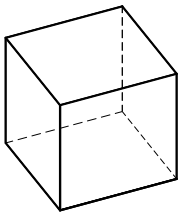


Рис. 187.

Что касается зависимости между радиусом описанной сферы и длиной ребра тетраэдра, то это будет величина постоянная. Другими словами, построив один раз сферу, описанную вокруг тетраэдра с заданной величиной ребра, и, пользуясь пропорциональностью, можно графически определить радиус любой другой сферы, описанной вокруг тетраэдра, и величину его ребра. Такая зависимость справедлива для всех тел Платона. На рис. 187 построена графическая зависимость длины ребра тетраэдра от радиуса описанной сферы: $\frac{SC}{R}=\frac{S_1C_1}{R_1}=\frac{S_2C_2}{R_2}=const$, то есть из точки ***o*** строятся прямые, проходя-

щие через точки ***C*** и ***S*** и в пересечении с произвольными окружностями ω_1 и ω_2 - проекциями описанных сфер – определяются рёбра S_1C_1, S_2C_2.



2. Гексаэдр, или ***куб***, – прямоугольный параллелепипед, все шесть граней которого – равные квадраты.

Построение гексаэдра в проекциях с числовыми отметками с заданной величиной ребра, например ***40***, показано на рис.188. В этом случае гексаэдр стоит одной своей гранью $A_0B_0C_0D_0$ на основной плоскости проекций ***xOy***. Грань $A_0B_0C_0D_0$ будет проецироваться на эту плоскость проекций в виде квадрата со стороной ***40*** (по масштабу чертежа). Длина ребра гексаэдра соответствует числовым отметкам верхнего основания $E_{40}F_{40}K_{40}L_{40}$, проекция которого будет совпадать с проекцией $A_0B_0C_0D_0$.

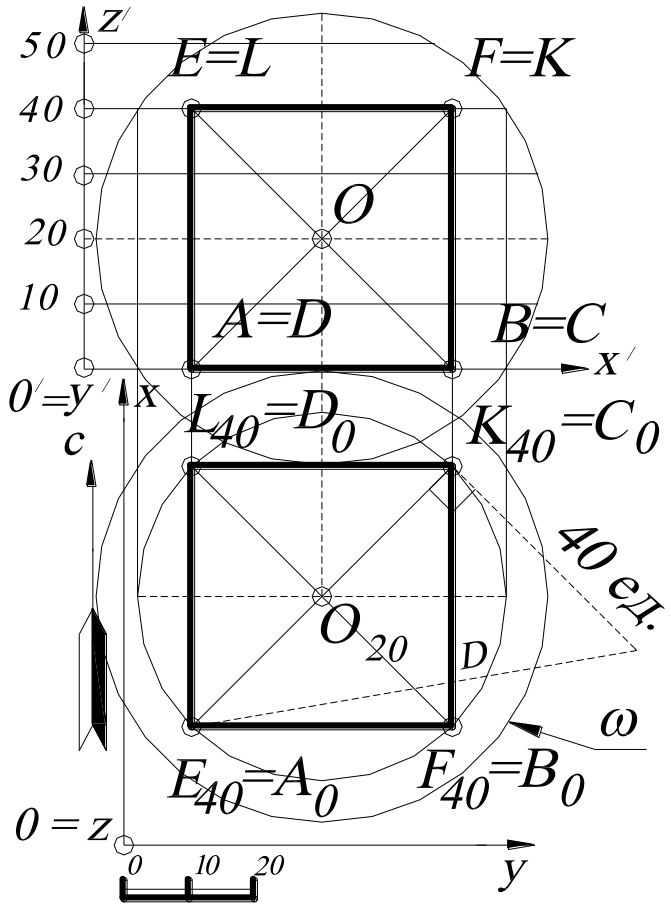
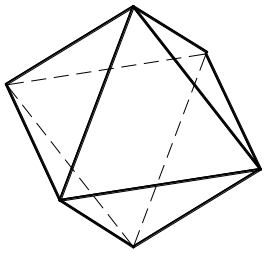


Рис. 188.

Центр описанной сферы ω будет находиться на пересечении диагоналей гексаэдра – точка O_{20}, а длина любой диагонали будет являться диаметром ***D*** описанной сферы. Все диагонали гексаэдра проецируются на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** с искажением, следовательно, на плане находят натуральную величину любой диагонали, например C_0E_{40}, методом прямоугольного треугольника. Полученная величина ***D*** является диаметром описанной сферы ω.



3. Октаэдр состоит из восьми равносторонних треугольников, соединённых по четыре около каждой вершины. Отсюда видно, что октаэдр (правильный восьмигранник) может быть рассмотрен как две четырехугольные пирамиды ***EABCD*** и ***FABCD*** (***E***, ***F*** – вершины этих пирамид), сложенные своими квадратными основаниями ***ABCD*** вместе (рис.189). На этом основании построение октаэдра начинается с построения упомянутого выше квадрата как основания пирамид.

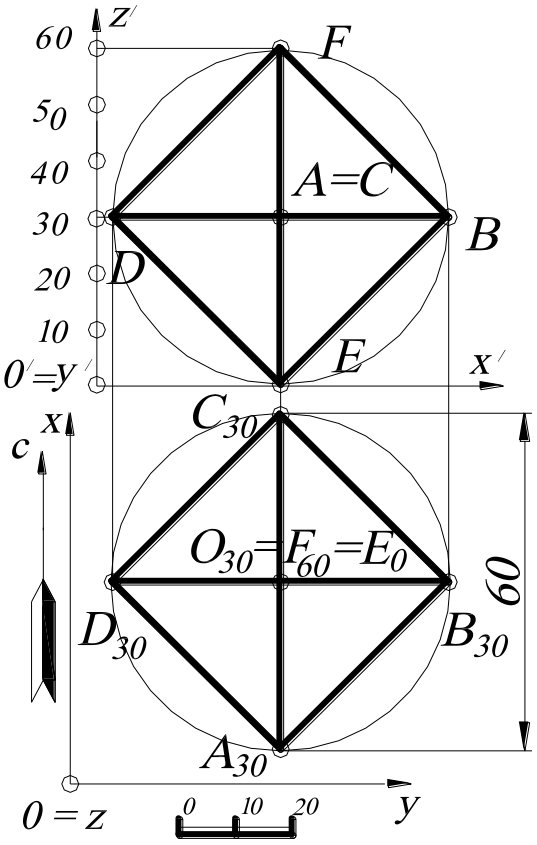


Рис. 189.

В простейшем случае, когда диагональ октаэдра, соединяющая обе вершины пирамид, вертикальна, плоскость квадрата параллельна горизонтальной плоскости проекций и, следовательно, проецируется на ней в натуральную величину, а на профиле – по прямой, параллельной оси ***z′***. А потому, вычертив на горизонтальной плоскости квадрат $A_{30}B_{30}C_{30}D_{30}$, сторона которого равна ребру октаэдра, и соединив его центр O_{30}, в котором проектируются вершины ***E*** и ***F*** пирамид, с вершинами ***ABCD***, находят горизонтальную проекцию октаэдра. Для определения числовых отметок точек ***E*** и ***F*** заметим, что все диагонали октаэдра равны между собой и что квадрат ***ABCD*** делит вертикальную диагональ пополам. Поэтому, измерив длину диагонали, например $A_{30}C_{30}$, которая равна ***60***, получают числовые отметки точек E_0 и F_{60}. Причём длина диагонали (и её проекции в этом случае) равна диаметру сферы, описанной вокруг этого октаэдра.

Для построения икосаэдра и додекаэдра в проекциях с числовыми отметками нужно уметь строить правильный пятиугольник с заданной стороной. На рис. 190 показан способ построения правильного пятиугольника с заданной стороной, например, равной ***50***. Для этого пользуются правилом «золотого сечения» (см. параграф «Золотое сечение»). Проводят произвольную окружность с радиусом, равным ***OB***, и делят этот радиус пополам, получая точку ***A***. Из точки ***A*** радиусом, равным ***AC***, проводят дугу окружности, которая пересечет горизонтальную прямую ***OF*** в точке ***D***. Таким образом, разделили отрезок ***BD*** в отношении «золотого сечения», где ***AD*** – «бо́льшая» часть, а ***BA*** – «меньшая». Точку ***D*** соединяют с точкой ***C*** прямой линией. Отрезок прямой ***DC*** будет являться шкалой, на которой откладывают заданную сторону правильного пятиугольника. В данной задаче на ***DC*** откладывают отрезок, равный ***50***, и получают точку ***K***. Из точки ***K*** проводят отрезок, параллельный отрезку ***OD***, который пересечёт вертикальную ось ***OC*** в точке ***E*** – вершине правильного пятиугольника. Отрезок ***OE*** будет являться радиусом описанной окружности искомого пятиугольника. Остальные вершины пятиугольника находят, откладывая циркулем по построенной окружности отрезки (хорды), равные ***50***.

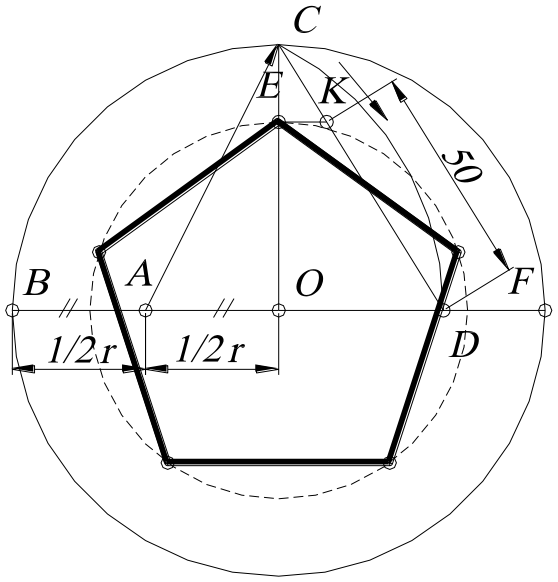
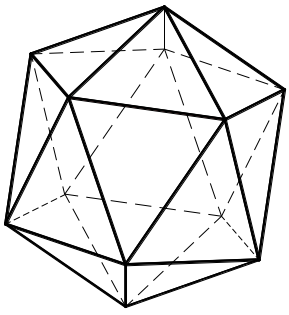


Рис. 190.



4. Икосаэдр образован двадцатью равносторонними треугольниками, соединёнными по пяти около каждой вершины и, следовательно, расположенными так, что икосаэдр может быть рассматриваемым как многогранник, состоящий из двух пятиугольных пирамид ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** (где ***A*** и ***B*** – вершины этих пирамид) и про-

межуточного многогранника, ограниченного с боков десятью равными треугольниками (рис.191).

Пирамиды ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** имеют в основании два равных и параллельных пятиугольника ***CDEFG*** и ***HJKLM.*** Причём вершины этих оснований расположены так, что вершины верхнего основания ***HJKLM*** находятся напротив середин сторон нижнего основания ***CDEFG***. Поэтому, чтобы построить по заданному ребру икосаэдр, где отрезок прямой ***AB*** соединяет вершины верхней и нижней пирамиды, перпендикулярен основной плоскости проекций ***xOy***, и, следовательно, пятиугольные основания ***CDEFG*** и ***HJKLM*** параллельны этой плоскости проекций, а вершина ***A*** принадлежит этой плоскости проекций (то есть имеет отметку ***0***), поступают следующим образом.

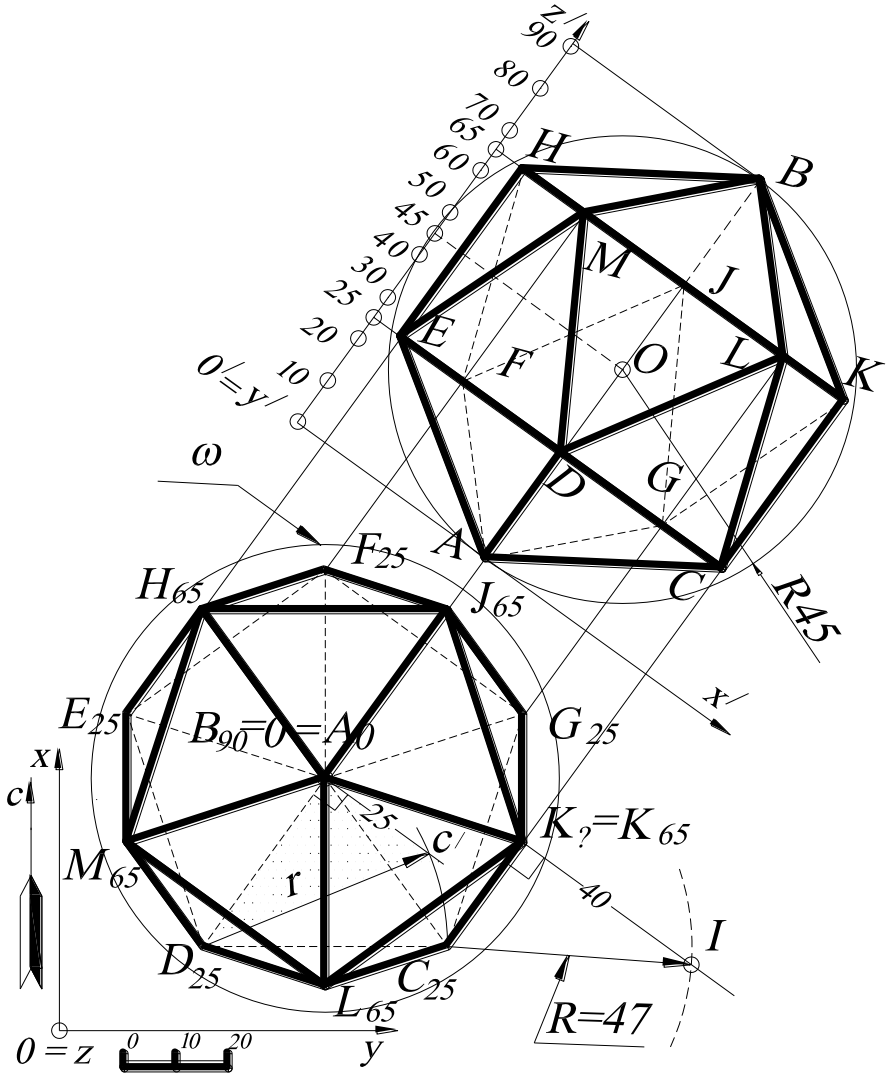


Рис. 191.

На плане чертят по заданному ребру (см. рис. 191) два правильных пятиугольника ***CDEFG*** и ***HJKLM*** так, чтобы эти точки ***C, D, E, F, G, H, J, K, L, M*** делили окружность, описанную около них, на десять равных частей. Тогда точки ***CDEFG*** и ***HJKLM*** представят горизонтальные проекции оснований как нижней пирамиды, так и верхней, а так-

же промежуточного многоугольника, где центр ***O*** – это середина отрезка прямой ***AB***. Полученные точки последовательно соединяют между собой, как показано на рис. 191.

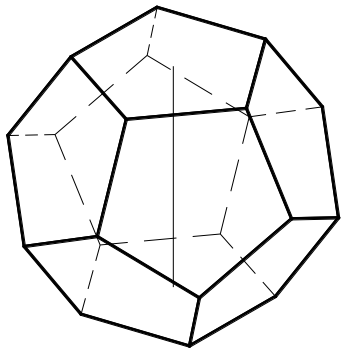
Чтобы найти числовые отметки полученных проекций вершин икосаэдра, достаточно найти высоту ***h*** обеих пирамид (они равны) и высоту h_1 промежуточного многогранника, так как основание нижней пирамиды ***CDEFG*** параллельно основной плоскости проекций ***xOy*** и находится от неё на расстоянии высоты пирамиды ***h***. Основание верхней пирамиды ***HJKLM*** также параллельно основной плоскости проекций и находится от неё на расстоянии $h+h_1$, а вершина $B - h+h_1+h$. Высота ***h*** пирамиды равна катету прямоугольного треугольника, в котором гипотенузой является ребро пирамиды, а другим катетом – расстояние от основания высоты пирамиды до одной из вершин основания пирамиды. Поэтому строят прямоугольный треугольник, в котором один катет равен A_0D. Затем в точке A_0 восстанавливают перпендикуляр к A_0D, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – натуральной величине ребра пирамиды ***r=47***. Катет прямоугольного треугольника A_0c' равен ***h***. Измерив расстояние $A_0c'=25$ (по масштабу чертежа), получают числовые отметки точек ***C, D, E, F, G***, равные ***25***.

Остаётся найти высоту h_1 промежуточного многогранника. Для этого достаточно найти высоту одной из вершин верхнего его основания ***HJKLM***, например, вершины $K_?$, над плоскостью проекций ***xOy***, так как это основание параллельно основной плоскости проекций. С этой целью используют метод прямоугольного треугольника, то есть определяют разность координат $\Delta z=h_1$ (числовых отметок) концов отрезка, например, отрезка (ребра) $C_{25}K_?$, а именно строят прямоугольный треугольник $C_{25}K_?I$, в котором один катет равен $C_{25}K_?$. Затем в точке $K_?$ восстанавливают перпендикуляр $K_?I$, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – ребру ***R=47*** (по масштабу чертежа).

Искомая высота точки $K_?$ над основной плоскостью проекций определится как катет $K_?I$ прямоугольного треугольника $C_{25}K_?I$, построенного по катету

$C_{25}K_?$ и гипотенузе $R=47$. А потому, измерив расстояние $K_?I=40=h_1$ (в соответствии с линейным масштабом), получают отметку точки $K_?$, равную $h_1+h=25+40=65$. Все точки основания верхней пирамиды $HJKLM$ также будут иметь числовые отметки, равные 65, так как это основание параллельно основной плоскости проекций xOy.

Вершина B будет иметь числовую отметку $h+h_1+h=25+40+25=90$. Наконец, диаметр описанной сферы ω икосаэдра $|AB|=90$, центр O которой будет лежать на середине этого отрезка.



5. Додекаэдр, или правильный двенадцатигранник, образован двенадцатью правильными пятиугольниками, соединёнными по три около каждой вершины и расположенными так, что противоположные грани многогранника лежат в плоскостях, параллельных друг другу, и развёрнуты относительно прямой, соединяющей их центры, на 180^0.

На рис. 192 построен додекаэдр с заданным ребром. Построение выполняется следующим образом. Предположим, что додекаэдр одной из своих граней $ABCDE$ поставлен на основную плоскость проекций xOy. В таком случае вычерчивают на основной плоскости проекций правильный пятиугольник $A_0B_0C_0D_0E_0$ – основание додекаэдра. Чтобы определить проекции боковых вершин додекаэдра и их числовые отметки, совмещают с плоскостью проекций xOy две смежные грани, прилегающие к основанию $A_0B_0C_0D_0E_0$, вращая их около ребра A_0B_0 и A_0E_0. Совмещение этих граней представится в виде двух правильных пятиугольников $B_0H'G'F'A_0$ и $A_0F''P'J'E_0$, причём легко видеть, что точки F' и F'' - это прообразы для совмещения одной и той же точки – вершины $F_?$. Вращением, поднимают грани в их первоначальное положение и находят проекции точек F', F'', G'. На плане проекции этих точек будут при восстановлении граней перемещаться по перпендикулярам к осям вращения A_0B_0 и A_0E_0.

Следовательно, горизонтальная проекция вершины $F_?$ будет находиться на пересечении перпендикуляров $IF^/$ и $IIF^{//}$, по которым перемещаются точки $F^/$ и $F^{//}$.

Что касается числовой отметки точки $F_?$, то она будет находиться на высоте от основной плоскости проекций xOy, которая определится по величине ка-

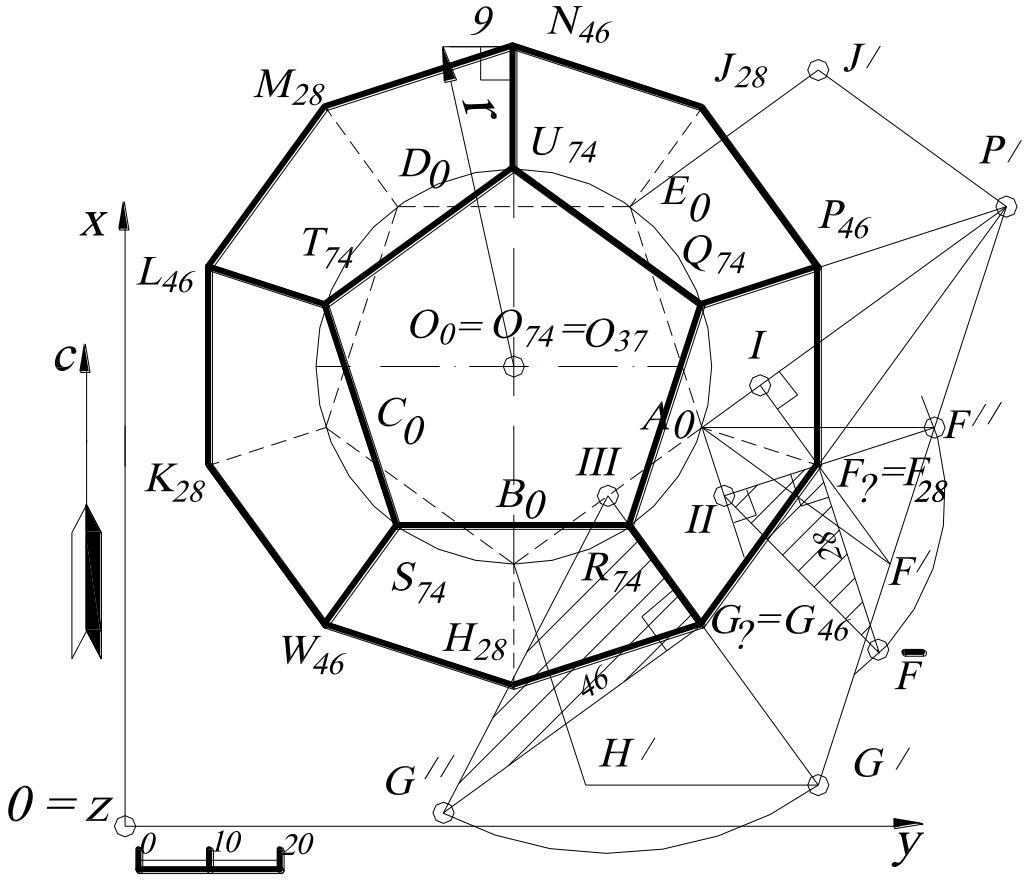


Рис. 192.

тета $F_? \overline{F}$ в прямоугольном треугольнике $IIIF_? \overline{F}$ (см. рис.185). Другими словами, длина катета $F_? \overline{F}$ равна **28** (по построению), а ось вращения A_0E_0 занимает нулевую отметку, тогда точка $F_? = F_{0+28} = F_{28}$.

Чтобы найти числовую отметку точки $G_?$ по совмещению $G^/$, то можно увидеть на рис.192, что прямая $F^/G^/$ пересекает ось вращения A_0B_0 в точке $P^/$ и, следовательно, горизонтальная проекция точки $G^/$ должна находиться одновременно и на горизонтальной проекции $P^/F$ прямой $F^/P^/$, и на перпендикуляре $IIIG^/$ к оси вращения A_0B_0, то есть в точке их пересечения $G_?$. По известным

точкам $G_?$ и G' (см. рис.185) определяют числовую отметку точки $G_?$, как катет $G_?G''$ прямоугольного треугольника $G_?G''$**III**, построенного по катету **III**$G_?$ и гипотенузе $IIIG'' = G_?G'$. Поэтому, измерив расстояние $G_?G''$ (в соответствии с линейным масштабом), получают числовую отметку точки $G_?=G_{46}$.

Таким же образом можно было бы поступать для определения проекций всех остальных вершин додекаэдра. Однако вследствие правильности многогранника все его вершины, подобные ***F*** и ***G***, расположены одинаково относительно основной плоскости проекций и симметрично относительно оси додекаэдра, проведённой через центры обоих оснований ***ABCDE*** и ***RSTUQ***. Следовательно, вершина ***F*** и точки ***H, K, M, J*** лежат на одном и том же расстоянии от основной плоскости проекций и симметрично расположены относительно центра окружности, описанной около основания ***ABCDE***. На этом же основании, горизонтальные проекции ***F, H, K, M, J*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE*** и одну из вершин в точке ***F***. Числовые отметки точек ***H,K,M,J*** равны числовой отметке точки ***F***, так как проекция пятиугольника ***FHKMJ*** параллельна основной плоскости проекций.

На этом же основании горизонтальные проекции ***G, W, L, N, P*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE*** и одну из вершин в точке ***G***. Следовательно, вершины ***W, L, N, P*** имеют числовые отметки, такие же, как у вершины ***G***, то есть ***46***.

Наконец, верхняя грань ***RSTUQ***, параллельная основной плоскости проекций, имеет горизонтальной проекцией правильный пятиугольник, вписанный в одинаковую окружность, что и пятиугольник ***ABCDE***, и притом так, что вершины обоих многоугольников разделяют окружность на десять равных частей (см. рис. 97, *а*). В силу симметричности додекаэдра числовые отметки грани ***RSTUQ*** определяются арифметическим прибавлением разности числовых отметок грани $F_{28}H_{28}K_{28}M_{28}J_{28}$ и грани $A_0B_0C_0D_0E_0$ к числовым отметкам грани

$G_{46}W_{46}L_{46}N_{46}P_{46}$, то есть ***28-0=28***, ***28+46=74***, и получают грань с отметками $R_{74}S_{74}T_{74}U_{74}Q_{74}$.

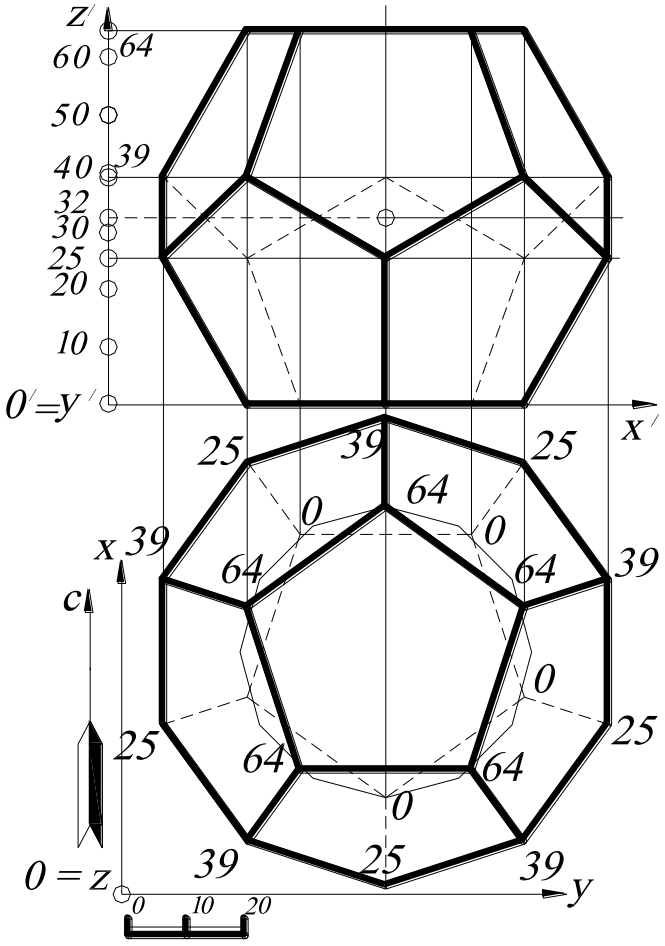


Рис. 193.

Центр описанной вокруг додекаэдра сферы лежит на середине оси O_0O_{74}, то есть в точке O_{37}. Все вершины додекаэдра принадлежат поверхности сферы. Поэтому проекцией радиуса описанной сферы будет отрезок, соединяющий центр O_{37} с любой её вершиной, например N_{46}. Натуральную величину радиуса ***r*** описанной сферы определяют методом прямоугольного треугольника, как показано на рис. 192 (проекция описанной сферы на чертеже не показана из-за множества линий основных построений додекаэдра). На рис. 193 показано построение профиля додекаэдра.

Центры граней правильного многогранника являются вершинами другого правильного многогранника. Сфера, вписанная в первый (и касающаяся его граней в их центрах), описана около второго. Центры граней тетраэдра, куба, октаэдра, додекаэдра, икосаэдра являются соответственно вершинами тетраэдра, октаэдра, куба, икосаэдра, додекаэдра.

Для каждого правильного многогранника существуют перемещения (повороты, зеркальные отражения и поворотные отражения), в которых многогранник переходит сам в себя. Они называются его ***самосовмещениями***. Таких са-

мосовмещений (включая тождественное преобразование) у тетраэдра – 24, у куба и октаэдра – 48, у додекаэдра и икосаэдра – 120.

Например, у тетраэдра 6 плоскостей симметрии, у куба и октаэдра – 9. Тетраэдр переходит сам в себя в поворотах вокруг своих высот на углы 120^0 и 240^0, октаэдр совмещается сам с собой при поворотах вокруг своих диагоналей на углы 90^0, 180^0 и 270^0.

Характеристики правильных многогранников сведены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики правильных многогранников

Тело	Г	В	Р	m	n	Грань
Тетраэдр	4	4	6	3	3	Треугольник
Гексаэдр (куб)	6	8	12	3	4	Квадрат
Октаэдр	8	6	12	4	3	Треугольник
Икосаэдр	20	12	30	5	3	Треугольник
Додекаэдр	12	20	30	3	5	Пятиугольник

Примечания: ***Г*** – число граней; ***Р*** – число ребер; ***В*** – число вершин правильного многогранника; ***n*** – число сторон грани; ***m*** – число ребер правильного многогранника, исходящих из вершины.

Античные зодчие в качестве источника гармонии архитектурных построек использовали проекции Платоновых тел, отражающих в соответствии с их представлениями общую гармонию мира. Некоторые учёные (один из них Шпейнзер) рассматривали построение пяти правильных многогранников как дедуктивный метод построения системы геометрии. Платон каждому правильному многограннику придавал определенное значение и цвет, а именно: тетраэдру соответствовал огонь и оранжевый цвет; кубу – земля, желтый; октаэдру – воздух, светло-голубой; икосаэдру – вода, голубой; додекаэдру – Вселенная, белый цвет.

5.2. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ МНОГОГРАННИКА ПЛОСКОСТЬЮ

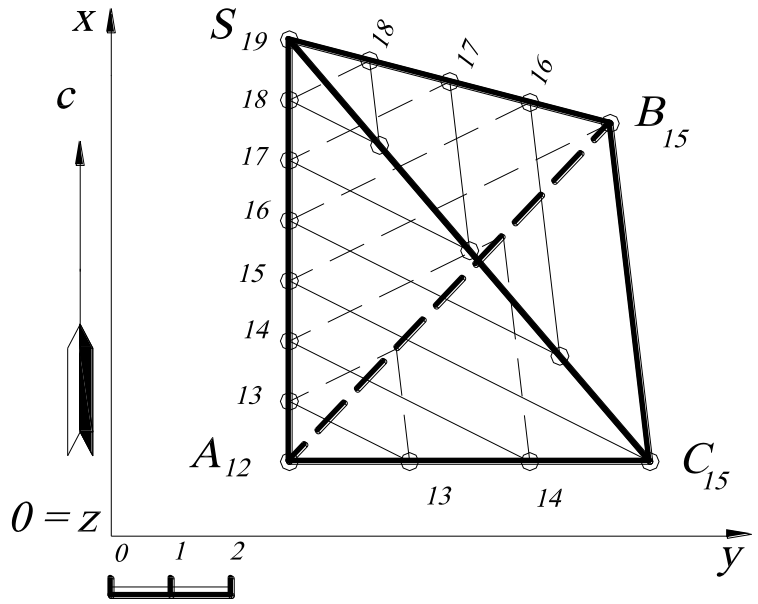


Рис. 194.

Грани многогранника представляют собой плоскости. Плоскость в проекциях с числовыми отметками удобнее задавать горизонталями (или масштабом заложения). Так как вершины многогранника заданы высотными отметками, то грани многогранника можно проградуировать (рис.194) и определить пересечение граней как двух плоскостей (пересечение двух пар горизонталей с одинаковыми числовыми отметками). Таким образом, построив точки пересечения с ребрами многогранника и их отметки, определяют видимость сечения.

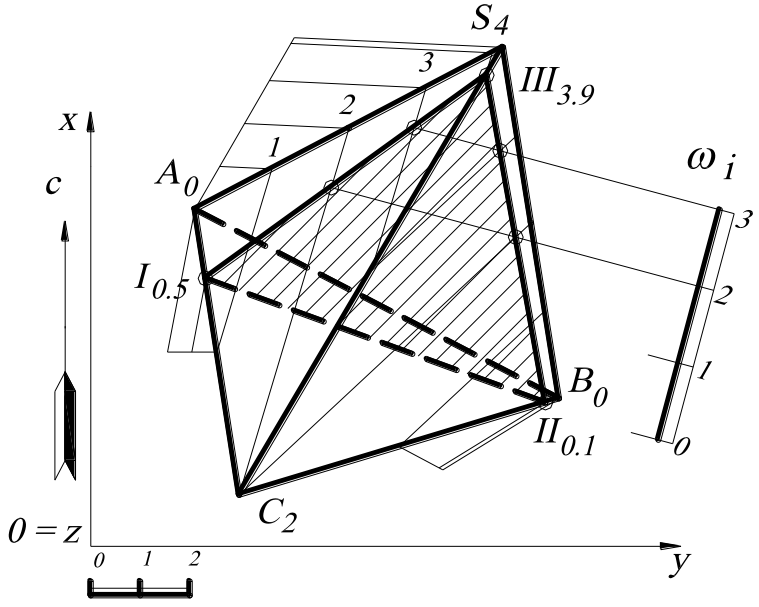


Рис. 195.

ПРИМЕР. Найти точки пересечения пирамиды ***ABCD*** с плоскостью ω_i.

Построение выполняется следующим образом (рис.195). Градуируют сторону ***SA*** и строят горизонтали h_1, h_2, h_3, которые задают плоскость грани ***SAC***. Находят линию пересечения грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i, как пересечение па-

ры горизонталей с одинаковыми числовыми отметками (см. параграф «Взаимное положение плоскостей»). В пересечении пар горизонталей с отметками ***2*** и с отметками ***3*** получаются две точки, которые задают линию пересечения (***I, III***) грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i.

Аналогично строят линию пересечения грани ***SCB*** с заданной плоскостью ω_i, в результате имеют линию пересечения (***II***, ***III***). Грань ***ACB*** с заданной плоскостью ω_i пересекается по прямой (***I, II***), так как построенные точки ***I*** и ***II*** принадлежат рёбрам этой грани, и поэтому дополнительных построений здесь выполнять необязательно. Построенный треугольник является сечением пирамиды ***SABC*** и заданной плоскости ω_i. Определяют видимость этого треугольника и числовые отметки его вершин ***I, II*** и ***III*** (с помощью градуирования). Эту задачу можно решать при помощи прямого профиля.

5.3. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ТОЧЕК ПЕРЕСЕЧЕНИЯ МНОГОГРАННИКА С ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ

Построение точек пересечения многогранника с прямой линией связано с основной позиционной задачей. Алгоритм выполняется в следующей последовательности.

1. Через заданную прямую проводится вспомогательная плоскость-посредник (таких плоскостей можно провести пучок ∞^1).

2. Строится фигура сечения (см. пример на рис.195). Затем определяются точки пересечения (с числовыми отметками) заданной прямой со сторонами фигуры сечения.

3. Определяют видимость прямой.

<u>ПРИМЕР</u>. Найти точки пересечения пирамиды ***SABC*** с прямой ***DE***.

Через заданную прямую D_3E_1 проводят вспомогательную плоскость-посредник ω_i (см. «Принадлежность прямой плоскости»), в сечении которой с

заданным многогранником будет треугольник $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$. Полученное сечение $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$ пересечет заданную прямую D_3E_1 в точках F и K, отметки которых определяются градуированием отрезка прямой D_3E_1. Затем определяют видимость D_3E_1 (рис.196).

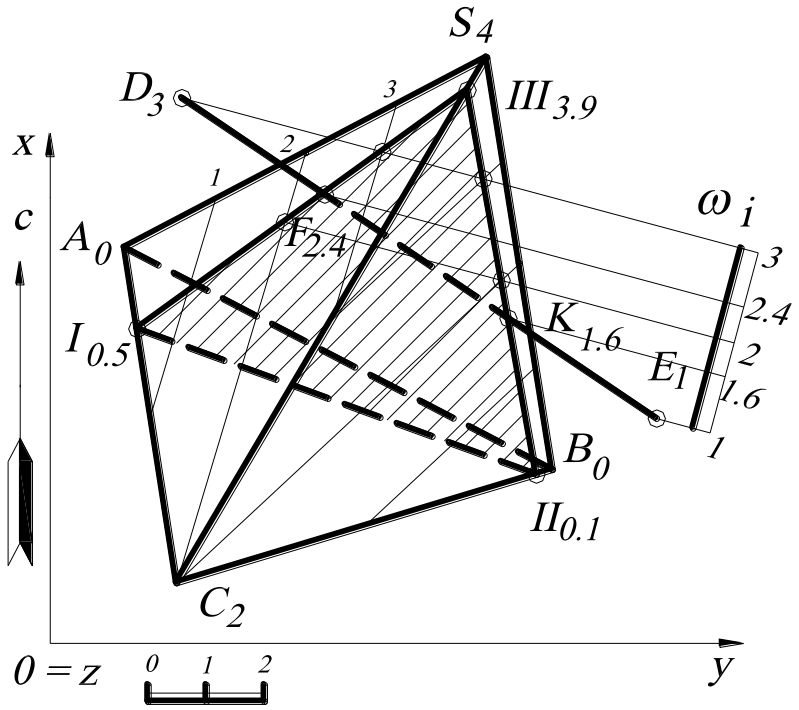


Рис. 196.

Видимость отрезка прямой D_3E_1 определяется по конкурирующим точкам. Другими словами, находят точки, принадлежащие поверхности многогранника и прямой D_3E_1, проекции которых совпадают и определяют их числовые отметки с помощью градуирования. Точка будет видимой, числовая отметка которой больше (в зависимости от этого, определяется видимость многогранника или прямой). На рис. 196 проекция прямой D_3E_1 и проекция ребра S_4C_2 пересекаются. Однако ребро S_4C_2 находится выше чем прямая D_3E_1, значит, прямая D_3E_1 является невидимой, а в точках пересечения с многогранником $F_{2.4}$ и $K_{1.6}$ видимость её меняется на противоположную.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить проекции куба, диагональ которого вертикальна.

2. Построить октаэдр, поставленный гранью на основную плоскость проекций.

3. Дана сторона ***AB*** равностороннего треугольника, вершина которого ***C*** находится в данной плоскости профиля. Построить тетраэдр, имеющий данный треугольник своим основанием.

4. Даны вершина куба, ребро и направление горизонтальной проекции другого ребра, проходящие через данную вершину; построить проекции куба.

6. ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность – это непрерывное двупараметрическое (двумерное) множество точек.

В декартовой системе координат положение точки на плоскости определяется заданием двух параметров абсциссы и ординаты. Точка на произвольной поверхности будет также определяться двумя параметрами – криволинейными координатами ***U*** и ***V***. Из этого следует возможность другого определения: ***поверхность*** – это непрерывное однопараметрическое (одномерное) множество линий, имеющих единый закон образования.

В зависимости от вида линий, закона их образования и распределения в пространстве получают поверхности различного класса. На некоторых поверхностях можно выделить множество конгруэнтных линий, на других – только множество неконгруэнтных линий (топографические поверхности).

Если множество элементов (точек, линий), определяющих поверхность, непрерывно, то каркас называется ***непрерывным***, в противном случае он называется ***дискретным***.

6.1. СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Наиболее распространенными способами образования поверхностей, используемыми в геометрии, являются:

* ***кинематический способ***, основанный на непрерывном перемещении линии (образующей) в пространстве по определенному закону (кинематические поверхности);

* ***способ конструирования поверхностей с помощью непрерывных (мгновенных) преобразований исходной образующей поверхности***;

* ***способ конструирования поверхностей нелинейными преобразованиями пространства***, когда сложные поверхности получаются как образы простых (изученных) поверхностей;

* ***проективный способ***, при котором точки и линии поверхности образуются в результате пересечения прямых или плоскостей двух пучков (связок), находящихся в проективном соответствии;

* ***способ выделения линейных каркасов поверхностей*** из многопараметрических множеств линий (комплексов, конгруэнций) путем наложения определенных условий на параметры;

* ***номограммно-ключевой способ***, когда устанавливается некоторая последовательность графических операций (алгоритм), в результате которых определяются элементы каркаса конструируемой поверхности.

Перечисляемые основные способы образования поверхностей взаимно связаны, а некоторые из них взаимозаменяемы. Это относится, например, к кинематическим поверхностям, поверхностям преобразований и др. Наиболее широкое применение в инженерной практике получил кинематический способ образования поверхностей.

Кинематической поверхностью называется поверхность, которая образуется непрерывным перемещением в пространстве линии (образующей) по

определенному закону. У некоторых кинематических поверхностей образующая в процессе движения может менять свою форму.

Закон перемещения образующей, описывающей поверхность, удобно задавать на чертеже некоторыми неподвижными кривыми (направляющими), которые должна пересекать движущаяся образующая.

Система кинематических поверхностей. Изучение заданных многообразий, как правило, начинается с их систематизации. К сожалению, в начертательной геометрии невозможно разработать применяемую для всех возможных случаев систематизацию (классификацию) поверхностей. Каждый способ задания поверхностей образует свою базу для их систематизации. Например, в кинематическом способе образования поверхностей вполне естественно в основу систематизации можно положить вид образующей и закон ее перемещения. По виду образующей различают линейчатые (образующая – прямая), циклические (образующая – окружность) и другие поверхности.

По закону перемещения образующей – поверхности вращения, параллельного переноса, винтовые и т. д. Очевидно, что при этом некоторые поверхности могут быть отнесены к различным классам.

6.2. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ. ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность считается заданной на чертеже, если относительно любой точки, заданной на том же чертеже, можно однозначно решить, принадлежит она данной поверхности или нет.

В настоящее время широко используются задание поверхности графическим и аналитическим способами благодаря внедрению ПК в инженерную практику.

Графический способ задания кинематических поверхностей

Этот способ имеет две разновидности: сложные поверхности, имеющие образующие переменной формы, могут быть заданы некоторым числом, совокупностью принадлежащих им точек или линий - ***каркасом***. Такие поверхности обычно называют ***каркасными*** или ***поверхностями зависимых линий***. Типичным примером поверхностей зависимых линий являются топографические поверхности.

Каркасные поверхности задают на чертеже проекциями элементов каркаса. Каркас поверхности в этом случае называется дискретным, в отличие от непрерывного каркаса кинематической поверхности. На полученном чертеже точки и линии поверхности, не лежащие на линиях каркаса, могут быть построены только ***приближенно***. ***Поэтому поверхность, заданная дискретным каркасом, не вполне определена, могут существовать и другие поверхности с тем же каркасом, но несколько отличающиеся одна от другой.***

Часто при задании кинематических поверхностей пользуются понятием определителя. Назовем ***определителем*** данной кинематической поверхности совокупность независимых условий, однозначно определяющих эту поверхность. Условиями могут быть: задание образующей поверхности, закон ее изменения (в случае переменной образующей), закон движения образующей и др. Некоторые из них могут быть выражены графически.

Одна и та же поверхность может быть образована несколькими способами. Поэтому она может иметь разные определители. Например, сфера может быть определена центром и радиусом или четырьмя точками (некомпланарными, то есть не лежащими в одной плоскости) и т. д.

6.3. ОБРАЗОВАНИЕ И ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Поверхностью вращения называют поверхность, образованную вращением какой-либо линии (образующей) вокруг некоторой прямой, называемой осью поверхности.

Для изображения такой поверхности в проекциях с числовыми отметками выбирается ось (рис.197). Затем строится профиль этой поверхности вращения, на котором находится образующая. Каждая точка образующей описывает при вращении окружность с центром на оси вращения, перпендикулярной этой оси. Иначе говоря, сечения поверхности плоскостями, перпендикулярными оси, называются ***параллелями поверхности***. Эти параллели будут проецироваться без искажения на плоскость ***H*** в виде окружностей, а на профиле в виде отрезков, перпендикулярных оси вращения.

Кривые, полученные в сечении поверхности осевыми плоскостями, называются ***меридианами***. Наибольшая и наименьшая параллели называются ***экватором*** и ***горлом*** поверхности. Эти окружности проецируются на ***H*** в виде окружностей.

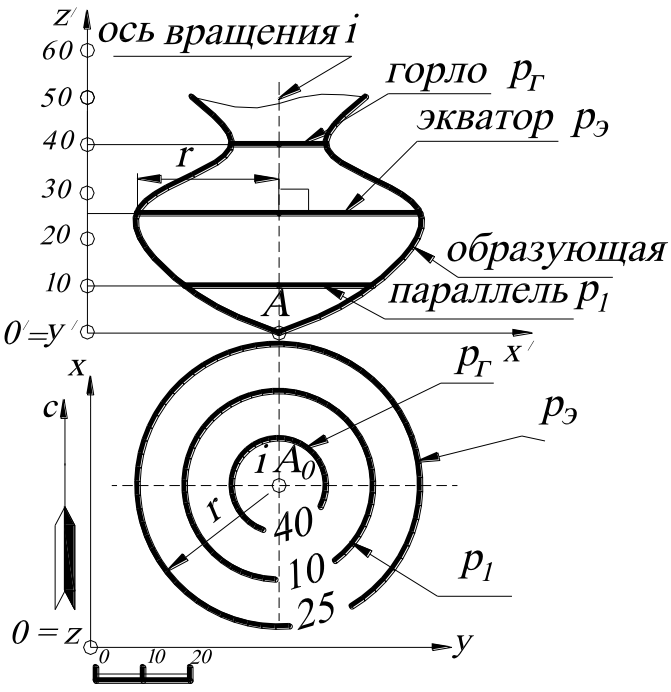


Рис. 197.

Меридианом поверхности вращения является кратчайшая (геодезическая) линия поверхности. Параллели и меридианы, пересекаясь под прямыми углами, образуют ортогональную сеть на поверхности вращения, аналогичную прямоугольной декартовой сети на плоскости.

Для изучения свойств поверхности вращения и построения их изображений на чертежах большое значение имеют следующие теоремы, которые будем называть предложениями, так как они будут даваться без доказательства.

Предложение 1. При вращении плоской или пространственной алгебраической кривой ***n***-го порядка вокруг произвольной прямой образуется поверхность вращения порядка ***2n***.

Предложение 2. При вращении кривой ***n***-го порядка, имеющей плоскость симметрии, вокруг оси, лежащей в этой плоскости, образуется поверхность вращения ***n***-го порядка.

Предложение 3. Вращением прямой ***l*** вокруг оси ***i*** образуется поверхность вращения второго порядка Φ^2.

Предложение 4. Вращением кривой второго порядка l^2 вокруг оси ***i***, лежащей в плоскости симметрии кривой l^2, образуется поверхность вращения второго порядка Φ^2.

6.4. ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА

ЦИЛИНДР. Цилиндром вращения называется поверхность, образованная вращением прямой линии, называемой ***образующей***, вокруг заданной прямой – ***оси***. Цилиндр называется ***прямым***, если его образующие перпендикулярны основанию. Очевидно, любая образующая прямого цилиндра является его высотой. Прямой цилиндр, основание которого – окружность, называется ***прямым круговым цилиндром***. Прямой круговой цилиндр может быть образован и параллельным переносом окружности основания по направлению вдоль оси вращения или винтовым движением винтовой линии, или любой другой линией, лежащей на этом цилиндре. Если ось прямого кругового цилиндра перпендикулярна горизонтальной плоскости, то в проекциях с числовыми отметками такой

цилиндр будет проецироваться на плане в виде окружности, равной основаниям этого цилиндра.

Наклонный эллиптический цилиндр на чертеже в проекциях с числовыми отметками может задаваться однопараметрическим семейством эллипсов с числовыми отметками, а также этот цилиндр может определяться осью и вертикальным сечением, являющимся окружностью.

Ось наклонного цилиндра задается отрезком прямой M_1K_{-3} (рис.198). Через точку M_1 строят вертикальное сечение, перпендикулярное на плане к оси цилиндра, и вводят новую систему координат $O'x'y'z'$ для профиля. На профиле строят окружность заданного радиуса $r=25$ (в соответствии с линейным масштабом), которая является вертикальным сечением наклонного эллиптического цилиндра.

На профиле (вертикальном сечении) проводят горизонтальные линии, расстояния между которыми в масштабе равны единичным высотным превышениям. Другими словами, на профиле находят верхнюю образующую цилин-

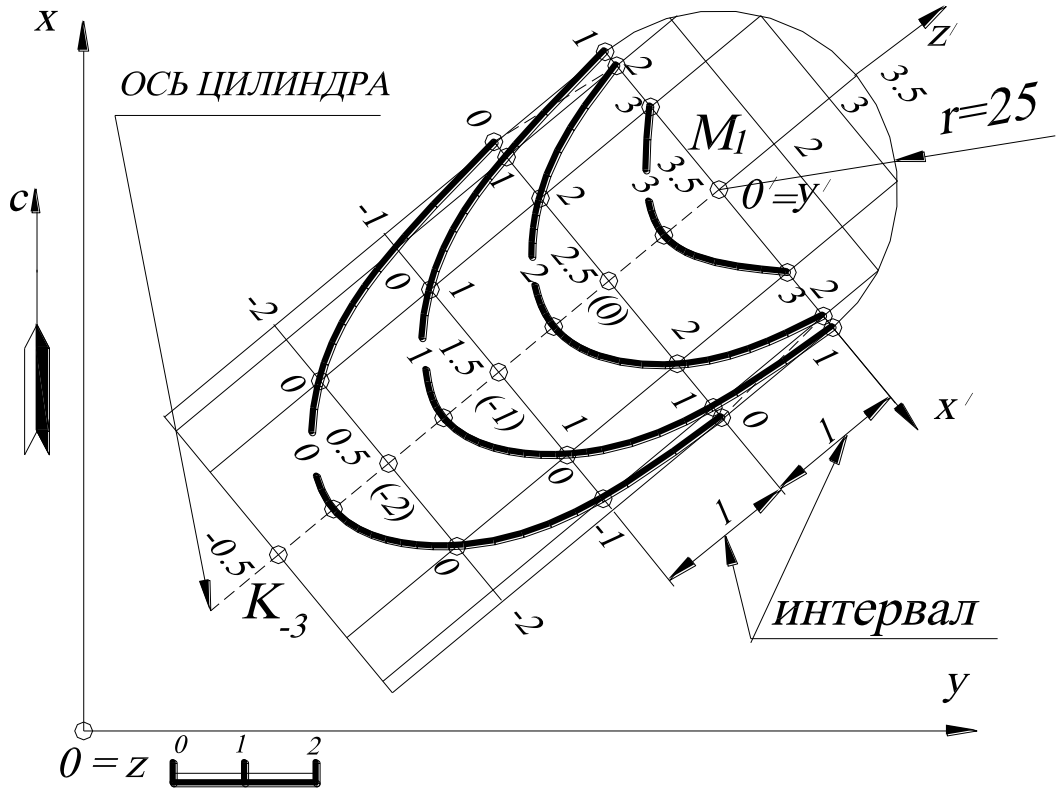


Рис. 198.

дра, высотная отметка которой равна ***3,5***, и ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***3*** и ***2***. На плане масштабы заложения этих образующих будут такими же, как и масштабы заложения оси цилиндра ***l***, так как по условию задания они параллельны друг другу, а их высотные отметки будут определяться пропорционально с помощью профиля.

Крайние очерковые образующие будут иметь высотные отметки, одинаковые с высотными отметками оси, так как они лежат в одной плоскости и, как было уже сказано, параллельны друг другу. Для точности построения эллипсов градуируют ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***2***.

Для построения эллипса с высотной отметкой, например ***1***, необходимо на всех проградуированных образующих цилиндра найти точки с высотной отметкой ***1*** и соединить их плавной кривой. Семейство (однопараметрическое) построенных эллипсов задаст на плане наклонный эллиптический цилиндр, а эллипс с высотной отметкой ***0*** – сечение этого цилиндра горизонтальной плоскостью проекций ***H***.

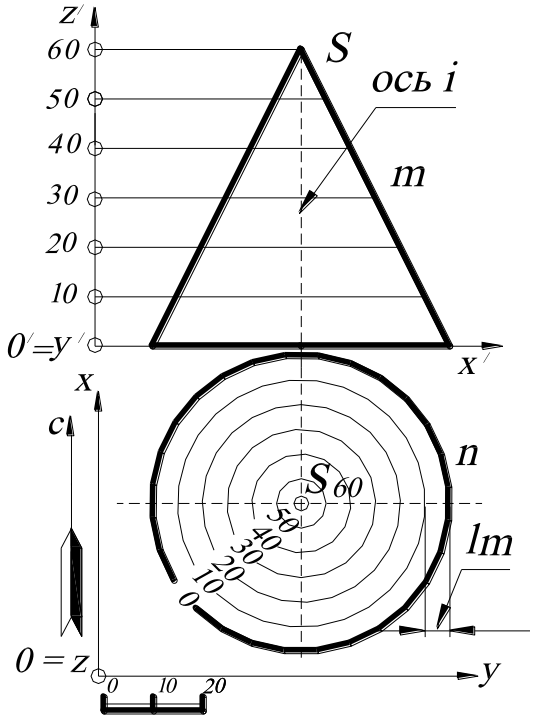


Рис. 199.

КОНУС. На рис.199 изображён конус вращения, образованный вращением вокруг оси ***i⊥H*** прямой ***m***, пересекающей её под острым углом. Прямая ***i*** – ***ось***, прямая ***m*** – образующая, точка ***S=m⋂I*** – ***вершина*** конуса. У конуса две полы, простирающиеся в бесконечность в обе стороны от вершины; на рис.199 показана только часть нижней полы, которая отсечена плоскостью ***H***. Такую часть конуса мы также будем называть конусом, а окружность ***n*** (пересечение конуса с плоскостью проекций ***H***) – его ***основанием***.

Конус вращения в проекциях с числовыми отметками задаётся горизонталями – семейством (однопараметрическим) концентрических окружностей. Расстояние l_m – ***интервал образующей*** конуса – кратчайшее расстояние (на плане) между проекциями двух соседних горизонталей конуса вращения. В сечении конуса вращения могут получаться: окружность, эллипс, парабола, гипербола, две прямые, две совпавшие прямые или две изотропные (мнимые) прямые (см. далее «Конические сечения»).

Размерность конуса вращения в трёхмерном пространстве равна шести. Поэтому такой конус можно задать вершиной (три параметра) и основанием (три параметра); прямой (четыре параметра), точкой на этой прямой (один параметр) и углом наклона образующей (один параметр) и т. п.

<u>СФЕРА</u>.

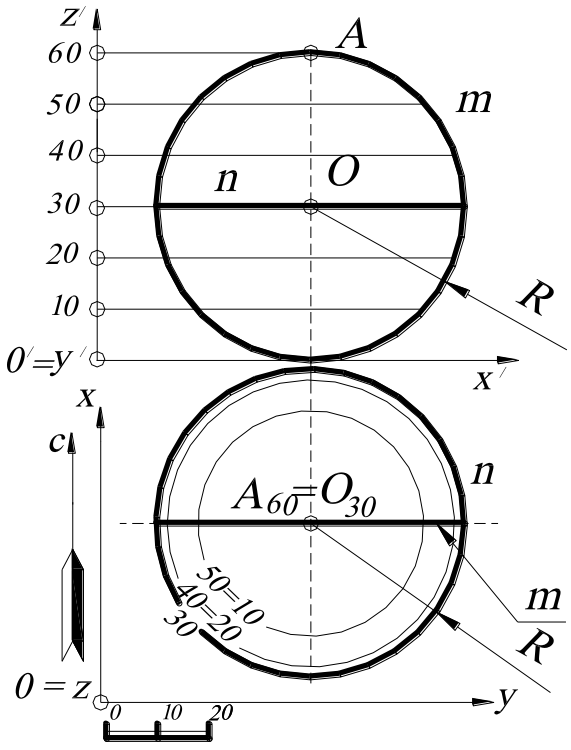


Рис. 200.

Сфера – поверхность, образованная вращением окружности вокруг своего диаметра. Размерность сферы в трехмерном пространстве равна четырем, поэтому сфера может быть задана точкой (три параметра) и радиусом (один параметр); четырьмя некомпланарными (не лежащими в одной плоскости) точками и т. д. Любое плоское сечение сферы представляет окружность. Сфера в проекциях с числовыми отметками (рис. 200) задается горизонталями – семейством окружностей, параллельных основной плоскости проекций (плоскости нулевого уровня). Окружность ***n*** называется ***экватором*** сферы, которая на профиле будет изображаться отрезком прямой, перпендикулярной оси сферы. Окружность ***n*** является ***очерковой линией*** сферы на плане. Раз-

личают горизонтальную и вертикальную очерковые линии. Так, ***m*** – вертикальная очерковая линия сферы на профиле, которая на плане изображается отрезком прямой.

На плане сечение сферы плоскостью общего положения представляет собой эллипс. Рассмотрим построение сечения сферы плоскостью общего положения.

Построить сечение сферы плоскостью общего положения ω_i.

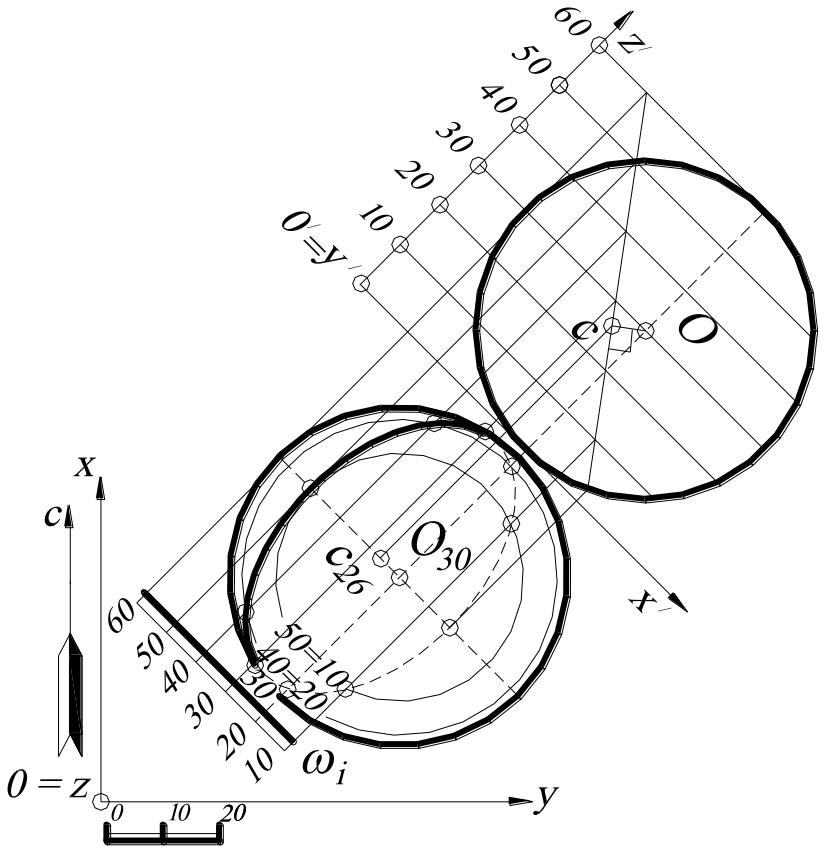


Рис. 201.

Для нахождения сечения сферы плоскостью общего положения строится профиль $O'x'y'z'$, плоскость $O'x'z'$ которого перпендикулярна горизонталям заданной плоскости ω_i. В этом случае заданная плоскость общего положения на этом профиле будет проецирующей (см. «Плоскость»). Поэтому вводится новая декартова система координат, причем ось x' перпендикулярна горизонталям плоскости ω_i, ось z' выбирается вертикально и перпендикулярно к оси x', а ось y' совпадает с началом отсчета O'. Для решения этой задачи профиль удобнее строить в проекционной связи, как показано на рис. 201. На профиле плоскость ω_i будет изображаться в виде прямой, совпадающей с линией падения плоскости, сфера – в виде окружности. На профиле находят общие точки плоскости и сферы и с

помощью линий проекционной связи переносят на план (точка c_{26} – это точка пересечения осей эллипса, построение которой показано на рис. 201).

Рассмотрим пересечение сферы с прямой.

*Найти точки (точку) пересечения прямой **FE** общего положения с поверхностью сферы.*

Алгоритм этой задачи связан с основной позиционной задачей (нахождения точки пересечения прямой с плоскостью):

1. Через прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник.

2. Находят пересечение вспомогательной плоскости-посредника со сферой (окружность).

3. Определяют точки пересечения (вместе с их высотными отметками) полученного сечения с заданной прямой.

4. Определяют видимость заданной прямой.

На чертеже в проекциях с числовыми отметками этот алгоритм реализуется следующим образом (рис. 202). Через прямую $E_{60}F_{10}$ проводят вертикаль-

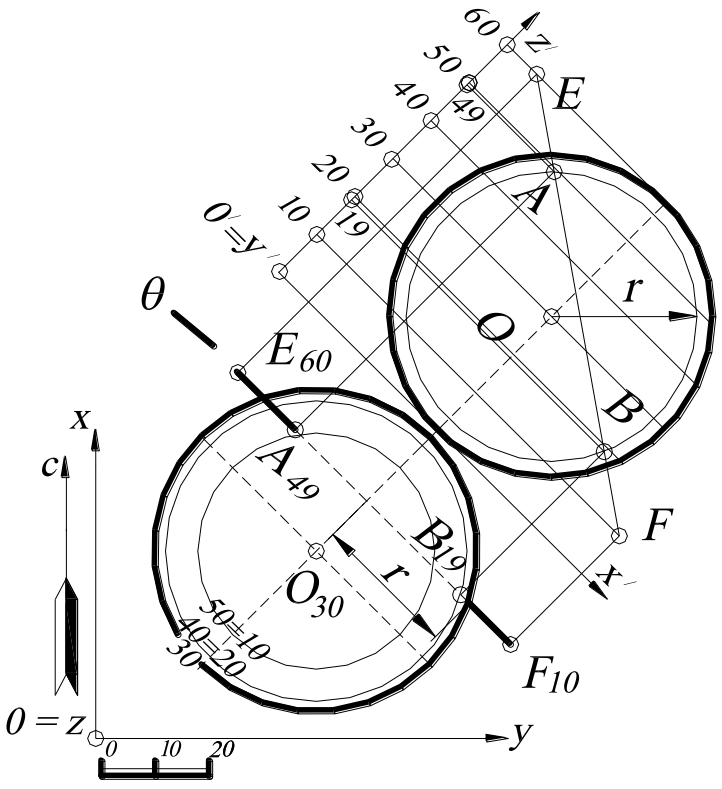


Рис. 202.

ную плоскость-посредник θ. Затем строится профиль $O'x'y'z'$ (новая декартова система координат) так, чтобы ось x' была параллельна проекции (заложению) прямой $E_{60}F_{10}$, так как в этом случае сечение сферы радиуса r на этот профиль спроецируется без искажения, а прямая изобразится в виде прямой AB. На профиле определяются общие точки сечения и заданной прямой – A_{49} и B_{10}, которые, с помощью линий проекционной связи переносятся на план. Видимость прямой $E_{60}F_{10}$ определяют относительно поверхности сферы, то есть если поверхность сферы видима, то прямая невидима.

6.5. КОНИЧЕСКИЕ СЕЧЕНИЯ

При сечении плоскостями поверхностей второго порядка получаются кривые второго порядка. В сечении конуса вращения получаются различные кривые второго порядка (если секущая плоскость не проходит через вершину конуса вращения) в зависимости от положения секущей плоскости:

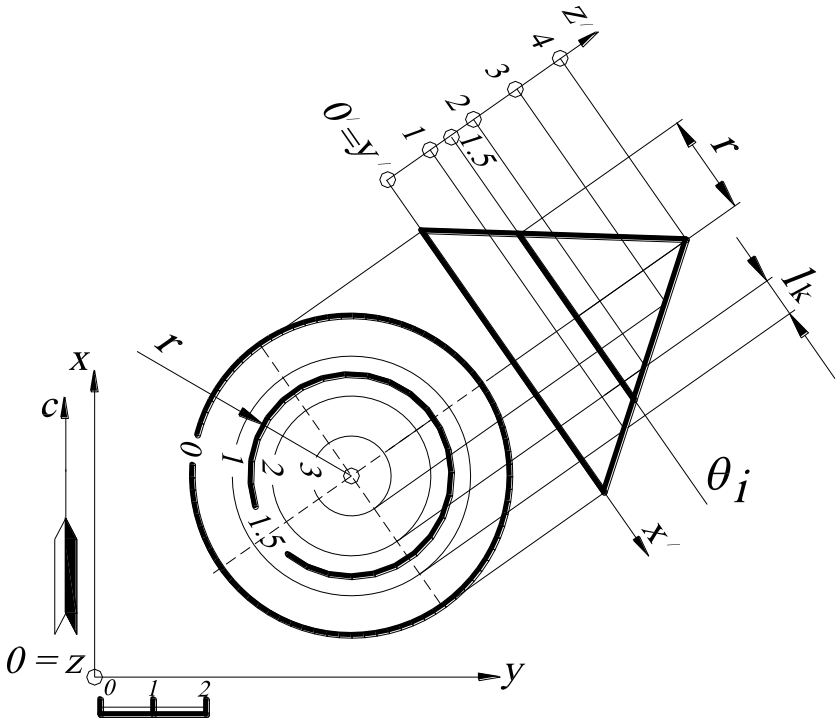


Рис. 203.

1. Окружность, когда секущая плоскость перпендикулярна оси вращения конуса. Если на чертеже, интервал (масштаб заложения) секущей плоскости равен бесконечности, то есть секущая плоскость θ_i парал-

лельна основной плоскости проекций ***H***, то в сечении получается окружность (все точки окружности имеют одну и ту же высотную отметку, например ***1,5***, рис. 203).

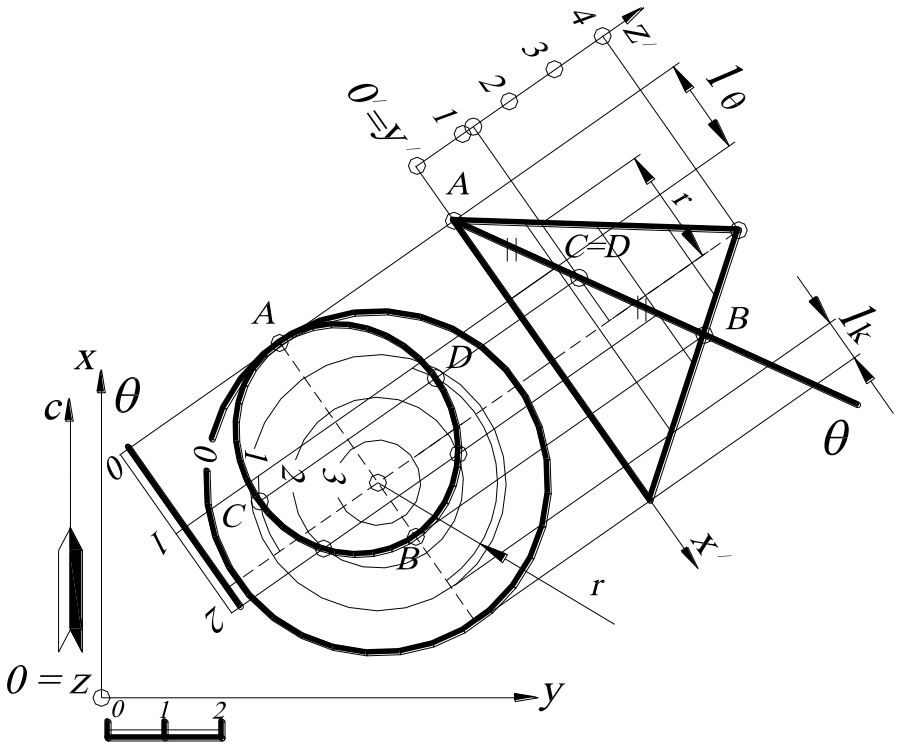


Рис. 204.

2. Эллипс **(*или его часть*),** когда секущая плоскость θ_i пересекает все образующие одной полы конуса (или могут пересекать), но не перпендикулярна оси конуса. На чертеже в проекциях с числовыми отметками, если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ будет больше интервала (масштаба заложения) образующей поверхности заданного конуса l_k, $l_\theta > l_k$, то в сечении получается эллипс или его часть $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$ (рис. 204).

3. Парабола, когда секущая плоскость θ_i параллельна одной образующей конуса вращения (парабола имеет одну бесконечно удаленную точку). На чертеже в проекциях с числовыми отметками, если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ равен интервалу (масштабу заложения) образующей конуса l_k, то в сечении получается парабола $l_\theta = l_k$, $y^2 = 2px$ (рис. 205).

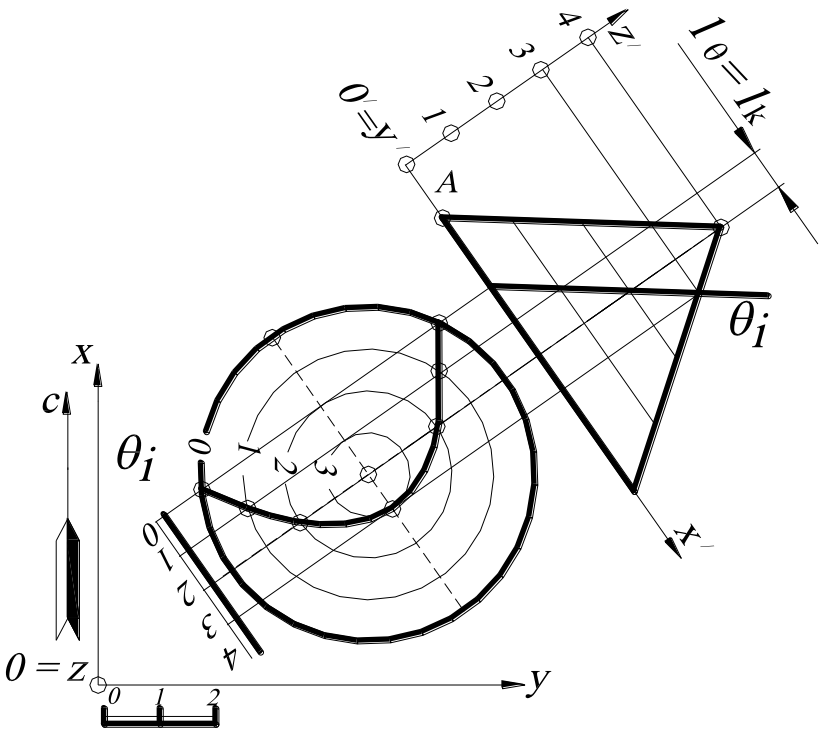


Рис. 205.

4. Гипербола, когда секущая плоскость θ параллельна двум образующим. (Гипербола имеет две бесконечно удаленные точки). Если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ меньше интервала (масштаба заложения) образующей конуса l_k (рис. 206) или вообще секущая плоскость перпендикулярна основанию конуса, то в сечении получается гипербола $l_\theta < l_k$, $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$. Если $l_\theta = 0$, гипербола

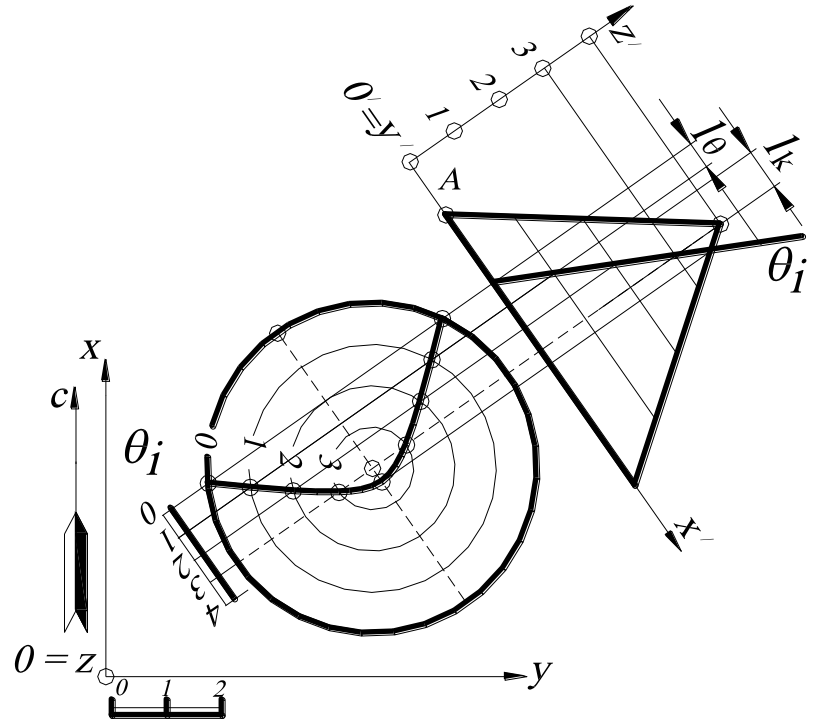


Рис. 206.

на основную плоскость проекций H будет проецироваться в виде прямой, совпавшей с этой вертикальной плоскостью θ_i.

Если секущая плоскость проходит через вершину конуса, то в сечении может получиться:

а) ***две изотропные (мнимые) прямые,*** в пересечении которых появляется действительная точка – вершина конуса ***S***, при этом интервал секущей плоскости l_θ будет больше интервала образующей конуса вращения l_k: $l_\theta > l_k$;

б) ***две совпавшие прямые***, интервал секущей плоскости l_θ будет равен интервалу образующей конуса l_k: $l_\theta = l_k$;

в) ***две пересекающиеся прямые***, интервал секущей плоскости l_θ меньше интервала образующей конуса l_k: $l_\theta < l_k$, а также если секущая плоскость проходит через ось конуса (рис. 207).

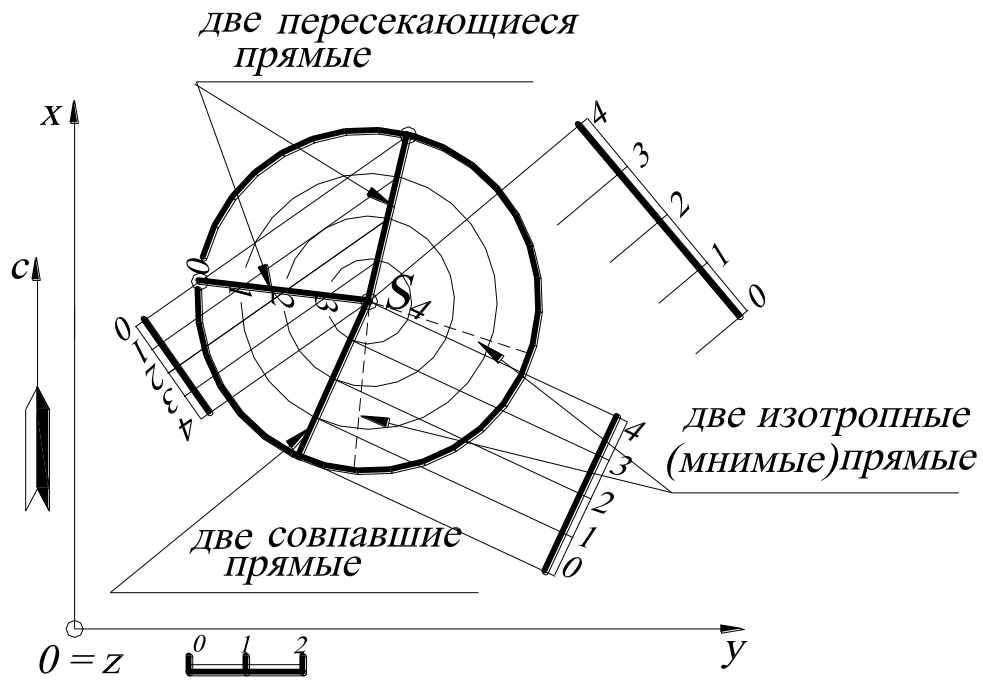


Рис. 207.

6.6. ПОВЕРХНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПЕРЕНОСА

Поверхностью параллельного переноса называется поверхность, образованная непрерывным параллельным перемещением образующей ***m*** по направляющей ***n*** (рис. 208).

Движение образующей ***m*** может быть определено перемещением какой-либо ее точки ***M*** по бесконечно малым хордам направляющей ***n***. Покажем, что образующие и направляющие поверхности параллельного переноса взаимно заменяемы, то есть поверхность, образованная движением линии ***n*** по линии ***m***, конгруэнтна поверхности, образованной движением линии ***m*** по линии ***n***.

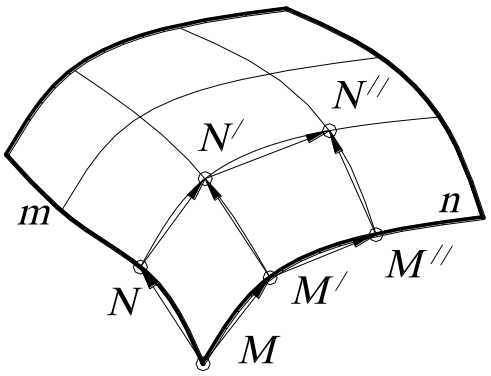


Рис. 208.

Рассмотрим параллелограмм $MNN'M'$. Точка N' может быть получена переносом точки ***N*** на вектор MM' или переносом точки M' на вектор $M'N'$, то есть одну и ту же точку N' поверхности можно получить перемещением образующей по направляющей или, наоборот, направляющей по образующей.

Отсюда следует, что поверхность параллельного переноса несет на себе два семейства линий, конгруэнтных соответственно линиям ***m*** и ***n***. Очевидно, определитель поверхности содержит образующую ***m*** и направляющую ***n***, что записывается так: ***Ф(m; n)***. На чертеже такая поверхность задается образующей и направляющей.

6.7. ЛИНЕЙЧАТЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность называется ***линейчатой***, если она образована движением прямой (образующей) ***l*** по заданному закону. Закон ее движения обычно задается тремя направляющими – n_1; n_2; n_3 (рис. 209).

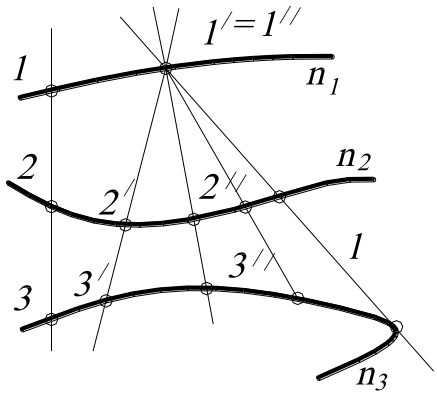
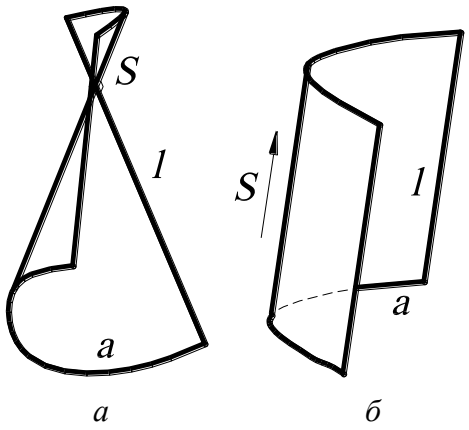


Рис. 209.

В качестве направляющих можно рассматривать линии или поверхности (образующая перемещается, касаясь этой поверхно-

сти), а также другие геометрические элементы, например, графики изменения параметров образующих и т. п.



а *б*

Рис. 210.

Коническая поверхность Ф образуется движением прямой ***l*** (образующей), проходящей через фиксированную точку ***S*** (вершину) и пересекающей направляющую кривую ***a*** (рис.210, *а*).

Если направляющей является алгебраическая кривая ***n***-порядка (плоская или пространственная), то порядок поверхности ***Ф*** будет равен ***n***, то есть любая плоскость пересекает ее по кривой ***g*** порядка ***n*** или любая прямая ***m*** пересекает ее в ***n*** точках.

Коническую поверхность с несобственной вершиной ***S*** называют ***цилиндрической поверхностью***. Это поверхность, описываемая движением прямой линии ***l*** (образующей), пересекающей кривую линию ***a*** (направляющую) и имеющей постоянное направление ***S*** (рис. 210, *б*).

Порядок линейчатой поверхности с тремя направляющими равен удвоенному произведению порядков алгебраических направляющих $2n_1n_2n_3$.

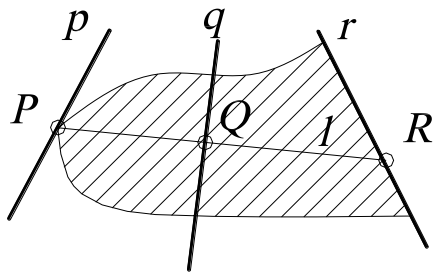


Рис. 211.

ПРИМЕР. Построить линейчатую поверхность, направляющие ***p, q, r***, которой скрещивающиеся прямые (рис. 211).

Образующая ***l***, проходящая через точку ***P***, принадлежащая направляющей ***p***, пересекает прямые ***q*** и ***r*** и при движении точки ***P*** по прямой ***p*** описывает поверхность, называемую ***однополостным (линейчатым) гиперболоидом***. В этом случае необходимо найти образующую ***l,*** проходящую через точку ***P*** и две скрещивающиеся прямые ***q*** и ***r***.

Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости, рис. 212).

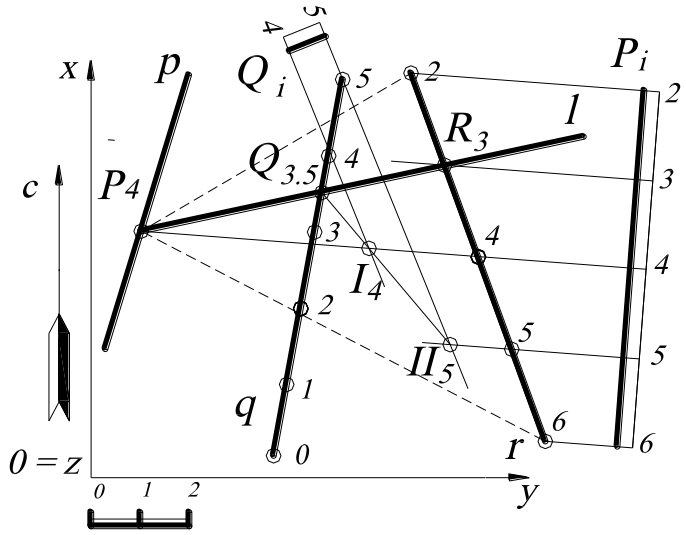


Рис. 212.

Алгоритм:

1. На прямую ***r*** (можно выбрать и другую прямую, то есть ***q***) и точку ***P*** «натягивают» плоскость (на чертеже эта плоскость показана штриховыми линиями). Затем эту плоскость задают горизонталями $\boldsymbol{P_i}$.
2. Находят точку пересечения прямой ***q*** с плоскостью $\boldsymbol{P_i}$:

а) через прямую ***q*** проводят вспомогательную плоскость-посредник $\boldsymbol{Q_i}$;

б) находят пересечение плоскостей $\boldsymbol{P_i}$ и $\boldsymbol{Q_i}$ – прямая $\boldsymbol{I_4II_5}$;

в) находят точку пересечения прямой $\boldsymbol{I_4II_5}$ и прямой ***q*** – точка $\boldsymbol{Q_{3,5}}$.

3. Прямая, соединяющая заданную точку $\boldsymbol{P_4}$ и построенную точку $\boldsymbol{Q_{3,5}}$, будет искомой прямой ***l***.

Форма поверхности показана на рис. 213.

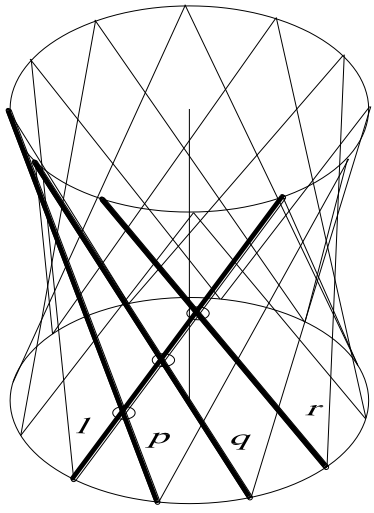


Рис. 213.

На рис. 214 построен однополостный гиперболоид в проекциях с числовыми отметками. На профиле очерк гиперболоида – гипербола, которая строится по точкам пересечения параллелей с плоскостью главного меридиана или может быть построена на профиле как огибающая вращающейся, образующей ***l*** в разных её положениях; на плане очерк однополостного гиперболоида – горловая окружность (горловая параллель) – огибающая горизонтальных проекций прямоли-

нейных образующих ***l***. Однополостный гиперболоид является поверхностью второго порядка.

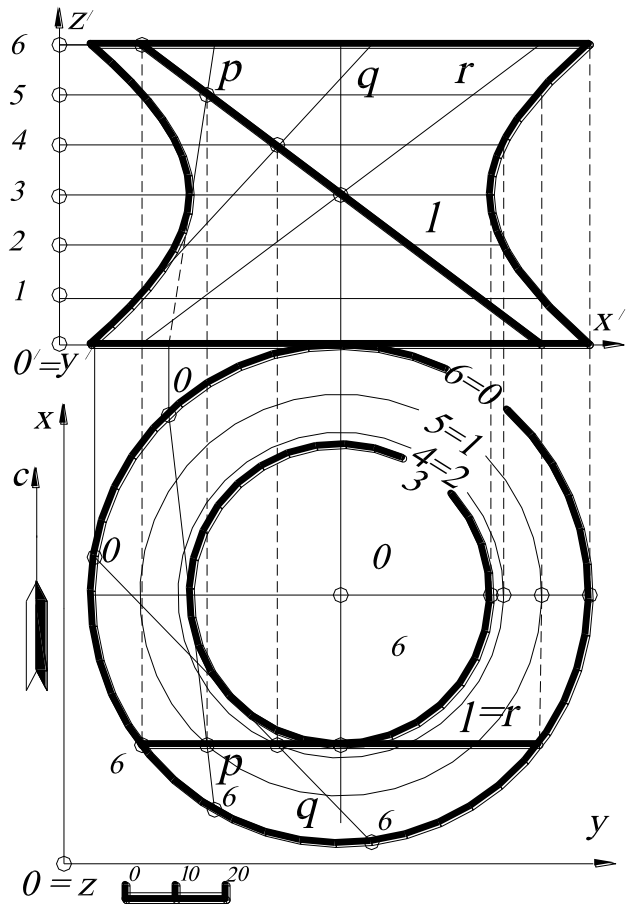


Рис. 214.

Множество прямых, с которыми совпадает при вращении образующая ***l***, называют 1-м семейством на гиперболоиде. Из симметрии поверхности вращения относительно меридиональной плоскости следует существование на гиперболоиде 2-го семейства прямых. Прямые 1-го семейства закручены влево, прямые 2-го – вправо. Любые две прямые одного семейства скрещиваются, любые две прямые из разных семейств пересекаются (или параллельны). Через каждую точку однополостного гиперболоида проходят одна правая и одна левая прямая.

6.8. ЛИНЕЙЧАТЫЕ ПОВЕРХНОСТИ С ПЛОСКОСТЬЮ ПАРАЛЛЕЛИЗМА (ПОВЕРХНОСТИ КАТАЛАНА)

Линейчатыми поверхностями с плоскостью параллелизма называются поверхности, все образующие которых параллельны заданной плоскости, называемой плоскостью параллелизма или направляющей плоскостью.

Если одна из направляющих будет являться несобственной (бесконечно удаленной), а две другие действительными, такие поверхности называются поверхностями с плоскостью параллелизма, так как плоскость параллелизма явля-

ется собственным представителем несобственной (бесконечно удаленной) прямой. В самом деле, любая образующая пересекается с плоскостью параллелизма в бесконечно удаленной (несобственной) точке, так как образующих у линейчатой поверхности ∞^1, то получают ∞^1 несобственных точек (бесконечно удаленных), то есть несобственную прямую. В зависимости от вида действительных направляющих поверхность с плоскостью параллелизма называется цилиндроидом, коноидом, косой плоскостью.

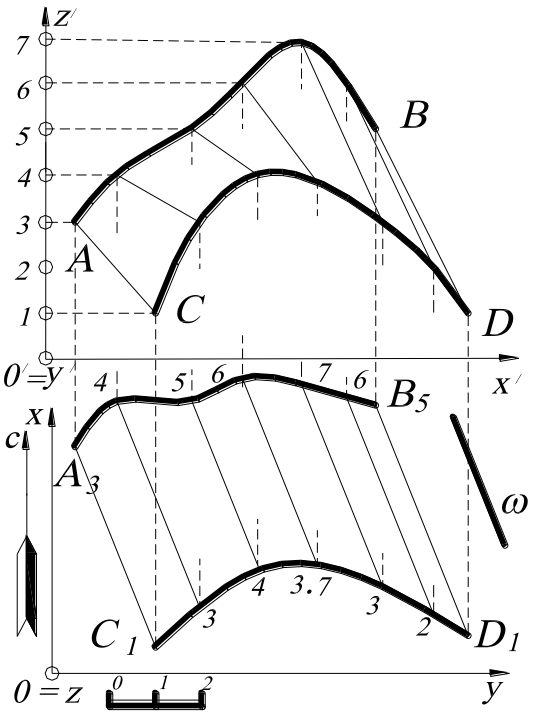


Рис. 215.

Цилиндроид – поверхность, образованная движением прямой (образующей) по двум действительным кривым направляющим, причем образующая всегда остается параллельна плоскости параллелизма. Порядок такой поверхности: $n=2\cdot n_1\cdot n_2\cdot 1$. На рис. 215 изображен цилиндроид, образованный движением прямой, пересекающей направляющие кривые ***AB*** и ***CD*** и параллельной плоскости параллелизма $\omega \perp H$ (***H*** – основная плоскость проекций ***xOy***).

Коноид – поверхность, образованная движением прямой (образующей) по двум действительным направляющим, одна из которых прямая, причем образующая остается всегда параллельна какой-либо плоскости параллелизма. Порядок такой поверхности: $n = 2\cdot n_1\cdot 1\cdot 1$. На рис. 216 показан коноид, направляющими линиями служат кривая ***AB*** и прямая $CD \perp H$, а плоскостью параллелизма – основная плоскость проекций ***xOy***.

Косая плоскость - поверхность, образованная движением прямой (образующей) по двум действительным скрещивающимся прямым (рис. 217), причем

образующая остается всегда параллельна какой-либо плоскости параллелизма. Эта поверхность известна под названием ***гиперболического параболоида***, так как она несет на себе каркас не только прямых, но и гипербол и парабол. Порядок такой поверхности: ***n=2·1·1·1=2***. На рис. 217 изображена часть такой поверхности, ограниченная направляющими ***AB*** и ***CD*** и образующими ***AD*** и ***BC***, параллельными плоскости параллелизма ω, перпендикулярной основной плоскости проекций ***xOy***.

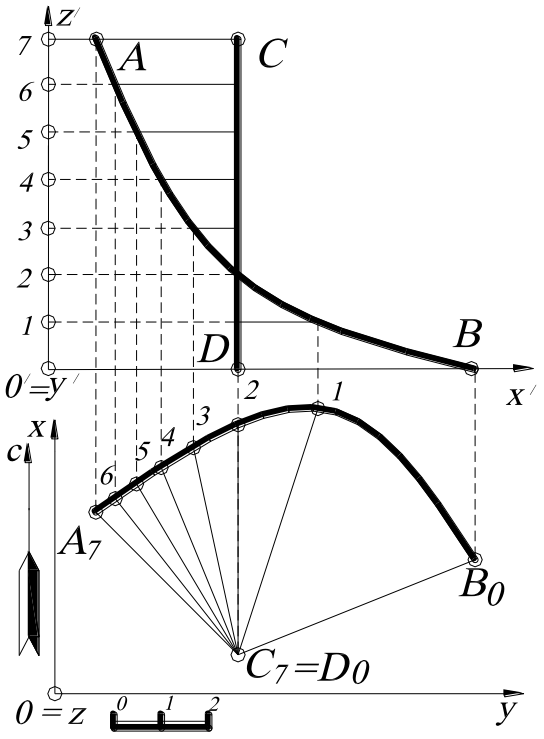


Рис. 216.

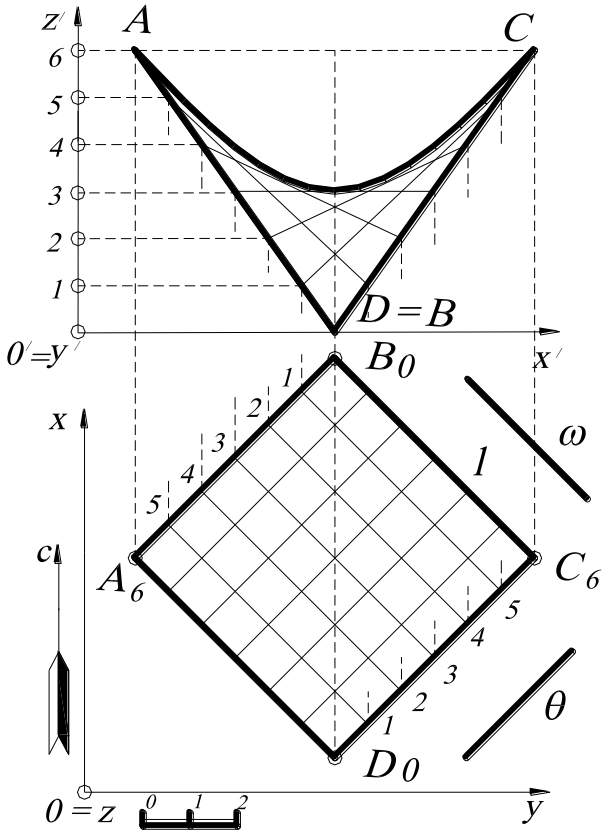


Рис. 217.

На гиперболическом параболоиде есть второе семейство прямых, которому принадлежат данные направляющие ***AB*** и ***CD***. Все прямые второго семейства также параллельны некоторой плоскости параллелизма θ (на рис. 217 $\theta \perp H$). Эти два семейства (образующих и направляющих) совершенно равноправны, то есть при движении прямой ***AB***, пересекающей прямые ***AD*** и ***BC*** и параллельной плоскости θ, получается та же поверхность. Два семейства прямых на гиперболическом параболоиде устроены точно так же, как и на однопо-

лостном гиперболоиде, а именно: две прямые одного семейства скрещиваются, две прямые из разных семейств лежат в одной плоскости; через каждую точку гиперболического параболоида проходит одна прямая из каждого семейства.

6.8.1.ПОВЕРХНОСТИ ОДИНАКОВОГО СКАТА

На практике при проектировании откосов дорог часто применяются и поверхности равнодлинного откоса. Поверхность одинакового ската представляет собой в пространстве огибающую семейства прямых круговых конусов, вершины которых лежат на пространственной кривой (рис. 218).

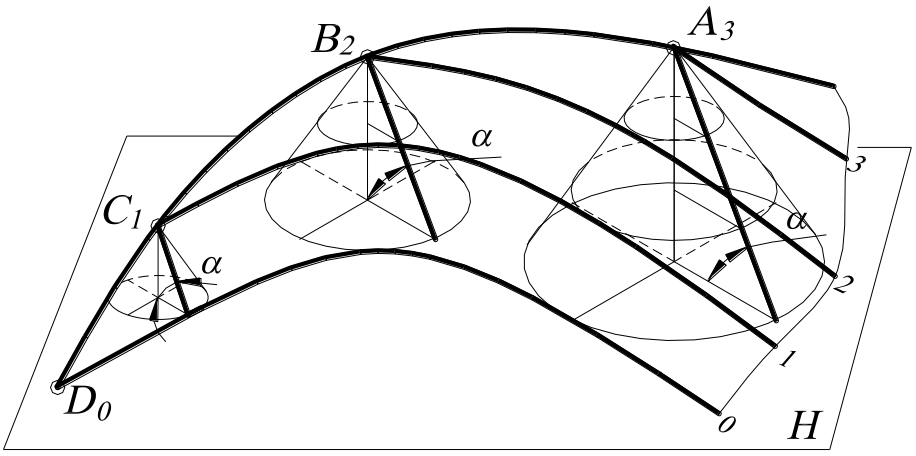


Рис. 218.

Поверхность одинакового ската – линейчатая поверхность. Все образующие этой поверхности составляют с горизонтальной плоскостью проекций ***H*** одинаковый угол α, равный углу наклона образующих конуса. Частным случаем поверхности одинакового ската является эвольвентная поверхность. Для построения горизонталей поверхности одинакового ската необходимо иметь проекцию кривой линии и угол наклона поверхности (образующих конуса) α к горизонту.

ПРИМЕР. Построить к заданной кривой $A_3B_2C_1D_0$ поверхность одинакового ската с углом наклона поверхности к основной плоскости проекций ***H***, равным $\alpha=70^0$.

Построения выполняются следующим образом:

1. В соответствии с масштабом чертежа строится профиль, в котором проводится прямая под углом α. Получаемый при этом отрезок ***l*** характеризует интервал образующих конусов (рис. 219).

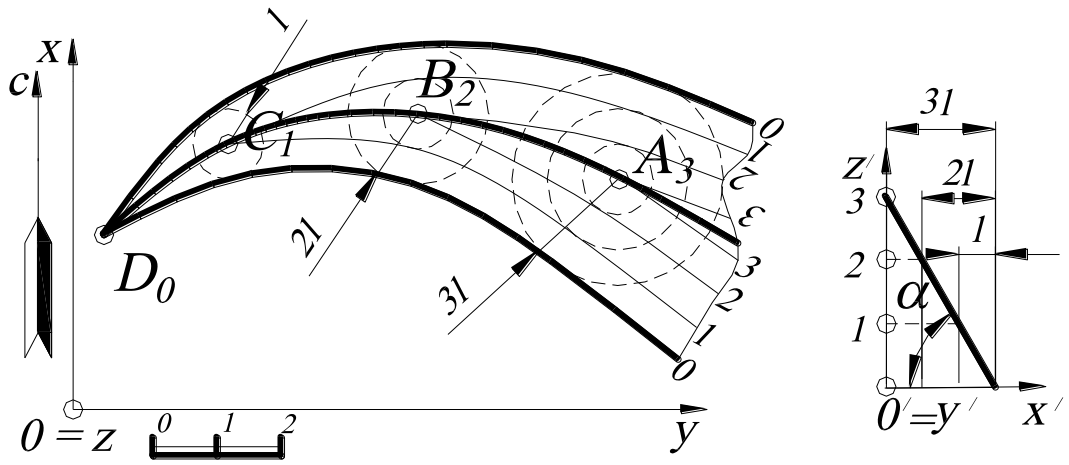


Рис. 219.

2. В соответствии с интервалом ***l*** строятся образующие конусов с центрами в точках $C_1B_2A_3$.

3. По касательным к горизонталям конусов с одинаковыми высотными отметками проводятся лекальные кривые горизонталей поверхности одинакового ската.

6.8.2. ПОВЕРХНОСТЬ РАВНОДЛИННОГО ОТКОСА

Поверхностью равнодлинного откоса называется линейчатая поверхность, образующая которой - отрезок прямой постоянной длины – перемещается в пространстве так, что его один конец скользит по направляющей, пространственной кривой (прямой), а другой конец - по заданной поверхности (плоскости), причём горизонтальная проекция образующей всегда перпендикулярна горизонтальной проекции направляющей.

Частным случаем поверхности равнодлинного откоса является такая поверхность, образующая которой (отрезок постоянной длины) одним концом скользит по прямой, а другим - по горизонтальной плоскости. В этом случае поверхность равнодлинного откоса можно представить как поверхность, соприкасающуюся с однопараметрическим множеством прямых круговых конусов с вертикальной осью (рис. 220). Вершины этих конусов лежат на направляющей

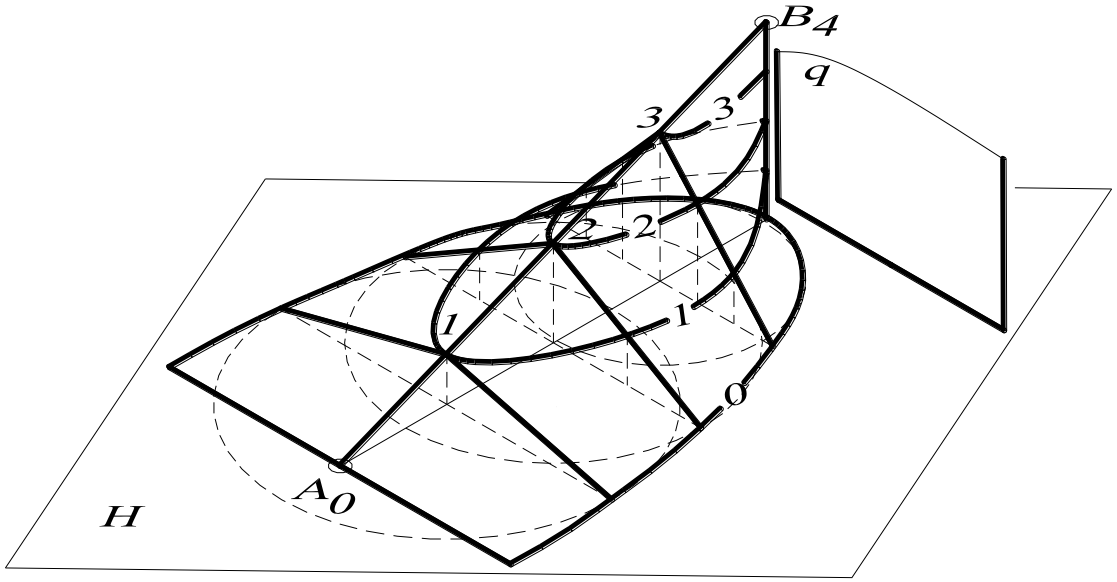


Рис. 220.

(прямой), а основания – на заданной плоскости. На практике такая поверхность заменяется поверхностью, образующие которой на горизонтальной проекции перпендикулярны горизонтальной проекции направляющей (по определению). Длины отрезков образующих этих конусов, заключённых между вершинами и основаниями, равны, то есть угол наклона образующей конуса к горизонтальной плоскости проекций меняется при движении конуса вдоль направляющей.

Поверхность равнодлинного откоса такого вида задана:

1) направляющая - отрезок прямой; образующая – отрезок прямой постоянной длины. Горизонтальные проекции образующей и направляющей перпендикулярны, то есть все горизонтальные проекции образующих

будут параллельны между собой, а, следовательно, параллельны плоскости параллелизма $\boldsymbol{q}$ (см. рис. 220);

2) отрезок (образующая поверхности) одним концом скользит по направляющей, другим – по основной (горизонтальной) плоскости проекций.

В результате движения образующей по горизонтальной плоскости проекций, в пересечении получается плоская кривая, которую можно рассматривать, в данном случае как направляющую. Тогда поверхность равнодлинного откоса можно представить как часть ***коноида***.

ПРИМЕР. Построить поверхность равнодлинного откоса (часть коноида), образующая которой прямая $\boldsymbol{l}$, параллельная плоскости параллелизма $\boldsymbol{q}$. Образующая (постоянной длины) этой поверхности одним концом скользит по направляющей прямой $\boldsymbol{A_0B_4}$, а другим – по горизонтальной плоскости проекций $\boldsymbol{H}$. Натуральная величина образующей определяется расстоянием от прямой $\boldsymbol{A_0B_4}$ до горизонтальной плоскости проекций $\boldsymbol{H}$.

Построение очерка поверхности равнодлинного откоса

В общем случае, поверхность равнодлинного откоса можно представить как поверхность, соприкасающуюся с однопараметрическим множеством прямых круговых конусов с вертикальной осью (вершины этих конусов лежат на направляющей (прямой) $\boldsymbol{A_0B_4}$, а основания на горизонтальной плоскости проекций $\boldsymbol{H}$). Тогда образующую конуса можно рассматривать как постоянную образующую поверхности равнодлинного откоса, параллельную плоскости $\boldsymbol{q} \perp \boldsymbol{H}$ (рис. 221).

Для определения горизонтальных проекций образующих части поверхности равнодлинного откоса проводят окружность радиуса $\boldsymbol{R}$, равной натуральной величине отрезка образующей $\boldsymbol{PK=l_0}$ (см. рис. 221, *б*). Рассекают эту окружность горизонтальными прямыми, расстояния между которыми, в масштабе, равны единице (линейный масштаб). Длину отрезка $\boldsymbol{PK}$ можно рассматривать как постоянную образующую конусов.

Затем строятся образующие поверхности равнодлинного откоса, проходящие через отметки ***0, 1, 2, 3***, причём горизонтальные проекции этих образующих на плане перпендикулярны направляющей A_0B_4. В точке с отметкой ***4*** образующая поверхности будет проецирующей.

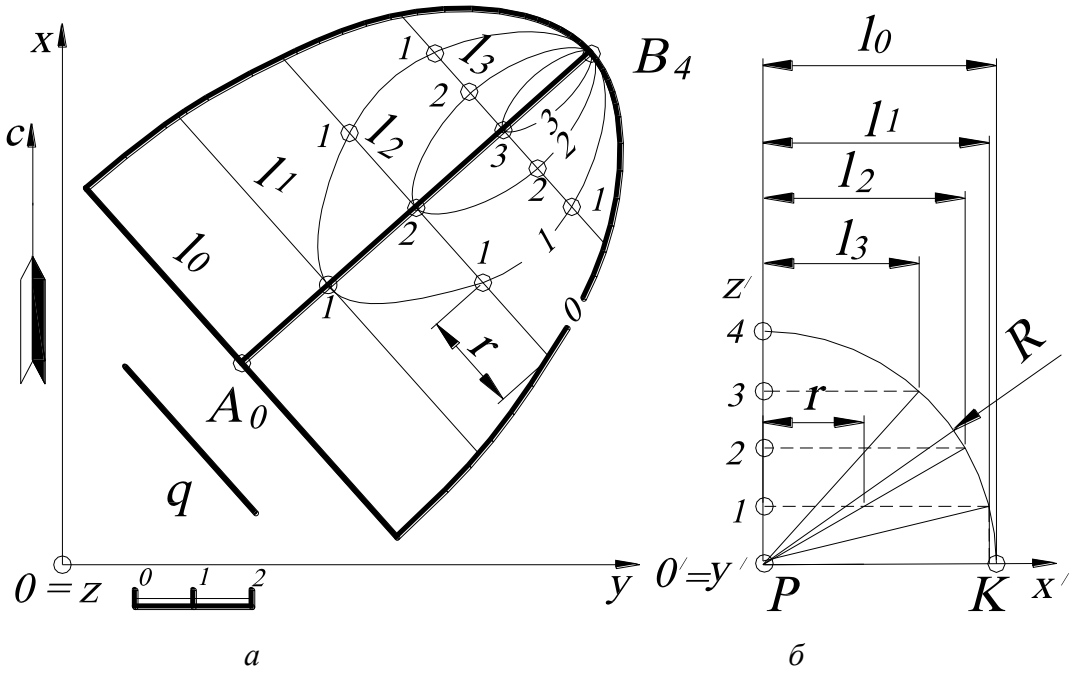


Рис. 221.

Построенные образующие на плане градуируют с интервалом ***1*** (единица), то есть определяют промежуточные высотные отметки, расположенные между концами отрезка образующей. Градуировка осуществляется с помощью переноса соответствующих высотных отметок. Для этого используется сетка горизонтальных сечений на профиле (см. рис. 221, *б*) (например, расстояние ***r*** на образующей l_2 соответствует точке с высотной отметкой ***1***). Точки с одинаковыми высотными отметками соединяют плавными кривыми линиями, которые являются горизонталями поверхности равнодлинного откоса.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чём заключается каркасный способ задания поверхности?

2. Что такое определитель поверхности?

3. Перечислите способы задания поверхностей на плане (сферы, конуса, поверхности вращения общего вида).

4. Найти точки пересечения прямой общего положения ***AB*** и прямого кругового конуса.

5. Найти точки пересечения прямой общего положения ***AB*** и наклонного цилиндра.

6. Как построить линию пересечения поверхности вращения и многогранника?

7. Как определяется линия пересечения двух поверхностей вращения?

8. На ребре куба как на диаметре построена сфера. Вписать в куб сферу, касающуюся данной сферы и трёх граней куба.

9. Как образуется поверхность равнодлинного откоса?

10. Сформулируйте определитель поверхности равного уклона.

11. Найти точки пересечения прямой общего положения ***AB*** и косой плоскости.

7. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Кинематические поверхности сложной формы иногда называют поверхностями зависимых линий. Типичным примером поверхностей зависимых линий служат топографические поверхности.

Топографическими поверхностями называют поверхности, заданные дискретным множеством линий уровня. Такое представление поверхностей широко распространено в топографии, горном деле, строительстве и др. Следует помнить, что поверхности, заданные дискретным каркасом, не вполне опре-

делены, так как могут существовать и другие поверхности с тем же каркасом, но несколько отличающиеся одна от другой.

Непрерывно-топографическими поверхностями называют поверхности, образованные непрерывным множеством линий уровня. Эти поверхности широко применяют в авиации, архитектуре и др.

На рис. 222 изображена топографическая поверхность, пересекаемая пучком параллельных горизонтальных плоскостей H_0, H_1, H_2, расположенных по вертикали на одном расстоянии друг от друга $h=10$. Плоскости H_0, H_1, H_2 пересекают заданную топографическую поверхность по горизонталям – плоским кривым. Ортогонально (перпендикулярно) спроецировав полученные горизонтали на основную плоскость проекций H, получают ряд замкнутых кривых, называемых ***изогипсами*** (isos – греч. равный, одинаковый, hypsos – греч. высо-

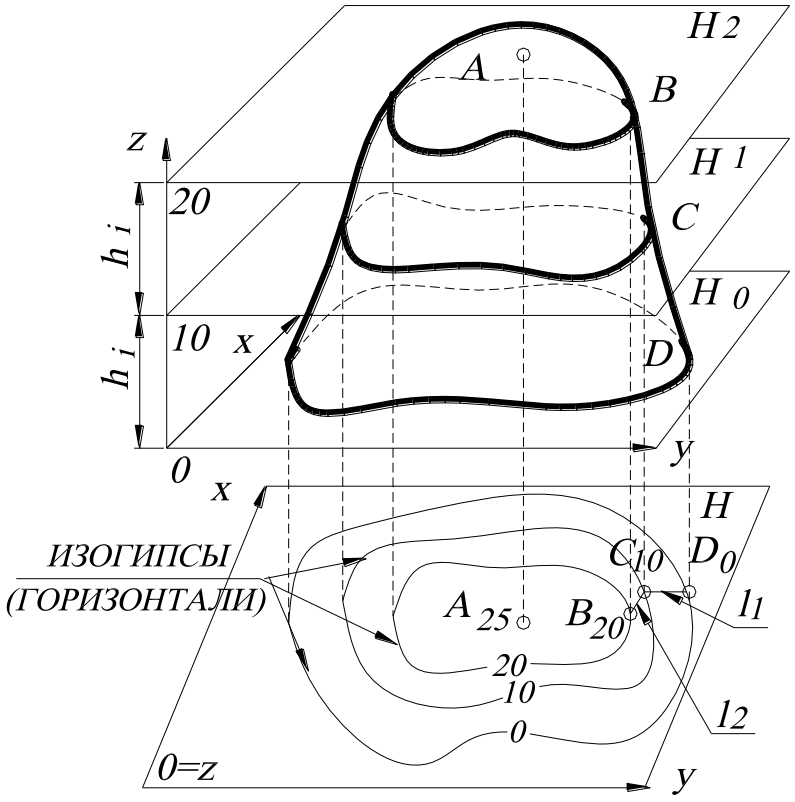


Рис. 222.

та).

Полученные таким образом изогипсы образуют план топографической поверхности в системе координат ***xOy***. Следует помнить, что в проекциях с

числовыми отметками ось ***x*** всегда совпадает с северным направлением меридиана.

Иногда при решении инженерных задач на земной поверхности возникает необходимость использовать следующие термины.

Высота сечения h – это расстояние по вертикали между секущими рельеф поверхности горизонтальными плоскостями.

Заложение (интервал) l – это расстояние по нормали между проекциями двух соседних изогипс.

Угол падения (наклона) σ топографической поверхности к горизонту определяется высотой сечения и заложением: $tg\sigma = \frac{h}{l} = i$.

Отношение высоты сечения к заложению ***i*** между горизонталями называют ***уклоном***.

7.1. ЭЛЕМЕНТЫ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Элементы рельефа топографической поверхности можно легко представить по изображению горизонталей и анализу их высотных отметок. Для удобства определения характера топографической поверхности и отдельных форм рельефа пользуются берг-штрихами, которые проставляют перпендикулярно горизонтали и направляют от неё в сторону спуска поверхности. Горизонтали, кратные 5 числовым отметкам, для удобства чтения чертежа иногда выделяют толстой линией.

В табл. 5 даны некоторые схемы изображения горизонталей главных элементов поверхности. Вершина горы, дно котлована называются ***характерными точками топографической поверхности***, а линии водораздела и водослива – характерными линиями поверхности. По характеру горизонталей на плане и по профилю можно установить характер формы скатов (падений) поверхности (табл. 6).

Таблица 5

Схемы изображения основных форм рельефа на плане

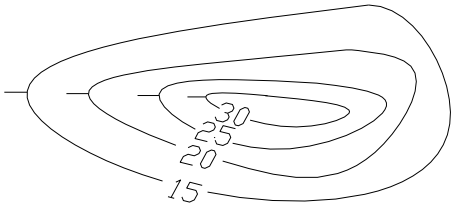
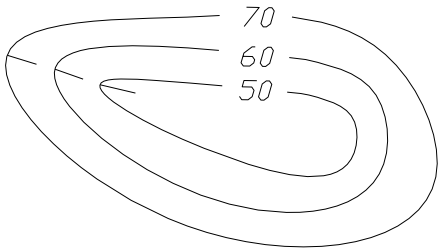
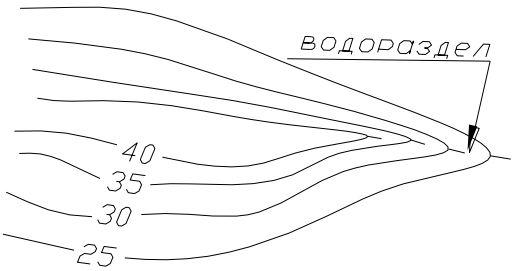
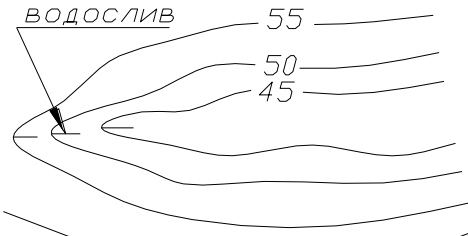
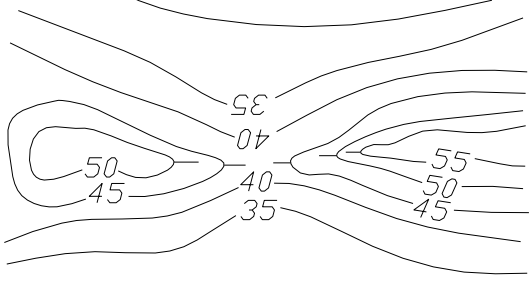
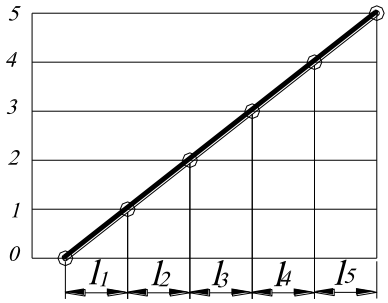
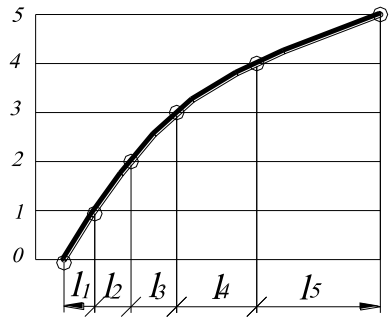
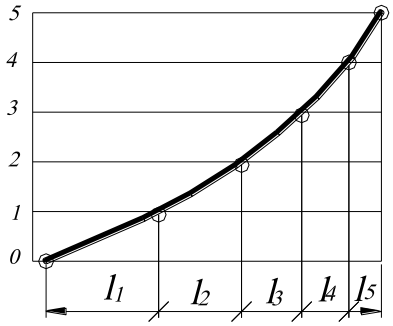
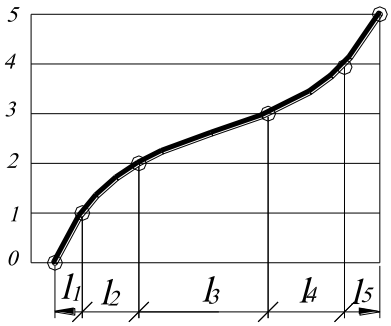
План поверхности	Название рельефа	Краткая характеристика поверхности
	Возвышение, гора (холм)	Выпуклая конусообразная форма. Горизонтали – замкнутые кривые
	Впадина, котловина (яма)	Конусообразное углубление. Горизонтали – замкнутые кривые
	Хребет	Вытянутое в одном направлении возвышение
	Лощина	Вытянутое в одном направлении углубление
	Седловина, перевал	Понижение рельефа при пересечении горы или хребта

Таблица 6

Схемы изображения основных форм ската на профиле

Профиль поверхности	Название ската	Краткая характеристика профиля поверхности
	Ровный	Заложения (интервалы) на всей высоте сечения: $l_1=l_2=l_3=l_4=l_5$
	Выпуклый	Заложение (интервал) у подошвы меньше, чем у вершины: $l_1<l_2<l_3<l_4<l_5$
	Вогнутый	Заложение (интервал) у подошвы больше, чем у вершины: $l_1>l_2>l_3>l_4>l_5$
	Смешанный	Заложения (интервалы) изменяются: $L_3>l_4>l_2>l_1>l_5$

ЛИНИЯ ПАДЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ определяет кратчайшее расстояние между двумя горизонталями и называется падением топографической поверхности, или линией наибольшего ската поверхности в данной точке.

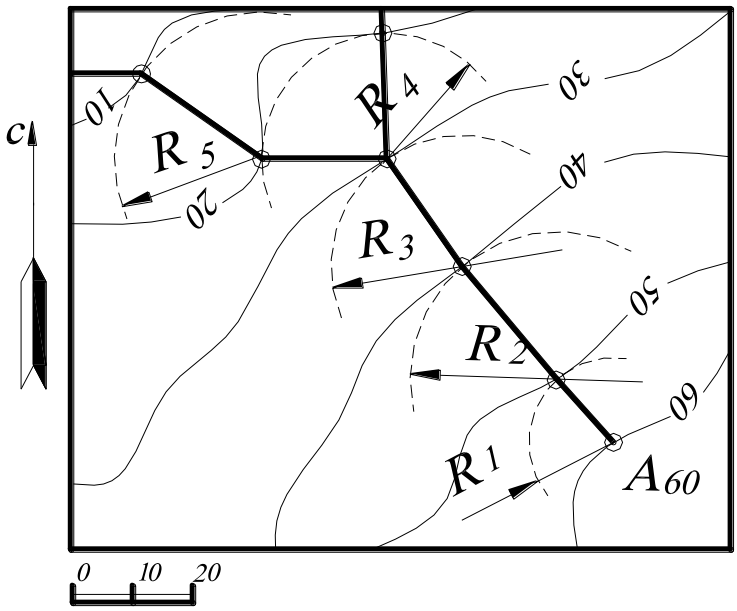


Рис. 223.

Линия падения строится как совокупность прямых-образующих конических поверхностей, по которым происходит касание. Условно принимается, что перепад высотных отметок носит линейный характер, следовательно, топографическая поверхность будет касаться конуса по образующей. При этом основание прямого кругового конуса будет касаться ближайшей горизонтали (касание может быть также и в нескольких точках, рис. 223).

ЛИНИЯ ПОСТОЯННОГО УКЛОНА топографической поверхности используется на практике при проектировании трассы дорог (шоссейных, железных), каналов, то есть там, где возникает необходимость построения линии постоянного уклона на топографической поверхности. Для сокращения земляных работ ось дороги (или канала) располагают не по прямой, а так, чтобы она шла по топографической поверхности, изменяя при этом направление соответственно с уклоном местности.

На рис. 224 показано построение линии постоянного уклона на топографической проекции, где σ - постоянный угол наклона прямой – оси к горизонтальной плоскости проекций. На профиле определяется интервал l, затем на плане (с помощью засечек циркуля) строят кривую линию.

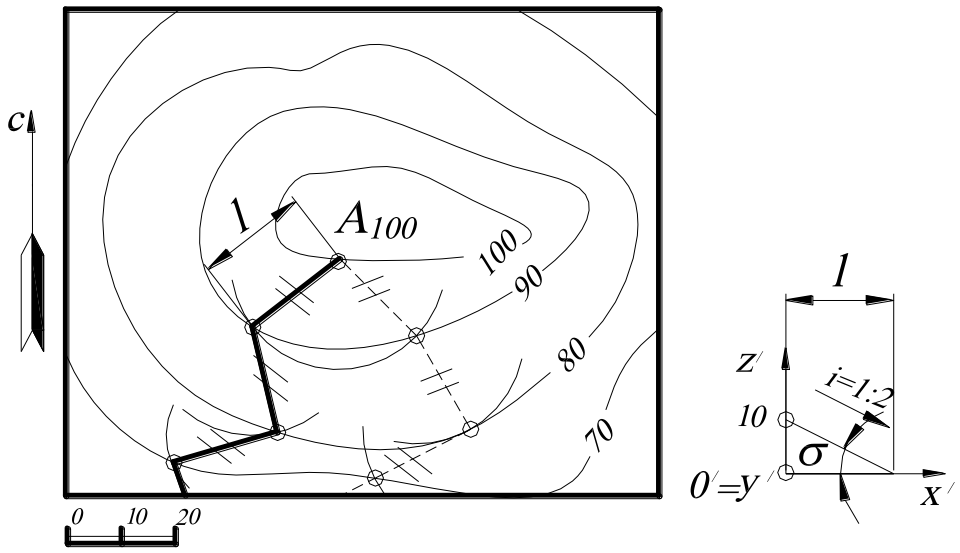


Рис. 224

ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ТОЧКИ К ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ. Если точка принадлежит поверхности, то она принадлежит линии, лежащей на этой поверхности.

ПРИМЕР. Найти высотную отметку точки ***A***, принадлежащую топографической поверхности (рис. 225).

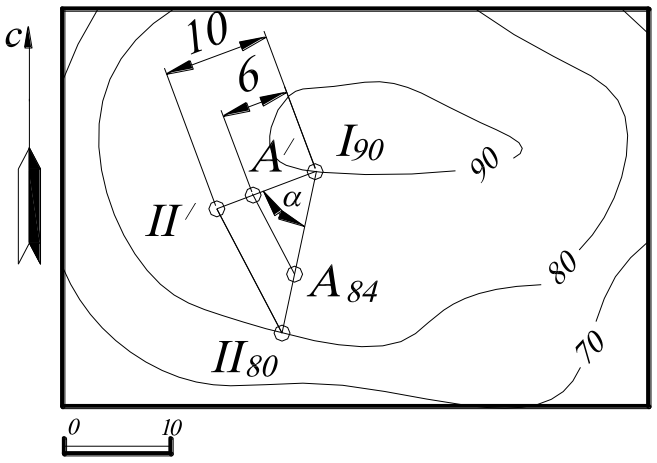


Рис. 225.

Через точку ***A*** на плане проводят линию ската $I_{90}II_{80}$, которая является интерполяционной прямой перепада высот. Из точки I_{90} проводят отрезок прямой $I_{90}II'$ под произвольным углом α и откладывают на нём от точки I_{90} разницу высотных отметок, взятых по масштабу чертежа, то есть ***10***. Произвольный отрезок $I_{90}II'$, на котором откладываем разницу числовых отметок точек, назовём шкалой масштабов. Соединяют полученную точку II' с точкой II_{80}. Затем с помощью подобных треугольников находят точку A', то

есть проводят прямую из искомой точки ***A***, параллельную отрезку прямой $II_{80}II'$. Далее, по шкале масштабов определяют высотную отметку точки ***A*** на прямой $I_{90}II'$. Таким образом, высотная отметка точки ***A*** соответствует ***84***.

С помощью вышеописанного построения можно строить промежуточные изогипсы.

7.2. НАХОЖДЕНИЕ ОБЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОСТИ И ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

1. Плоскость занимает проецирующее положение.

В этом случае проекция линии пересечения совпадает со следом плоскости (так как плоскость проецирующая), а линия пересечения будет иметь высотные отметки, что и изогипсы заданной топографической поверхности. Линию пересечения строят на профиле (в геологии такие сечения называют геологическими вертикальными разрезами). На рис. 226 показано построение линии пересечения проецирующей плоскости с топографической поверхностью.

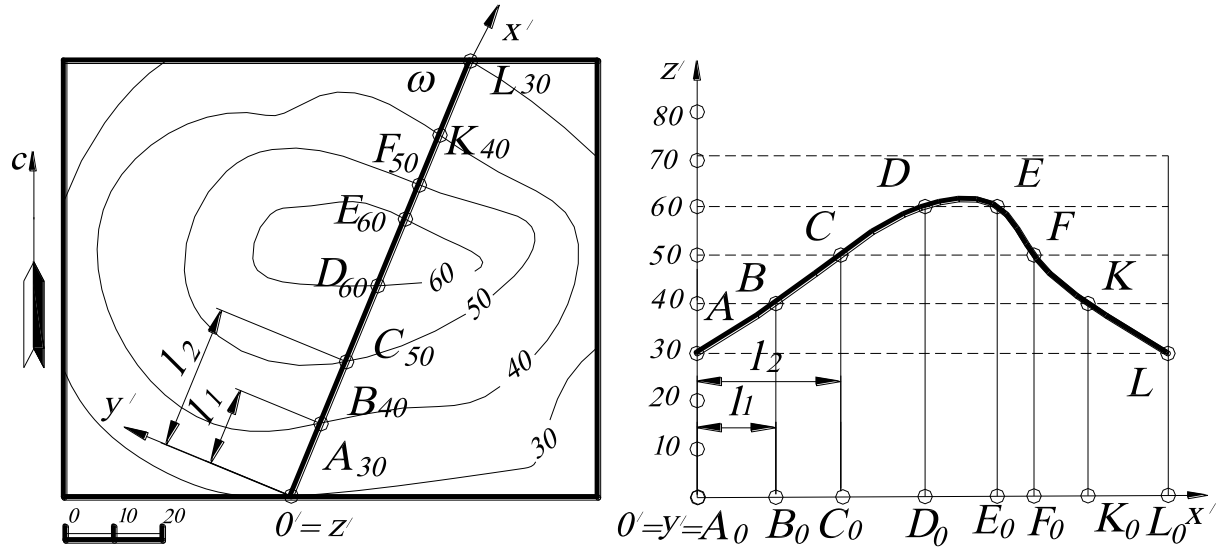


Рис. 226.

Построение осуществляется следующим образом. На плане задают новую систему координат $O'x'y'z'$, совпадающую с проекцией проецирующей плоскости ω, и находят точки пересечения с изогипсами A_{30}, B_{40}, C_{50}, D_{60}, E_{60}, F_{50}, K_{40},

L_{30}, имеющие одинаковые высотные отметки. На профиле, по оси x откладывают заложения этих точек l_1, l_2,… (на рис. 226 показаны только два, остальные строятся аналогично) и получают основания точек A_0, B_0, C_0, D_0, E_0, F_0, K_0, L_0 (или проекции на основную плоскость проекций), которые затем поднимают по перпендикулярам на соответствующие высотные отметки и соединяют плавной кривой линией.

2. Плоскость занимает горизонтальное положение.

Нахождение линии пересечения топографической поверхности с горизонтальной плоскостью сводится к нахождению изогипсы, так как все изогипсы получаются в результате пересечения заданного рельефа горизонтальными плоскостями. Однако если горизонтальная плоскость имеет числовую отметку отличную от высоты заданного сечения топографической поверхности, то в этом случае необходимо найти изогипсу с промежуточной числовой отметкой. Рассмотрим решение этой задачи на примере.

ПРИМЕР. Найти линию пересечения заданной топографической поверхности горизонтальной плоскостью H_{82} (рис. 227).

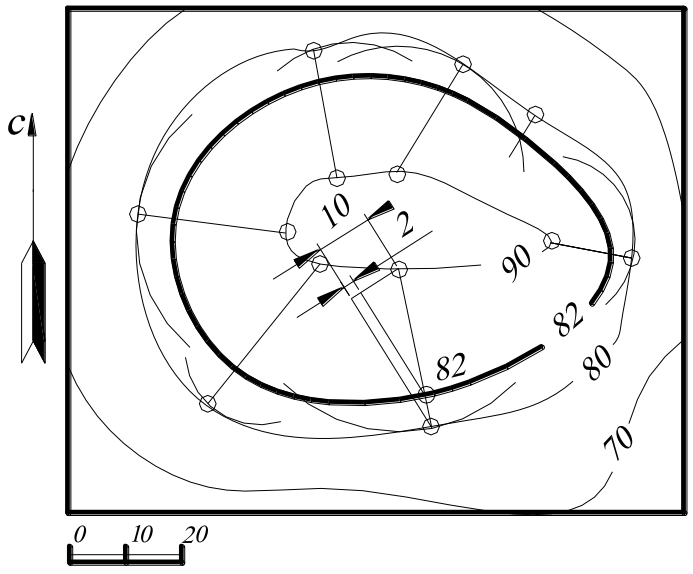


Рис. 227.

Для определения на плане горизонтальной плоскости, проходящей через высотную отметку ***82***, необходимо построить изогипсу с отметкой ***82***. Для этого между изогипсами ***80*** и ***90*** строят ряд линий ската, считая, что перепад высот носит линейный характер. С помощью градуирования находят на этих линиях ската числовые отметки ***82*** (см. рис. 225) и, соединив последовательно полученные точки кривой линией, получают искомую изогипсу, которая называется

промежуточной. Эта изогипса будет определять линию пересечения горизонтальной плоскости H_{82} с заданной топографической поверхностью.

3.Плоскость занимает общее положение.

Для искомой линии пересечения заданных поверхностей (топографической поверхности и плоскости) необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежали бы заданным поверхностям.

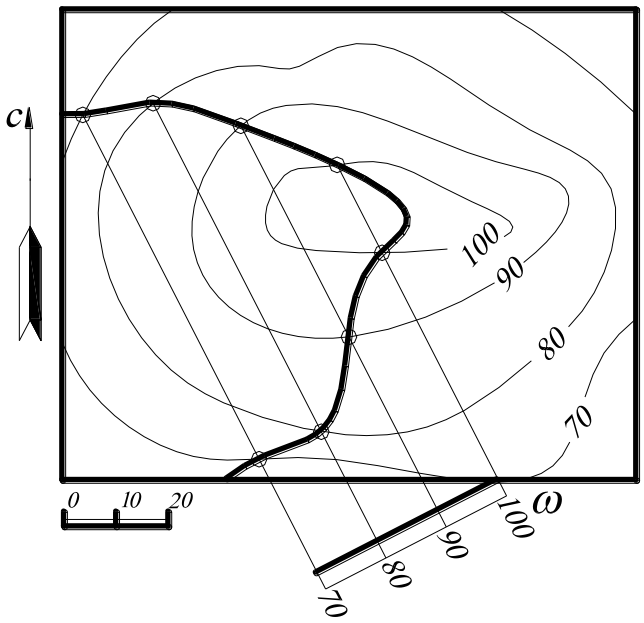


Рис. 228.

Для нахождения общих точек необходимо в заданной плоскости построить горизонтали с высотными отметками, равными высотным отметкам изогипс заданной топографической поверхности (рис. 228). Линии (горизонтали плоскости и изогипсы топографической поверхности) с одинаковыми высотными отметками в пересечении дадут общие точки, так как они лежат в одних горизонтальных плоскостях. Затем найденные точки соединяют плавной кривой линией, которая будет являться пересечением плоскости с топографической поверхностью.

7.3. НАХОЖДЕНИЕ ОБЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЯМОЙ И ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Для нахождения точек пересечения прямой с топографической поверхностью поступают следующим образом (*алгоритм*):

1. *Через заданную прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник. Таких плоскостей можно провести пучок* ∞^1.

2. *Находят линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника с заданной топографической поверхностью.*

3. *Искомые точки будут находиться на пересечении заданной прямой с найденной линией пересечения.*

4*. Определяется видимость на чертеже.*

<u>ПРИМЕР</u>. Найти точки пересечения заданной топографической поверхности с прямой $A_{70}B_{40}$ (рис. 229).

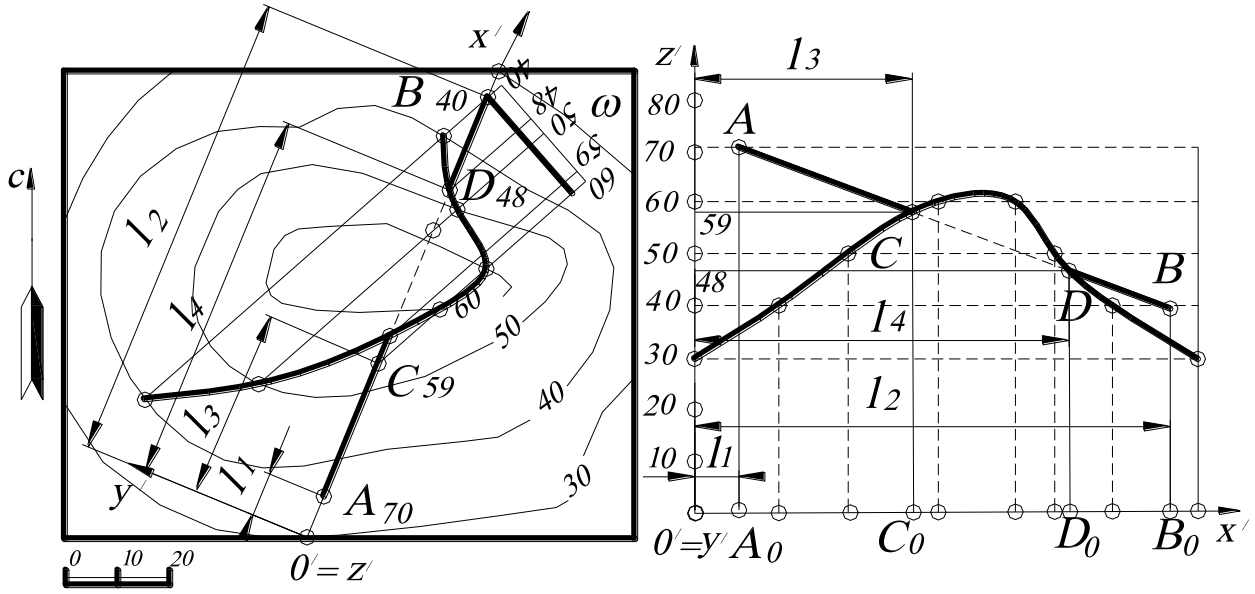


Рис. 229.

1. Через отрезок прямой $A_{70}B_{40}$ на плане проводят вспомогательную плоскость-посредник ω.

2. Находят линию пересечения этой плоскости-посредника ω с топографической поверхностью. Для этого градуируют прямую $A_{70}B_{40}$ и проводят горизонтали вспомогательной плоскости-посредника. Затем находят общие точки горизонталей ω и изогипс топографической поверхности, соединяя их последовательно плавной линией.

3. Находят точки пересечения C и D прямой $A_{70}B_{40}$ и построенной кривой линии и определяют их высотные отметки C_{59}, D_{48}.

4. Определяют видимость прямой $A_{70}B_{40}$.

В том случае, если плоскость ω является проецирующей, то необходимо строить профиль, искомые точки при этом не изменяются (см. рис. 229).

7.4. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для нахождения линии пересечения заданных поверхностей необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежат заданным поверхностям. Для определения видимости и характера искомой линии пересечения необходимо найти характерные точки на этих поверхностях.

Как было отмечено выше, для нахождения общих точек, принадлежащих одновременно заданным поверхностям, необходимо использовать вспомогательные плоскости (поверхности, например, шаровые), называемые посредниками.

Сущность метода состоит в том, что выбирают вспомогательную секущую плоскость, пересекающую заданные поверхности по простым линиям (прямым или окружностям), которые в пересечении дают искомые общие точки. Затем находят точки, лежащие на очерковых образующих (если таковые имеются), и последовательно соединяют плавной кривой линией. Искомая линия пересечения является видимой, если обе пересекающиеся поверхности или их части являются видимыми. Если же хотя бы одна из пересекающихся поверхностей или её часть является невидимой, то и вся линия пересечения также невидима.

7.4.1. НАХОЖДЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С МНОГОГРАННИКОМ

Для нахождения линии пересечения топографической поверхности и многогранника необходимо построить линию пересечения каждой грани с топографической поверхностью. Другими словами, задача сводится к нахожде-

нию линии пересечения плоскости с топографической поверхностью. Для нахождения точек пересечения боковых рёбер многогранника с топографической поверхностью используют алгоритм решения задач на нахождение точек пересечения прямой с топографической поверхностью, так как эти точки будут являться точками излома.

ПРИМЕР. Построить линию пересечения топографической поверхности с усечённой пирамидой (в реальной ситуации с котлованом), уклоны боковых граней которой к горизонтальному основанию с числовой отметкой ***3*** равны: ***i=1:1*** – с севера и юга и ***i=1:1,5*** – запада и востока (рис. 230).

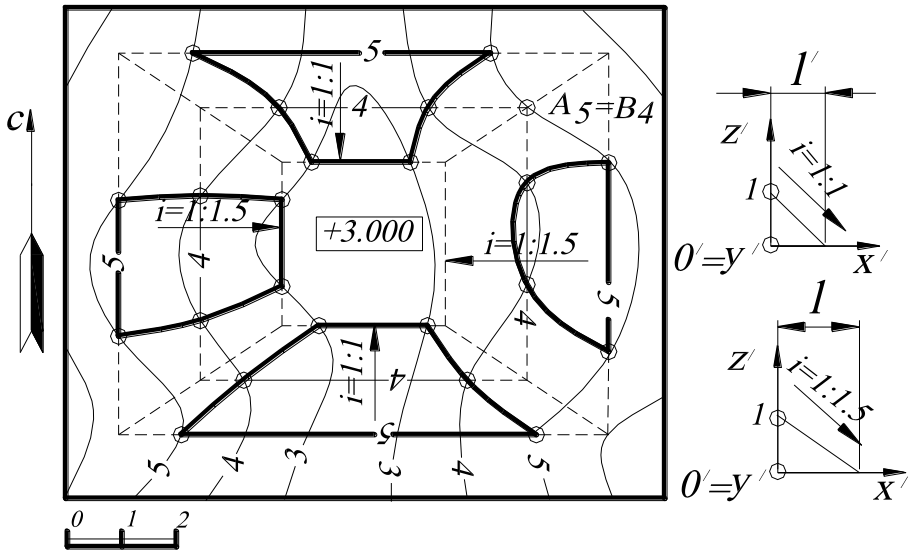


Рис. 230.

Строят горизонтали западной и восточной граней пирамиды с интервалом ***1,5*** м, то есть полторы единицы линейного масштаба (см. п. 2.4), а севера и юга – ***1*** м (одна единица линейного масштаба). Прямые пересечения смежных граней (рёбра пирамиды) проходят через точки пересечения одноимённых горизонталей этих граней. Линия пересечения поверхностей определяется как линия, соединяющая точки пересечения изогипс топографической поверхности и горизонталей граней пирамиды с одинаковыми высотными отметками. Видимость определяется по конкурирующим точкам, принадлежащим рёбру пирамиды и изогипсе. Например, точки A_5 и B_4 принадлежат обеим поверхностям, проекции которых совпадают. Если точка A_5 принадлежит топографической

поверхности, а точка B_4 – поверхности пирамиды, при этом точка A_5 находится выше, то это означает, что топографическая поверхность является видимой. Видимость поверхностей меняется на противоположную в линии пересечения заданных поверхностей.

7.4.2. НАХОЖДЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Для нахождения линии пересечения топографической поверхности с поверхностью вращения необходимо на поверхности вращения построить ряд параллелей (окружностей, перпендикулярных оси вращения), высотные отметки которых должны совпадать с высотными отметками изогипс на топографической поверхности.

ПРИМЕР. Найти линию пересечения топографической поверхности с коническим котлованом, угол падения образующих которого равен 45^0. Дно котлована – окружность с числовой отметкой ***3*** (рис. 231).

На конической поверхности (котловане) строят горизонтали с высотными отметками, равными высотным отметкам изогипс топографической поверхности. Для этого на профиле определяют интервал горизонталей конуса ***l***. Находят точки пересечения линий, имеющих одинаковые высотные отметки и, последова-

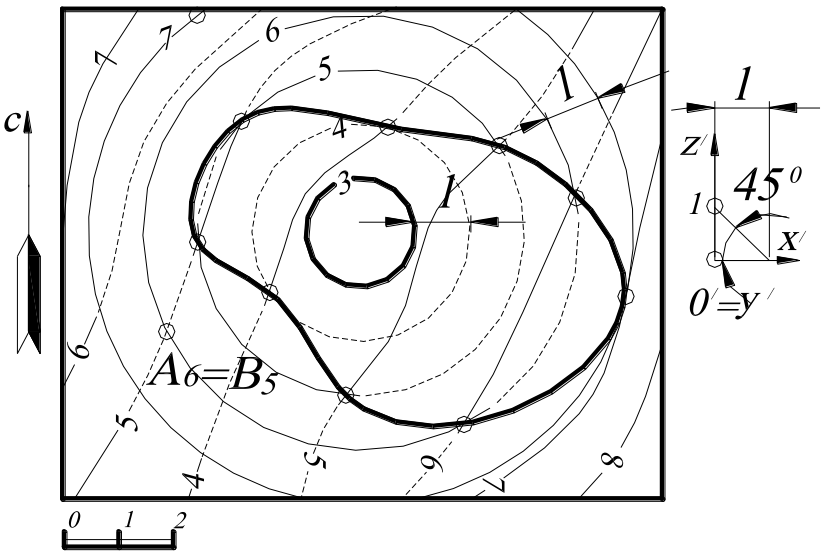


Рис. 231.

тельно соединив эти точки плавной кривой, получают искомую линию пересечения. Видимость поверхностей определяется исходя из условия конкурирующих точек, принадлежащих обеим поверхностям, проекции которых совпадают, например A_6=B_5 (см. рис. 231). Другими словами, если точка A_6 принадлежит поверхности конуса, а точка B_5 - топографической поверхности, при этом точка A_6 находится выше, то это означает, что конус является видимым. Видимость поверхностей меняется на противоположную в линии пересечения заданных поверхностей.

7.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

При проектировании земляных сооружений (например, дорог, площадок, котлованов и т.п.) приходится решать комплекс задач, рассмотренных по отдельности в предыдущих параграфах. Это задачи на построение проходящей через заданную линию поверхности заданного уклона и на построение линии пересечения поверхностей.

Если, например, уровень дороги выше уровня поверхности местности, то дорога выполняется в виде *насыпи*, если ниже, то в виде *выемки*. Плоскости и поверхности, ограничивающие дорогу или площадку со всех сторон и соединяющие её с поверхностью местности, называют *откосами*. На плане земляные сооружения в зависимости от их назначения могут иметь различные изображения: квадраты, прямоугольники, многоугольники, сочетания прямых и дуг окружностей, кривые линии и др. Рассмотрим примеры построения откосов различных земляных сооружений.

ПРИМЕР 1. Задана часть топографической поверхности и градуированная ось дороги заданной ширины. Построить границы откосов насыпи с уклоном ***1:1***.

Плоскость дороги состоит из двух участков (рис. 232): слева - прямолинейного участка с отметкой ***7***, а справа - наклонного ***7-10***, имеющего уклон ***1:4***

(то есть интервал между горизонталями равен четыре единицы линейного масштаба).

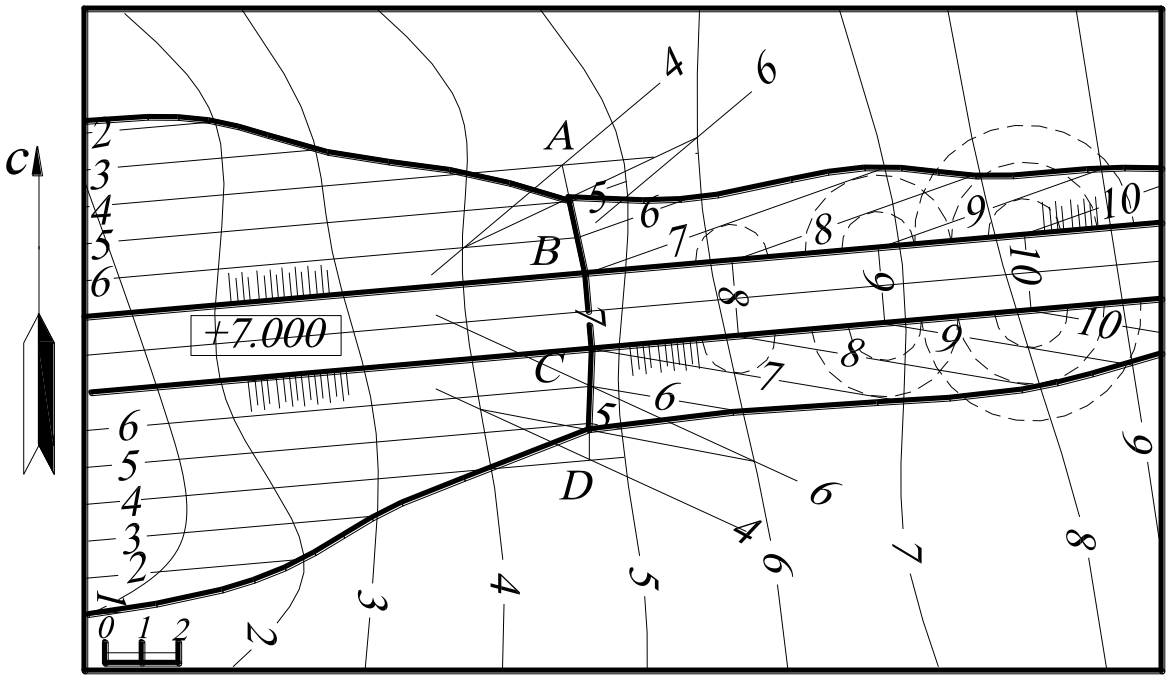


Рис. 232.

Вначале строят плоскости откосов дороги, задавая их горизонталями. Горизонтали откосов левого участка дороги расположены на расстоянии интервала 1 м (то есть одна единица линейного масштаба). Для построения горизонталей откосов правого участка дороги каждую точку на бровке дороги с целой отметкой (можно и с дробной) принимают за вершину конуса, уклон образующих которого равен заданному уклону откоса ***1:1***. Следовательно, интервал конуса равен 1 м (то есть единице линейного масштаба). Искомая плоскость откоса касается всех этих конусов (достаточно построить только один из них), то есть горизонтали этой плоскости касаются горизонталей конусов – концентрических окружностей.

Далее строятся линии пересечения соседних откосов друг с другом, которые пересекаются по прямым ***AB*** и ***CD*** (точки ***A*** и ***D*** – точки пересечения этих прямых с топографической поверхностью). Точки пересечения прямых ***AB*** и ***CD*** с топографической поверхностью определяются с помощью вспомогательных плоскостей общего положения. А именно, например, через прямую ***AB***

проводят вспомогательную плоскость-посредник (задавая её горизонталями h_4 и h_6), находят линию пересечения этой плоскости и топографической поверхности. Общая точка построенной линии пересечения и заданной прямой ***AB*** будет являться искомой точкой – точкой пересечения прямой ***AB*** и топографической поверхности. Затем по точкам пересечения одноимённых горизонталей находят границы всех откосов.

После определения границ всех откосов на каждом из них чертят так называемые *берг-штрихи* (параллельные длинные и короткие черточки), которые показывают направление стока воды по откосу. Они начинаются от верхнего края откоса и направлены по линиям наибольшего ската, то есть перпендикулярно его горизонталям; на коническом откосе они проходят через вершину конуса (см. ГОСТ 21.204 – 93 «Условные графические изображения и обозначения на чертежах генеральных планов и транспорта»).

ПРИМЕР 2. Задан план местности в горизонталях и проектируемой на этом участке местности горизонтальной площадки на отметке 7 м и прямолинейного плоского въезда на неё (рис. 233). Площадка имеет форму прямоугольника с примыкающим к нему полукругом. Уклоны всех откосов равны ***1:1***. В зоне выемки к площадке должна примыкать канава для стока воды (кювет) шириной 1 м; отметка внешнего края канавы равна отметке её внутреннего края, то есть 7 м.

Выделенную на чертеже 7-ю горизонталь топографической поверхности называют линией нулевых работ – она отделяет зону выемки (на востоке) от зоны насыпи (на западе).

Вначале строятся горизонтали откосов насыпи и выемки. Откосы насыпи, примыкающие к прямолинейным краям площадки, и откосы выемки, примыкающие к прямолинейным внешним краям канавы, – это плоскости, горизонтали которых параллельны этим краям (которые являются 7-ми горизонталями этих откосов и идут через 1 м).

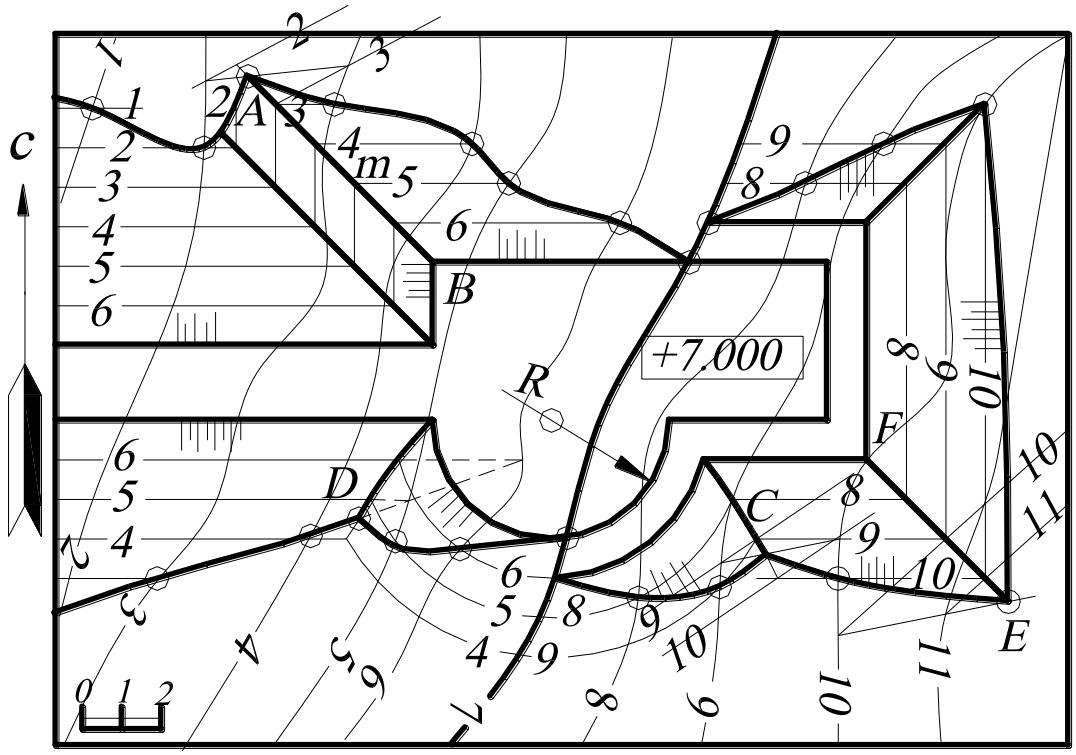


Рис. 233.

Откосы насыпи и выемки, граничащие с круглыми краями площадки и канавы, имеют форму конусов вращения, а их горизонтали на плане - концентрические окружности, разность радиусов (интервал) которых 1 м (так как уклон равен ***1:1***).

Далее строятся линии пересечения соседних откосов друг с другом и всех откосов с землёй – в основном по точкам пересечения одноимённых горизонталей. Для точного определения точек ***A***, ***D***, ***C***, ***E*** применяют вспомогательные плоскости общего положения. Например, для нахождения точки ***A*** через прямую ***m*** проводят вспомогательную плоскость-посредник (задавая её горизонталями h_2 и h_3) и находят линию пересечения этой плоскости и топографической поверхности. Общая точка построенной линии пересечения и заданной прямой ***m*** будет являться искомой точкой ***A*** – точкой пересечения прямой ***m*** и топографической поверхности.

Линия пересечения плоского и конического откосов насыпи и выемки - парабола, поскольку плоскость и конус имеют одинаковый уклон (интервал), то

есть плоскость параллельна одной образующей конуса (см. «Конические сечения»).

Линия пересечения двух откосов друг с другом и две линии пересечения этих откосов с землёй сходятся в одной точке – общей точке этих трёх поверхностей. После определения границ всех откосов на каждом из них чертят бергштрихи.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Задание топографической поверхности на плане. Показать на примере.
2. Что называется профилем топографической поверхности?
3. Как находятся точки пересечения прямой с топографической поверхностью?
4. Какая поверхность образует откосы горизонтального прямолинейного участка пути?
5. Какая поверхность образует откосы горизонтального криволинейного участка пути?
6. Какие поверхности образуют откосы прямолинейного и криволинейного участков дороги, имеющих уклоны?

8. РАЗВЕРТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

8.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Разверткой поверхности называется плоская фигура, образованная последовательным совмещением всех плоских элементов этой поверхности с одной плоскостью (без образования разрывов, складок, без растяжения или сжатия).

Понятие «*плоский элемент*» включает следующее:

1. Каждая грань многогранной поверхности является плоским элементом этой поверхности. Так как такие элементы точно совмещаются с плоскостью развертки, то многогранная поверхность является развертываемой, а ее развертка – точной.

2. Часть криволинейной поверхности, заключенная между двумя бесконечно близкими прямыми образующими, является элементом поверхности. Элемент поверхности плоский, если эти образующие лежат в одной плоскости, то есть если они взаимно параллельны или попарно пересекаются.

Поверхность, состоящая из плоских элементов, может быть развернута последовательным совмещением каждого элемента с одной плоскостью. Таким образом, поверхности, образованные движением образующей прямой, при котором каждая пара последовательных ее положений взаимно параллельны или пересекаются друг с другом (поверхности цилиндрические, конические), являются развертываемыми, а их развертки – точными.

Касательная плоскость к развертываемой поверхности является продолженным плоским элементом этой поверхности. Но так как плоский элемент развертываемой поверхности ограничен прямолинейными образующими, в пределе сливающимися друг с другом, то касательная плоскость в какой-либо точке образующей касается этой поверхности по всей образующей. Отсюда следует: если касательная плоскость в обыкновенной точке поверхности касается её по прямой линии, то поверхность развертываемая.

3. Элемент поверхности косой, если смежные прямые-образующие скрещиваются (то есть не лежат в одной плоскости). Такие элементы не могут быть совмещены с плоскостью, и, следовательно, поверхность, образованная таким движением прямой, при котором смежные ее положения скрещиваются, является неразвертываемой (цилиндроид, коноид, косая плоскость и т. п.).

Касательная плоскость к неразвертываемой поверхности в одной из ее точек, какой-либо ее образующей, во всех остальных точках этой образующей не касается поверхности, а пересекает ее. Отсюда следует, что если плоскость,

касающаяся поверхности в обыкновенной точке, пересекает эту поверхность, то последняя является неразвёртываемой.

Любую неразвертываемую поверхность можно аппроксимировать вписанной (или описанной) многогранной поверхностью. Каждая грань такой многогранной поверхности с некоторым приближением может быть принята за плоский элемент кривой поверхности. Построенная при этом развертка неразвертывающейся кривой поверхности является приближенной.

Развертки применяются во всех случаях раскроя плоского листового материала для последующего образования поверхности путем изгибания и соединения полученных плоских фигур. Развертки используются при постройке из листовой стали резервуаров (цилиндрические стенки, сферические днища и др.), трубопроводов, кожухов и т. д.

8.2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА РАЗВЕРТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность и ее развертка являются точечными множествами, между которыми устанавливается взаимно однозначное соответствие: каждой точке поверхности соответствует единственная точка развертки, каждой линии на поверхности соответствует линия на развертке, и наоборот. Взаимно однозначное соответствие на развёртке имеет следующие свойства:

1. Прямая на поверхности переходит в прямую на развертке.
2. Параллельные прямые на поверхности переходят в параллельные прямые на развертке.
3. Длины отрезков линии на поверхности и той же линии на развертке равны.
4. Углы между линиями на поверхности, принадлежащие одной грани, с вершиной в обыкновенной точке этой поверхности и между соответствующими линиями на развертке равны.

5. Площадь развертки равна площади поверхности; все размеры на развертке имеют натуральную величину.

Доказательства этих свойств вытекают из определения развертки. Действительно, прямая образующая, ограничивающая плоский элемент поверхности, при совмещении этого элемента с плоскостью останется прямой линией (свойство 1).

Параллельные прямые-образующие, ограничивающие плоский элемент поверхности, при совмещении этого элемента с плоскостью сохраняют свою параллельность (свойство 2).

Расстояния между произвольной точкой одной образующей и произвольной точкой смежной образующей каждого плоского элемента на поверхности и на развертке равны, так как плоские элементы не меняют своей величины при совмещении с плоскостью (свойство 3). Заметим, что вершина является особенной точкой конической поверхности. Поэтому свойство 3 имеет место только для смежных прямых образующих, ограничивающих бесконечно малый плоский элемент на конической поверхности и на развертке. В общем же случае угол между двумя образующими этой поверхности меньше угла между соответствующими им прямыми на развертке.

8.3. ОБЩИЙ МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ РАЗВЕРТКИ КРИВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Исходными данными для графического построения развертки поверхности является геометрическая модель этой поверхности. Независимо от того, является ли рассматриваемая поверхность развертываемой или неразвертываемой, графически может быть построена только ***приближенная*** развертка. Это объясняется тем, что в процессе снятия и откладывания размеров и выполнения других графических операций неизбежны погрешности, обусловливаемые конструктивными особенностями чертежных инструментов, физическими воз-

можностями глаза и погрешностями от замены дуг их хордами и углов на поверхности плоскими углами. Поэтому такая развертка является приближенной, но достаточно точной для практических целей.

Развертки кривых неразвертываемых поверхностей не обладают свойствами 1 – 3 развертываемых поверхностей и поэтому имеют большие погрешности.

Общим методом построения приближенных разверток развертывающихся и неразвертывающихся кривых поверхностей является предварительная их аппроксимация* многогранными поверхностями. В некоторых случаях неразвертываемая кривая поверхность может быть аппроксимирована участками развертывающихся кривых поверхностей, и затем эти аппроксимирующие поверхности, в свою очередь, аппроксимируются многогранной поверхностью. Для получения поверхности из такой развертки, кроме изгибания, необходимо произвести частичное растяжение и сжатие отдельных ее участков.

В общем случае построение развертки выполняется в следующем порядке:

1. Данную кривую поверхность заменяют с заданной степенью приближения многогранной поверхностью (с учетом сказанного выше).
2. Определяется натуральная величина всех ребер многогранника. Если грани имеют более трех вершин, то следует разбить их диагоналями на треугольники и определить натуральную величину диагоналей.
3. Строится на плоскости чертежа натуральная величина одной грани и к ней, пользуясь смежными ребрами, последовательно пристраиваются остальные грани.
4. Соответствующие вершины на развертке соединяются линиями. Полученная плоская фигура является искомой фигурой.

При развертывании многогранной поверхности выполняются только операции 2 и 3. Ниже рассматриваются способы построения разверток.

---

* Аппроксимация – (от лат.approximare – приближаться) приближенное выражение каких-либо величин или геометрических объектов через другие, более простые.

8.4. ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЁРТОК

Для построения развертки цилиндрических и призматических поверхностей применяются способы нормального сечения и раскатки. Для развертки конических, пирамидальных поверхностей применяется способ треугольников (триангуляции), основанный на равенстве двух треугольников по трем его сторонам.

Построение разверток методом нормального сечения. Заданную призматическую поверхность пересекают плоскостью, перпендикулярной к ее боковым граням, в любом удобном месте. Такое сечение называется ***нормальным.*** Находят натуральную величину нормального сечения. Полученная ломаная линия натуральной величины нормального сечения развертывается в отрезок прямой. Через точки, соответствующие вершинам нормального сечения, проводят перпендикуляры, на которых откладывают натуральные величины соответствующих отрезков ребер до верхнего и нижнего оснований. Концы ребер последовательно соединяют отрезками прямых. Затем пристраивают к построечной развертке боковой поверхности призмы натуральные величины фигур оснований призмы.

ПРИМЕР 1. Построить развертку поверхности треугольной призмы способом нормального сечения (рис. 234).

Проводят плоскость ***n*** перпендикулярно к боковым ребрам призмы в любом удобном месте. Для этого используют метод замены плоскостей проекций, так как в противном случае плоскость ***n*** будет занимать общее положение.

Находят натуральную величину нормального сечения методом двойной замены плоскостей проекций (***I′ II′ III′*** – натуральная величина нормального сечения). Полученную ломаную линию натуральной величины нормального сечения ***I′ II′ III′*** разворачивают в прямую линию, которая на рис. 234 обозначена ***I′$_0$ II′$_0$ III′$_0$***. Через точки ***I′$_0$, II′$_0$, III′$_0$***, и ***I′$_0$*** проводят вертикальные линии и отк-

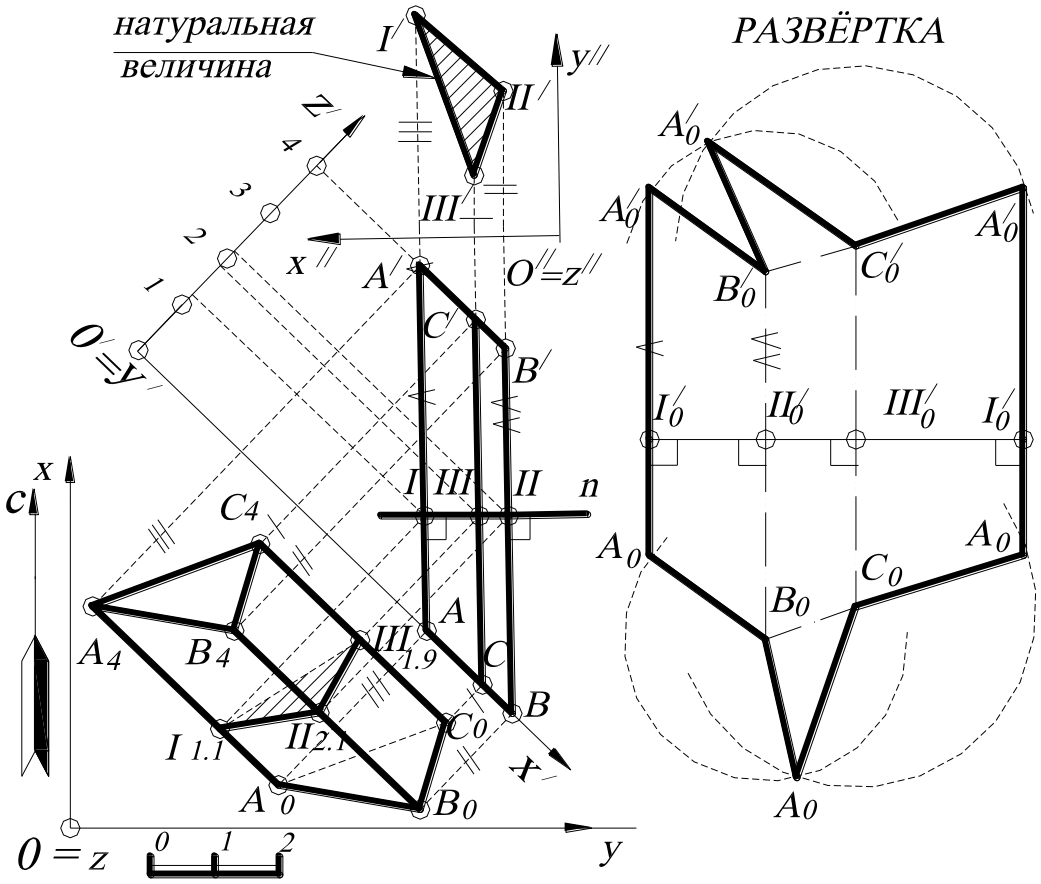


Рис. 234.

ладывают на них натуральную величину рёбер (перпендикулярно вверх и вниз от нормального сечения) до верхнего и нижнего основания призмы соответственно, в данном случае, взятые с профиля (так как плоскость профиля параллельна проекциям рёбер). Получают точки A_0, B_0, C_0 и A'_0, B'_0 и C'_0, при этом длины рёбер $IA=I'_0A_0$, $IA'=I'_0A'_0$; $IIB=II'_0B_0$, $IIB'=II'_0B'_0$; $IIIC=III'_0C_0$, $IIIC'=III'_0C'_0$. Найденные точки A_0, B_0, C_0 (снизу) и A'_0, B'_0 и C'_0 (сверху) последовательно соединяют ломаной линией и получают развертку боковой поверхности призмы. Затем пристраивают натуральные величины фигур верхнего и нижнего оснований методом засечек. В данном примере основания призмы являются натуральными величинами, так как нижнее основание призмы принадлежит горизонтальной плоскости проекций **xOy**, а верхнее основание параллельно ей. Линии сгиба на развертке изображаем штрихпунктирной линией с двумя точками.

Для развертки цилиндрической поверхности по способу нормального сечения необходимо проделать те же построения, приняв ряд прямолинейных образующих за боковые ребра вписанной призмы. Эти образующие изобразятся прямыми линиями (свойство 1). Полученные точки, принадлежащие верхнему основанию и боковой поверхности, а также нижнему основанию и боковой поверхности одновременно, соединяются лекальной кривой.

Вырезав теперь из плотной бумаги фигуру развёртки, можно склеить из неё призму, проделав обратную операцию – свёртывание, то есть перегибая эту фигуру (выкройку) по рёбрам.

Развертку боковой поверхности призмы можно строить ***способом раскатки***. Этот способ удобен, если ребра призмы параллельны одной плоскости проекций. Задача сводится к определению натуральных величин боковых граней призмы путём их совмещения с плоскостью уровня, проходящей через одно из рёбер. Представим себе призму, лежащую одной гранью, например, на плоскости ***xOy***. Будем последовательно поворачивать призму вокруг ее боковых ребер (без скольжения катить ее по плоскости ***xOy***). Если допустить, что грани призмы, совмещаясь с плоскостью ***xOy***, оставляют на ней след (отпечатываются на ней), то, совмещая последовательно с ***xOy*** все грани призмы, получают развертку ее боковой поверхности.

ПРИМЕР 2. На рис. 235 показано построение развертки призмы способом раскатки.

В данном случае ребра призмы занимают положение горизонталей. Вращаем призму последовательно вокруг прямых C_0D_0, B_2E_2, A_0F_0. При этом точки – вершины призмы – будут перемещаться в плоскостях, перпендикулярных боковым ребрам (см. п. 3.2. «Способы вращения»).

Определив натуральную величину отрезков A_0B_2, B_2C_0, F_0E_2, E_2D_0 способом прямоугольного треугольника (для того чтобы не затемнять чертеж, выполнено на отдельном поле чертежа), находят положение точек ***B***, ***A***, ***C***, ***D***, ***F***, ***E***. Натуральные величины оснований были построены для проверки точности ре-

шения задачи, так как боковые ребра параллельны между собой (свойство 2). Последовательно соединив найденные точки, получаем развертку боковой поверхности призмы. На рис. 235 показано также построение на развёртке точки $K_{0.5}$, лежащей на видимой грани призмы $B_2C_0D_0E_2$, основанное на свойстве

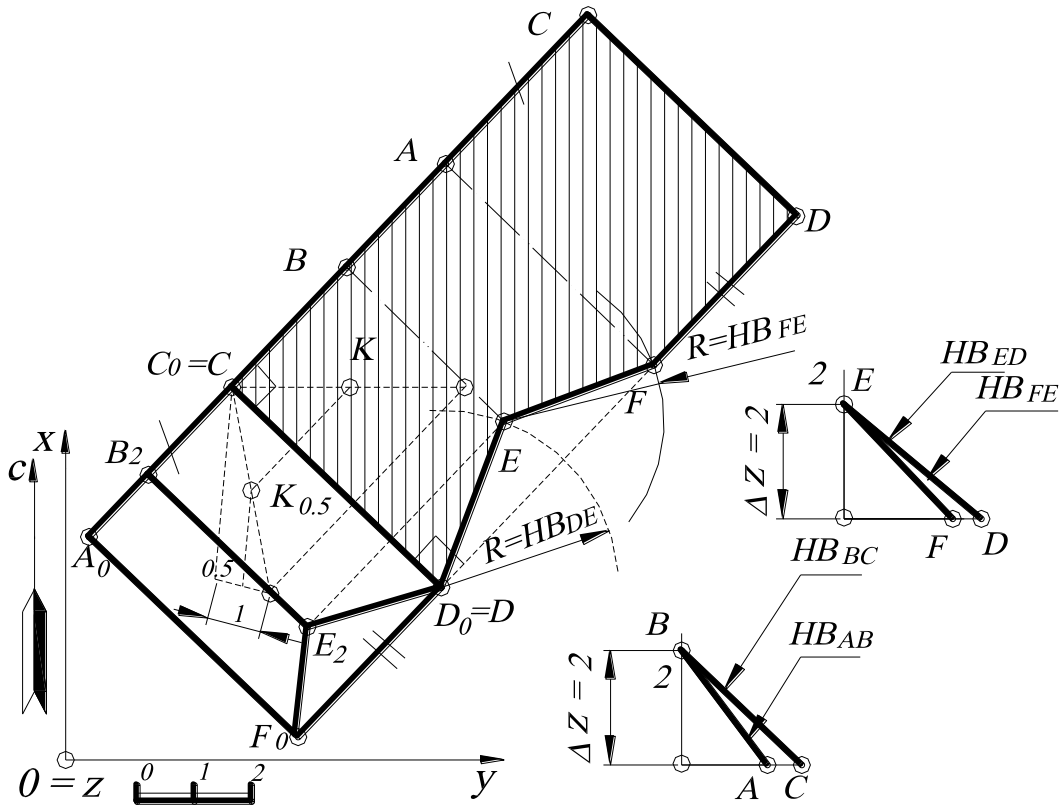


Рис. 235.

принадлежности точки плоскости. Следовательно, через току $K_{0.5}$ проводят прямую, принадлежащую грани $B_2C_0D_0E_2$, и переносят эту прямую на развёртку, перемещая точку $K_{0.5}$.

Построение разверток методом триангуляции. Этот метод основан на равенстве двух треугольников по трем его сторонам. Если грань многогранника имеет более трех вершин, то в каждой грани проводят диагонали, которые разбивают ее на два и более треугольников. Затем определяют натуральные величины всех этих треугольников. Далее на плоскости последовательно выстраивают эти треугольники, получая развертку.

ПРИМЕР 3. Построить развертку пирамиды $S_4A_0B_0C_0D_0$ (рис. 236).

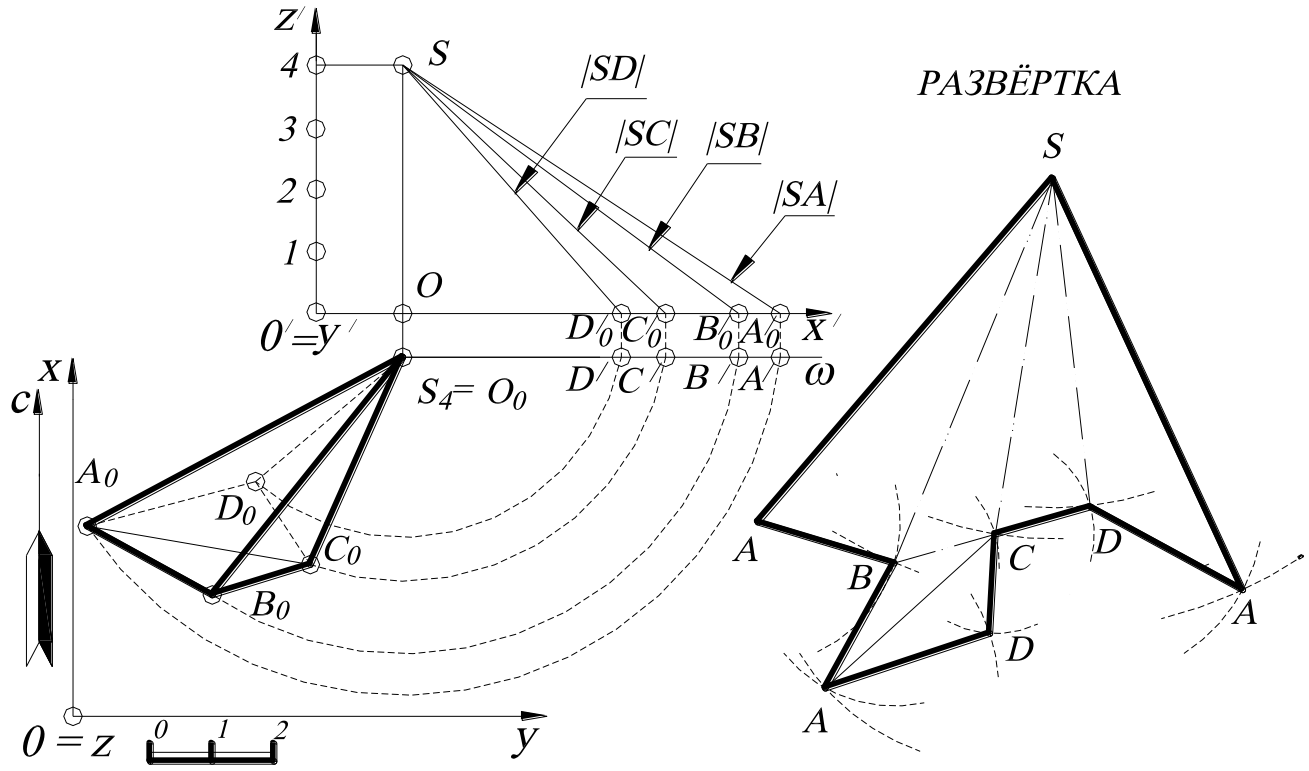


Рис. 236.

Разделяют диагональю A_0C_0 основание пирамиды $A_0B_0C_0D_0$ на треугольники. Определяют натуральные величины граней пирамиды. Натуральная величина основания пирамиды $A_0B_0C_0D_0$ совпадает с ее проекцией, так как принадлежит плоскости xOy. Для нахождения натуральных величин боковых рёбер пирамиды используют способ вращения вокруг проецирующей прямой (на рис. 236 это отрезок прямой S_0O_0), поворачивая все боковые рёбра пирамиды и совмещая их с проецирующей плоскостью. Затем строят профиль, плоскость которого параллельна плоскости ω, и находят натуральные величины рёбер - $|SA|$, $|SB|$, $|SC|$, $|SD|$.

На свободном поле чертежа последовательно выстраивают натуральные величины треугольников методом засечек, получая развертку пирамиды. Линии сгиба вычерчивают штрихпунктирной линией с двумя точками.

На сформулированных свойствах разверток базируются задачи построения на поверхности линии, удовлетворяющие заданным требованиям.

ПРИМЕР 4. Соединить две точки ***A*** и ***B***, принадлежащие конической поверхности ***Ф*** кратчайшей линией ***n*** (рис. 237). Такая линия на поверхности называется *геодезической* (форму геодезической линии принимает нить, туго натянутая на поверхности).

На плоскости кратчайшей линией между двумя точками является отрезок прямой. Поэтому для решения этой задачи строят развертку данной поверхности ***Ф***. Построение развертки выполняют по способу треугольников, заключающемуся в том, что поверхность конуса заменяется вписанной многогранной с треугольными гранями, которая и развертывается.

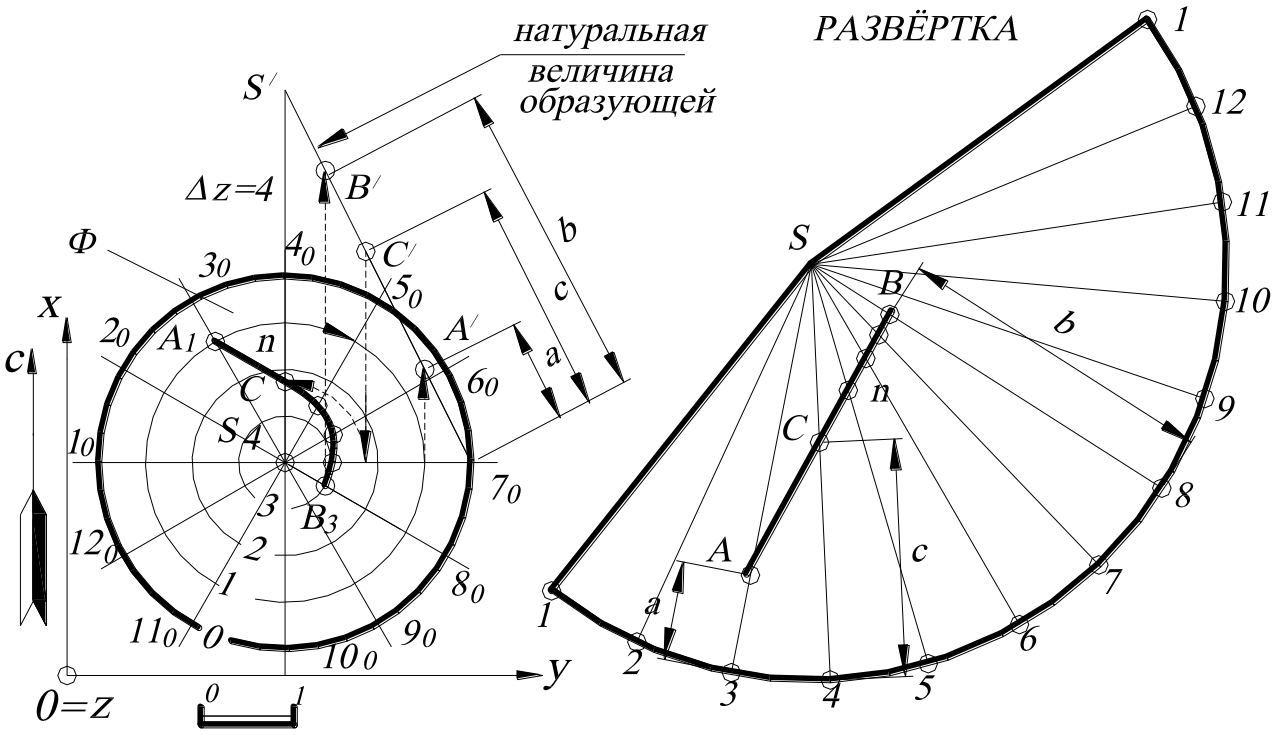


Рис. 237.

В данную коническую поверхность вписывают пирамиду. Для этого основание конуса разделяют на двенадцать равных частей. (Развертка является более точной при наименьшей разности длины дуги и ее хорды). Затем находят натуральную величину ребра правильной пирамиды, которая равна образующей заданного конуса (методом прямоугольного треугольника).

На случайной прямой от точки ***S*** откладывают отрезок ***Sl***, равный натуральной величине образующей конуса. Затем проводят дугу с центром в точке ***S***

и радиусом, равным длине ***Sl***, так как все ребра пирамиды равны между собой. На построенной дуге засечками отмечают точки ***2, 3…12, 1***, равные длинам хорд $1_0 2_0$; $2_0 3_0 \ldots 12_0 1_0$. Таким образом, построили приближенную развертку конуса.

Далее пропорциональным делением отрезка в заданном отношении (как показано на чертеже) находят образы ***A***, ***B*** данных точек поверхности на развёртке. Затем построенную прямую ***AB*** на развертке переносят в обратном отображении на поверхность ***Ф***, получая геодезическую линию ***n***.

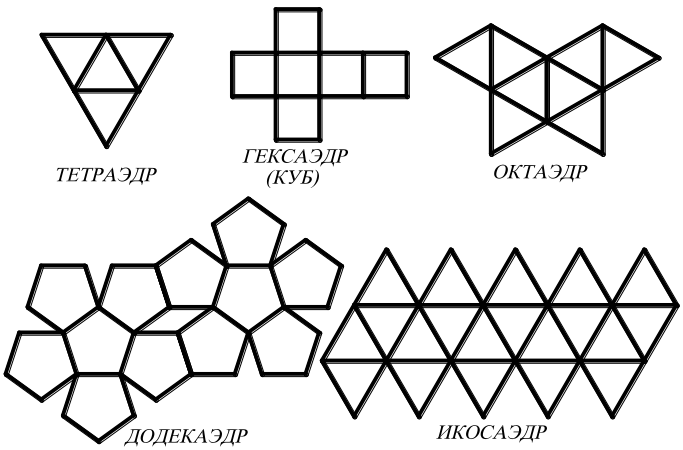


Рис. 238.

Частный случай. Развертка поверхности прямого кругового конуса является сектором круга радиуса, равного длине ***l*** образующей. Центральный угол φ этого сектора вычисляется по формуле

$$\varphi^0 = \frac{r \cdot 360^0}{l},$$ где r - радиус основания конуса.

На рис. 238 приведены развёртки правильных многогранников (см. также М. Венниджер. Модели многогранников. М., 1974).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дана пирамида ***SABCD***. Соединить две точки ***F*** и ***E***, принадлежащие поверхности пирамиды, кратчайшей линией (геодезической). Точка ***E*** принадлежит ребру ***SC***, точка ***F*** принадлежит грани ***SCB***.
2. Соединить две точки ***A*** и ***B***, принадлежащие цилиндрической поверхности ***Ф*** кратчайшей линией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Идея данного учебного пособия сводится к теории формирования геометрических моделей на основе общих для них свойств и принципов. Говоря о построении геометрических моделей, под «моделью точки», «моделью прямой» и т. п. подразумевается «образ точки», «образ прямой» и т. д. Слово «модель» употребляется ещё в одном смысле – «множество», из которого конструируется область прибытия изображения. Для построения любой геометрической модели необходимо определить:

1. Что рассматривается, какое множество служит прообразом или областью отправления отображения;
2. Чем моделируются элементы области отправления в области прибытия;
3. На чём строится модель, то есть какое множество является образом – областью прибытия;
4. Каким образом и по какому правилу устанавливается взаимно однозначное соответствие между элементами области отправления и области прибытия.

В методе Монжа областью отправления служит трёхмерное евклидово пространство, областью прибытия – множество пар точек на линиях проекционной связи, которое является подмножеством декартова квадрата плоскости чертежа. Образом точки A при отображении назначается пара её образов A' и A'' при двух необратимых отображениях, представляющих собой произведения определённых проектирований и сечений.

То же самое следует повторить для аксонометрии и перспективы, понимая под отображением такое отображение, которое переводит точку пространства в её основную и вторичную проекцию соответственно. Различие между этими тремя методами заключается лишь в различии применяемых в них проектирований и сечений и их комбинаций.

В проекциях с числовыми отметками областью отправления является также трёхмерное пространство, а областью прибытия – декартово произведение точек плоскости чертежа и множества вещественных чисел. В этом отображении точке A, принадлежащей трёхмерному пространству, сопоставляется пара её образов A_0 и z_A. Отображения переводят точку трёхмерного пространства в её горизонтальную проекцию A_0 и в координату z_A точки A.

Элементами области прибытия могут быть любые объекты. В панорамной или купольной перспективах для конструирования области прибытия используется не плоскость, а соответственно цилиндр и сфера.

Моделировать можно не только трёхмерное пространство, но и любые многообразия – поверхности, многомерные пространства, многообразия, элементами которых являются не только точки, но и прямые, плоскости и т. д.

Стереографическая проекция сферы – пример отображения, в котором областью отображения служит не пространство, а сфера, а областью прибытия – плоскость.

Геометрическое описание и геометрическое решение многофакторной задачи приводит к конструкции, расположенной в многомерном пространстве. Другими словами, процессы и явления реальной действительности можно описать геометрическими методами. Переход от абстрактного многомерного пространства к вполне доступным для привычного восприятия трёхмерным и, далее, к двумерным (одномерным) геометрическим формам может быть осуществлён с помощью операций проецирования и сечения. Операции проецирования и сечения выступают как универсальный инструмент моделирования, который позволяет понижать сложность (размерность) изучаемого объекта.

Геометрические модели многомерного пространства позволяют объяснить свойства реальных явлений, то есть ближе прикоснуться к живой действительности. Отсюда проистекает особая роль этих моделей, дающих возможность прогнозировать и создавать алгоритмы для достижения наилучших результатов.

В настоящее время методы начертательной геометрии развиваются под непосредственным воздействием запросов практики и находят многочисленные решения в самых различных областях науки, техники и искусства. Причём каждый новый этап развития начертательной геометрии, любое её продвижение вперёд сопровождается её сближением с другими, всё более сложными и абстрактными разделами математики и проникновением в неё идёй симметрии, пропорциональности и размерности.

Формы восприятия и выражения во многих областях науки, техники и искусства, в конечном счёте, опираются на принципы симметрии, используемые в специфических понятиях и средствах, им присущих. Принципы симметрии могут служить и служат для унификации и определения широкого круга знаний. Однако даже тот, кто по роду своей деятельности связан с симметрией, редко понимает, сколь широк диапазон её проявлений. Это связано с тем, что в одних случаях понимание симметрии затруднено особенностями профессиональной лексики, в других – специфический характер задач препятствует распознаванию этого универсального подхода, избранного для их решения. Например, художники, музыканты и учёные постоянно оперируют понятиями симметрии, но говорят на разных «языках». Это не позволяет им понять, что по существу они заняты поиском общей проблемы и расходятся лишь в частностях, на которые акцентируют своё внимание. Однако если в качестве мотива использовать молекулы, звуки музыки, какой-то геометрический элемент или архитектурный элемент, то соответствующими объектами симметрии будут кристаллы, музыкальное произведение, поверхность (или её часть), архитектурное произведение.

Геометрическая теория симметрии позволила объяснить некоторые природные закономерности. Ярким примером является отсутствие некоторых форм кристаллов. Построение плоской кристаллической решетки ограничено числом способов, позволяющих покрыть плоскость без промежутков и наложений (аналогично, покрытие многогранниками трёхмерного пространства). Заполне-

ние плоскости многоугольниками возможно в том случае, если эта решетка состоит из параллелограммов (в частности, ромбов, квадратов, прямоугольников), треугольников или правильных шестиугольников. Такие многоугольники имеют оси симметрии 2, 3,4 и 6-го порядков. Из пятиугольников плоскую решетку построить нельзя (сумма углов при вершине многоугольников (мотивов) должна составлять 360^0). Следовательно, не может быть 5, 7-го и более высокого порядков.

Следует отметить две стороны изучения симметрии:

1) поиск правил (алгоритмов) и мотивов, лежащих в основе существующих объектов симметрии;

2) отыскание новых объектов, возникающих при повторении мотива по разным правилам.

Использование геометрической теории симметрии в начертательной геометрии позволяет значительно упростить решение многих задач на построение правильных и полуправильных фигур. Другими словами, построение любой плоской или объёмной фигуры значительно упрощается, если использовать различные виды симметрии.

Таким образом, знание законов построения геометрических моделей позволяет конструировать различные объекты реального пространства, а также создавать алгоритмы и строить новые геометрические модели.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Горная графическая документация. – М.: Изд. стандартов, 1983. – 200 с.

Горная энциклопедия / гл. ред. Е. А. Козловский. Т. 1– Т.5– М.: Сов. энциклопедия, 1989.

Ломоносов, Г. Г. Инженерная графика/ Г. Г. Ломоносов. - М.: Недра, 1984. – 287 с.

Нартова, Л. Г. Начертательная геометрия. Теория и практика [Текст]: учебник для вузов / Л. Г. Нартова, В. И. Якунин. - М.: Дрофа, 2008. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 297.

Пеклич, В. А. Начертательная геометрия: учебник для вузов/ В. А. Пеклич. – М.: Изд-во АСВ, 1999. - 248 с.

Пеклич, В. А. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / В. А. Пеклич. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. - 272 с. : ил. - Библиогр.: с. 265.

Русскевич, Н. Л. Начертательная геометрия/ Н. Л. Русскевич. – Киев: Вища школа, 1978. - 312 с.

Тарасов, Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве/ Б. Ф. Тарасов. – Л.: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Фролов, С А. Сборник задач по начертательной геометрии [Текст]: учебное пособие/ С. А. Фролов. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. - 192 с.: ил.

Фролов, С. А. Методы преобразования ортогональных проекций/ С. А. Фролов.- М.: Машгиз, 1963. –144 с.

Фролов, С. А. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / С. А. Фролов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2008. - 286 с.: цв.ил.

Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение [Текст]: учебник / А. А. Чекмарев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Владос, 2005. - 471 с.: ил. - (Учебник для вузов). - Библиогр.: с. 465-466.

Четверухин, Н. Ф. Курс начертательной геометрии/ Н. Ф. Четверухин. – М.: Высшая школа, 1968. – 276 с.

Шангина, Е. И. Инженерная графика. Задачи и решения: учебное пособие/ Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2005. – 132 с.

Шангина, Е. И. Инженерная графика. Теория и приложения: учебное пособие/ Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2005. – 256 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……... 3

Часть 1. **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

1. Множества…….. 7

1.1. Основные понятия теории множеств……..… 7

1.2. Отображения и преобразования…… 11

1.3. Теоретико-множественный подход к задачам на построение…… 16

1.4. Геометрические пространства и их размерность…… 18

1.5. Формирование пространства…… 21

1.6. Приёмы подсчёта параметров…… 23

1.7. Параметрический подход к решению задач начертательной геометрии…… 34

Вопросы для самопроверки……. 37

2.Системы координат…… 38

2.1. Прямоугольные декартовы координаты…… 38

2.2. Полярные координаты точки на плоскости……. 39

2.3. Цилиндрические координаты…… 40

2.4.Сферические координаты…… 40

2.5. Астрономические координаты…… 41

2.6. Геодезические координаты……. 42

2.7.Геоцентрические координаты…… 44

Вопросы для самопроверки…….. 44

3. Проекции …… 45
3.1. Метод проекций…… 45
3.2. Стереографические проекции…… 47
3.3. Цилиндрические проекции…… 48
3.4. Конические проекции……. 51
Вопросы для самопроверки…….. 52

Часть 2. ПРИНЦИПЫ ИНВАРИАНТНОСТИ

1. Движения ……. 53
1.1. Движения в евклидовой плоскости…… 53
1.2. Движения в евклидовом пространстве…… 59
1.3. Подобие…… 61
1.3.1. Гомотетия……. 62
1.4. Инверсия……. 68
1.5. Геометрические свойства кристаллов…….. 71
Вопросы для самопроверки……. 80

2.Пропорциональность …….. 80
2.1. Общие сведения теории чисел…….. 80
2.2. Пропорции…… 84
2.3. Золотое сечение……. 86
Вопросы для самопроверки……. 89

3. Методы изображений …… 89
3.1. Образование чертежа Монжа…… 90
3.2. Образование чертежа в проекциях с числовыми отметками……. 92
3.3. Аксонометрия……. 94
Вопросы для самопроверки…….. 101

Часть 3. ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

1. Прямая линия……... 102

1.1. Изображение прямых линий в проекциях с числовыми отметками. 102

1.2. Построение натуральной величины отрезка прямой общего положения и её угла наклона к основной плоскости проекций **H**…….. 106

1.3. Взаимное положение прямых…… 107

1.3.1. Пересекающиеся прямые…… 107

1.3.2. Параллельные прямые……. 109

1.3.3. Скрещивающиеся прямые…….. 109

Вопросы для самопроверки……. 110

2. Плоскость……..... 112

2.1. Способы задания плоскостей……... 112

2.2. Принадлежность точки и прямой плоскости…… 117

2.3. Взаимное положение плоскостей…….. 119

2.3.1. Параллельные плоскости…… 119

2.3.2. Пересекающиеся плоскости…… 121

2.4. Взаимное положение прямой и плоскости…… 124

2.4.1. Пересечение прямой линии с плоскостью……. 126

2.4.2. Перпендикулярность прямой и плоскости…… 127

2.5.Перпендикулярность плоскостей…… 130

Вопросы для самопроверки…….. 131

3. Способы преобразования чертежа в проекциях с числовыми отметками…… 132

3.1. Замена плоскостей проекций……. 134

3.2. Способы вращения……. 140

Вопросы для самопроверки…….. 147

4. Кривые линии……... 148
4.1. Основные понятия и определения……. 148
4.2. Основные характеристики плоских алгебраических кривых……. 152
4.3. Приближённые способы построения касательных и нормалей к плоским кривым…… 154
4.4. Кривые второго порядка (коники)…… 155
4.5. Трансцендентные кривые…….. 160
4.6. Пространственные кривые. Трёхгранник Френе……. 162
4.7. Винтовые линии……. 165
Вопросы для самопроверки……. 167

5. Многогранники…… 168
5.1. Общие сведения. Правильные многогранники…… 168
5.2. Пересечение многогранника плоскостью……... 184
5.3. Алгоритм построения точек пересечения многогранника с прямой линией……. 185
Вопросы для самопроверки…….. 187

6. Поверхности…… 187
6.1. Способы образования поверхностей. Кинематические поверхности 188
6.2. Способы задания поверхностей. Определитель поверхности…… 189
6.3. Образование и графическое задание поверхностей вращения…... 191
6.4. Поверхности вращения второго порядка…… 192
6.5. Конические сечения…… 198
6.6. Поверхности параллельного переноса…….. 201
6.7. Линейчатые поверхности……... 202
6.8. Линейчатые поверхности с плоскостью параллелизма (поверхности Каталана)…… 205
6.8.1. Поверхности одинакового ската……. 208

6.8.2. Поверхности равнодлинного откоса……... 209
Вопросы для самопроверки…….. 213

7. Топографические поверхности…….. 213
7.1. Элементы топографической поверхности…… 215
7.2. Нахождение общих элементов плоскости и топографической поверхности…… 220
7.3. Нахождение общих элементов прямой и топографической поверхности…….. 222
7.4. Взаимное пересечение поверхностей…… 224
7.4.1. Нахождение линии пересечения топографической поверхности с многогранником…… 224
7.4.2. Нахождение линии пересечения топографической поверхности с поверхностью вращения…….. 226
7.5. Определение границ земляных работ…… 227
Вопросы для самопроверки…….. 231

8. Развёртки поверхностей…… 231
8.1.Основные понятия и определения……. 231
8.2. Основные свойства развёртываемой поверхности……. 233
8.3. Общий метод построения развёртки кривой поверхности……. 234
8.4. Построение развёрток……. 236
Вопросы для самопроверки…….. 242
Заключение…… 243
Список рекомендуемой литературы…… 247

Учебное издание

Елена Игоревна Шангина

Георгий Андреевич Шангин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Учебное пособие

Второе издание, стереотипное

Редактор издательства Л.Н. Авдеева
Компьютерная верстка и графика авторов

Подписано в печать 04.10.2006. Бумага писчая. Формат 60x84/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 16, 0. Уч. изд. л. 12.25. Тираж 100 экз. Заказ № .

Издательство УГГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
В лаборатории множительной техники УГГУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ 4
2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА 4
3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА 6
4. ПРИЛОЖЕНИЕ 1 14
5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 15

ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие «Эпюр № 1выполнено на основе учебного пособия А. И. Образцова, изданного в 1953 году.

Данное пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении графической работы «Эпюр №1» по курсу «Начертательная геометрия».

Цель работы - научиться строить линию пересечения заданных плоских фигур, определять видимость этих фигур на проекциях.

Графическая работа «Эпюр №1» является первым самостоятельным заданием студента по дисциплине «Начертательная геометрия». Для выполнения этой работы студент должен изучить следующие разделы начертательной геометрии: «Точка и прямая», «Плоскость», «Взаимное положение прямой и плоскости», «Взаимное положение двух плоскостей».

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Графическая работа «Эпюр №1» выполняется в масштабе 1:1 на формате А3 (297×420 мм). В правом нижнем углу формата А3 студент выполняет основную надпись – форма 1 по ГОСТ 2.104-68. Пример заполнения основной надписи приведен в Приложении I. В левом верхнем углу формата выполняется дополнительная графа 26 (14×70 мм). Пример выполнения графической работы дан в Приложении I.

В соответствии с ГОСТ 2.303-68 задание выполняется следующими типами линий:

- линии видимого контура толщиной S, равной 0,6÷0,8 мм;
- линии построения – сплошные тонкие, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- линии невидимого контура – штриховые, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- следы вспомогательных плоскостей-посредников изображаются разомкнутыми линиями, длиной 8-10 мм, толщиной от 1,5 *S* до 2*S*.

2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА

Вариант задания включает в себя три различные геометрические плоские фигуры:

- фигура № 1 задана координатами трех точек, фигура № 2 (многоугольник) полностью задана координатами трех точек и оставшимися точками, у которых одна из координат заменяется условием их принадлежности к плоской фигуре № 2;

- фигура № 3 занимает проецирующее положение (фронтально-проецирующее или горизонтально-проецирующее) и задается очерком в виде кольца, серпа, круга или его части.

Выполнение эпюра состоит из графического решения нескольких задач:

1) достроить недостающую проекцию многоугольника;
2) построить проекции линии пересечения треугольника *ABC* и многоугольника;
3) построить проекции линии пересечения: треугольника с плоскостью частного положения; многоугольника с плоскостью частного положения;
4) определить видимость элементов фигур на чертеже, считая фигуры непрозрачными.

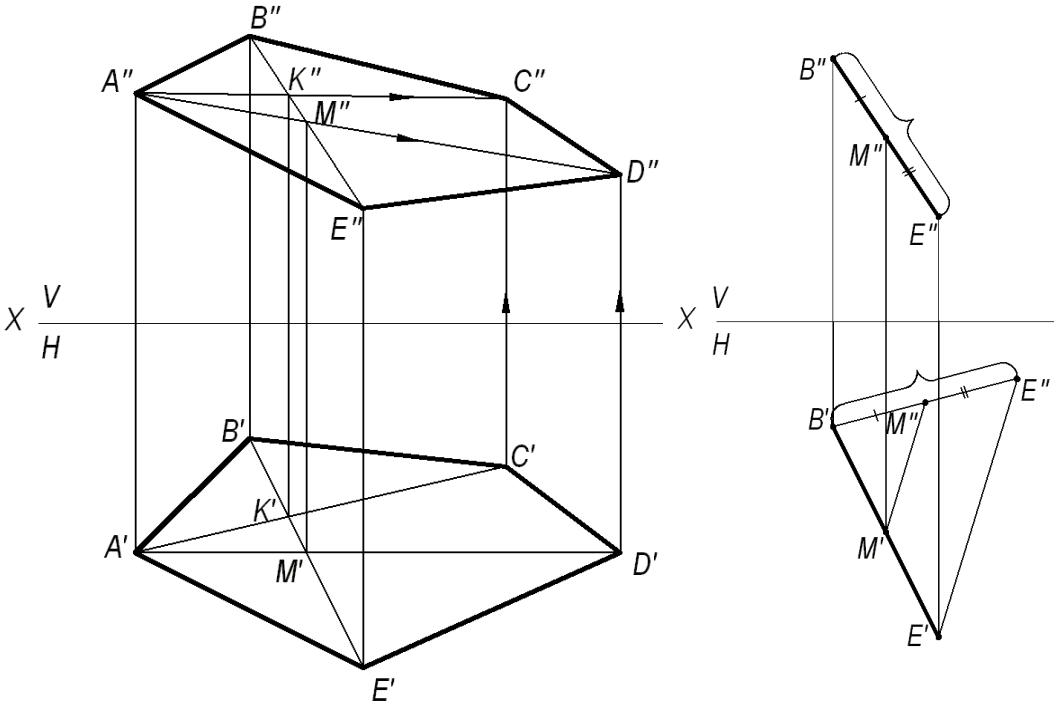
Исходные данные заданы численными значениями координат и сведены в таблицу.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА

Для выполнения графической работы студенту необходимо решить ряд задач.

Задача 1. Построение исходного чертежа многоугольника (рис. 1).

Горизонтальная проекция многоугольника *ABCDE* задана полностью, а фронтальная проекция только тремя проекциями точек *A″B″E″*. Необходимо достроить фронтальную проекцию точек *C* , *D*. При построении недостающей проекции заданного многоугольника необходимо соблюдать условие принадлежности точек данной фигуры к плоскости. Чтобы точки *C*, *D* лежали в плоскости, определенной тремя точками *A*, *B* и *E*, необходимо, чтобы они находились на прямых, лежащих в этой плоскости. Этими прямыми являются диагонали *AC*, *AD* и *BE*, горизонтальные проекции которых можно построить (рис. 1*а*).



а) *б*)

Рис. 1. Построение исходного чертежа многоугольника:

а- построение недостающих проекций вершин многоугольника; *б*- пропорциональное деление отрезка *BE*

На фронтальной проекции пятиугольника проводят проекцию диагонали *B″E″*. В плоскости пятиугольника лежат точки пересечения диагоналей *K* и *M*, горизонтальные проекции которых *K′* и *M′* имеются, а фронтальные проекции получаются в результате пересечения линий проекционной связи, проведенных из *K′* и *M′*, с диагональю *B″E″*. По двум точкам строятся фронтальные проекции других двух диагоналей *A″K″* и *A″M″*, на них должны лежать проекции точек *C″* и *D″*, которые определяются по их горизонтальным проекциям.

В случае, если линия совпадает по направлению с линией проекционной связи или круто наклонена к оси проекций, то недостающая проекция точки строится из условия пропорционального деления отрезка: если точка делит отрезок на пропорциональные части, то проекция этой точки делит проекции этого отрезка в том же отношении. На рис. 1*б* нужно построить горизонтальную проекцию точки *M′*. Из проекции точки *B′* проводят линию под углом меньше 90° к *B′E′* и на ней от проекции точки *B′* откладывают отрезки равные *B″M″* и *B″E″*. Соединяют *E′* и *E″* и параллельно этому направлению проводят от M″ линию до пересечения с *B′E′*. Получают искомую горизонтальную проекцию *M′*.

Задача 2. Построить точку пересечения прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*.

Если прямая линия не параллельна плоскости, то она пересекает эту плоскость в действительной точке (см. рис. 2).

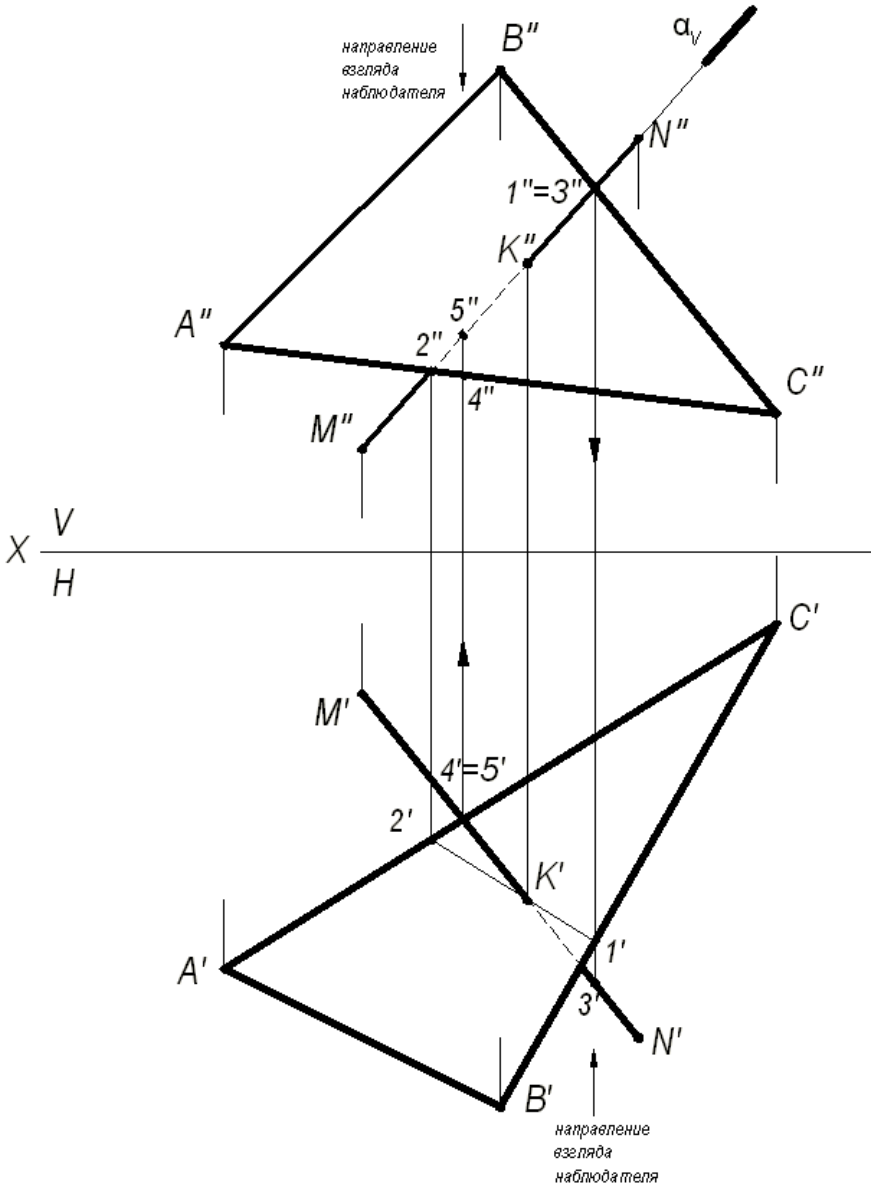


Рис. 2. Построение точки пересечения прямой с плоскостью

Алгоритм решения задачи:

1) Через заданную прямую *MN* проводим вспомогательную плоскость-посредник α, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций *V* все точки плоскости-посредника α будут проецироваться в прямую линию, совпадающую с фронтальной проекцией прямой *M″N″*.

2) Находим линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника α с заданной плоскостью треугольника *ABC*. На чертеже линия (1,2).

3) Находим искомую точку пересечения *K* прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*. Она определяется как пересечение искомой прямой с найденной линией пересечения вспомогательной плоскости-посредника с плоскостью треугольника *ABC*.

Определение видимости на чертеже.

В начертательной геометрии плоскости считаются непрозрачными, поэтому необходимо на проекциях определить видимость.

Для определения видимости на чертеже используем метод конкурирующих точек, сущность которого заключается в выборе двух скрещивающихся прямых.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* поступают так. Выбираем две скрещивающиеся прямые *B″C″* и *M″N″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1 и 3. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 3′, лежащая на проекции прямой *M′N′*, будет закрывать проекцию точки 1′, лежащую на проекции прямой *B′C′*, т. к она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций проекция *M″N″* будет закрывать проекцию *B″C″*. Границей видимости является проекция точки пересечения К″.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций *H* выбираем две скрещивающиеся прямые *A′C′* и *M′N′*, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 4′ и 5′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 5″, лежащая на проекции прямой *M″N″*, будет закрывать проекцию точки 4″, лежащую на проекции прямой *A″C″*, т. к. она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекций проекция *M′N′* будет закрывать проекцию *A′C′*. Границей видимости является проекция точки пересечения *K*′.

Задача 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение.

Даны две плоскости: плоскость Δ*ABC* – плоскость общего положения, плоскость Δ*DEK* – плоскость частного положения, которая расположена перпендикулярно фронтальной плоскости проекций (рис. 3).

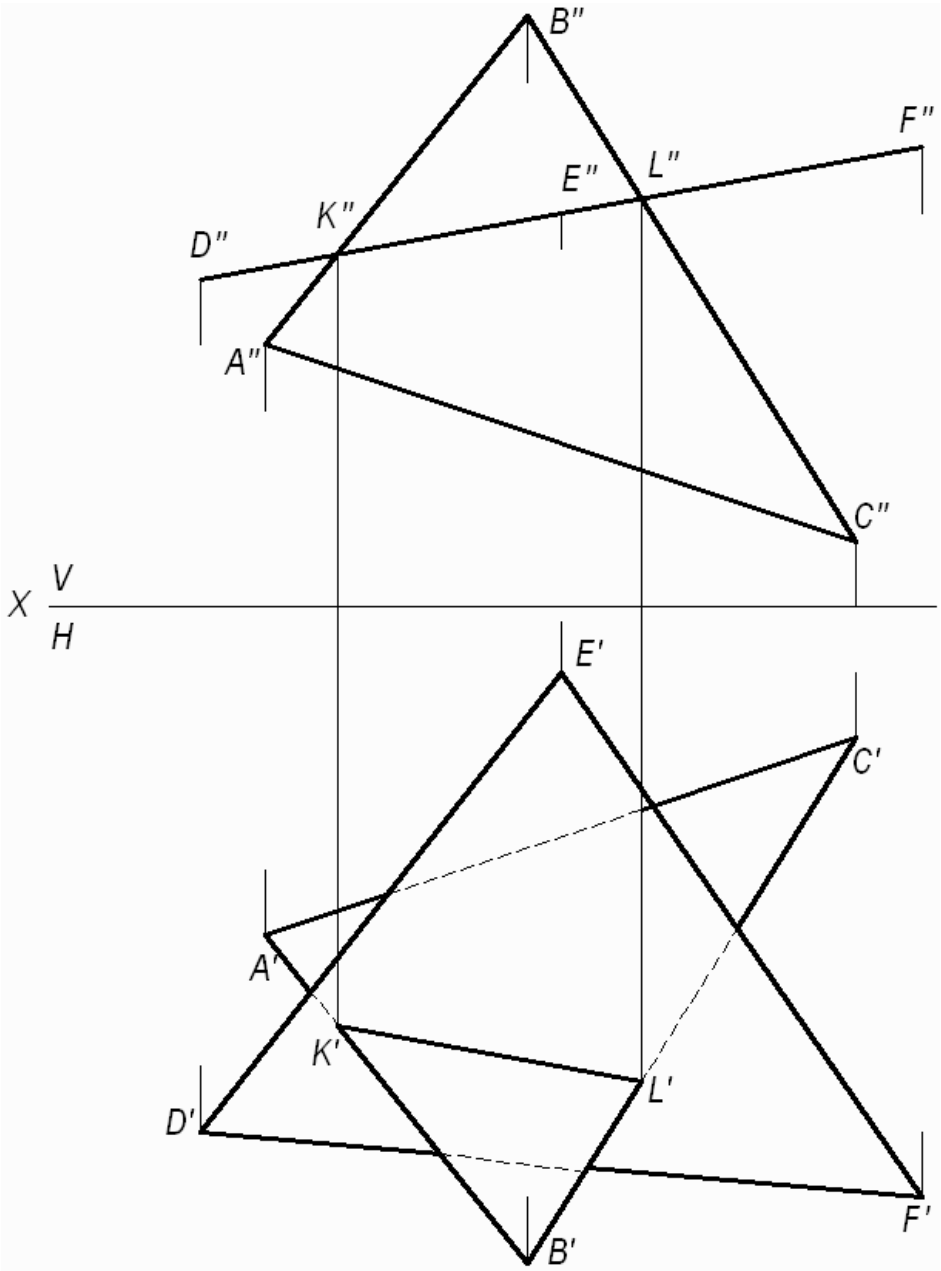


Рис. 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение

Фронтальная проекция 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*.

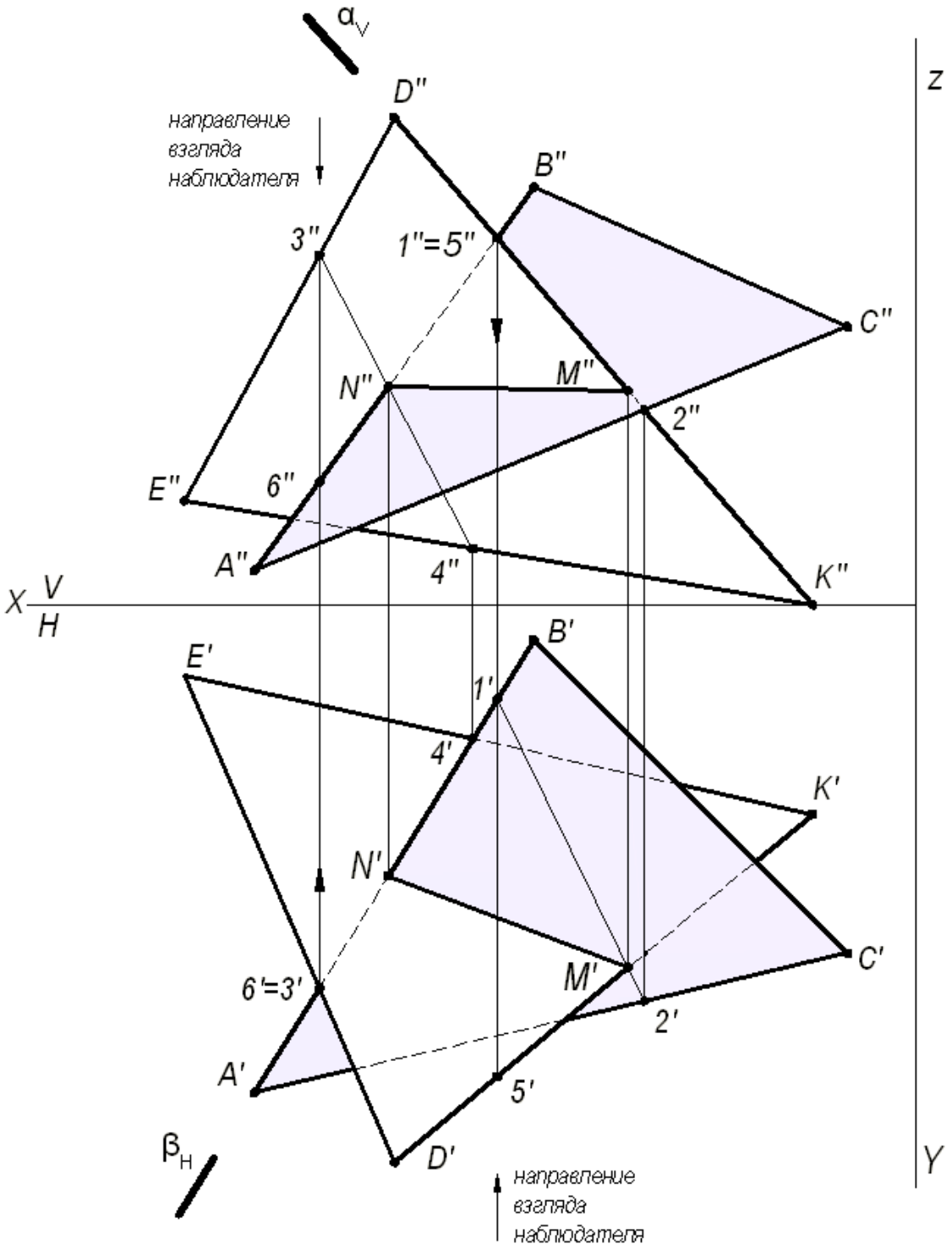


Рис. 4. Построение линии пересечения двух треугольников

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.

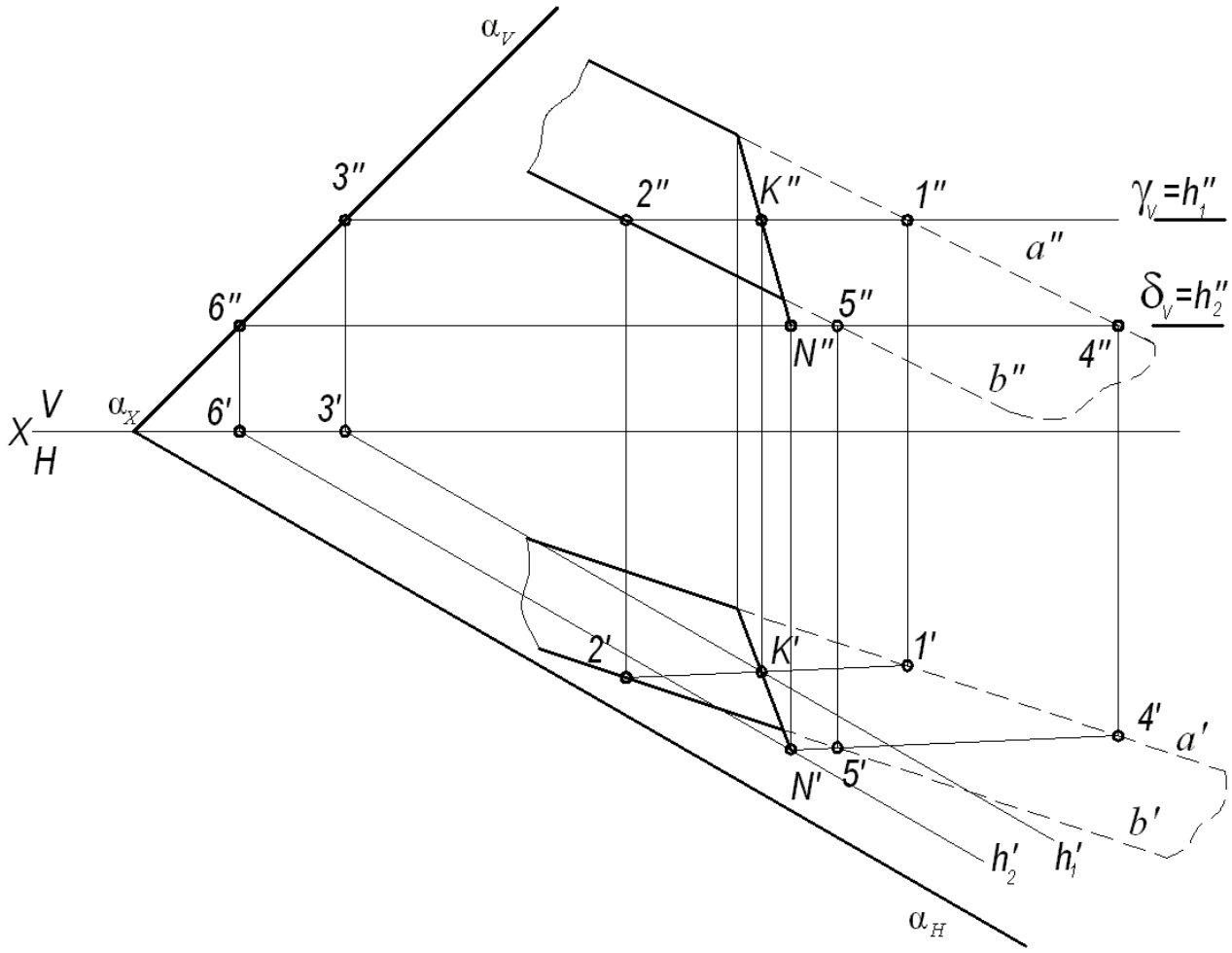
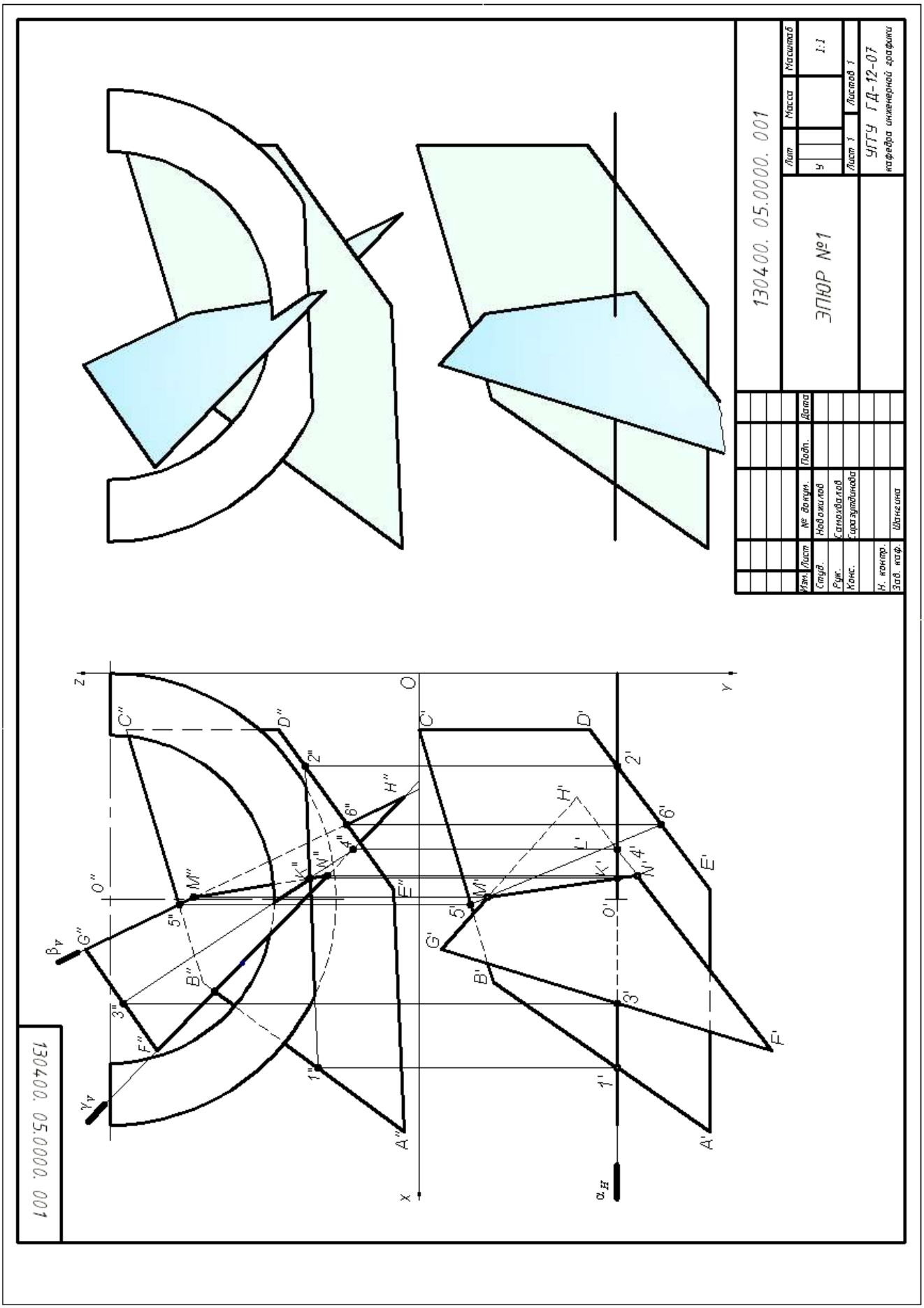


Рис. 5. Построение линии пересечения двух плоскостей

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.



Министерство образования
Российской Федерации

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

В. Н. Бабич, Е. И. Шангина

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «БЛОК-ДИАГРАММА» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 553200 – «ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

ЕКАТЕРИНБУРГ

2003

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
инженерно-экономического
факультета
"8" сентября 2003 г.
Председатель комиссии
проф. Г.С.Карпов

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

Издание УГГГА Екатеринбург, 2003

Методическое пособие по выполнению индивидуальной графической работы «Блок-диаграмма» по дисциплине «Начертательная геометрия. Инженерная графика» для студентов направления 553200 – «Геология и разведка полезных ископаемых». /В. Н. Бабич, Е. И. Шангина. - 2-е изд. стереотипное. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 15 с.

В работе рассмотрены теоретические вопросы по курсу «Проекции с числовыми отметками». Предложена методика решения задач по темам «Топографические поверхности», «Нахождение общих элементов плоскости и топографической поверхности», «Сечение топографической поверхности плоскостью», «Аксонометрические проекции».

Методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 26.09.2001 года (протокол №6) и рекомендовано для издания в УГГГА.

Рецензент – Ю. И. Самохвалов, доцент УГГГА

© Шангина Е. И., 2001

© Шангина Е. И., 2003

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2001

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2003

ВВЕДЕНИЕ

Эпюр выполняется на формате Al (594× 841) в масштабе 1:1000 и включает в себя решение следующих задач:

- построение линии выхода пласта на поверхность;
- построение прямого разреза (вкрест простирания);
- построение вертикальных профилей АВ, ВС, СД, ДА, определяемых сторонами заданного плана;
- построение линии среза пласта по горизонту 92,5;
- построение блок-диаграммы (ячеечной), ограниченного вертикальными профилями АВ, ВС, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность.

Исходные параметры всех вариантов сведены в таблицу №1 и задаются следующим образом:

1. Месторождение ограничено двумя параллельными плоскостями - плоскостью кровли пласта (верхняя плоскость) и плоскостью подошвы (нижняя плоскость). Плоскость кровли пласта задаётся точкой **F**(x,y,z), азимутом падения α, интервалом **l** (масштабом падения плоскости), параметры которых представлены в табл. l.

2. Горизонтальная мощность $\mathbf{H_г}$ пласта нужна для построения плоскости, называемой подошвой, которая также задана в табл. 1.

3. Построение блок-диаграммы осуществляется в стандартной аксонометрической проекции, указанной ее номером. В конце таблицы для каждой стандартной аксонометрической проекции этот номер присвоен. Пример выполнения графической работы представлен на рис. 7.

Построение линии выхода пласта на поверхность

Для нахождения линии пересечения плоскости с топографической поверхностью необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежат плоскости и заданной поверхности. На плане топографическая поверхность задается изогипсами - плоскими линиями, параллельными горизонтальной плоскости проекций, каждая из которых имеет свою высотную отметку. Надо построить горизонтали плоскости кровли, имеющие такие же высотные отметки, что и изогипсы на плане.

Плоскость кровли задана точкой **F**, азимутом падения α и интервалом **l** (см. табл.1). Построив плоскость кровли на плане (задав ее масштабом заложения), находим линию пересечения плоскости кровли с топографической поверхностью. Точки, принадлежащие линии пересечения, получаются в ре –

зультате пересечения соответствующих изогипс и горизонталей плоскости кровли, т. е. имеющих одинаковые высотные отметки, если таковые имеются в пределах плана (рис. 1).

Найденные общие точки соединяют плавной кривой, которая будет являться линией пересечения плоскости и топографической поверхности.

Полученная линия кровли пласта обводится красным цветом.

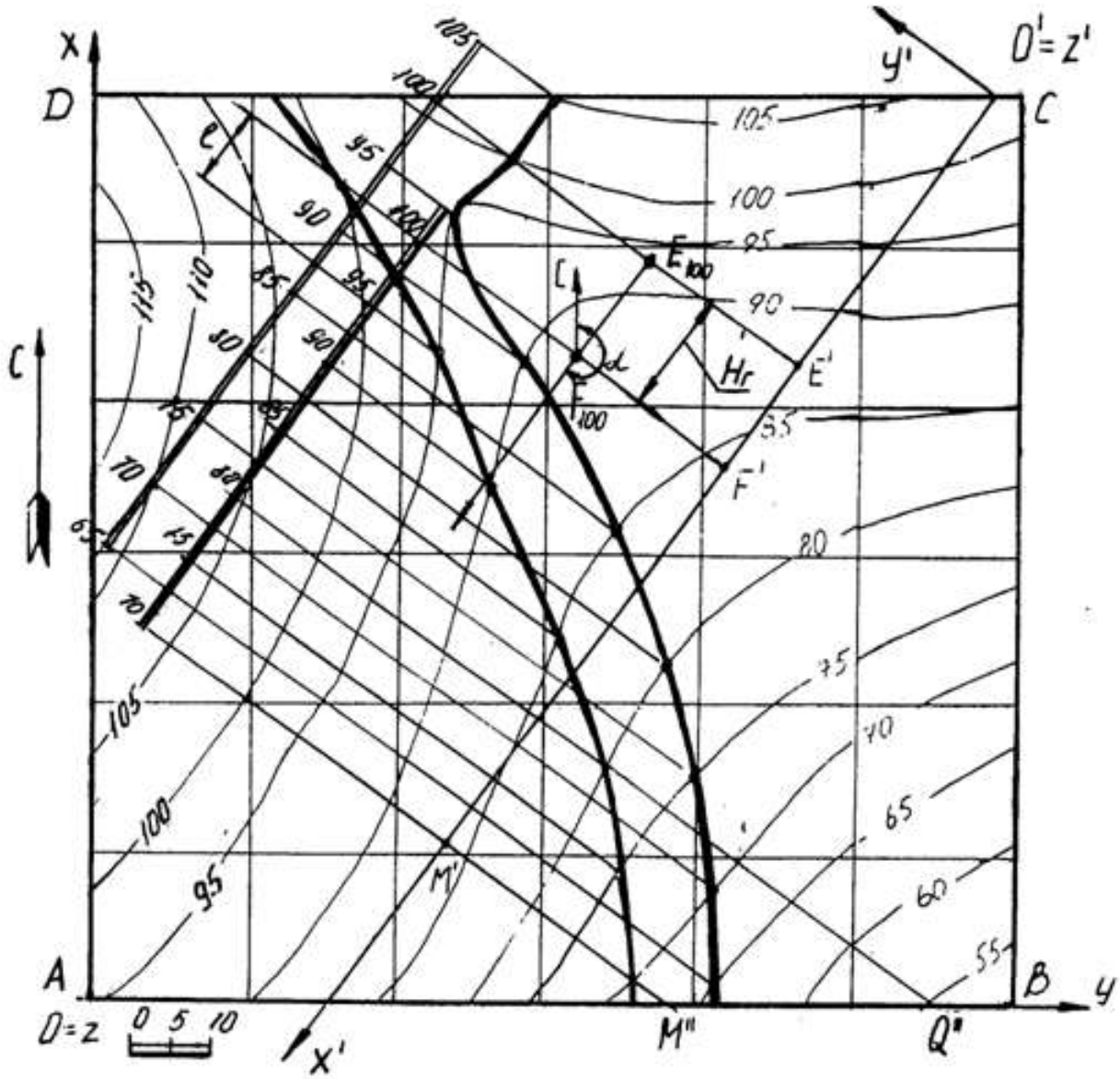


Рис 1

Пересечение плоскости подошвы пласта и топографической поверхности

Плоскость кровли пласта и плоскость подошвы пласта - две параллельные плоскости. Следовательно, на чертеже горизонтали этих плоскостей будут соответственно параллельны, масштабы заложения равны, направления падения их совпадают.

Горизонтальная мощность пласта определяется расстоянием между плоскостями кровли и подошвы пласта, измеряемое в горизонтальном направлении и в нашем случае равна $\mathbf{H}_г$ (см. табл.1). Следовательно, отложив от точки **F** расстояние, равное $\mathbf{H}_г$ по направлению восстания плоскости пласта (т. к. плоскость подошвы ниже плоскости кровли), получим точку **E** с такой же высотной отметкой, как и у точки **F** (рис.1). Направление и масштаб заложения подошвы пласта будут такими же, как и у кровли пласта. Плоскость подошвы пласта определяется точкой **E**, азимутом падения α и интервалом **l**.

Строят те горизонтали подошвы пласта, высотные отметки которых совпадают с высотными отметками изогипс. Находят общие точки, которые соединяют плавной кривой линией. Полученная линия подошвы пласта обводится синим цветом.

Полное построение линии выхода пласта на поверхность показано на рис.1.

Построение прямого разреза (вкрест простирания)

На плане выбирают вертикальную плоскость, перпендикулярную к горизонталям пласта (в удобном месте, как показано на рис. 1). Полученный разрез называется прямым или вкрест простирания.

Разрез ограничивается нулевой плоскостью, топографической поверхностью и прямыми пересечения плоскости прямого разреза с ближайшими вертикальными плоскостями, ограниченными прямоугольником ABCD.

Для построения прямого разреза вводят декартову систему координат x'O'y' на плане, где ось O'x' совпадает с плоскостью разреза, ось O'y' перпендикулярна к оси O'x' (по часовой стрелке), ось z' проецируется в точку (рис. 1).

Вертикальный прямой разрез будет определяться осью O'x' и осью O'z', где координата z' будет равна числовой отметке соответствующей изогипсы (рис. 2). Таким образом, получают построение вертикального прямого (вкрест простирания) разреза, на котором строят следы пласта.

Для построения следов пласта на разрезе вкрест простирания поступают так. По горизонтали переносят точку **F** на след плоскости вертикального

разреза – ось O'x' и любую из горизонталей (например, 70) – точки F' и M' (рис. 1). На профиле (рис. 2) через полученные точки F' и M' проводят перпендикуляры, на которых откладывают высотные отметки кровли пласта. Затем проводят прямую линию – след кровли пласта.

Подошва пласта отстоит от кровли пласта на расстоянии, равном горизонтальной мощности пласта и строится параллельно плоскости кровли (рис. 2 – профиль ограничен нижней плоскостью с отметкой 40).

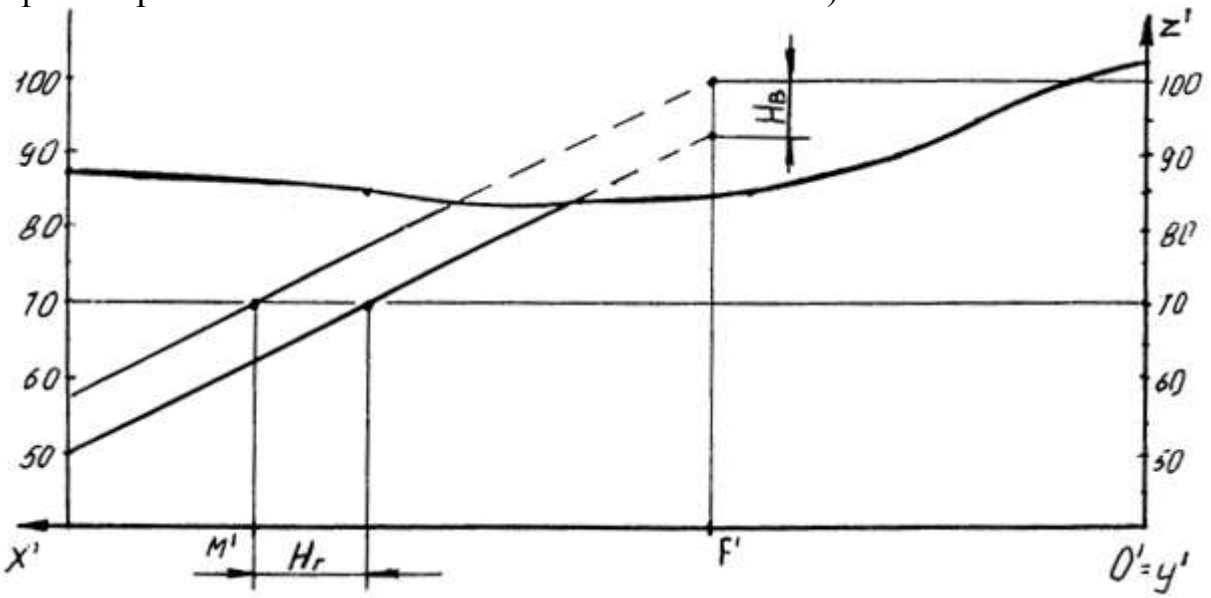


Рис. 2

Построение вертикальных профилей AB, BC, CD, DA выполняется аналогично. Пример построения вертикального профиля AB показан на рис. 3. Для построения подошвы от прямой следа плоскости кровли пласта откладывают вертикальную мощность $\mathbf{H_в}$, взятую с разреза вкрест простирания и проводят прямую, параллельную следу плоскости кровли.

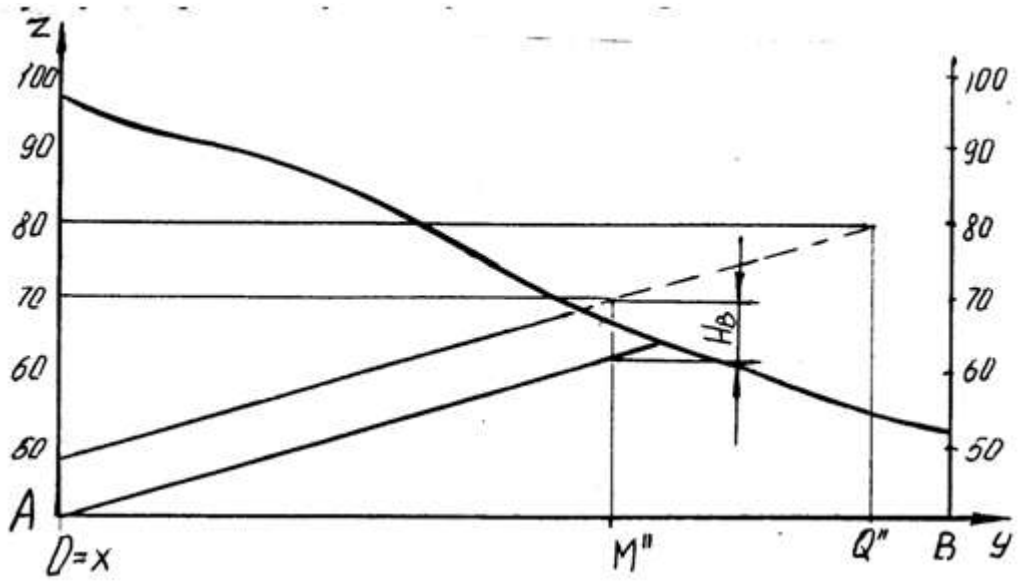


Рис. 3

Нахождение высотной отметки точки, не лежащей на изогипсе

Для построения высотной отметки точки а (рис. 4), не лежащей на изогипсе, поступают следующим образом:

- через точку А проводят кратчайшую прямую I II между изогипсами 50 и 60;

- из точки пересечения с изогипсой 60 проводят прямую под произвольным углом, на которой откладывают отрезок, равный разности высотных отметок (т. е. 10) в заданном масштабе – точка II';

- соединяют полученную точку II' с точкой II, имеющей отметку 50 и с помощью подобных треугольников переносят точку А на прямую I II', которую называют «высотной шкалой».

Таким образом точка А имеет высотную отметку 57.

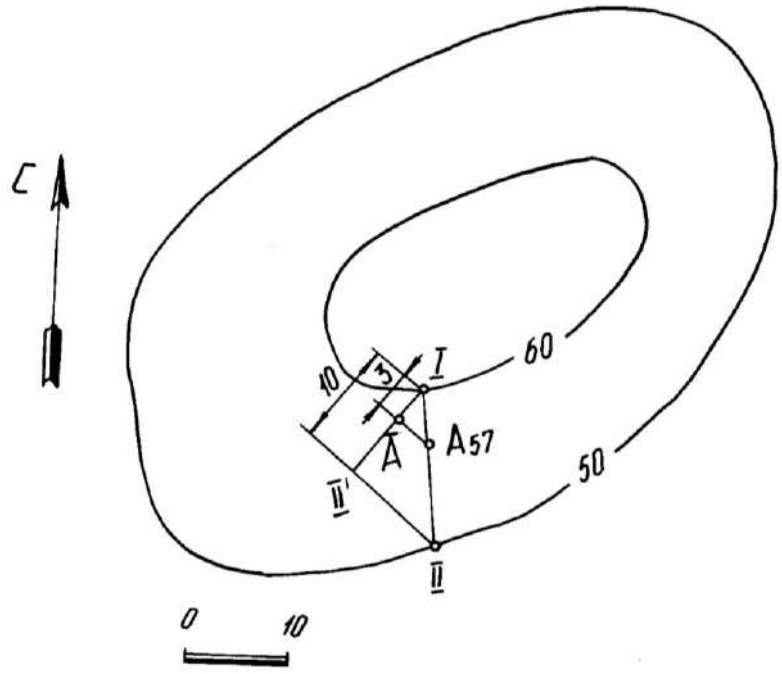
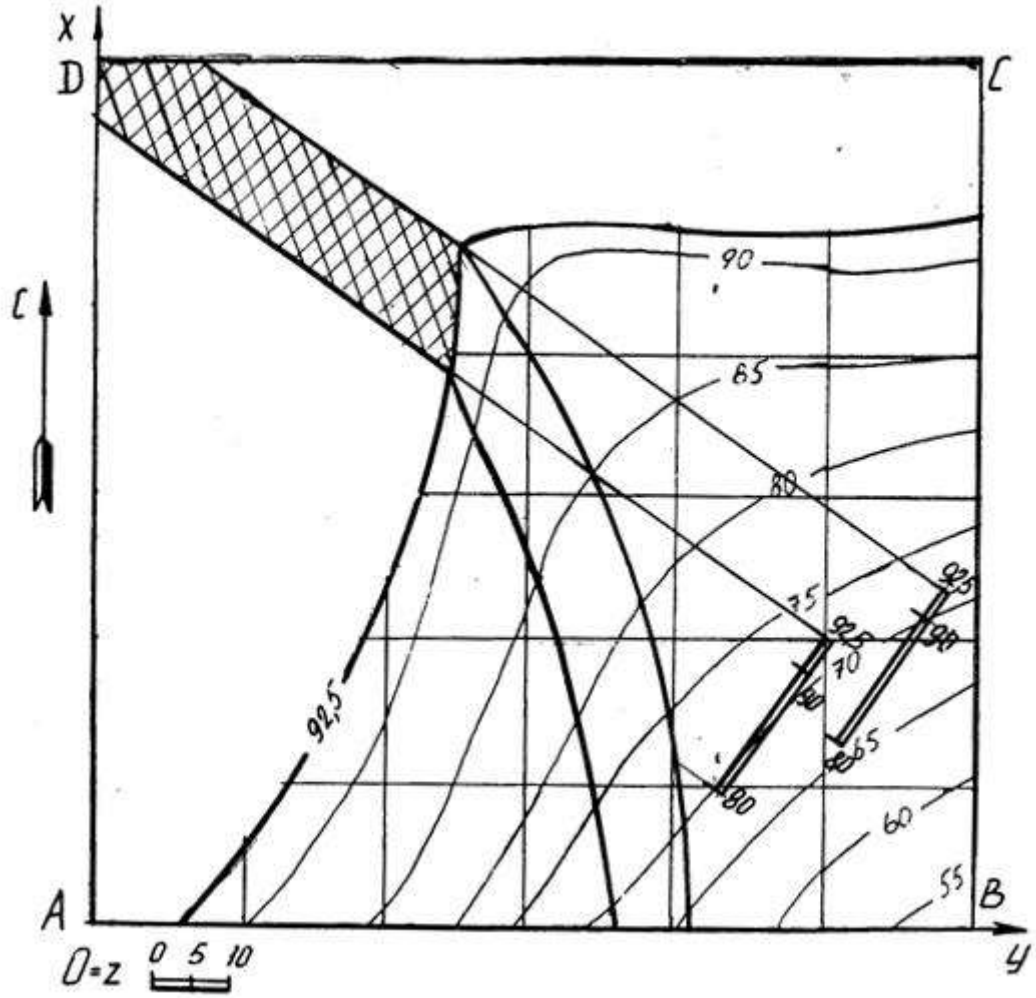


Рис. 4

Построение плана среза по горизонту 92,5

Для построения плана среза воспользуемся умением находить высотные отметки точек, не лежащих на изогипсах, который был рассмотрен ранее.

Количество точек, необходимых для построения изогипсы 92,5, определяется самостоятельно в зависимости от конфигурации рядом лежащих изогипс. План среза по горизонту 92,5 показан на рис. 5.



Построение блок диаграммы части месторождения, ограниченного вертикальными профилями AB, BC, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность

Блок диаграммой будем называть аксонометрическую проекцию части земной коры, ограниченную четырьмя вертикальными плоскостями, горизонтальной плоскостью (например, с отметкой ноль) и топографической поверхностью. Блок диаграмма строится ячеечная, т. е. заданный план разбивается на квадраты, размеры которых 250×250. Затем построения осуществляются по следующему алгоритму.

Алгоритм построения:

- на план наносим декартову систему координат, у которой ось X совпадает с AD, ось Y совпадает с DC, ось Z совпадает с точкой D;

- строим декартову систему координат в указанной аксонометрической проекции (прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольная фронтальная диметрия, косоугольная горизонтальная изометрия - военная пер-

спектива, косоугольная фронтальная изометрия – кавальерная проекция) согласно ГОСТ 2.317 – 69;

- построение осуществляется по координатам тех точек, которые имеют точные высотные отметки, с учетом коэффициентов искажения по координатным осям. Пример построения показан на рис. 6.

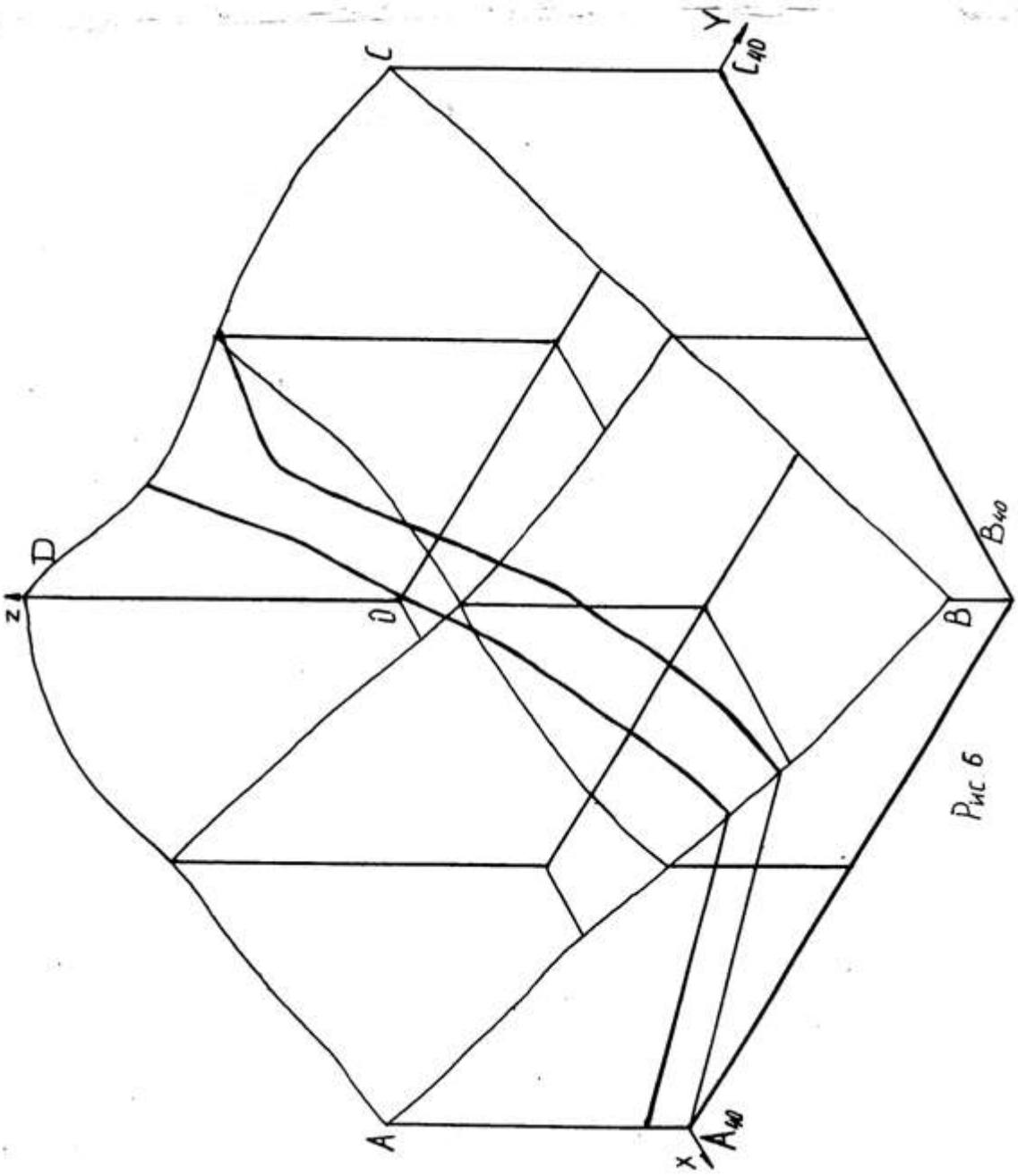


Рис 6

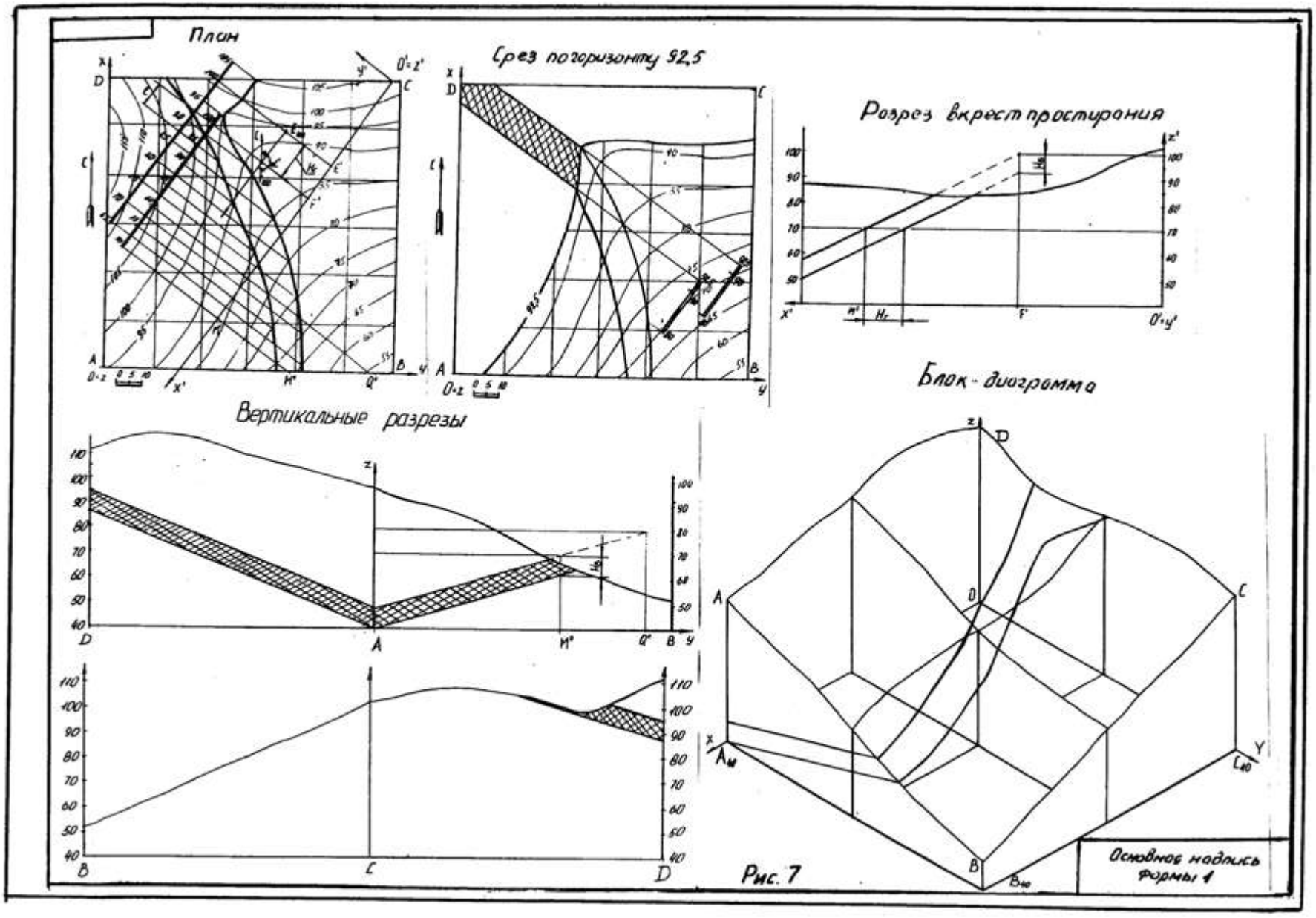

План
Срез погоризонту 92,5
Розрез вкрест простирання
Блок-диаграмма
Вертикальные разрезы
Основной надпись формы 1

Рис. 7

Таблица 1

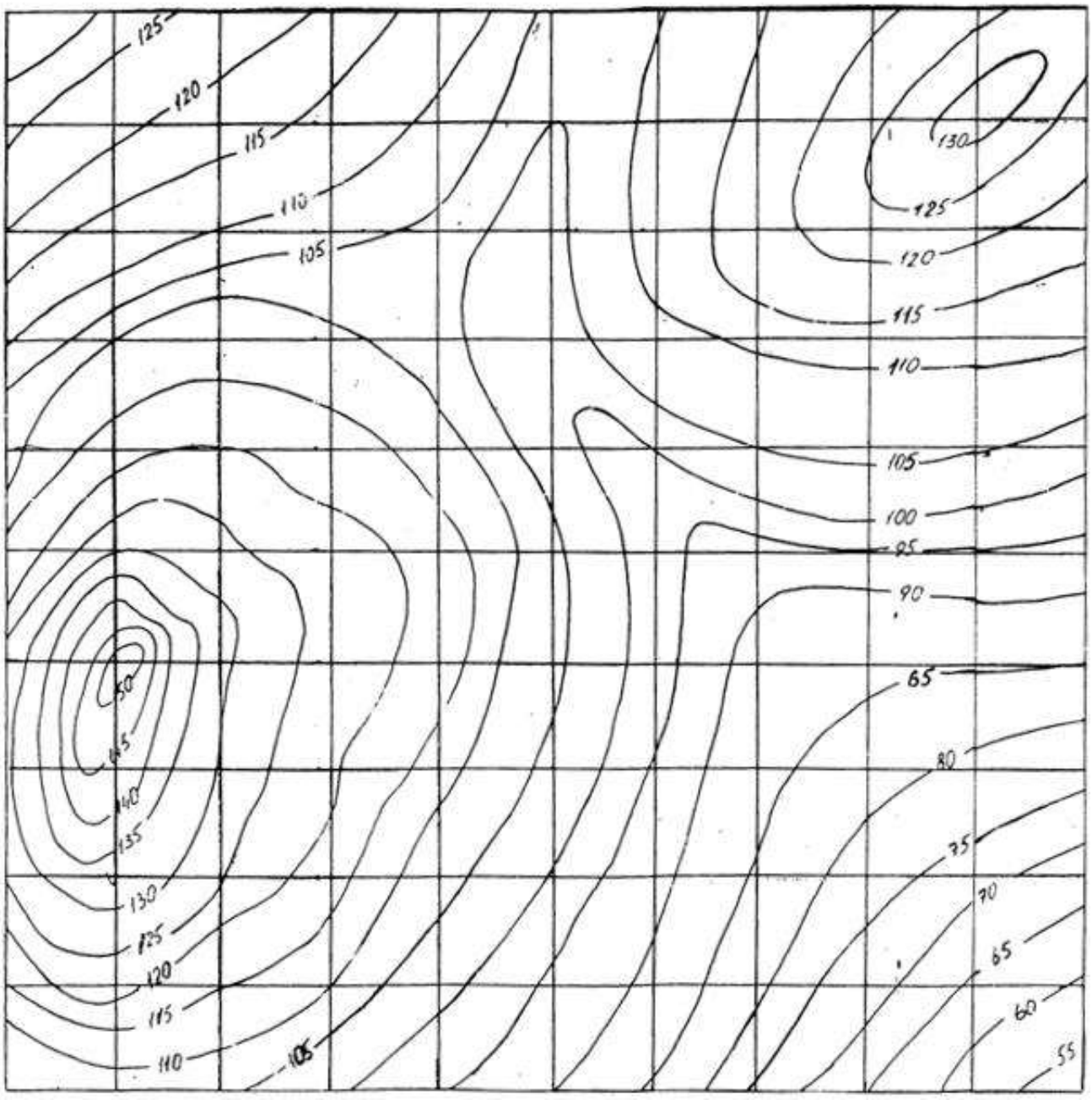
Номер варианта	Точка **F**			Азимут падения α°	Интервал плоскости кровли **l**, мм	Горизонтальная мощность $\mathbf{H}_г$, мм	Вид аксонометрии
	x	**y**	**z**				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	46	10	120	210	20	180	1
2	20	85	110	170	20	75	2
3	67	40	100	210	20	30	3
4	78	25	120	190	20	50	4
5	98	110	105	80	20	30	5
6	40	135	105	30	20	15	1
7	60	60	85	225	20	45	2
8	38	105	100	135	14	17	3
9	46	10	120	210	20	155	4
10	20	85	110	170	20	95	5
11	67	40	100	210	20	100	1
12	78	25	120	190	20	85	2
13	98	100	105	80	20	15	3
14	40	135	105	30	20	45	4
15	60	60	85	225	20	65	5
16	38	105	100	135	14	31	1
17	55	40	95	190	20	70	2
18	46	10	120	210	20	135	3
19	20	85	110	170	20	110	4
20	67	40	100	210	20	125	5
21	78	25	120	190	20	105	1
22	135	20	120	260	20	135	2
23	20	110	115	30	20	30	3
24	98	35	80	225	20	45	4
25	38	105	100	135	14	60	5
26	46	10	120	210	20	115	1
27	115	135	130	170	20	20	2
28	27	42	100	210	20	75	3
29	115	135	130	170	20	50	4
30	97	95	115	210	20	70	5
31	135	20	120	260	20	145	1
32	58	177	80	135	14	31	2
33	27	42	100	210	20	95	3
34	115	135	130	170	20	65	4
35	97	95	115	210	20	95	5

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
36	58	177	80	135	14	42	1
37	27	42	100	210	20	115	2
38	98	35	80	225	20	25	3
39	58	177	80	135	14	68	4
40	27	42	100	210	20	140	5

1 - прямоугольная изометрия (изометрия)
2 - прямоугольная диметрия (диметрия)
3 – косоугольная фронтальная диметрия (кабинетная проекция)
4 - косоугольная фронтальная изометрия (кавальерная проекция)
5 - косоугольная горизонтальная изометрия (военная перспектива)

ПЛАН ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ



СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич В. Н., Шангина Е. И. Начертательная геометрия в проекциях с числовыми отметками: Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 152 с.
2. Горная графическая документация. – Издание стандартов, 1983. – 200 с.
3. Ломоносов Г. Г. Инженерная графика. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
4. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. – Киев: «Вища школа», 1978. – 312 с.
5. Тарасов Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 248 с.

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

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.Б.1.20 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ГРАФИКА

специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 2
Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Фролов А. П., доцент, к. т. н., Насолдина И. Ю., ассистент

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Инженерная графика	Геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Шангина Е. И.	Бондарев В. И. .
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 5 от 04. 03. 2018	Протокол № 8 от .19. 04. 2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

Рабочая программа дисциплины «Инженерно-геологическая графика» согласована с выпускающей кафедрой Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

Заведующий кафедрой _____ _____ С.Н. Тагильцев _____

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ 6
2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА 6
3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА 8
4. ПРИЛОЖЕНИЕ 1 16
5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 17

ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении графической работы «Эпюр №1» по курсу «Начертательная геометрия».

Цель работы - научиться строить линию пересечения заданных плоских фигур, определять видимость этих фигур на проекциях.

Графическая работа «Эпюр №1» является первым самостоятельным заданием студента по дисциплине «Начертательная геометрия». Для выполнения этой работы студент должен изучить следующие разделы начертательной геометрии: «Точка и прямая», «Плоскость», «Взаимное положение прямой и плоскости», «Взаимное положение двух плоскостей».

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Графическая работа «Эпюр №1» выполняется в масштабе 1:1 на формате А3 (297×420 мм). В правом нижнем углу формата А3 студент выполняет основную надпись – форма 1 по ГОСТ 2.104-68. Пример заполнения основной надписи приведен в Приложении I. В левом верхнем углу формата выполняется дополнительная графа 26 (14×70 мм). Пример выполнения графической работы дан в Приложении I.

В соответствии с ГОСТ 2.303-68 задание выполняется следующими типами линий:

- линии видимого контура толщиной S, равной 0,6÷0,8 мм;
- линии построения – сплошные тонкие, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- линии невидимого контура – штриховые, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- следы вспомогательных плоскостей-посредников изображаются разомкнутыми линиями, длиной 8-10 мм, толщиной от 1,5 *S* до 2*S*.

2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА

Вариант задания включает в себя три различные геометрические плоские фигуры:

- фигура № 1 задана координатами трех точек, фигура № 2 (многоугольник) полностью задана координатами трех точек и оставшимися точками, у которых одна из координат заменяется условием их принадлежности к плоской фигуре № 2;

- фигура № 3 занимает проецирующее положение (фронтально-проецирующее или горизонтально-проецирующее) и задается очерком в виде кольца, серпа, круга или его части.

Выполнение эпюра состоит из графического решения нескольких задач:

1) достроить недостающую проекцию многоугольника;
2) построить проекции линии пересечения треугольника *ABC* и многоугольника;
3) построить проекции линии пересечения: треугольника с плоскостью частного положения; многоугольника с плоскостью частного положения;
4) определить видимость элементов фигур на чертеже, считая фигуры непрозрачными.

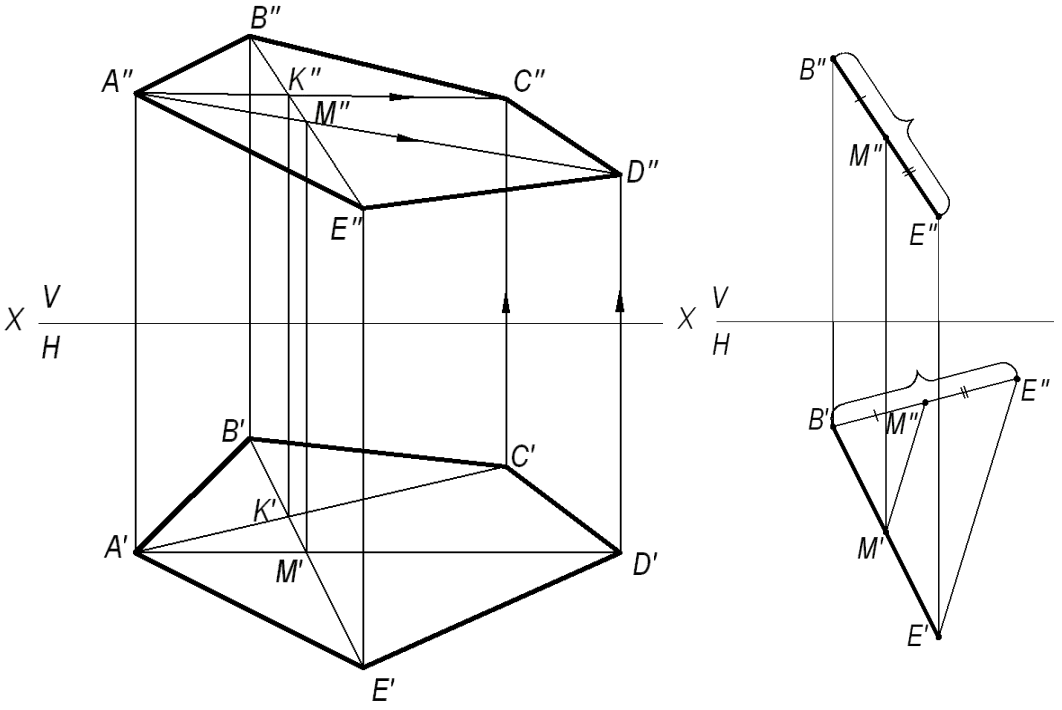
Исходные данные заданы численными значениями координат и сведены в таблицу.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА

Для выполнения графической работы студенту необходимо решить ряд задач.

Задача 1. Построение исходного чертежа многоугольника (рис. 1).

Горизонтальная проекция многоугольника *ABCDE* задана полностью, а фронтальная проекция только тремя проекциями точек *A″B″E″*. Необходимо достроить фронтальную проекцию точек *C* , *D*. При построении недостающей проекции заданного многоугольника необходимо соблюдать условие принадлежности точек данной фигуры к плоскости. Чтобы точки *C*, *D* лежали в плоскости, определенной тремя точками *A*, *B* и *E*, необходимо, чтобы они находились на прямых, лежащих в этой плоскости. Этими прямыми являются диагонали *AC*, *AD* и *BE*, горизонтальные проекции которых можно построить (рис. 1*а*).



а) *б*)

Рис. 1. Построение исходного чертежа многоугольника:

а- построение недостающих проекций вершин многоугольника; *б*- пропорциональное деление отрезка *BE*

На фронтальной проекции пятиугольника проводят проекцию диагонали *B″E″*. В плоскости пятиугольника лежат точки пересечения диагоналей *K* и *M*, горизонтальные проекции которых *K′* и *M′* имеются, а фронтальные проекции получаются в результате пересечения линий проекционной связи, проведенных из *K′* и *M′*, с диагональю *B″E″*. По двум точкам строятся фронтальные проекции других двух диагоналей *A″K″* и *A″M″*, на них должны лежать проекции точек *C″* и *D″*, которые определяются по их горизонтальным проекциям.

В случае, если линия совпадает по направлению с линией проекционной связи или круто наклонена к оси проекций, то недостающая проекция точки строится из условия пропорционального деления отрезка: если точка делит отрезок на пропорциональные части, то проекция этой точки делит проекции этого отрезка в том же отношении. На рис. 1*б* нужно построить горизонтальную проекцию точки *M′*. Из проекции точки *B′* проводят линию под углом меньше 90° к *B′E′* и на ней от проекции точки *B′* откладывают отрезки равные *B″M″* и *B″E″*. Соединяют *E′* и *E″* и параллельно этому направлению проводят от M″ линию до пересечения с *B′E′*. Получают искомую горизонтальную проекцию *M′*.

Задача 2. Построить точку пересечения прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*.

Если прямая линия не параллельна плоскости, то она пересекает эту плоскость в действительной точке (см. рис. 2).

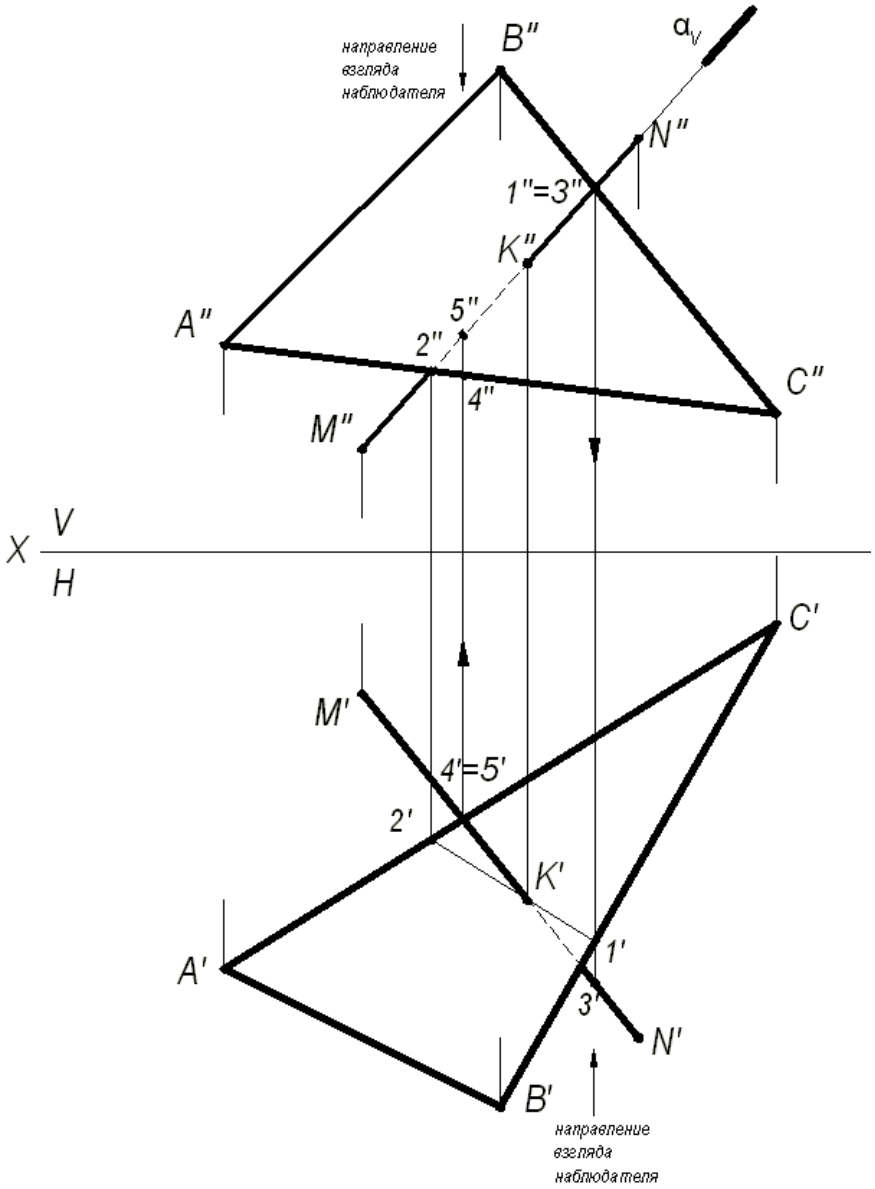


Рис. 2. Построение точки пересечения прямой с плоскостью

Алгоритм решения задачи:

1) Через заданную прямую *MN* проводим вспомогательную плоскость-посредник α, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций *V* все точки плоскости-посредника α будут проецироваться в прямую линию, совпадающую с фронтальной проекцией прямой *M″N″*.

2) Находим линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника α с заданной плоскостью треугольника *ABC*. На чертеже линия (1,2).

3) Находим искомую точку пересечения *K* прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*. Она определяется как пересечение искомой прямой с найденной линией пересечения вспомогательной плоскости-посредника с плоскостью треугольника *ABC*.

Определение видимости на чертеже.

В начертательной геометрии плоскости считаются непрозрачными, поэтому необходимо на проекциях определить видимость.

Для определения видимости на чертеже используем метод конкурирующих точек, сущность которого заключается в выборе двух скрещивающихся прямых.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* поступают так. Выбираем две скрещивающиеся прямые *B″C″* и *M″N″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1 и 3. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 3′, лежащая на проекции прямой *M′N′*, будет закрывать проекцию точки 1′, лежащую на проекции прямой *B′C′*, т. к она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций проекция *M″N″* будет закрывать проекцию *B″C″*. Границей видимости является проекция точки пересечения К″.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций *H* выбираем две скрещивающиеся прямые *A′C′* и *M′N′*, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 4′ и 5′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 5″, лежащая на проекции прямой *M″N″*, будет закрывать проекцию точки 4″, лежащую на проекции прямой *A″C″*, т. к. она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекций проекция *M′N′* будет закрывать проекцию *A′C′*. Границей видимости является проекция точки пересечения *K*′.

Задача 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение.

Даны две плоскости: плоскость Δ*ABC* – плоскость общего положения, плоскость Δ*DEK* – плоскость частного положения, которая расположена перпендикулярно фронтальной плоскости проекций (рис. 3).

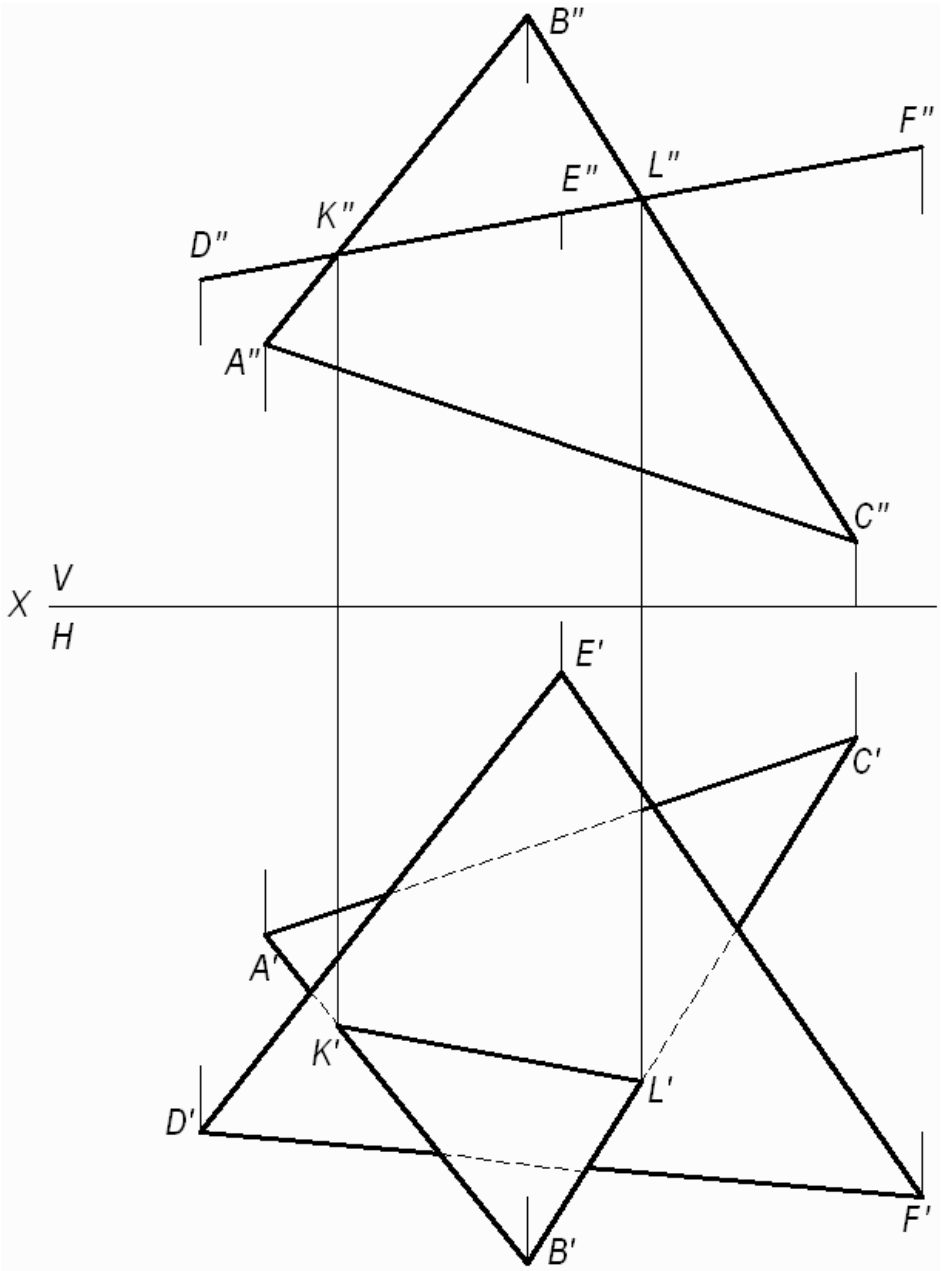


Рис. 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение

Фронтальная проекция 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*.

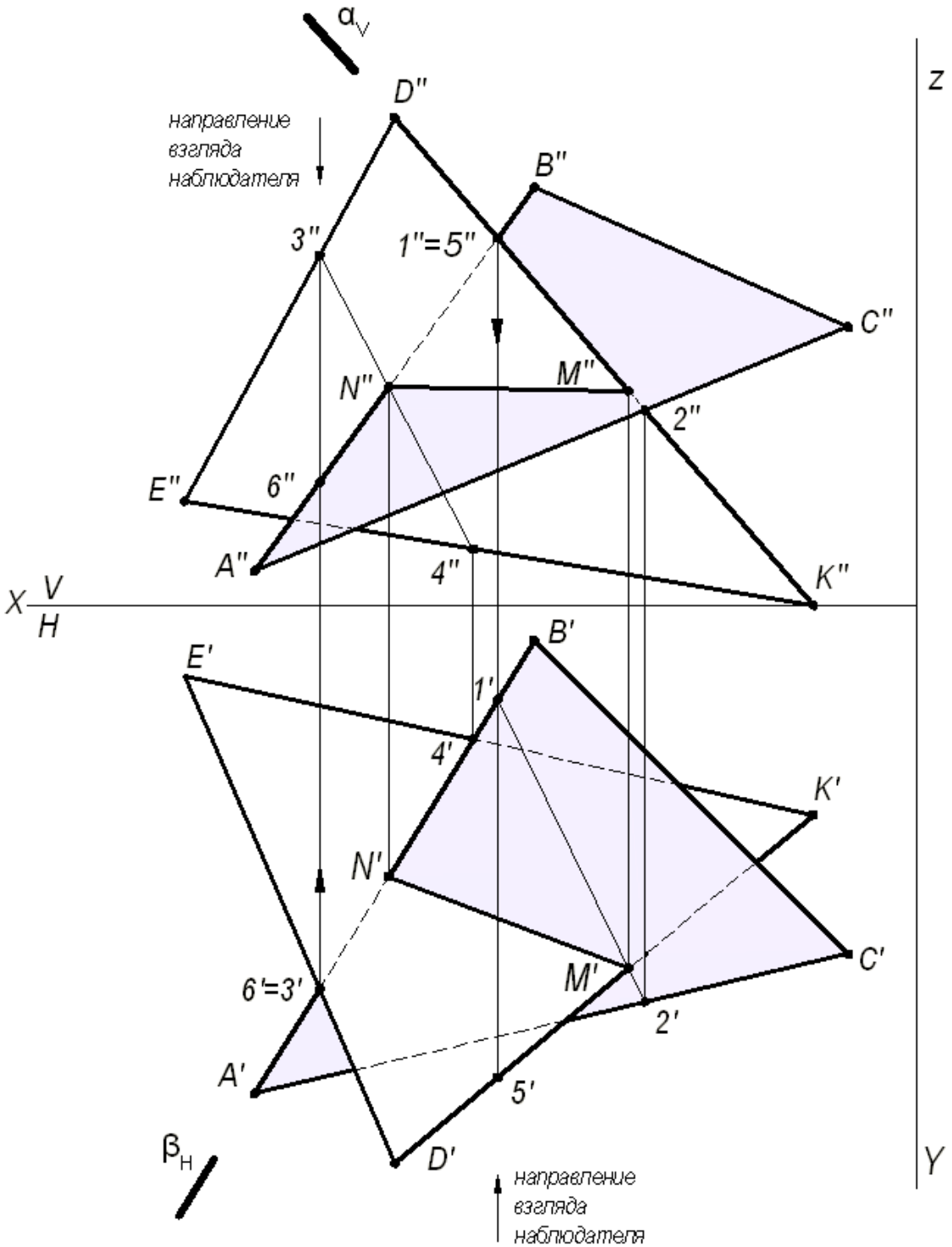


Рис. 4. Построение линии пересечения двух треугольников

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.

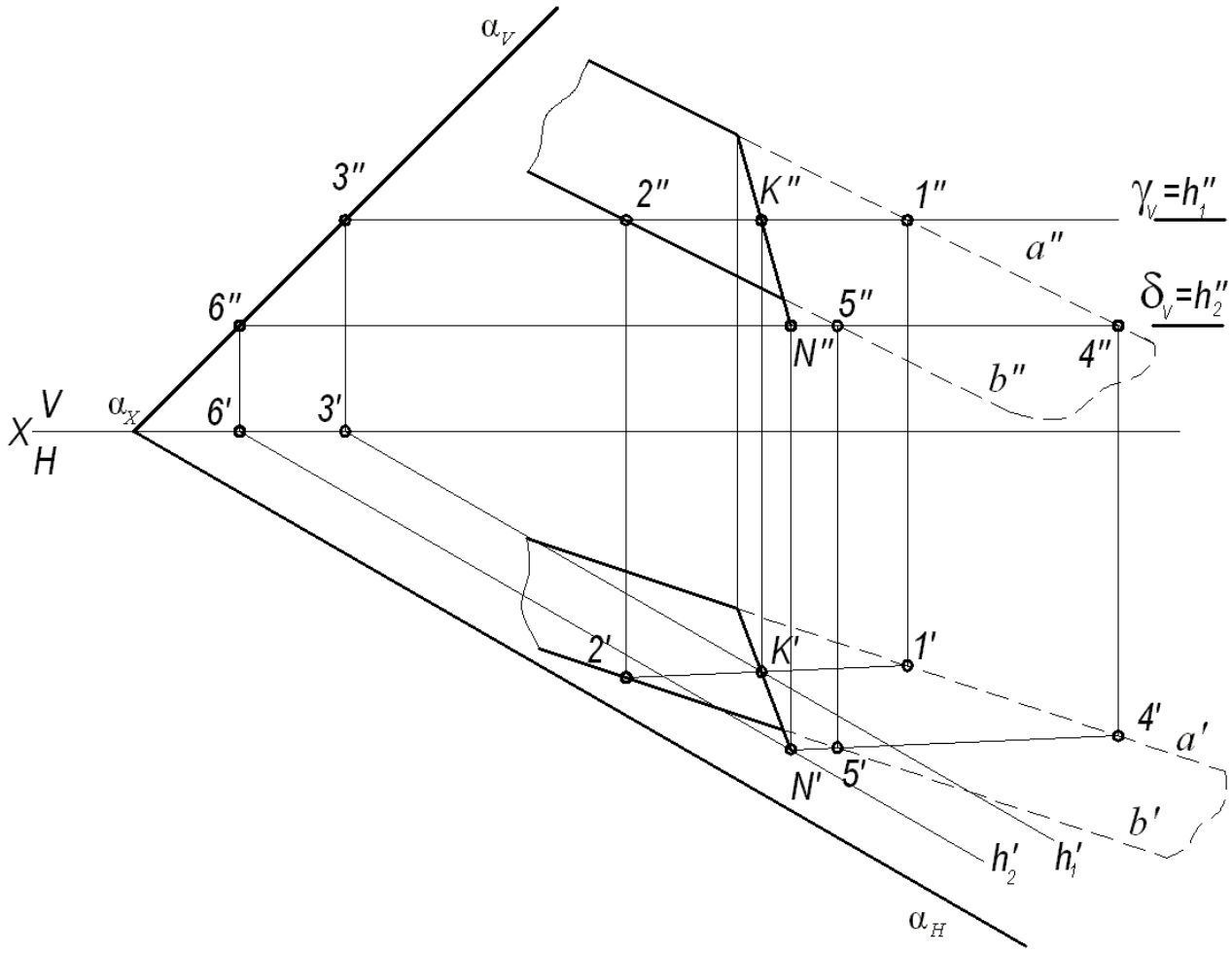
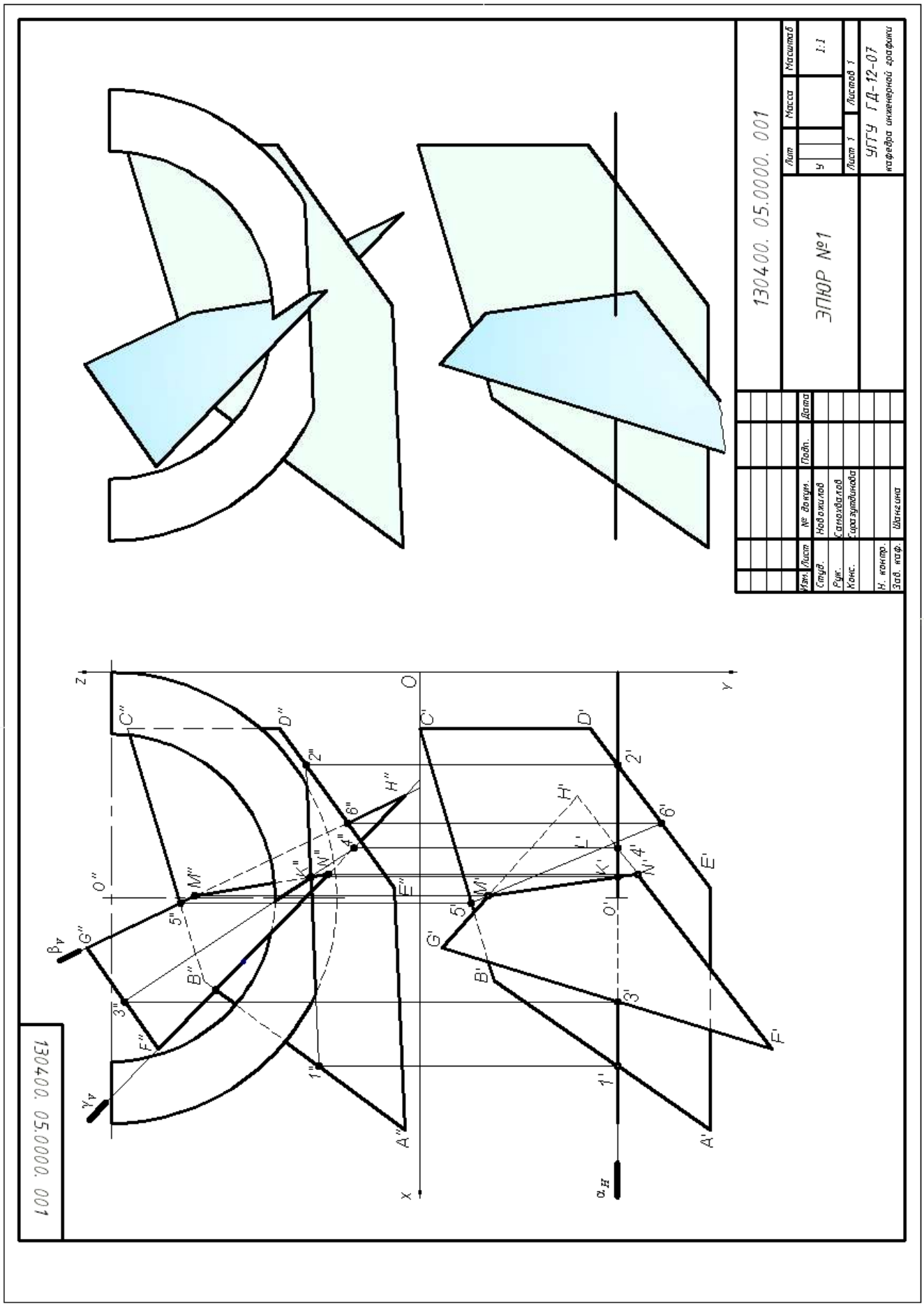


Рис. 5. Построение линии пересечения двух плоскостей

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 РФ
Уральский государственный горный университет

Н.В. Рубан, И. А. Антонова

ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям по дисциплине «Основы гидрогеологии и инженерной геологии» для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология»

Часть 1

Екатеринбург 2017

МИНОБРНАУКИ РФ

Уральский государственный горный университет



ОДОБРЕНО
Методической комиссией
факультета геологии
и геофизики УГГУ
13 апреля 2017 г.
Председатель комиссии

проф. В. И. Бондарев

Н.В. Рубан, И. А. Антонова

ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям по дисциплине «Основы гидрогеологии и инженерной геологии» для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология»

Часть 1

Екатеринбург

2017

Содержание

1. Основы гидрогеологической стратификации ____ *4*

2. Изучение режима подземных вод ____ *11*

3. Водные свойства горных пород ____ *14*

3.1. Определение коэффициента фильтрации глинистых и песчаных горных пород ____ **14**

3.1.1. Водопроницаемость горных пород ____ 14

3.1.2. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов ____ 16

4. Химический состав подземных вод ____ *18*

4.1. Обработка результатов химического анализа подземных вод ____ **19**

4.2. Графическое изображение результатов химических анализов ____ **22**

4.3. Оценка качества питьевых вод ____ **28**

5. Построение и анализ карт гидроизогипс ____ *32*

7. Построение и анализ гидрогеологических разрезов ____ *37*

Список литературы ____ *41*

1. Основы гидрогеологической стратификации

Гидрогеологическая стратификация – это расчленение геологического разреза на элементы, существенно отличающиеся в гидрогеологическом отношении.

По Г. Н. Каменскому «гидрогеологический элемент – это некоторый объем геологической среды, выделенный на основе гидрогеологических признаков и не подвергающийся дельнейшему членению».

Главный принцип гидрогеологической стратификации основан на учете стратиграфических и гидрогеологических признаков системы «вода-порода». При этом основное расчленение геологического разреза выполняется с учетом геолого-структурных особенностей территории, а литолого-фациальный анализ рассматривается как база для определения исходных гидрогеологических свойств. По этим признакам в разрезе выделяют водонасыщенные и неводонасыщенные, водопроницаемые и водонепроницаемые слои и пласты и пр.

Гидрогеологический слой (тело) – это одновозрастные породы, характеризующиеся выдержанностью по мощности и распространению, и обладающие относительно одинаковыми фильтрационными и емкостными свойствами. Выделяют следующие типы слоев: водоносный, водоупорный, относительно водоупорный, неводонасыщенный проницаемый, слабопроницаемый, непроницаемый.

Водоносный горизонт (зона) – проницаемое гидрогеологическое тело, постоянно содержащее подземные воды и отличающееся преимущественно однородным составом пород, характером питания, транзита и разгрузки подземных вод. Водоносная зона отличается от водоносного горизонта пространственной локализацией повышенной трещиноватости (тектонической или экзогенной) и проницаемости пород.

Относительно водоносный горизонт (зона) – слабопроницаемое гидрогеологическое тело, содержащее подземные воды.

Относительно водоупорный горизонт (зона) – весьма слабопроницаемое гидрогеологическое тело, содержащее подземные воды преимущественно в связанном виде и характеризующееся замедленной, вертикальной фильтрацией при возникновении градиента напора между смежными водоносными подразделениями.

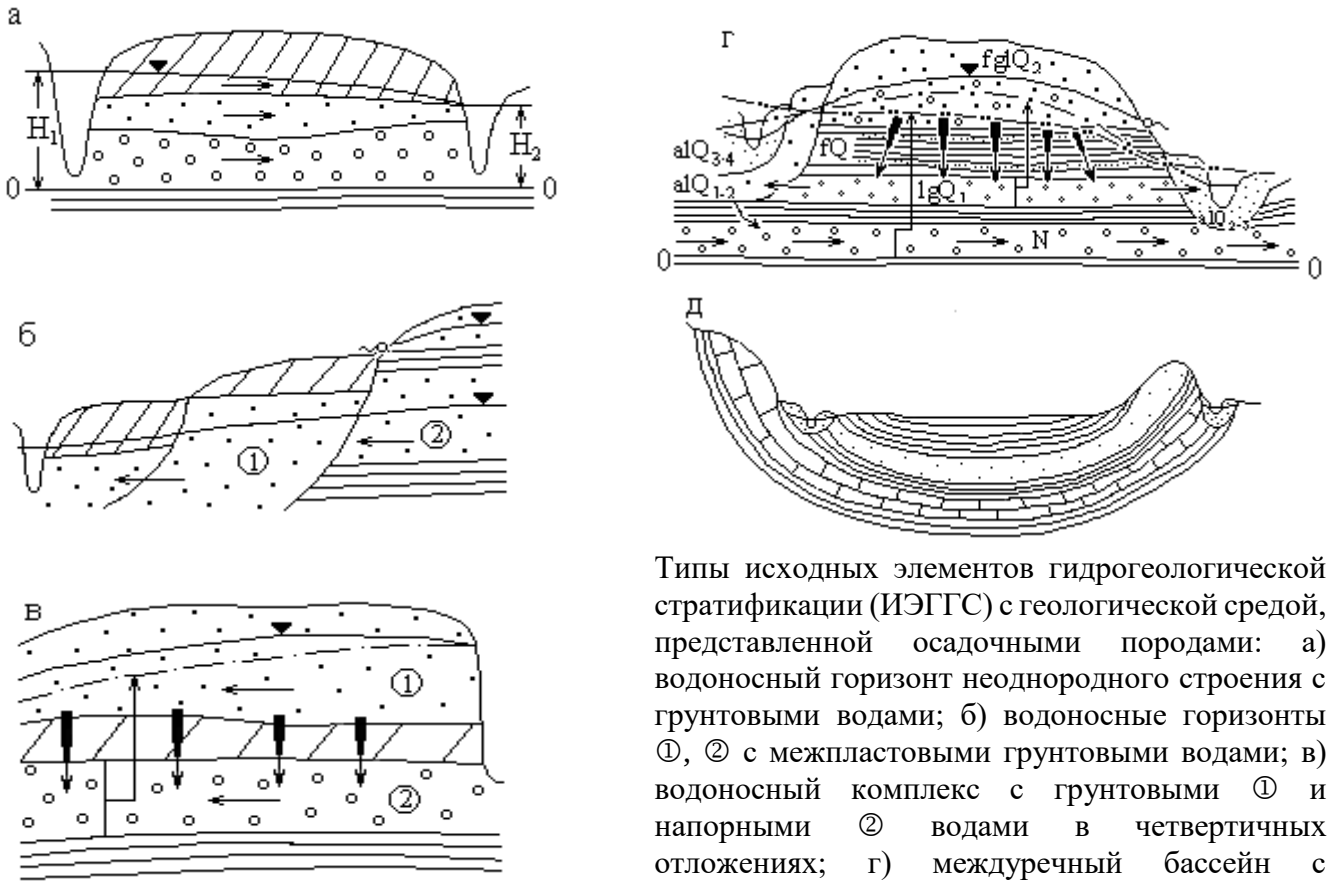
Водоупорный горизонт (зона) – практически водонепроницаемое гидрогеологическое тело.

Водоносный (относительно водоносный) комплекс – гидрогеологическое тело, состоящее из нескольких гидравлически взаимосвязанных водоносных (относительно водоносных) горизонтов или зон и разделяющих их локально или относительно водоупорных горизонтов (зон).

Водоносный этаж - система водоносных горизонтов (зон) и комплексов, характеризующаяся общими условиями водообмена и формирования подземных вод. Водоносный этаж подстилается входящим в его состав региональным водоупорным горизонтом, повсеместно развитым в границах гидрогеологической структуры.

Гидрогеологический бассейн – совокупность нескольких водоносных, водоупорных и относительно водоупорных горизонтов и (или) комплексов, характеризующихся в целом, общностью геологического развития и формирования гидродинамических, гидрохимических и гидрогеотермических процессов.

Гидрогеологическая система – совокупность нескольких гидрогеологических бассейнов, характеризующихся в целом общностью формирования ресурсов подземных вод.



Типы исходных элементов гидрогеологической стратификации (ИЭГГС) с геологической средой, представленной осадочными породами: а) водоносный горизонт неоднородного строения с грунтовыми водами; б) водоносные горизонты ①, ② с межпластовыми грунтовыми водами; в) водоносный комплекс с грунтовыми ① и напорными ② водами в четвертичных отложениях; г) междуречный бассейн с межпластовыми напорными водами в неогеновых, четвертичных отложениях и грунтовыми водами в аллювиальных и флювиогляциальных отложениях; д) артезианский бассейн с напорными водами.

Рис. 1.1. Элементы гидрогеологической стратификации

Выделение гидрогеологических элементов по условиям залегания.

Факторы, определяющие условия залегания подземных вод:

- Геологические (структурно-тектонические, литолого-фациальные и генетические типы отложений);
- Геоморфологические (тип, форма рельефа, характер и степень его эрозионной расчлененности, влияющие на условия питания и разгрузки подземных вод);
- Физико-географические или ландшафтные (определяют характер связи подземных вод с атмосферой, реками и т. п., величину питания и режим подземных вод, их запасы и ресурсы, качество).

По условиям залегания выделяют два вида подземных вод: грунтовые (безнапорные ①) и артезианские (напорные②), рис. 1.2.

По степени и характеру водонасыщенности выделены в разрезе 3 зоны: А – неполного (аэрации); Б – полного насыщения капельножидкой водой пор и трещин водовмещающих пород; и В – диссипации (где вода может находиться в диссоциированном состоянии). Для каждой зоны характерны преобладающие виды подземных вод по условиям нахождения и движения в горных породах. В зоне А – инфильтрационная и физически связанная вода, основная форма ее движения – инфильтрация (или влагоперенос). В зоне Б – свободная гравитационная вода, основная форма движения – фильтрация (или миграция подземных вод); в зоне В – физически- и химически связанная вода.

В таблице 1.1 приведена систематизация основных факторов, при анализе которых выделяются гидрогеологические системы по условиям залегания, а в таблице 1.2 приведены основные виды гидрогеологических систем с грунтовыми и напорными водами.

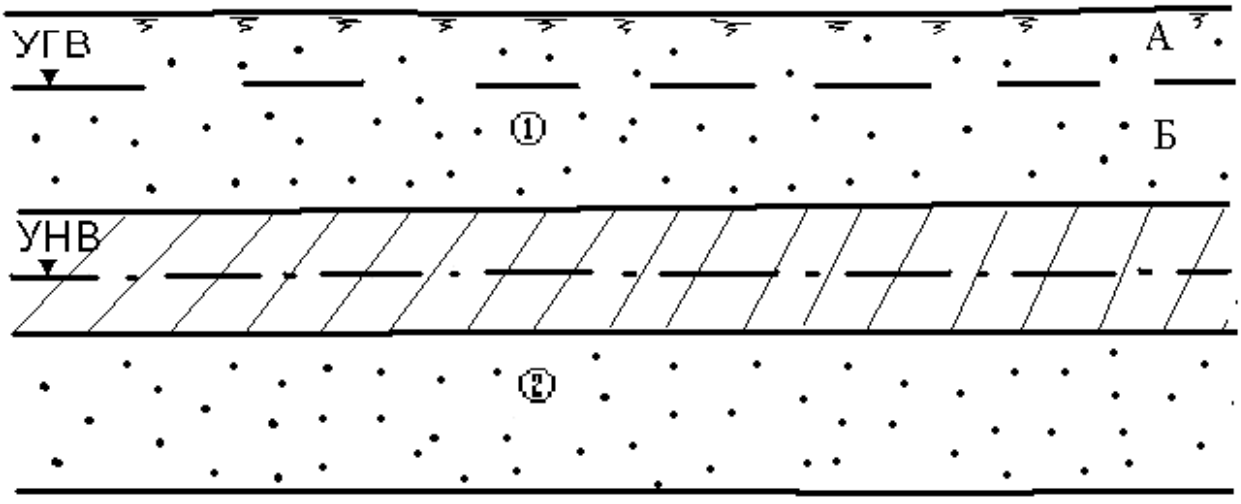


Рис. 1.2. Виды подземных вод по условиям залегания

Таблица 1.1

Факторы, определяющие выделение гидрогеологических систем в гидролитосфере по условиям залегания

Зона	Вид подземный воды	Признак				
		гидрогеологический	структурный	морфологический	литолого-генетический	гидротермодинамический
Аэрации	Инфильтрационная, физически связанная	Локальные зоны, потоки	-	-	-	Влагоперенос
Насыщения	Грунтовая (гравитационная)	Бассейны, потоки	Платформы, геосинклинали Впадины, прогибы, щиты, синклинали, антиклинали, разрывные структуры и др.	Речные долины, междуречья, конусы выноса, предгорные равнины, мелкосопочник, озы, камы	Осадочные породы, метаморфические и изверженные породы Недислоцированные, дислоцированные Терригенные, карбонатные Аллювий, пролювий, делювия	Фильтрация Миграция а) конвекция, б) гидродисперсия, в) диффузия, г) сорбция, д) растворение и др.
	Напорная (гравитационная)	Бассейны, склоны, потоки	Платформы, геосинклинали Впадины, прогибы, щиты, синклинали, антиклинали, разрывные структуры и др.	Виды складчатых структур Виды разрывных нарушений	Осадочные породы, метаморфические и изверженные породы Недислоцированные, дислоцированные Терригенные, карбонатные Аллювий, пролювий, делювия	Фильтрация Миграция а) конвекция, б) гидродисперсия, в) диффузия, г) сорбция, д) растворение и др.
	Глубинная (физически и химически связанная, свободная)	Потоки	Крупные разломы линеаменты и др.	-	Осадочные породы, метаморфические и изверженные породы	Миграция
Диссипации	мономолекулярная	- » -	Системы глобальных разломов	-	-	

Таблица 1.2

Систематизация гидрогеологических систем по условиям залегания

<table>
<tr><td>Зоны гидролитосферы</td><td>Виды подземных вод</td><td colspan="7">Виды гидрогеологических систем по условиям залегания</td></tr>
<tr><td>Неполного насыщения</td><td>Инфильтрационная, капиллярная и гравитационная</td><td colspan="7">Инфильтрующаяся вода (локальные потоки)
Зона с капиллярно-подвешенной водой
Верховодка (локальный бассейн)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Полного насыщения</td><td rowspan="2">Грунтовые (гравитационные)</td><td colspan="5">А. Грунтовые потоки и бассейны вне криолитозоны и молодой вулканической деятельности</td><td>Б. Грунтовые бассейны и потоки криолитозоны</td><td>В. грунтовые бассейны и потоки зон молодой вулканической деятельности</td></tr>
<tr><td>I. Потоки речных долин:
1) потоки в аллювии равнинных рек;
2) подрусловые потоки;
3) потоки в погребенных долинах</td><td>II. Бассейны и потоки междуречных пространств:
1) в осадочных отложениях, недисло-цированных;
2) то же, дислоцированных;
3) в изверженных и метаморфических породах;
4) то же, с зонами разломов;
5) в вулканических лавах.</td><td>III. Потоки конусов выноса, предгорных равнин:
1) поток грунтовых вод головной части конуса выноса;
2) поток грунтово-напорных вод слоистых толщ.</td><td>IV. Бассейны синклинальных структур:
1) горных сооружений;
2) мелко-сопочника.</td><td>V. Бассейны и потоки с линзами пресных вод:
1) под-песчаными;
2) под-такырными;
3) при-канальными, приречными.</td><td>С наличием зон высокотемпературных полей, гейзеров, фумарол и др. в отложениях речных долин, междуречных пространств синклинальных структур, горных сооружений</td><td>С наличием зон многолетних мерзлых пород в отложениях речных долин, междуречных пространств, синклинальных структур горных сооружений</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 1.2.

Зоны гидролитосферы	Виды подземных вод	Виды гидрогеологических систем по условиям залегания						
	Напорные (гравитационные)	I. Артезианские бассейны: 1) платформ; 2) меж-горных впадин, краевых прогибов; 3) наложенные бассейны; 4) бассейны горных сооружений в осадочных отложениях, лагунах, вулканогенах	II. Артезианские склоны: 1) моноклиналей; 2) асимметричных структур; 3) выклинивания.	III. Субартезианские бассейны: 1) в осадочных отложениях на щитах; 2) в осадочных породах на платформах; 3) в дислоцированных породах горных сооружений.	IV. Бассейны междуречных пространств с межпластовыми напорными водами: 1) в четвертичных ледниковых отложениях; 2) в горизонтально залегающих четвертичных и более древнего возраста осадочных отложениях.	V. Потоки напорных вод крупных разломов: 1) вне криолитозоны и молодой вулканической деятельности; 2) в криолитозоне; 3) в зоне молодой вулканической деятельности.		
Диссипации	Глубинные (химически и физически связанные, гравитационные)	Сосредоточенные потоки напорных вод систем глобальных нарушений						

2. Изучение режима подземных вод

Режим подземных вод – процесс изменения во времени основных показателей подземных вод под влиянием различных факторов в данной естественноисторической обстановке.

Основными характеристиками режима называют числовые значения, характеризующие главные морфологические особенности хронологических графиков изменения показателей режима. Хронологическими называют графики изменения уровня, расхода, минерализации, температуры подземных вод во времени. К основным характерным параметрам режима относят (рис. 2.1): амплитуде А и период Т колебаний, экстремальные точки (минимумы, максимумы), средние, минимальные, максимальные и другие значения уровня, расхода, минерализации и т. п. С помощью этих характеристик можно более компактно в числовом виде представить хронологические графики показателей режима и тем самым уменьшить объем исходной информации.

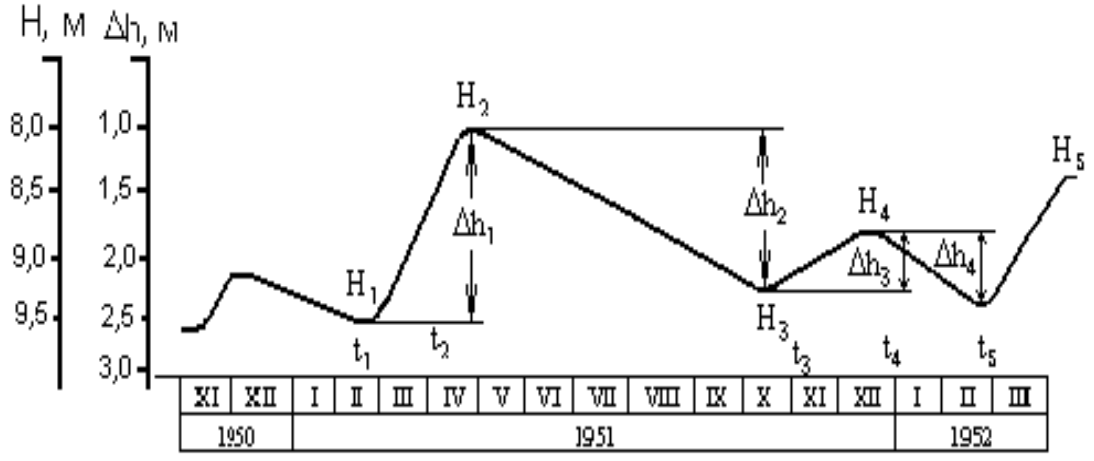


Рис. 2.1. Основные показатели сезонного изменения уровня подземных вод (по М. А. Шинкаревскому)

Определяют минимальные и максимальные значения суточных, декадных, месячных, весенних, летних, зимних, многолетних амплитуд,

подъемов, спадов (для уровней), температур, минерализации воды и других показателей режима. За эти интервалы времени вычисляют средние значения показателей:

$$\ddot{I}_{\tilde{n}\partial} = \frac{\sum_{1}^{n} \ddot{I}_{i}}{n},$$

где $П._i$ – значение показателя; n – число имеющихся показателей за рассматриваемый интервал времени.

К экстремальным точкам графиков относят максимум и минимум уровня, температуры, минерализации и соответственно дату его наступления (см. рис. 2.1). Амплитуды характеризуют разность между максимальным $П_{max}$ и минимальным $П._{min}$ значениям каждого из этих показателей за выделенный период времени

$$A = П_{max} - П._{min}$$

При нарушенном режиме вычисляют характерные показатели от действия техногенных факторов, например, амплитуду многолетнего подъема уровня воды под влиянием орошения или амплитуду снижения уровня воды под влиянием откачки и т. п.

Период колебаний T характеризует интервал времени между двумя значениями какого-либо показателя режима

$$T = t_2 - t_1$$

Чаще всего это интервал между временем наступления максимального и минимального значений показателя.

Задача. В предгорной части долины реки в толще аллювиальных песчано-глинистых отложений оборудованы створ наблюдательных скважин и гидрометрический пост на реке (рис.2.2). Провести первичную обработку наблюдений, пользуясь фактическими данными (таблица 2.1). Для этого выполнить следующее:

1) построить хронологические графики колебаний уровня воды в реке и скважинах; предварительно вычислить отметки уровня воды, зная, что отметки устьев скважины равны: скв.1 – 211,7 м, скв.2 – 211,65 м, скв 3. – 211,63 м, отметка “0” на гидропосте равна 209,5 м;
2) по графикам определить основные параметры режима подземных вод;
3) установить наличие и характер связи с рекой, для этого нанести на геологический разрез (рис. 2.2) положение уровня грунтовых вод на минимальные и максимальные даты.

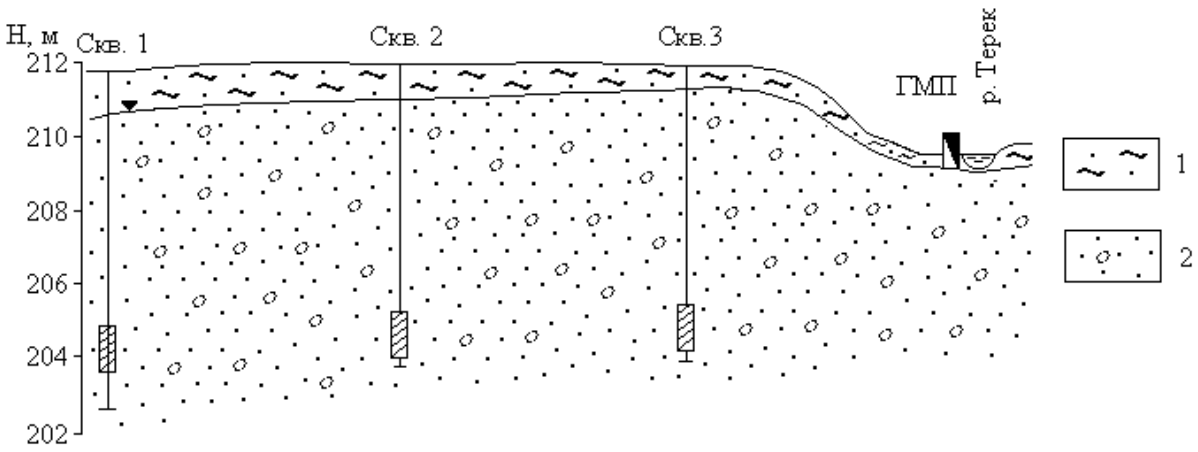


Рис. 2.2. Гидрогеологический створ в предгорной части долины р. Терека (alQ_4): 1 – супесчаный почвенный слой; 2 – гравийно-галечниковые отложения; ГМП – гидрометрический створ

Таблица 2.1

Данные наблюдений за уровнями грунтовых вод и реки

Дата наблюдений	Глубина залегания уровня от поверхности земли, м			
	Скв.1	Скв.2	Скв.3	Река

I/I 2002 г.	6,05	6.55	7.05	0.50
15/I	6,02	6.52	7.02	0.50
I/II	6,06	6.56	7.16	0.50
15/II	6,10	6.60	7.10	0.50
I/III	6,10	6.60	7.10	0.50
15/III	6,10	6.60	7.10	0.50
I/IV	6,10	6.60	7.10	0.60
15/IV	6,10	6.60	7.10	0.60
I/V	6,10	6.60	7.10	1.00
15/V	6,00	6.50	7.05	0.70
I/VI	5,90	6.40	6.90	1.00
15/VI	5,80	6.30	6.80	0.80
I/VII	5,80	6.30	6.80	1.00
15/VII	5,30	5.90	6.50	1.00
I/IX	4,50	5.00	5.90	1.00
15/IX	4,40	4.90	5.90	0.60
I/X	4,40	4.90	5.90	10.45
I/XI	4,40	4.90	6.0	0.50
15/XI	4,85	5.35	6.10	0.45
I/XII	4,90	5.40	6.13	0.50
I/I 2003 г.	5.00	5.30	6.15	0.50
15/I	5.90	6.40	6.90	0.45

3. Водные свойства горных пород

3.1. Определение коэффициента фильтрации песчаных горных пород

3.1.1. Водопроницаемость горных пород

Процесс фильтрации – это механическое движение свободной воды под действием градиента напора в порах и трещинах горных пород в условиях их полного заполнения этой водой. Водопроницаемость горных пород – это способность их пропускать через себя воду.

Водопроницаемость зависит от размера сообщающихся между собой пор и трещин в горных породах и характеризуется коэффициентом фильтрации, имеющим размерность скорости (см/с, м/с, м/сут).

Такая размерность получается из закона линейной фильтрации – закона Дарси, согласно которому количество фильтрующей воды в единицу времени

прямо пропорционально коэффициенту фильтрации $К_ф$, площади фильтрации F и гидравлическому градиенту J:

$$Q = K \cdot F \cdot J \qquad (1)$$

Разделив правую и левую части этого уравнения на F, получим

$$\frac{Q}{F} = K \cdot J, \text{ где } \frac{\text{Q}}{\text{F}} = V \qquad (2)$$

Из формулы (2) следует, что коэффициент фильтрации есть скорость фильтрации при градиенте, равном единице.

$$V = \text{К при J} = 1 \qquad (3)$$

Формулой (3) определяется скоростная размерность коэффициента фильтрации горных пород.

Следует отметить, что расчетная скорость фильтрации отличается от истинной скорости движения воды в породах, так как жидкость движется не через всю площадь, а через площадь поровых и трещинных пространств.

Величина коэффициента фильтрации зависит от физических свойств горных пород (гранулометрический состав, плотность сложения и др.).

Средние значения $К_ф$ для различных горных пород приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Классификация пород по водопроницаемости

Группа	$К_ф$, м/сут	Примеры пород
Весьма проницаемые	>100	Крупный гравий, закарстованные сильнотрещиноватые известняки, галечник с песчаным заполнителем.
Хорошо проницаемые	100 – 10	Гравийно-галечниковые отложения, крупнозернистые пески, сильнотрещиноватые породы.
Проницаемые	10 – 1	Пески разной зернистости, трещиноватые породы.
Слабопроницаемые	$1 – 10^{-1}$	Мелко- и тонкозернистые пылеватые пески, супеси, слабо трещиноватые породы.

Группа	$К_ф$, м/сут	Примеры пород
Весьма слабопроницаемые	10^{-1}- 10^{-3}	Мелкие и средние суглинки, песчаные породы.
Относительно водоупорные	10^{-3}	Средние глины, плотные суглинки.

В лабораторных условиях коэффициент фильтрации определяется с помощью специальных приборов на образцах естественного и нарушенного сложения.

3.1.2. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов

Определение коэффициент фильтрации песчаных пород с помощью прибора, называющегося трубкой СпецГео, в основе работы которого лежит принцип трубки Дарси, и который дает возможность вести испытания пород при постоянном гидравлическом градиенте.

В состав трубки Спецгео входит:

1) фильтрационная трубка, состоящая из прямого цилиндра с площадью поперечного сечения 25 $см^2$ и высотой 100 мм с заостренными краями, перфорированного дна с отверстиями размером 2х2 мм и муфты с латунными сетками;
2) мерный стеклянный баллон со шкалой объемом 100 $см^3$;
3) приспособление для насыщения грунта водой и регулирования градиента напора, состоящее из подставки, подъемного винта, планки со шкалой градиентов напора от 0,1 до 1.

Последовательность определения.

1. Заполняют цилиндр испытуемым грунтом.

При испытании пород естественного сложения заостренным концом рабочего цилиндра вырезают образец грунта.

При испытании пород нарушенного сложения с высушенным до воздушно-сухого состояния грунтом проводят 2 опыта: в предельно рыхлом и предельно плотном сложении. В 1-ом случае наполнение цилиндра производится насыпанием грунта до необходимой высоты без уплотнения, во 2-ом – цилиндр наполняется слоями грунта толщиной 1-2 см с уплотнением каждого слоя трамбованием.

2. Насыщение грунта водой.

В корпус наливают воду и вращением подъемного винта поднимают подставку до упора. Устанавливают цилиндр с грунтом на подставку, медленно погружают в воду до отметки градиента напора 0,8 и оставляют его в таком положении до тех пор, пока грунт увлажнится. В процессе водонасыщения грунта поддерживают постоянный уровень воды у верхнего края корпуса. Породу водонасыщают снизу, чтобы не произошло защемление воздуха. На полное водонасыщение укажет появившаяся на поверхности грунта пленка воды.

3. После водонасыщения грунта на образец помещают латунную сетку, на цилиндр одевают муфту. Вращением винта устанавливают цилиндр с грунтом до совмещения отметки необходимого градиента напора на пленке с верхним краем крышки корпуса и доливают воду в корпус до верхнего его края.

Замеряют температуру воды, заполняют его мерный стеклянный баллон и, закрывая пальцем его отверстие, быстро опрокидывают отверстием вниз и укрепляют в муфте фильтрационной трубки так, чтоб его горлышко соприкасалось с латунной сеткой.

После установки мерного баллона в него начинают равномерно подниматься мелкие пузырьки воздуха, что указывает на начало фильтрации. Если в баллон прорываются крупные пузырьки воздуха, то его необходимо опустить глубже, добившись появления мелких пузырьков.

Отметив уровень воды в стеклянном баллоне, заметить соответствующее этому уровню время по секундомеру. Следить за скоростью фильтрации воды.

Замеры расхода воды произвести несколько раз (не менее четырех) и вычислить среднее значение.

4. Обработка результатов. Данные опыта занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Журнал для определения Кф в трубке СпецГео

№ опыта	Описание породы	Площадь поперечного сечения трубки	Градиент напора	Температура воды	Объем профильтрованной воды	Время фильтрации	$К_ф$ по отдельным замерам	Средний коэффициент фильтрации

Коэффициент фильтрации $К_{10}$, м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре воды 10 ^{0}С, вычисляют по формуле:

$$K_{10} = \frac{864 \cdot V}{t \cdot A \cdot T \cdot J},$$

где V – объем профильтровавшейся воды при одном замере, см^3;

t- время фильтрации;

А – площадь поперечного сечения цилиндра с грунтом, см^2;

J - градиент напора;

$T=0,7+0,03T_ф$ – температурная поправка,

где $T_ф$ - фактическая температура воды при опыте;

864 – переводной коэффициент (из см/сек в м/сут).

4. Химический состав подземных вод

Природные воды являются растворами сложного состава и разнообразной минерализации, колеблющейся в пределах от единиц миллиграммов до сотен граммов в литре.

Формирование химического состава природных вод происходит в результате выщелачивания, испарения, конденсации, ионного обмена, поглощения и выделения газов, органической жизни и продуктов ее

деятельности и других физико-химических процессов взаимодействия вод с породами, почвами и газами. Растворяющая способность воды делает ее важнейшим агентом в геохимических процессах перераспределения элементов в земной коре.

В практике гидрогеологических работ исследование химического состава природных вод решает следующие задачи:

1. Изучение закономерностей формирования и распространения природных вод различного состава.
2. Исследование природных вод как поискового критерия на месторождения полезных ископаемых.
3. Оценка природных вод как химического сырья для получения йода, брома, бора, меди и др. веществ.
4. Оценка состава и свойств природных вод для питьевого, технического, сельскохозяйственного, лечебного и других видов использования.
5. Оценка загрязненности природных вод под воздействием антропогенных факторов.

С целью определения химического состава растворенных в воде веществ производят химический анализ воды.

В зависимости от задач и целей исследований полнота и характер анализа могут быть различными. В практике применяются общие, сокращенные и специальные анализы воды, производимые в полевых и стационарных условиях.

4.1. Обработка результатов химического анализа подземных вод

Ионно-солевой состав воды принято выражать в виде содержания в воде отдельных ее компонентов ионов.

Результаты химического анализа вод могут быть представлены в различных формах. Различают ионно-весовую, эквивалентную и процент-эквивалентную формы выражения химических анализов.

Ионно-весовая форма – основная форма выражения результатов анализа, представляет собой выражение ионно-солевого состава подземных вод в виде

весовых количеств отдельных ионов в миллиграммах или граммах на 1 л воды, а для минерализованных вод и рассолов – на 1 кг воды.

Однако, для полной характеристики свойств воды ионная форма выражения анализа недостаточна. Поэтому наряду с ионной формой пользуются мг/экв формой выражения анализа, наиболее полно отражающей внутреннюю химическую природу входящих в состав воды веществ и ее важнейшие свойства.

Эквивалентная форма основана на том положении, что ионы в растворе реагируют между собой не в равных весовых количествах, а в эквивалентных количествах, зависящих от массы иона и их валентности. Эквивалентным весом иона называется частное от деления его ионной массы на валентность, например: эквивалент Na^+ равен 23/1; Cl^- - 35,5/1; Ca^{2+} - 40/2. Следовательно, при реакции реагируют на 1 г Na с 1 граммом Cl^-, а 1 эквивалент Na^+ с 1 эквивалентом Cl^-.

Для перехода от ионно-весовой формы к мг/экв–форме необходимо число миллиграммов каждого иона разделить на его эквивалентный вес, или умножить на коэффициент, представляющий величину, обратную эквивалентному весу. В таблице 4.1. представлены пересчетные коэффициенты для наиболее распространенных в подземных водах ионов.

Таблица 4.1

Таблица эквивалентных масс и пересчетных коэффициентов

Анионы А	Эквивалентная масса	Пересчетный коэффициент	Катионы К	Эквивалентная масса	Пересчетный коэффициент
Cl^-	35,457	0,02820	Na^+	22,997	0,04348
SO_4^{2-}	48,033	0,02082	K^+	39,098	0,02558
HCO_3^-	61,018	0,01639	Mg^{2+}	12,160	0,08224
CO_3^{2-}	30,005	0,03333	Ca^{2+}	20,040	0,04990
NO_2^-	46,008	0,02174	NH_4^+	18,040	0,05543
NO_3^-	62,008	0,01613	Fe^{2+}	27,925	0,03581
PO_4^{3-}	31,658	0,03159	Fe^{3+}	18,617	0,05371

Если содержание какого-либо иона выражают в эквивалентной форме, то перед символом ставят знак “r” (реагирующая величина).

Согласно правилу Фрезениуса, все химические соединения, растворенные в водном растворе, реагируют между собой в эквивалентных количествах, т. е.

$$\Sigma rK = \Sigma rA$$

Практически в полном анализе, когда все ионы определены аналитически, точного совпадения цифр ввиду погрешностей анализа не бывает.

Для сопоставления химического состава природных вод различной минерализации и более ясного представления о соотношениях между ионами одной и той же воды проводится пересчет результатов анализа воды в % - эквивалентную форму.

Для вычисления %-экв принимают сумму мг·экв анионов (ΣrA), содержащихся в 1л воды за 100% и вычисляют процент содержания каждого аниона в мг·экв по отношению к этой сумме. Аналогично поступают и с катионами:

$$\%-\underset{(или K)}{экв A} = \frac{100 \cdot rA(или K)}{\sum rA(или K)}$$

Результат анализа ионов, выраженный в различных формах, представляют в виде таблицы 4.2:

Таблица 4.2

Пример выражения результатов химического анализа воды

Катионы	Содержание			Анионы	Содержание		
	мг/л	мг-экв/л	%-экв/л		мг/л	мг-экв/л	%-экв/л
Na^+	78	3,39	34	Cl^-	125	3,53	36
K^+	9	0,23	2	SO_4^{2-}	83	1,73	17
Ca^{2+}	89	4,44	44	NO_3^-	5	0,08	1
Mg^{2+}	24	1,97	20	HCO_3^-	282	4,62	46
Итого pH=7,6	200	10,03	100	Итого	495	9,96	100

Определение общей минерализации. Для определения общей минерализации находят сумму миллиграммов всех ионов, молекул и других соединений, содержащихся в воде согласно выполненному анализу. О

величине общей минерализации можно судит по сухому, или плотному остатку, полученному после выпаривания воды. Растворенные газы, летучие соединения, в том числе органические вещества, при выпаривании и высушивании улетучиваются, но могут идти процессы гидролиза и образования кристаллогидратов. Все это может приводить к значительным погрешностям в определении сухого остатка. Расхождение между экспериментальным определением сухого остатка и расчетной величиной общей минерализации не должно превышать 3 %.

Определение видов жесткости воды. Общая жесткость определяется как сумма миллиграмм-эквивалент в 1 л ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}, карбонатная – как величина иона HCO_3^-, связанного с Ca^{2+} и Mg^{2+}. В случае, когда количество иона HCO_3^- превышает суммарное содержание ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}, вся жесткость считается карбонатной. Постоянную жесткость воды определяют как разницу между общей и карбонатной.

4.2. Графическое изображение результатов химических анализов

Формула Курлова (или формула состава воды) - прием наглядного изображения химического состава природной воды. Эта формула представляет собой псевдодробь, в числителе которой в убывающем порядке записывают процент-эквивалентное содержание анионов, в знаменателе катионов.

Перед дробью сокращенно указывают величину минерализации (М) в г/л с точностью до одного десятичного знака, и компоненты (в том числе и газы), придающие воде специфические свойства (CO_2, H_2S, Br, Y, радиоактивность и др.). Справа от дроби указывают показатели, характеризующие Eh, pH, T (ºC), при наличии данных – дебит Q скважины или источника в $м^3$/сут.

Ионы, присутствующие в количествах менее 10 %-экв/л в форму не вносят.

В наименование состава воды включаются анионы и катионы, содержание которых превышает 25 %-экв/л. Наименование состава воды дается в следующем порядке: по минерализации, по анионному, затем по катионному составу (в

порядке увеличения), по специфическим компонентам, по величине pH, по температуре.

В качестве примера рассмотрим формулу состава воды для приведенного выше результата химического анализа подземных вод.

$$M0,7\ \frac{HCO_3 46 Cl 36 SO_4 17}{Ca 44 Na 34 Mg\, 20}\ pH 7,6$$

Т. е. вода хлоридно-гидрокарбонатная натриево-кальциевая пресная, слабощелочная.

Существуют графические способы выражения химического состава природных вод, которые позволяют на небольшой по размерам схеме показать результаты сотен анализов. Рассмотрим 2 из них: метод треугольных координат и график–квадрат Толстихина.

Метод треугольных координат (графики-треугольники Фере). Применение равносторонних треугольников для отображения химического состава природных вод основано на общеизвестном их свойстве: общая длина перпендикуляров, восстановленная из любой точки равностороннего треугольника на его стороны, является величиной постоянной, т. е. перпендикуляры из каждой точки треугольника могут служить координатами (рис. 4.1).

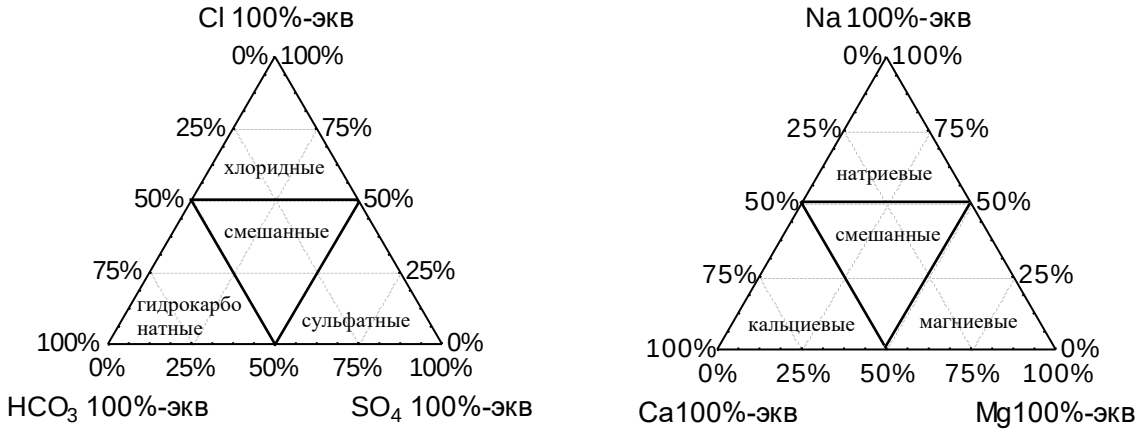
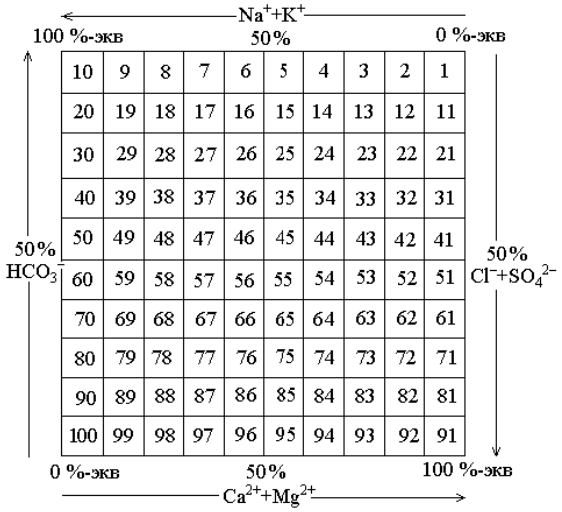


Рис. 4.1. Графическая систематизация химических анализов подземных вод по треугольникам Фере

Графики-треугольники Фере составляются отдельно для катионов и анионов, содержание которых дается в %-экв/л. В вершинах треугольников содержание ионов составляет 100 %-экв/л. Каждая сторона треугольника делится на 10 равных частей по 10 %-экв. Положение анализов определяется пересечением 3-х линий, параллельных основаниям треугольника.

Группировка анализов в вершинах треугольников указывает на преобладание в водах соответствующих ионов; в средней части располагаются смешанные по составу воды. Графики-треугольники дают возможность определения соотношений каждого иона, но сопоставление анализов затрудняется разобщенным изображением анионов и катионов.

График-квадрат Н. И. Толстихина. График-квадрат представляет собой квадрат, каждая сторона которого разделена на 10 равных частей – по 10 %-экв. По горизонтальным сторонам квадрата наносят количество катионов (%-экв), по вертикальным – количество анионов. На левой стороне квадрата сверху вниз откладывается эквивалентное содержание сумы ионов $Cl^-+SO_4^{2-}$; на правой - соответственно, снизу вверх HCO_3^-; на верхней стороне слева направо - $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ и тяжелые металлы (Me), внизу - Na^++K^+. Положение анализа на квадрате отмечается точкой и определяется пересечением 2-х осей координат (рис. 4.2).



10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
40	39	38	37	36	35	34	33	32	31
50	49	48	47	46	45	44	43	42	41
60	59	58	57	56	55	54	53	52	51
70	69	68	67	66	65	64	63	62	61
80	79	78	77	76	75	74	73	72	71
90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
100	99	98	97	96	95	94	93	92	91

Рис. 4.2. Графическая систематизация химических анализов подземных вод по квадрату Н. И. Толстихина

Группировка анализов в вершинах квадрата указывает на преобладание химического состава воды: если точка находится в верхнем правом углу квадрата, вода, как правило, имеет гидрокарбонатный магниево-кальциевый состав; если в левом верхнем углу – гидрокарбонатный натриевый. В левом нижнем углу сосредоточены преимущественно хлоридные и сульфатные натриевые воды, а в правом нижнем – хлоридно-сульфатные магниево-кальциевые, в центре – смешанные по составу воды.

Недостатком использования графиков-квадратов является суммарное изображение ионов Cl^- и SO_4^{2}, Ca^{2+} и Mg^{2+}.

Задание. Обработать химический анализ подземный воды, приведенный в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Результаты химических анализов воды

№ п.п.	Водопункт	Температура воды, ^0C	pH	Своб. CO_2, мг/л	Сухой ост., мг/л	Анионы, мг/л				Катионы, мг/л			Примечание
						CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	$Na^+ + K^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
1.	Скважина 1	8	7,2	0,8	298	-	115,9	107,4	8,9	12,9	52,1	15,2	NO_3 –1.4 мг/л
2.	Скважина 2	7	7,7	15,0	328	-	158,6	118,8	5,3	16,0	66,1	14,6	
3.	Скважина 3	6	7,1	49,5	278	-	134,2	71,1	7,1	8,5	50,1	12,1	$Fe_{общ}$ - 0,2 мг/л
4.	Шахтный водоотлив	15	7,8	21,0	3394	348,1	2041,0	4,1	585,0	1364,0	9,0	23,1	NO_3 -3,3 мг/л $Fe_{общ}$ – 0,2 мг/л
5.	Скважина 4	5	8,5	57,0	468	3,0	94,6	258,4	5,3	19,1	73,2	32,8	NO_2 – 0,02 мг/л NO_3 – 0,2 мг/л
6.	Скважина 5	7	7,3	1,6	798	-	405,7	261,2	24,8	170,1	50,1	36,4	NO_3 – 7,0 мг/л
7.	Шахтный водоотлив	10	7,6	33,3	1062	42,0	610,2	174,4	120,6	300,7	23,1	52,3	NO_3 –7,5 мг/л
8.	Скважина 6	8	7,7	88,0	211	-	58,0	93,4	10,6	9,4	30,1	15,8	NO_3 – 0,9 мг/л
9.	Шахтный водоотлив	13	7,3	12,4	3184	9,0	485,1	1564,7	280,1	465,3	244,5	198,2	NO_3 – 1,8 мг/л NO_2 – 1,2 мг/л
10.	Скважина 7	10	7,7	43,7	688	12,0	201,3	179,7	152,4	104,8	70,1	44,9	NO_3 – 0,9 мг/л
11.	Шахтный водоотлив	12	7,6	31,5	3164	24,0	521,7	811,8	921,8	826,5	86,2	149,6	NO_3 – 0,5 мг/л
12.	Скважина 8	9	7,1	8,8	390	-	67,1	206,1	7,1	14,9	62,1	21,8	NO_3 – 1,2 мг/л NH_4 –1,2 мг/л
13.	Скважина 9	9	7,1	19,2	332	-	259,3	68,8	7,5	16,3	70,1	20,6	NO_3 –1,8 мг/л Fe –0,9 мг/л

Продолжение табл. 4.3

№ п.п.	Водопункт	Температура воды, ^0C	pH	Своб. CO_2, мг/л	Сухой ост., мг/л	Анионы, мг/л				Катионы, мг/л			Примечание
						CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	$Na^+ + K^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
14.	Шахта	14	7,7	10,5	2078	66,0	744,4	161,7	657,8	703,0	28,1	53,5	NO_3 – 4,0 мг/л
15.	Скважина 10	10	8,3	22,4	328	6,0	137,3	115,6	7,1	11,3	66,1	15,2	
16.	Скважина 11	8	7,9	38,9	447	-	94,6	245,7	7,1	9,4	75,2	31,6	NO_3 – 1,2 мг/л NH_4 – 2,0 мг/л
17.	Скважина 12	7	8,1	71,8	489	-	85,4	256,0	12,4	27,1	80,2	27,3	NO_3 -22,5 мг/л Fe –5,7 мг/л
18.	Скважина 13	8	8,0	13,3	304	-	125,1	104,1	14,2	29,9	56,1	7,9	NO_3 – 8,0 мг/л
19.	Шахта	13	7,3	46,0	1056	-	317,2	385,4	145,3	159,3	116,2	55,3	NO_3 – 1,2 мг/л
20.	Шахта	14	7,4	11,0	1250	-	283,7	503,6	138,2	143,4	134,2	74,1	NO_3 –0,5 мг/л
21.	Скважина 14	9	7,5	78,5	438	-	140,3	216,3	10,6	18,6	86,1	24,3	
22.	Шахта	13	7,9	28,0	1842	-	-	291,8	850,9	537,3	58,1	45,0	NH_4 –0,7 мг/л Fe –2,0 мг/л
23.	Скважина 15	10	6,4	21,1	617	-	30,5	393,4	7,1	19,8	78,2	49,8	NO_3 – 1,5 мг/л NH_4 – 1,0 мг/л Fe – 1,7 мг/л
24.	Скважина 16	8	7,1	36,5	295	-	36,6	141,1	26,6	18,8	47,1	15,2	NO_3 – 8,0 мг/л
25.	Скважина 17	9	7,6	15,4	367	-	244,0	1,0	9,0	46,3	35,3	6,0	

4.3. Оценка качества питьевых вод

При оценке подземных вод для питьевого водоснабжения пользуются следующими нормативными документами: ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая», СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Согласно этим документам, питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Безопасность воды в эпидемическом отношении определяют ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, представленным в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Микробиологические и паразитологические показатели качества воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Термотолерантные колиформ-ные бактерии (ТТКБ)	число бактерий в 100 мл	отсутствие
Общие колиформные бактерии (ОКБ)	число бактерий в 100 мл	-”-
Общее микробное число (ОМЧ)	число образующих колоний бактерий в 1 мл	не более 50
Колифаги	число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	число спор в 20 мл	отсутствие
Цисты лямблий	число цист в 50 л	отсутствие

Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по:

- обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (таблица 4.5);
- содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения (таблица 4.6);

- содержанию вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека (приложение 2 СанПиНа 2.1.1074-01).

Таблица 4.5

Обобщенные показатели и содержания вредных химических веществ в природных водах

Показатели	Ед. изм.	Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
Обобщенные показатели				
Водородный показатель	Ед. pH	в пределах 6-9		
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500)**		
Жесткость общая	мг-экв/л	7,0 (10)**		
Окисляемость перманганатная	мг/л	5,0		
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,5		
Фенольный индекс	мг/л	0,25		
Неорганические вещества				
Алюминий (Al^{3+})	мг/л	0,5	с.-т.	2
Барий (Ba^{2+})	-“-	0.1	-“-	2
Бериллий (Be^{2+})	-“-	0,0002	-“-	1
Бор (B, суммарно)	-“-	0,5	-“-	2
Железо (Fe, суммарно)	-“-	0,3 (1,0)**	орг.	3
Кадмий (Cd суммарно)	-“-	0,001	с.-т.	2
Марганец (Mn, суммарно)	-“-	0,1 (0,5)**	орг.	3
Медь (Cu, суммарно)	-“-	1,0	-“-	3
Молибден (Mo, суммарно)	-“-	0,25	с.-т.	2
Мышьяк (As, суммарно)	-“-	0,05	-“-	2
Никель (Ni, суммарно)	-“-	0,1	-“-	3
Нитраты (по NO_3^-)	-“-	45,0	орг.	3
Ртуть (Hg, суммарно)	-“-	0,0005	-“-	1
Свинец (Pb, суммарно)	-“-	0,03	-“-	2
Селен (Se, суммарно)	-“-	0,01	-“-	2
Стронций (Sr^{2+})	-“-	7,0	-“-	2
Сульфаты (SO_4^{2-})	-“-	500	орг.	4
для климатических районов				
- I и II	-“-	1,5	с.-т.	2
- III	-“-	1,2	-“-	2

Продолжение табл. 4.5.

Показатели	Ед. изм.	Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
Хлориды (Cl^-)	-“-	350	орг.	4
Хром (Cr^{6+})	-“-	0,05	с.-т.	3
Цианиды (CN^n)	-“-	0,035	-“-	2
Цинк (Zn^{2+})	-“-	5.0	орг.	3
Органические вещества***				
γ-ГХЦГ (линдан)	-“-	0,002	с.-т.	1
ДДТ (сумма изомеров)	-“-	0,002	-“-	2
2,4-Д	-“-	0,03	-“-	2

Примечание: * - *лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив: «с.-т.» - санитарно-токсикологический, «орг.» - органолептический;* ** - *величина, указанная в скобках, может быть установлено по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки;* *** - *нормативы приняты в соответствии с рекомендациями ВОЗ.*

Таблица 4.6

Содержание вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения

Показатели	Ед. изм.	Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности	Класс опасности
Хлор				
- остаточный свободный	мг/л	в пределах 0,3-0,5	орг.	3
- остаточный связанный	-“-	в пределах 0,8-1,2	-“-	3
Хлороформ (при хлорировании воды)	-“-	0,2	с.-т.	2
Озон остаточный	-“-	0,3	орг.	
Формальдегид (при озонировании воды)	-“-	0,05	с.-т.	2
Полиакриламид	-“-	2,0	-“-	2
Активированная кремнекислота (по Si)	-“-	10	-“-	2
Полифосфаты (по PO_4^{3-})	-“-	3,5	орг.	3
Остаточные количества алюминий- и железосодержащих коагулянтов	-“-	см. показатели «Алюминий» и «Железо» таблицы 4.5		

При обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должна быть больше 1. Расчет ведется по формуле:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + ... + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

Благоприятные органолептические свойства воды определяются ее соответствием нормативам, указанным в таблице 4.7, а также нормативам содержания веществ, оказывающих влияние на органолептические свойства воды, приведенным в табл. 4.5 и 4.6 и в Приложении 2 СанПиН 2.1.4.1074-01.

Таблица 4.7

Нормируемые значения показателей органолептических свойств воды

Показатели	Единицы измерения	Норматив, не более
Запах	баллы	2
Привкус	-“-	2
Цветность	градусы	20 (35)*
мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по каолину)	2,6 (3,5)* 1,5 (2,0)*

Примечание: * - *величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной систему водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.*

Не допускается присутствие в питьевой воде различимых невооруженным глазом водных организмов и поверхностной пленки.

Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям общей α и β-активности, представленным в таблице 4.8.

Таблица 4.8

Нормируемые показатели общей α и β-активности питьевой воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы	Показатель вредности
Общая α-активность	Бк/л	0,1	радиац.
Общая β-активность	Бк/л	1,0	- « -

5. Построение и анализ карт гидроизогипс

Грунтовые воды - подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, залегающего на первом выдержанном водоупорном пласте.

Форма поверхности грунтовых вод определяется водопроницаемостью пород, условиями питания водоносного горизонта, конфигурацией берегов рек, к которым стекают грунтовые воды, понижением водоупора, мощностью водоносного пласта и т. д.

О форме их поверхности можно судить по карте изогипс.

Гидроизогипсами называют линии, соединяющие точки одинаковой абсолютной высоты поверхности грунтовых вод, или иначе - это линии - горизонтали зеркала грунтовых вод.

Для построения карты изогипс пользуются данными замеров глубин залегания уровней грунтовых вод в скважинах, шурфах, колодцах, горных выработках, отметками источников, сведениями водомерных постов на поверхностных водоемах.

Так как уровень грунтовых вод постоянно изменяется под влиянием различных природных и искусственных факторов, все данные, используемые при построении карт изогипс, должны быть взяты на одну дату, т. е. получены по одновременным замерам всех точек наблюдения, поэтому карты изогипс всегда датируются.

Карты изогипс составляют в масштабах от 1:10000 до 1:200000 в зависимости от характера и стадии гидрогеологических исследований. Сечение гидроизогипс выбирают в зависимости от принятого масштаба карты, пустоты пунктов наблюдений за уровнем грунтовых вод, уклона их поверхности. Обычно берут сечения 0,5, 1, 2, 5 и более м.

Глубина залегания грунтовых вод в каждой точке замера пересчитывается на абсолютные или относительные отметки:

$$H_в = H_з - h,$$

где $H_в$ - абсолютная отметка уровня грунтовых вод;

$H_з$ - абсолютная отметка поверхности земли;

h - глубина залегания подземных вод.

Вычисленные отметки уровня грунтовых вод наносятся на топографическую основу и методом интерполяции строят изогипсы.

Наиболее удобно интерполировать отметки по способу треугольников: все точки, по которым производятся замеры, соединяют линиями, образующими треугольники. При интерполяции этим методом должны соблюдаться следующие правила:

Линии, образующие треугольники, необходимо проводить так, чтобы длинная сторона была перпендикулярна к направлению падения потока.

Нельзя интерполировать точки, расположенные по разные стороны поверхностных водотоков и водоемов. При наличии таких водотоков определять отметки урезов рек по водомерным постам и использовать их при интерполяции как точки выхода грунтовых вод на урезе реки (предварительно должен быть проанализирован характер дренирования грунтовых вод).

Не следует проводить интерполяцию между грунтами скважин, расположенных далеко друг от друга. Лучше проводить интерполяцию для каждой группы скважин отдельно, иначе можно исказить действительную форму поверхности грунтового потока.

При интерполяции удобно пользоваться палеткой на кальке в виде масштабной сетки, состоящей из системы параллельных линий, проведенных на расстоянии 2 - 5 мм. С помощью масштабной сетки пропорционально делят отрезки, соединяющие точки, отметки уровня которых подлежат интерполяции. После интерполяции соединяют точки с одинаковыми отметками; эти кривые и будут гидроизогипсами.

Необходимо отметить, что грунтовый поток обычно разбивается реками и поверхностными водоемами на отдельные, более мелкие потоки. Поэтому не следует интерполировать точки, расположенные по разные стороны поверхностных водотоков и водоемов. При наличии таких водотоков необходимо определять отметки урезов рек по водомерным постам и использовать их при интерполяции как точки выхода грунтовых вод на урезе реки.

Кроме карт гидроизогипс для целей проектирования и строительства могут составляться карты глубин залегания поверхности грунтовых вод, или карты гидроизобат. **Гидроизобатами** называют линии, соединяющие точки с одинаковыми глубинами залегания грунтовых вод. Карты гидроизобат, так же как и гидроизогипс, строят методом интерполяции глубин залегания уровня грунтовых вод.

Чаще всего для решения различных практических задач, карты гидроизогипс и гидроизобат составляют на одной и той же топографической основе.

Анализ карт гидроизогипс позволяют составить краткую гидрогеохимическую характеристику участка. По карте гидроизогипс можно определить:

- Направление движения грунтовых вод на заданном участке.
- Глубину залегания грунтовых вод в любой точке или на любом участке.
- Уклон грунтового потока.

- Характер взаимосвязи грунтовых вод с поверхностными.
- Условия питания и разгрузки подземных вод.

Направление движения грунтовых вод определяется по нормам к 2-м смежным гидроизогипсам. Движение воды направлено от более высоких отметок уровня к более низким.

Глубину залегания грунтовых вод в любом заданном пункте определяют по разности отметок горизонтами рельефа и гидроизогипсы.

Уклон потока подземных вод (J) определяется для любого заданного участка карты делением сечения карты гидроизогипс на кратчайшие расстояния между двумя гидроизогипсами, взятые в масштабе карты:

$$J = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

где H_1 и H_2 – отметки уровня грунтовых вод в двух точках;

L – расстояние между этими точками в масштабе карты.

Для определения уклона грунтового потока выбирается участка с наиболее равномерным и прямолинейным распределением гидроизогипс.

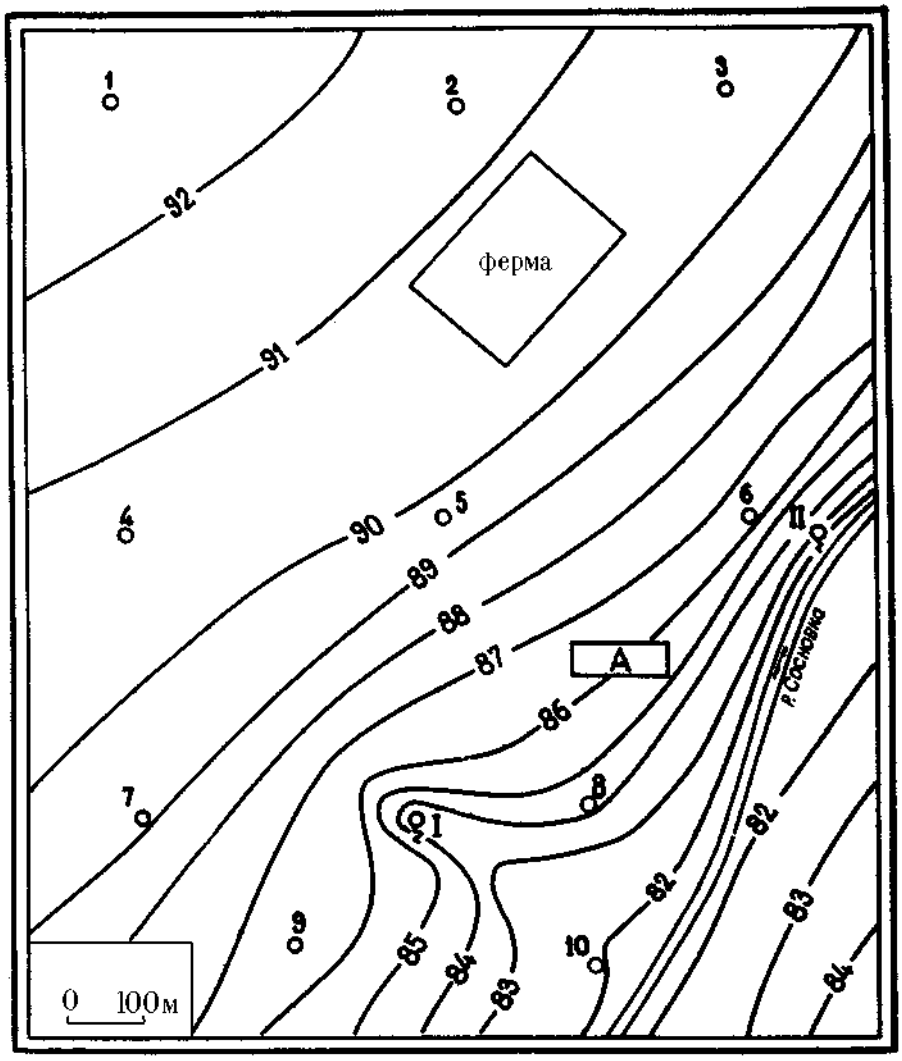
Связь грунтовых вод с поверхностными определяется по характеру сопряжения гидроизогипс с водоемами; если грунтовый поток направлен к реке, то он дренируется ею, если потоку грунтовых вод направлен от реки – река дренируется грунтовыми водами.

По соотношению и характеру изменения гидроизогипс могут быть выделены водоразделы подземных вод, участки их питания и разгрузки.

Участки замкнутых гидроизогипс с высокими отметками указывают на положение водоразделов грунтовых вод, где условия питания наиболее благоприятны.

Зоны с нулевой глубиной до воды указывают на участки выхода подземных вод на поверхность земли.

Задание. Построить карту гидроизогипс на топографической основе заданного масштаба, используя данные таблицы 5.1.



Данные для построения карты гидроизогипс:

№ скважины	Абсолютная отметка устья скважины, м	Глубина залегания грунтовых вод, м	Абсолютная отметка зеркала грунтовых вод, м
1		5,2	
2		4,5	
3		4,3	
4		5,0	
5		4,1	
6		2,0	
7		4,0	
8		1,0	
9		2,6	
10		0,5	

Необходимо:

1. Пользуясь приведенными данными по буровым скважинам, шурфам, колодцам, источникам и водомерному посту на реке – провести на карте гидроизогипсы через 1 м.
2. Определить направление движения подземных вод, показать его стрелками на карте, на характерных участках определить гидравлический уклон потока.
3. Определить по карте, на какой глубине можно встретить подземные воды, выделить зоны с различной глубиной (до 1 м, 1-3 м, 3-6 м, 6 м).
4. Охарактеризовать условия питания и разгрузки подземных вод.
5. Определить характер взаимосвязи реки и подземных вод, выявить влияние оврагов на поверхность подземных вод.

6. Построение и анализ гидрогеологических разрезов

Гидрогеологические разрезы – широко применяемая форма графической обработки и обобщения информации, разрезы характеризуют гидрогеологические условия территории в вертикальном разрезе.

Гидрогеологические разрезы характеризуют условия залегания и приуроченность подземных вод к различным горным породам, их связь с поверхностными водами, положение уровня подземных вод.

Построение разрезов выполняется в следующей последовательности:

1) выбирается наиболее информативный участок, где линия разреза пересекает различные геоморфологические элементы, зоны разломов, долины рек;
2) выбирается горизонтальный и вертикальный масштабы разреза. Горизонтальный масштаб должен соответствовать масштабу карты, вертикальный масштаб должен обеспечить четкое изображение

условий залегания и взаимосвязи водоносных горизонтов и комплексов, рек и т. п.;

3) строится гипсометрический профиль, на котором вертикальными линиями показывается местоположение скважин, отметки их устья и забоя, показывается рельеф поверхности земли. По данным бурения строят геолого-литологические колонки, проводят геологические и литологические границы пород, зоны разломов. Наносят положение уровня подземных вод по замерам в скважинах, колодцах, шурфах, источниках и др. На основании гидрогеологических данных выделяют водоносные горизонты и комплексы, разделяющие их водоупоры, указывают интервалы опробования, количественные показатели изученных свойств.

Для построения разреза необходимы топографическая карта, геологический и геоморфологический профили по выбранному направлению, геолого-литологические колонки скважин, шурфов и других выработок, находящихся на линии разреза или вблизи него, результаты наблюдений за уровнем подземных вод в скважинах, колодцах и др. выработках, результаты наблюдений на гидрометрических постах, специализированные исследования в скважинах и т. п.

Гидрогеологические разрезы анализируют в следующем порядке:

1. Устанавливают водоносные горизонты, условия их залегания, состав пород и данные об уровнях подземных и поверхностных вод.
2. Определяют мощность водоносного пласта как разность отметок его кровли и подошвы, величину напора над кровлей как разность отметок между пьезометрическим уровнем и кровлей пласта. Зоны, где поверхность земли располагается ниже пьезометрической кривой, выделяют как участки возможного самоизлива. Глубина безнапорных подземных вод определяется как разность отметок поверхности земли и уровня подземных вод, мощность - разностью отметок зеркала

подземных вод и водоупорной подошвой водоносного пласта; определяют мощность и строение зоны аэрации, устанавливают наличие относительно водоупорных прослоев в зоне аэрации, т. к. на них может формироваться верховодка, возможно создание и зон местного напора.

3. Характеризуют условия движения подземных вод; направление, уклон потока на разных участках.
4. Выделяют вид, условия питания и разгрузки подземных вод, местоположение областей питания и разгрузки.
5. Устанавливают характер и интенсивность взаимосвязи между водоносными горизонтами из литолого-фациального анализа разреза и соотношений напоров смежных водоносных горизонтов, характера изменения этих соотношений по разрезу.

Задание. Построить гидрогеологический разрез по карте гидроизогипс, используя данные таблицы 6.1.

Таблица 6.1

Данные бурения, необходимые для построения гидрогеологического разреза по линии 1- 11 по карте гидроизогипс

№ слоя (сверху вниз)	Мощность слоя, м	Геолог. индекс	Литологическая характеристика пород	Глубина выработки, м
			скважина 1	20
1	4,8	Q_{IV}	суглинок делювиальный, водонепроницаемый	
2	14,0	Q_{IV}	песок аллювиальный, разнозернистый	
3	1,2	Q_{III}	глина плотная	
			скважина 4	18
1	2,4	Q_{IV}	суглинок делювиальный, водонепроницаемый	
2	12,6	Q_{IV}	песок аллювиальный, разнозернистый	
3	3,0	Q_{III}	глина плотная	
			скважина 9	15
1	1,3	Q_{IV}	суглинок делювиальный, водонепроницаемый	
2	9,6	Q_{IV}	песок аллювиальный, разнозернистый	
3	4,1	Q_{III}	глина плотная	
			Скважина 10	3
1	3,0	Q_{IV}	песок аллювиальный, разнозернистый	
			Скважина 11	10
1	6,8	Q_{IV}	песок аллювиальный, разнозернистый	
2	3,2	Q_{III}	глина плотная	

Примечание: скважина 11 намечается произвольно, на противоположном берегу, в нижнем правом углу карты на 84 горизонтали рельефа.

Список литературы

1. Гавич И. К., Лучшева А. А., Семенова-Ерофеева С. М. Сборник задач по общей гидрогеологии Уч. пос. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1985, 412 с.
2. Гореев П. В., Шемелина В. А., Шулякова О. К. Руководство к практическим занятиям по гидрогеологии: Уч. пос. для учащихся гидрогеологических специальностей геологоразведочных техникумов. М., Высш. школа, 1981, 152 с.
3. ГОСТ 25584-90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.
4. ГОСТ 9.602-89. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
5. Кирюхин В. А., Коротков А. И., Павлов А. Н. Общая гидрогеология: Учебник для вузов. Л.: Недра, 1988, 359 с.
6. Методические разработки для лабораторных и практических работ по курсам «Гидрогеология» и «Инженерная геология» для специальностей 0108; 0101; 0105; и «Гидрогеология с основами инженерной геологии» для специальностей 0209; 0202; 0206. Часть 1. Свердловск, изд. СГИ, 1980, 45 с.
7. Основные положения по составлению серийных легенд государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200000 и 1:1000000. М.: МПР РФ, 2001, 15 с.
8. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии.

МИНОБНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО УГГУ)

Н. В. Рубан

Основы гидрогеологии и инженерной геологии

**Методические указания
по организации самостоятельной работы для обучающихся направления подготовки
21.05.02 – Прикладная геология**

Специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

Квалификация подготовки – горный инженер-геолог

Форма обучения: очная, заочная

Екатеринбург
2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)

ОДОБРЕНО:
Зав. кафедрой ГИГГ

_____ С. Н. Тагильцев

«_13_» __апреля__ 2019 г.



Н. В. Рубан

Основы гидрогеологии и инженерной геологии

Методические указания
по организации самостоятельной работы для обучающихся направления подготовки
21.05.02 – Прикладная геология

Специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

Квалификация подготовки – горный инженер-геолог

Форма обучения: очная, заочная

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	3
1.	Общие положения	4
2.	Самостоятельная работа студентов, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям	7
	2.1. Повторение материала лекций	7
	2.2. Самостоятельное изучение тем курса	8
	2.3. Подготовка к практическим и лабораторным работам	8
3.	Другие виды самостоятельной работы	8
	3.1. Подготовка к зачёту	8
4.	Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов	10
	Список литературы	14

Введение

Самостоятельная работа в современном 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.

Таким образом, самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

В методических указаниях рассматриваются вопросы организации самостоятельной работы для студентов Уральского государственного горного университета.

Методическое указание включает три главы, которые логически связаны друг с другом. Первая глава знакомит читателя с теоретическими основами самостоятельной работы студентов и особенностями подготовки к ней в вузе. Во второй и третьей главах представлен материал, который содержит информацию о видах самостоятельной работы по данной дисциплине, а также об источниках информации для осуществления самостоятельной работы. Эмпирической основой разработки системы критериев и показателей оценки форм самостоятельной работы стал практический опыт работы преподавателей кафедры геодезии и кадастров.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования (ФГОС), созданных на основе Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

Конкретные требования к самостоятельной работе студентов определяются в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению.

Нормативные требования к самостоятельной работе студентов дополняются документами локального характера: Уставом Уральского государственного горного университета, рабочей программой дисциплины.

Согласно требованиям нормативных документов, самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, подготовки к практическим занятиям, сдаче зачета и экзамена.

Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение образовательной программы высшего образования в соответствии с требованиями ФГОС.

Навыки самостоятельной работы по освоению каких-либо знаний приобретаются человеком с раннего детства и развиваются в течение всей жизни. К началу обучения в вузе каждый студент имеет личный опыт и навыки организации собственных действий, полученные в процессе обучения в школе, учреждениях дополнительного образования, во время внешкольных занятий и в

быту. Однако при обучении в вузе требования к организации самостоятельной работы существенно возрастают, так как они связаны с освоением сложных общекультурных и профессиональных компетенций.

Практика показывает, что студенты различаются по уровню готовности к реализации требований к самостоятельной работе. Выделяются две основные группы студентов. Первая характеризуется тем, что ее представители ориентированы на выполнение заданий самостоятельной работы и обладают универсальными учебными компетенциями, позволяющими успешно справиться с требованиями к ее выполнению (умением понимать и запоминать приобретаемую информацию, логически мыслить, воспроизводить материал письменно и устно, проводить измерения, вычисления, проектировать и т. д.). Студенты второй группы не имеют устойчивой ориентации на постоянное выполнение самостоятельной работы при освоении учебного материала и отличаются низким уровнем развития универсальных учебных компетенций и навыков самоорганизации.

Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие *задачи:*

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;

- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;

- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;

- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;

- развитие навыков самоорганизации;

- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Для реализации задач самостоятельной работы студентов и ее осуществления необходим *ряд условий*, которые обеспечивает университет:

- наличие материально-технической базы;

- наличие необходимого фонда информации для самостоятельной работы студентов и возможности работы с ним в аудиторное и внеаудиторное время;

- наличие помещений для выполнения конкретных заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- обоснованность содержания заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- связь самостоятельной работы с рабочими программами дисциплин, расчетом необходимого времени для самостоятельной работы;

- развитие преподавателями у студентов навыков самоорганизации, универсальных учебных компетенций;

- сопровождение преподавателями всех этапов выполнения самостоятельной работы студентов, текущий и конечный контроль ее результатов.

Специфическими *принципами организации* самостоятельной работы в рамках современного образовательного процесса являются:

- принцип интерактивности обучения (обеспечение интерактивного диалога и обратной связи, которая позволяет осуществлять контроль и коррекцию действий студента);

- принцип развития интеллектуального потенциала студента (формирование алгоритмического, наглядно-образного, теоретического стилей мышления, умений принимать оптимальные или вариативные решения в сложной ситуации, умений обрабатывать информацию);

- принцип обеспечения целостности и непрерывности дидактического цикла обучения (предоставление возможности выполнения всех звеньев дидактического цикла в пределах темы, раздела, модуля).

Самостоятельная работа студентов планируется преподавателем в рабочей программе дисциплины.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение: в учебном плане в целом по теоретическому обучению, по каждому из циклов дисциплин, по каждой дисциплине; в рабочих программах учебных дисциплин с ориентировочным распределением по разделам или конкретным темам.

Самостоятельная работа студентов классифицируется: по месту организации (аудиторная и внеаудиторная); по целям организации (цели дисциплины, сформулированные и обоснованные в рабочей программе); по способу организации (индивидуальная, групповая).

Выбор формы организации самостоятельной работы студентов (индивидуальная или групповая) определяется содержанием учебной дисциплины и формой организации обучения (лекция, семинар, практическое занятие, контрольное занятие и др.).

В зависимости от формы промежуточной аттестации виды самостоятельной работы дополняются подготовкой к экзамену, зачету и процедурами текущей аттестации.

2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОДГОТОВКУ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

2.1. Повторение материала лекций

Источники информации по теме лекции:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия;

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

2.2. Самостоятельное изучение тем курса

Самостоятельное изучение тем осуществляется при обучении на заочной форме обучения.

Источники информации для самостоятельного изучения тем:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед сессией;

2) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

2.3. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям

Типовые задания (примеры) работ, выполняемые на практических занятиях представлены в комплекте оценочных материалов.

Принципы работы на практических занятиях озвучиваются преподавателем на соответствующих лекционных занятиях.

Источники информации для подготовки к практическим занятиям:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения практического или лабораторного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины;

4) методические указания по выполнению практических и лабораторных занятий.

3. ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

3.1. Подготовка к зачету

В комплекте оценочных средств представлен перечень тестовых заданий, теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий, которые входят в постав билетов.

Источники информации для подготовки к зачету:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

4.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.

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.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ направление подготовки специалитета 21.05.02 «Прикладная геология».
2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы./ ГОУ ВПО «Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова». 2010г.

Учебное издание

Рубан Наталья Валентиновна

Основы гидрогеологии и инженерной геологии

Методические указания по организации самостоятельной работы
для обучающихся направления подготовки 21.05.02 – Прикладная геология
(специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»)

Редактор С. Н. Тагильцев

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60 х 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л.. Уч.-изд. л. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Б1.О.26 ЭКОНОМИКА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

Специализация

Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

Авторы: Жуков В.Г., доцент, к.э.н.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ... 4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ... 5
2. ИЗУЧЕННОСТЬ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ... 6
3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА (УЧАСТКА) РАБОТ ... 6
4. ВИДЫ И ОБЪЕМЫ ПРОЕКТИРУЕМЫХ РАБОТ ... 7
5. ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ... 9
6. ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗЫСКАНИЙ ... 10
6.1. Организация основных видов изыскательских работ ... 10
6.1.1. Сбор, систематизация и обработка материалов изысканий прошлых лет ... 13
6.1.2. Топографо-геодезические работы ... 13
6.1.3. Буровые работы ... 14
6.1.4. Сооружение, монтаж - демонтаж и перевозки вышек и бурового оборудования ... 18
6.1.5. Режим работы бурового участка, производительность бурения и количество буровых станков ... 20
6.1.6. Горнопроходческие работы ... 23
6.1.7. Опытные инженерно-геологические работы и исследования ... 25
6.1.8. Полевые опытно-фильтрационные работы ... 26
6.1.9. Геофизические работы ... 27
6.1.10. Лабораторные работы ... 29
6.1.11. Камеральные работы ... 30
6.2. Организация вспомогательного производства ... 30
6.2.1. Обустройство базы партии (экспедиции) и строительство временных зданий и сооружений ... 31
6.2.2. Электроснабжение ... 31
6.2.3. Водоснабжение ... 31
6.3. Штат партии (экспедиции) отдела для выполнения запроектированного комплекса работ ... 32
7. СМЕТА И СМЕТНО-ФИНАНСОВЫЕ РАСЧЕТЫ ... 33
7.1. Общая часть ... 33
7.2. Пример составления сметы на инженерно-геологические изыскания. Основные экономические показатели ... 43
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ... 47

ВВЕДЕНИЕ

Рост объемов капитального строительства обуславливает увеличение изыскательских работ, поскольку с них начинается любое строительство объектов. В связи с чем вопросы ценообразования, экономики и организации производства должны стоять в центре внимания изыскательских организаций, а сметно-финансовые расчеты - определять размер материальных, трудовых и денежных ресурсов на выполнение проектируемых объемов работ.

В данном руководстве излагаются основные положении, которыми следует руководствоваться при составлении курсовых и дипломных проектов.

Проект (программа) на проведение изыскательских работ составляется на основе технического задания заказчика. В зависимости от задания программа разрабатывается либо на комплекс изысканий (инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических, инженерно-геодезических и др.), либо на каждый вид изысканий отдельно.

В программе изысканий дается обоснование основных видов и объемов, условий и сроков производства намечаемых работ, а также категории сложности природных условий и условий производства работ, степени изученности территории и т. п. Виды и объемы изыскательских работ определяются на основе «Свода правил» по инженерно-геологическим изысканиям для строительства [1 - 5].

Стоимость изыскательской продукции (работ, услуг) - договорная цена устанавливается в договоре (контракте) на создание изыскательской продукции по соглашению сторон: заказчика и исполнителя работ.

Базисная цена (стоимость) определяется сметным расчетом в ценах на 01.01.1991 г. по справочникам базовых цен на различные виды изыскательских работ Госстроя России, а на работы, отсутствующие в справочниках - по сборнику цен на изыскательские работы для капитального строительства: М., 1982 (СУ и Р - 82) с применением к ним инфляционного индекса.

Порядок расчета инфляционного индекса рекомендован письмом Минстроя России от 17.12.1992 г. № БФ - 1060 / 9 и устанавливается «Временными рекомендациями по уточнению базовых цен, определяемых по Сборнику цен на изыскательские работы для капитального строительства», в соответствии с которыми инфляционный индекс рассчитывается организацией, выполняющей изыскания.»

Программа состоит из следующих разделов:

1. Общие сведения.
2. Изученность природных условий.
3. Характеристика природных условий района (участка) работ.
4. Виды и объемы проектируемых работ.
5. Охрана труда и окружающей среды.
6. Организация изысканий.
7. Выпуск технической документации.
8. Качество изысканий.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В разделе «Общие сведения» приводятся следующие данные:

1. Наименование объекта изысканий.
2. Реквизиты заказчика.
3. Географическое и административное положения объекта, его положение относительно путей сообщения (железнодорожных, водных, шоссейных). Экономическая освоенность и обжитость района (основные промышленные и сельскохозяйственные предприятия); возможность набора рабочей силы; аренды зданий и помещений; топливно-энергетические ресурсы района. Местные строительные и лесные материалы. Водные ресурсы района и возможность их использования для питьевых и технических целей.
4. Стадия проектирования.

5. Техническая характеристика проектируемых зданий и сооружений.
6. Основные цели комплексных или отдельных видов изысканий.
7. Номер и дата получения разрешения на производство изысканий.

2. ИЗУЧЕННОСТЬ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ

Кратко, в объеме, необходимом для обоснования направления и методики проведения проектируемых изыскательских работ, освещаются следующие вопросы:

1. Обзор, анализ и оценка ранее проведенных работ в их хронологической последовательности; обеспеченность работ топографическими картами.

2. Приводятся сведения о местонахождении геологических материалов, степени их пригодности для повторного использования, даются указания по их использованию при производстве полевых работ и составлении технического отчета.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА (УЧАСТКА) РАБОТ

Приводится краткая характеристика природных условий района работ:

1. Рельеф, макро- и микрорельеф, генезис, физико-геологические процессы и явления; инженерно-геологические процессы; характер растительности; условия проходимости.

2. Гидрографическая сеть района, основные водотоки, водоемы, их гидрологический режим.

3. Климат, температурный, ветровой, поляризационный режимы. Количество осадков в различный период года; глубина промерзания грунтов.

4. Геологическое строение, инженерно-геологические, гидрогеологические условия. Здесь приводятся данные о стратиграфии, тектонике района,

условиях залегания, мощности, литологии, физико-механических свойствах грунтов; условиях залегания, питания, разгрузки водоносных горизонтов, водообильности водовмещающих пород, параметрах фильтрации, глубине залегания уровня грунтовых вод, химическом составе вод, взаимосвязи' поверхностных и подземных вод, взаимодействии подземных горизонтов, режиме подземных вод.

Природные условия района работ должны быть охарактеризованы с детальностью, обеспечивающей выделение основных факторов, определяющих состав, объемы и методику проектируемых видов изысканий, а также условия проведения полевых работ.

4. ВИДЫ И ОБЪЕМЫ ПРОЕКТИРУЕМЫХ РАБОТ

В этом разделе излагается краткая методика проведения работ по видам изысканий. Этот раздел состоит из отдельных подразделов.

В вводном подразделе указываются основные задачи комплекса или вида изысканий, вытекающие из особенностей природных условий, требований технического задания.

В подразделе «Инженерно-геодезические изыскания» обосновываются:

- методика и объемы геодезических работ (метод построения, плотность, геометрический вид сети, используемые инструменты, ожидаемая точность определения положения пунктов);
- методы и объемы планово-высотного обоснования;
- способы и объемы топографических съемок (масштаб и сечение рельефа горизонталями, составление планов и т. д.);
- виды и объемы специальных съемок (инженерных коммуникаций, транспортных сооружений и т. п.);
- объемы и виды линейных изысканий (методы и условия производства, выбор и обоснование трасс);

- типы и способы закрепления геодезических пунктов, точек съемочного обоснования, трасс и других точек;

- вспомогательные работы (рубка леса и кустарника, строительные работы и т, п.).

В подразделе «Инженерно-геологические изыскания» обосновываются:

- задачи, методика и объемы рекогносцировки и инженерно-геологической съемки;

- задачи, состав, методы, объемы, аппаратура и условия проведения геофизических работ;

- задачи, состав, технология, объемы буровых и горно-проходческих работ (число и место расположения выработок, их глубина, способ проходки, конструкция и т. п.);

- методика отбора проб грунтов и воды, наблюдений за уровнем грунтовых вод;

- задачи, методы и объемы полевых испытаний грунтов (состав, число опытов, глубина и технология испытаний);

- задачи, методика и объемы гидрогеологических работ (наливы, нагнетания, экспресс-откачки, одиночные и кустовые откачки, число опытных скважин и кустов, их местоположение, схема расположения наблюдательных скважин в кусте, оптимальное значение дебита, продолжительность откачек, конструкция опытных и наблюдательных скважин, методика производства наблюдений в процессе откачки, организация наблюдательной сети, цикличность и продолжительность стационарных наблюдений);

- методика и объемы лабораторных определений свойств грунтов;

- методика камеральной обработки материалов по видам работ.

В подразделе «Гидрологические изыскания» в соответствии с задачами проектирования обосновываются:

Состав, методика и объемы полевых гидрологических работ (исследование водотоков, водосборов, организация водопостов, виды наблюдений, их периодичность и продолжительность и т. д.).

Методика камеральных работ (определение основных гидрологических характеристик расчетным путем, по данным наблюдений, с использованием аналогов и т. д.)

Эффективность затрат на изыскательские работы в значительной степени зависит от принятой методики работ.

Поэтому в этом разделе необходимо выбрать такой вариант методики, который бы обеспечил решение задачи изысканий при минимальных затратах на их проведение.

В заключении раздела приводится сводная таблица видов и объемов работ по принятому варианту методики и сроки их выполнения по форме табл. 4.1.

Таблица 4.1

Виды и объемы работ

Наименование работ	Объемы работ	Сроки выполнения по месяцам года		Продолжительность неблагоприятного периода
		начало	окончание	

Сроки выполнения проектно-изыскательских работ определяются в соответствии с едиными нормами времени на изыскательские работы [6, 7].

По каждому виду изыскательских работ определяется продолжительность неблагоприятного периода года в соответствии с прил. 8 [6, 7].

5. ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Этот раздел в курсовом проекте опускается.

В выпускной квалификационной работе приводится в специальном разделе в соответствии с требованиями к ВКР.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗЫСКАНИЙ

6.1. Организация основных видов изыскательских работ

Здесь необходимо рассчитать следующие показатели:

1. Затраты времени на выполнение каждого вида работ.
2. Проектную производительность при выполнении данного вида работ.
3. Количество производственных единиц (станков, бригад и т. п.).

Затраты времени на выполнение основных видов изыскательских работ приведены в ЕНВ и Р-И [6, 7]. Затраты времени на работы, не нормируемые ЕНВ и Р-И на изыскательские работы для строительства, могут быть определены по нормам, разработанным другими министерствами и ведомствами, или временным нормам, действующим в данной изыскательской организации.

Нормы времени ($Н_{вр}$) рассчитаны на нормальные условия проведения работ. При отклонении от нормальных условий должны вводиться поправочные коэффициенты.

$Н_{вр}$ рассчитаны на 7-часовой рабочий день на поверхностных и на 6—часовой рабочий - при работах в подземных выработках.

При производстве поверхностных работ в горных районах с абсолютной высотой более 2300 м, нормы времени рассчитываются на 6-часовой рабочий день умножением на коэффициент 1,14. Пересчет не производится в тех случаях, когда нормы времени даны для 6-часового рабочего дня, о чем имеется указание в соответствующих таблицах [6, 7].

$Н_{вр}$ рассчитаны на выполнение полевых изыскательских работ в благоприятный период года.

При выполнении полевых инженерно-геодезических и гидрографических работ (кроме промеров глубин со льда) в неблагоприятный период года к $Н_{вр}$ следует применять сезонные коэффициенты (табл. 6.1).

При выполнении инженерно-геологических работ (буровых, горнопроходческих, опытных, инженерно-геологических, и торфоисследовательских (кроме геофизических работ) при температуре воздуха на рабочем месте ниже

0 °С к $Н_{вр}$ применяются коэффициенты, приведенные в табл. 6.2.

При производстве вышкомонтажных работ на высоте более 3 м и геодезических наблюдений на знаках выше 6 м от поверхности земли на незащищенных от ветра рабочих местах к $Н_{вр}$ применяют коэффициент при силе ветра 4 балла - 1,15.

При выполнении полевых геофизических работ в неблагоприятных климатических условиях к $Н_{вр}$ применяются сезонные коэффициенты, приведенные в табл. 6.3.

Таблица 6.1.

Поправочные коэффициенты

Продолжительность неблагоприятного периода	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
2			-	1,11	1,1 1	-	-	-		
3			-	1,11	1,11	1,11	-	-		
4			1,05	1.11	1,18	1,18	-			
5			1,11	1,18	1,26	1,25	1,18			
6			1,18	1,25	1.42	1,43	1,25	1,18		
7		1,11	1.25	1,43	1,67	1,67	1,43	1,25		
8		1,25	1.67	2,60	2,00	2,00	1,67	1,43	1,25	
9	1.18	1.43	1.67	2,00	2.00	2.00	1,67	1,43	1,25	1,11
9.5	1.25	1.43	1,67	2,00	2.00	2,00	1,67	1,43	1,25	1,11

Примечание'. Для промежуточной продолжительности неблагоприятного периода сезонный коэффициент определяется интерполяцией. Продолжительность неблагоприятного периода года для производства полевых изыскательских работ приведена в приложении 8 [6, 7].

Поправочные коэффициенты

Таблица 6.2

Средняя температура воздуха, ^{0}C	Коэффициент
от 0 до - 10	1,1
Ниже - 10 до-20	1,2
- 20 до - 30	1,25
- 30 до - 40	1,35
-40	1,5

Таблица 6.3

Поправочные коэффициенты

Температурная зона	Период полевых работ	Температура воздуха, °С	Коэффициент
I	Летний	От + 36 до + 4	1,3
I	Осенне-весенний	-	1,2
1	Зимний	-	1,2
II	Осенне-весенний	-	1,2
II	Зимний	От 0 до - 25	1,3
II	Зимний	Ниже - 25 до - 40	1,55

Районирование территории РФ по температурным зонам и продолжительность полевых геофизических работ по периодам приведены в прил. 9

При выполнении полевых изыскательских работ на отдельных объектах со сроками работ менее 10 нормативных рабочих дней (без учета времени на переезды от базы изыскательской организации на участок работ и обратно) к $Н_{вр}$ применяется коэффициент 1,1.

Затраты времени на камеральные инженерно-геодезические изыскания рассчитаны на выполнение их работниками специализированных камеральных групп. При выполнении камеральных инженерно-геодезических изысканий полевыми работниками в полевых условиях к $Н_{вр}$ применяется коэффициент 1,1.

Размеры коэффициентов, учитывающих отклонения от нормализованных условий по каждому виду изыскательских работ, приведены

в соответствующих разделах, в главах ЕНВ и Р-И (коэффициенты за технические условия) [6, 7].

При использовании нескольких коэффициентов за технические условия общий коэффициент определяется путем умножения отдельных частных коэффициентов.

6.1.1 Сбор, систематизация и обработка материалов изысканий прошлых лет

На основе методической части проекта определяются объемы работ, связанные со сбором, систематизацией и обработкой материалов изысканий прошлых лет.

Расчет затрат труда на выполнение данного вида работ производится по форме табл. 6.4.

Таблица 6.4

Расчет затрат труда ИТР

Наименование работ	Объем работ	Затраты труда ИТР в чел. - днях				
		начальник отдела	гидрогеолог	техник гидрогеолог	и т. д.	итого
Изучение фондовых материалов по изысканиям прошлых лет	500 и т. д.	10,0	15	-	-	25
ВСЕГО:						

6.1.2. Топографо-геодезические работы

Обосновываются виды и объемы топографо-геодезических работ с указанием их назначения, масштаба, условий проведения. Определяются сроки завершения камеральной обработки материалов.

В соответствии с нормами ЕНВ и Р-И [6] определяются затраты времени на выполнение всего комплекса работ. Обосновывается, кем будут выполняться камеральные работы (специализированной группой или полевыми работниками в

полевых условиях).

Расчеты сводятся в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Расчет затрат времени на производство топографо-геодезических работ

Виды работ	Объем работ	Категории трудности	Норма времени			Номер нормы по ЕНВ и Р-И
			на единицу измерения	поправочный коэффициент	на весь объем	

Количество бригад, необходимое для выполнения запроектированного комплекса работ в установленные сроки, определяется по формуле

$$N = T/T_к \cdot 25{,}4 \cdot 7 \cdot К_{вн}$$

где ***N*** - количество бригад; Т – затраты времени на проведение всего комплекса топографо-геодезических работ, ч; $T_к$ – календарный срок выполнения работ, мес.; $К_{вн}$ – коэффициент выполнения норм выработки (1,1 - 1,2).

6.1.3. Буровые работы

На запроектированные буровые работы следует:

1. По нормам ЕНВ Р-И [7] определить время, необходимое: на бурение с учетом отклонений от нормализованных условий; на работу и исследования в скважинах, сопутствующих бурению, но не учтенных комплексной нормой на бурение, а также время на монтаж - демонтаж и перевозки вышек и бурового оборудования.

2. Запроектировать и обосновать режим работы бурового цеха (участка). Определить производительность бурения и количество буровых станков.

3. Принять и обосновать тип производственных бригад на бурении, режим их работы и привести график сменности.

Для решения перечисленных вопросов необходимо произвести группировку скважин по форме табл. 6.6. и табл. 6.7.

Таблица 6.6

Группировка скважин

Назначение скважин	Место заложения	Способ бурения	Группа скважин	Количество скважин	Общий метраж бурения	Конечная глубина скважины	Начальный диаметр бурения	Угол наклона скважины	Метраж бурения	
									с отбором керна	без отбора керна
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Примечания:

а) в гр. I указывается: инженерно-геологическое, гидрогеологическое ит. д.;

б) в гр. 2 - место заложения: поверхностные или подземные;

в) в гр. 3 указывается способ бурения - ударно-механический, шнековый, колонковый и т. д.;

г) для определения группы скважин (гр. 4) следует пользоваться табл. 6.6 [7];

д) в гр. 5 указывается количество скважин, относящихся к данной группе по глубине;

е) в гр. 6 указывается общий метраж бурения по данной группе скважин;

ж) в гр. 7 приводится конечная глубина бурения поданной группе;

з) в гр. 8 приводится начальный диаметр бурения по группе скважин.

За начальный диаметр скважины принимается диаметр первой рабочей колонны труб длиной 5 м - при глубине скважины до 20 м; 10 м - при глубине скважины более 20 м;

и) в гр. 9 приводится угол наклона скважины при ее бурении.

Таблица 6.7

Распределение скважин по группам

Группа скважин	Бурение до глубины, м				
	зондировочны.х скважин	ударноканатное	колонковое	шнековое	вибрационное
1	До 10	До 20	До 20	До 50	До 10
2	20	40	50	-	20
3	-	100	100	-	-
4	-	160	300	-	-

Затем необходимо распределить объемы бурения по категориям крепости пород и интервалам глубин скважин (табл. 6.8).

Таблица 6.8

Распределения объемов бурения

Скважины глубиной, до м.

Типичные представители горных пород	Категория горных пород	интервал глубины	количество		интервал глубины	количество	
			по одной скважине	по группе скважин		по одной скважине	по группе скважин

На типичную группу скважин приводится геолого-технический наряд, краткое описание режимов бурения (это только в выпускной квалификационной работе).

Нормы времени на бурение скважин рассчитаны для следующих нормализованных условий:

а) для механического вращательного бурения:

1) диаметр скважины - 160 мм, при бурении скважин диаметром более 160 мм к $H_{вр}$ следует применять поправочные коэффициенты [7];

2) при бескерновом бурении к $H_{вр}$ следует применять поправочные коэффициенты [7];

3) в $H_{вр}$ учтено бурение с промывкой скважин водой и глинистым раствором; при бурении скважин без промывки и с призабойной циркуляцией промывочной жидкости - коэффициенты [7];

4) к $H_{вр}$ на бурение с поверхности земли предусмотрено применение двигателя внутреннего сгорания, из подземных выработок - электродвигателя. При отклонении применяют поправочные коэффициенты [7];

5) при бурении скважин с уменьшенной углубкой за 1 рейс следует применять коэффициенты [7], нормализованная углубка за 1 рейс приведена в табл. 5 [7];

6) при бурении скважин стальной дробью следует применять к $Н_{ар}$ коэффициент 0,9;

7) угол наклона скважин к горизонту 71 - 90 ^{0} при бурении наклонных скважин - коэффициенты табл. 8 [7];

б) для механического ударно-канатного бурения с проектной глубиной до 150 м диаметр скважин изменяется; бурение ведется с двигателем внутреннего сгорания. При использовании электродвигателя к $Н_{вр}$ следует применять коэффициент 0,9.

Затраты времени на работы, не связанные с углубкой скважин (не включенные в комплексные нормы времени на бурение): специальные измерения и исследования в скважинах, отбор проб воды, крепление обсадными трубами, тампонами и т. д. определяются по таблицам ЕНВ и Р-И [7].

Расчет затрат времени на бурение скважин приводится в табл. 6.9.

Таблица 6.9

Расчет времени на бурение (с учетом отклонений от нормализованных условий) и на исследования в скважинах

Название работ и исследований в скважинах	Объемы работ	$Н_{вр}$ на единицу измерения, ч	Поправочные коэффициенты			$Н_{вр}$ на весь объем с учетом поправочного коэффициента	Номер табл, и норм ЕНВ
			к.	К,	общий		
1	2	3	4	5	6	7	8
	Скважины глубиной до….м						
А Бурение по категориям, м:							
1 П П УП, и т. д. ИТОГО на бурение, м							

Окончание табл. 6.9.

1	7	3	4	5	6	7	8
Б Работы и исследования, не учтенные комплексной $Н_{вр}$ на бурение а) отбор проб воды 1 проба б) отбор монолита породы из скважины 1 монолит в) крепление скважины и т. д.							
ИТОГО по разделу Б							
Всего,ч							

Примечания:

а) в гр. I приводится отдельно метраж бурения в нормализованных условиях и с отклонениями от нормализованных условий; б) в гр. 3 $Н_{вр}$ принимаются по ЕНВ и Р-И [7] по интервалу соответствующей глубины; в) в гр. 4, 5 принимаются соответствующие поправочные коэффициенты, учитывающие отклонения от нормализованных условий. В гр. 6 определяется общий поправочный коэффициент, равный произведению коэффициентов гр. 4 и 5; г) общие затраты времени на бурение и исследования, не учтенные комплексной $Н_{ар}$ на бурение, делятся на продолжительность смены, ч (нормальная продолжительность смены - 7 ч); д) в гр. Б следует включать только те работы, которые выполняются силами буровой бригады.

6.1.4. Сооружение, монтаж - демонтаж и перевозки вышек и бурового оборудования

Проектирование вышечно-монтажных работ выполняется в соответствии с нормами ЕНВ и Р - И [7] «Строительные, монтажные, транспортнотакелажные и прочие работы». $Н_{вр}$ приводятся отдельно на постройку, сборку и установку вышек; на сборку и установку при переброске на новое место; разборку в зависимости от типа бурового здания и типа вышки: монтаж и демонтаж буровых установок (агрегатов), буровых насосов; на подготовку и сопровождение грузов при переездах с точки точку и т. д.

Для расчета затрат времени необходимо определить:

1. По сооружению вышек:

а) тип буровой вышки и здания;

б) где (на базе, на участке работ), в какое время года и кем (специализированной бригадой или буровой) производится строительство вышек или откуда приобретаются готовые буровые вышки.

2. По монтажу - демонтажу и перевозкам вышек и бурового оборудования:

а) кем выполняются работы по монтажу - демонтажу и перевозке вышек.

Применение специализированных монтажно-демонтажных бригад экономически целесообразно при одновременной работе четырех и более буровых агрегатов, при бурении глубоких скважин и большом количестве перевозок.

Расчет затрат времени на строительство вышек и буровых зданий приводится по форме табл. 6.10; затраты времени на монтаж - демонтаж и перевозку - в табл. 6.11.

Таблица 6.10

Затраты времени на постройку, сборку, установку и разборку буровых вышек и зданий

Тип вышки	Тип бурового здания	Кол-во скважин	Норма оборачиваемости	Кол-во вновь сооружаемых вышек	Постройка, сборка и установка	Сборка и установка при переброске на новое место	Разборка	Итого
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Примечание: Количество вновь сооружаемых вышек (гр. 5 табл. 6.10) определяется путем деления количества скважин на норму оборачиваемости буровых вышек (табл. 6.12).

Таблица 6.11

Затраты времени на монтаж и демонтаж, перевозку оборудования

Виды работ	H_{90} на единицу	Объем работ	Затраты времени на весь объем	Номер норм ЕНВ
1	2	3	4	5

Количество перевозок равно количеству скважин.

В гр. 1 табл. 6.11 приводятся все виды работ, связанные с монтажом, демонтажом буровых вышек и оборудования, и перевозкой вышек и оборудования.

Таблица 6.12

Нормы оборачиваемости буровых вышек

Глубина скважины, м						Нормы для ручного бурения	
100		300		500 - 700			
с разборкой	без разборки	с разборкой	без разборки	с разборкой	без разборки	с разборкой	без разборки
14	40	12	35	7	14	70	140

6.1.5. Режим работы бурового участка, производительность бурения и количество буровых станков

В этом разделе обосновывается режим работы бурового участка (цеха): круглосуточный при непрерывной рабочей неделе, круглосуточный с общим выходным и праздничными днями; прерывный при работе 1—2 — 3 смены.

В зависимости от принятого режима работы календарный фонд времени работы производственного оборудования составляет (табл. 6.13).

Таблица 6.13

Режим работы организации

Режим работы	Число смен в месяц		Число смен в год	
	при 7-часовой смене	при 6-часовой смене	при 7-часовой смене	при 6-часовой смене
1. Круглосуточная работа а) при непрерывной рабочей неделе	102,9	120	1234,8	1440
б) с общим выходным днем	87,1	101,6	1045,2	1219,2
2. Прерывная неделя а) работа в 3 смены	Не прим.	76,2	-	914,4
б) работа в 2 смены	50,8	50,8	609,6	609,6
в) работа в I смену	25,4	25,4	305	305

Расчетная производительность бурения определяется по формуле:

$$П_р = (М / Т_р) \cdot \ Т_{реж},$$

где $П_р$ - расчетная производительность, м / станко-месяц; М - метраж бурения по группе скважин, м; $Т_р$ - расчетное число станко-смен на бурение, исследования в скважинах в процессе бурения, монтаж - демонтаж и перевозки вышек и оборудования (если последние выполняются силами буровой бригады, станко-сменах); $Т_{реж}$ - количество станко-смен в месяц по принятому режиму работы оборудования.

Проектная производительность будет равна:

$$П_{пр} = П_р \cdot К_{общ} \quad ,$$

где $К_{общ}$ - общий коэффициент повышения производительности труда на бурении.

$$К_{общ} = (П_ф / П_р) \cdot К_н,$$

где $П_ф$ - фактически достигнутая производительность на бурении в данной изыскательской организации, м/ст-мес.; $К_н$ - планируемое повышение

производительности труда на бурении, например (0,02; 0,03; 0,05 и т. д.) за счет оргтехмероприятий.

Если $П_ф \leq П_р$, то проектная производительность бурения принимается равной расчетной.

Количество одновременно работающих буровых станков определяется по формуле:

$$П_р = М / (П_р \cdot Т_к),$$

где $Т_к$ - календарный срок выполнения буровых работ в мес.

Списочное количество буровых станков равно:

$$n_{сп} = n_р \cdot К_{рез},$$

где, $К_{рез}$ - коэффициент, учитывающий величину резервного количества буровых станков (табл. 6.14).

Таблица 6.14

Коэффициенты на резерв бурового оборудования

Виды работ, тип агрегатов	Число агрегатов в работе		
	1	2-4	5 и более
Вращательное механическое бурение:			
агрегаты стационарные	1.30	1,20	1,10
самоходные установки (без тепляков)	1,40	1,20	1,15
ударно-механические станки	1,40	1,20	1,20
ударно-вращательное (ручное) бурение	1,20	1,20	1,20

На принятый режим работы сменных вахт приводится график сменности по форме табл. 6.15.

Таблица 6.13

График сменности буровых вахт

Номер вахт	Числа месяца					За месяц		Количество часов по календарю	Переработка (+) недоработка (-)
	1	2	3	... | 31		смен	часов		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 вахта									
2 вахта									
И т. д.									

Примечание: Количество рабочих часов по календарю рассчитывается по формуле:

$$T_р = (T_к - T_{в(п)}) \cdot 7 - T_с ,$$

где $T_р$ - количество рабочих часов по календарю в данном месяце; $T_{в(п)}$ - количество выходных (воскресенье) и праздничных дней; 7 - продолжительность смены, час (на поверхности) и 6 - в шахтах; $T_с$ - сокращенное количество часов в месяце (2 часа в субботу).

6.J.6. Горнопроходческие работы

Проектирование горнопроходческих работ выполняется в следующей последо вател ь ности:

1. Приводится характеристика проектируемых горно-разведочных выработок по форме табл. 6.16.

Таблица 6.16

Характеристика горных выработок

Наименование горных выработок	Сечение выработок	Категория пород	Объем работ
1	2	3	**4**

2. Расчет затрат времени на проходку горных выработок приводится по форме табл. 6.17.

Таблица 6.17

Расчет затрат времени на проходку горных выработок

Наименование и характеристика горных выработок	Наименование процессов	Категория пород	$Н_{вр}$ на единицу измерения	Объем работ	Поправочный коэффициент			Время на весь объем	Номер норм по ЕНВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Нормы времени в ЕНВ и Р - И [7] на горнопроходческие работы приведены для нормализованных условий проходки. При отклонении от нормализованных условий применяются поправочные коэффициенты по табл. [7].

3. Производительность по каждому типу горных выработок рассчитывается по формуле:

$$П_р = (Q - К_{вн}) / Т_н,$$

где $П_р$ - расчетная производительность, м/бр-см.; Q - объем работы по проекту, м; $Т_н$ - общее количество бригадо-смен по нормам ЕНВ и Р - И [7] на проходку, уборку, откатку, крепление и т. п.; $К_{вн}$ - средний коэффициент выполнения норм выработки (1,1 - 1,2).

4. Количество одновременно проходимых забоев (бригад) определяется по формуле:

$$n_З = Т / (К_{см} \cdot Т_к),$$

где $К_{см}$ - число рабочих смен в сутки; $Т_к$ - сроки проведения горных работ по проекту (в календарных сутках).

5. Решаются вопросы организации труда: тип производственных бригад на проходке выработок, режим их работы.

6.1.7. Опытные инженерно — геологические работы и исследования

В ЕНВ Р - И [7] приведены $Н_{вр}$ на основные виды опытных инженерно-геологических работ и исследований.

При проектировании других видов опытных инженерно - геологических работ и исследований затраты времени рассчитываются отдельно на монтаж и демонтаж установок и на собственное исследование. В $Н_{вр}$ не учтены и подлежат отдельному расчету следующие сопутствующие работы: погрузка и разгрузка оборудования; перевозка оборудования и сопровождение установок при переездах к месту работы, с точки на точку, с участка на участок; планировка площадок для установки оборудования и агрегатов; подвозка воды, устройство мерной емкости и прокладка водопровода для замачивания грунтов; тарировка измерительных приборов и гидравлических домкратов.

При выполнении опытных инженерно-геологических работ и исследований силами буровых и горнопроходческих бригад затраты времени на их проведение определяются по табл. 6.9 и 6.17 как на работы, сопутствующие бурению и проходке горных выработок.

Если эти работы выполняются силами специализированных бригад, то затраты времени рассчитываются отдельно и сводятся в табл. 6.18.

Таблица 6.18

Расчет затрат времени па выполнение инженерно-геологических работ

Виды работ	Объем работ	На единицу *	Поправочный коэффициент	Затраты времени на весь объем	Номер норм ЕНВ и Р - И
1	2	3	4	5	6

Количество специализированных бригад рассчитывается делением итога гр. 5 табл. 6.18 на календарный фонд рабочего времени (с учетом выполнения норм выработок).

6.1.8. Полевые опытно-фильтрационные работы

Для определения затрат времени на откачки, нагнетания и наливы воды в скважины и шурфы; опытную цементацию трещиноватых горных пород необходимо:

1) обосновать способ откачки (механическим или ручным способом); метод проведения наливов воды в скважины и шурфы; способ цементации горных пород;

2) обосновать выбор технических средств (типы эрлифта) насоса; мерные сосуды и т. д.);

3) определить кем будут проводиться опытно-фильтрационные работы (специализированной или буровой бригадой);

4) определить затраты времени:

- на монтаж и подготовку опыта;
- демонтаж и ликвидацию опыта;
- собственно опыт (откачки, фильтрацию)
- вспомогательные работы при проведении опыта (извлечение и перестановку насоса; изготовление фильтров и др.).

Опытные откачки необходимо проводить механическим способом. В виде исключения допускается проводить ручным способом непродолжитель- t ные откачки с глубины не более 25 м.

При парных или групповых опытных откачках одновременно из нескольких скважин количество бригадо-смен на монтаж, демонтаж оборудования, подготовку и ликвидацию этих откачек определяют отдельно на каждую скважину, из которой проводят откачки.

Опытные наливы в скважины проводят без избыточного давления и без применения тампона. Если при наливе применяют тампон для опробования скважин по интервалам, то затраты времени следует определять в разделе «Опытное нагнетание».

$Н_{вр}$ в ЕНВ и Р - И [7] приводятся только на монтаж, демонтаж оборудования, подготовку и ликвидацию опыта. Затраты времени на собственно опыт (откачки, наливы, фильтрацию и т. д.) обосновываются проектом исходя из геологических условий. Затраты времени на вспомогательные работы приводятся в соответствующем разделе [7].

Затраты времени на разбуривание затвердевшего цемента в скважине при опытной цементации следует определять по нормам приведенным в гл. «Буровые работы» [7].

При проведении опытно-фильтрационных работ силами буровой бригады необходимо при расчете производительности бурения учитывать затраты времени на проведение этих работ.

Если опытно-фильтрационные работы выполняются специализированной бригадой, то затраты времени рассчитываются по форме табл. 6.18.

6.1.9. Геофизические работы

Проектирование геофизических работ осуществляется в следующей последовательности:

1. Приводятся объемы геофизических работ по методам с распределением по категориям трудности. Дается описание технических условий проведения работ каждого метода и способа исследований.

2. По нормам ЕНВ и Р-И [7] определяются затраты времени на геофизические работы по каждому методу.

По сейсморазведке, электроразведке, магниторазведке и гравиразведке:

- затраты времени на полевые наблюдения, подготовительно-заключительные работы на базе и на переезды внутри района работ с точки на точку - Tu [7];

- учитываются отклонения от нормализованных условий

$$Tu = Tu \cdot К_{общ},$$

где $К_{общ}$ - общий коэффициент, учитывающий отклонения от нормализованных условий. Он равен произведению частных коэффициентов;

- затраты времени на профилактический ремонт аппаратуры, оборудования и снаряжения -$Т_{проф}$

$$Т_{проф} = (Тú / (7 \cdot 25,4)) \cdot {}_1,$$

где 25,4 - количество смен в месяц при односменной работе; $_1$ - количество смен на профилактический ремонт (1 - 2 - 3 смены) в зависимости от геофизического метода;

- общие затраты времени на геофизические работы равны:

$$Т_{общ} = Тú / 7 + Т_{пр}.$$

По геофизическим исследованиям в скважинах (каротажу)

- затраты времени на полевые наблюдения, подготовительно^ заключительные работы на базе и на переезды с точки наточку (Ти) по [7];

- учитываются отклонения от нормализованных условий по [7]:

$$Тú = Tu \cdot К_{общ}$$

- затраты времени на переезды с базы отряда на участок работ:

$$T_n = (2L \cdot m) / V,$$

где *L* - расстояние от базы отряда до участка работ, км; *m* - количество выездов за весь срок выполнения проекта; *V*- средняя скорость передвижения каротажной машины, км /ч;

$T_{проф}$ - затраты времени на профилактический ремонт;

$T_{общ}$ - общие затраты времени на геофизические исследования в скважинах

$$T_{общ} = Tu / 7 + T_n / 7 + T_{проф}$$

3. Определяется количество отрядов, необходимых для выполнения запроектированных объемов работ по методам:

$$n = T_{общ} / (t \cdot 25{,}4),$$

где t — количество месяцев работы.

6.1.10. Лабораторные работы

При проектировании необходимо определить объемы лабораторных исследований и химанализов. $Н_{вр}$ предусмотрены на лабораторные работы, вошедшие в практику проектно-изыскательских организаций. При проведении анализов на новых приборах или специальными методами, отличными от приведенных в ЕНВ [7], следует применять соответствующие $Н_{вр}$.

Расчет затрат времени на лабораторные исследования и химанализы приводится по форме табл. 6.19.

Таблица 6.19

Расчет затрат времени на лабораторные исследования

Виды анализов и исследований	Кол-во	Перечень определяемых показателей	$Н_{вр}$, ч	Поправочный коэффициент	Всего часов	Номер норм по ЕНВ
1	2	3	4	5	6	7

6.1.11. Камеральные работы

При проектировании необходимо определить виды и объемы камеральных работ на весь комплекс инженерно-геологических изысканий.

По $Н_{вр}$ [7] определить общие затраты времени на выполнение камеральных работ. Расчет затрат времени на камеральную обработку материалов приводится по форме табл. 6.20.

Таблица 6.20

Расчет затрат времени на камеральные работы

Наименование работы	Кол-во	Н.„ . ч.	Поправочный коэффициент	Всего, ч.	Номер норм по ЕНВ
1	2	3	4	5	6

6.2. *Организация вспомогательного производства*

В этом разделе освещаются вопросы организации следующих видов работ: ,

1. Обустройство базы партии и строительство временных зданий и сооружений.
2. Электроснабжение.
3. Водо- и глиноснабжение.
4. Транспортировка грузов и персонала партии.
5. Ремонты оборудования, приборов и транспортных средств.

6.2.1. Обустройство базы партии (экспедиции) и строительство временных зданий и сооружений

Строительство изыскательских баз и поселков допускается в необжитых районах и случаях, когда по местным условиям они не могут быть предоставлены заказчиком или арендованы.

В проекте обосновываются типы и объемы строительства временных зданий и сооружений: производственного назначения конторы экспедиций и партий, мехмастерские, кузницы, гаражи, кернохранилища, котельные и электростанции, склады и т. д.; жилые и культурно-бытовые здания и сооружения: жилые дома, столовые, бани, пекарни, клубы и т. д.; прочие здания и сооружения: разгрузочные площадки, причалы для катеров и т. д.

Определяются сроки строительства объектов, в т. ч. в зимнее время года.

6.2.2. Электроснабжение

Для выполнения запроектированных объемов работ необходимо обосновать источник электроэнергии. В зависимости от удаленности источников электроэнергии и общей потребности в ней источниками электроэнергии для данной партии (экспедиции) могут быть:

- сеть государственных (районных) энергосистем;
- собственные или принадлежащие другим предприятиям центральные электростанции;
- собственные передвижные электростанции.

6.2.3. Водоснабжение

При проектировании необходимо:

1. Определить общую потребность в воде для производственно-технических и для хозяйственно-бытовых целей.

2. Определить источник водоснабжения и способы доставки воды к потребителю.

3. Обосновать, в случае необходимости, строительство объектов водоснабжения.

6.3. Штат партии (экспедиции) отдела для выполнения запроектированного комплекса работ

Численность трудящихся для выполнения запроектированного комплекса работ определяется на основе сводного расчета затрат труда ИТР и рабочих, который составляется в соответствии с нормами затрат труда по ЕНВ и Р - И и штатным расписанием [6, 7].

Сводный расчет затрат труда составляется на комплекс работ, выполняемых собственными силами изыскательской организацией (табл. 6.21).

Таблица 6.21

Затраты труда на изыскательские работы, чел.-дн.

Виды работ / Затраты времени, дней	Численность партии, отряда, бригады, чел.	Затраты труда, чел.-дн. гр 2 ·гр.4
1 2	3	4
		$\sum T$

Определяется фонд рабочего времени одного работающего за календарный период выполнения работ:

$$T_ф = (T_к - T_{пр} - T_{вых} - T_{отп}) \cdot 0{,}96,$$

где $T_ф$ - фонд рабочего времени одного работающего за рассматриваемый период, дн.; $T_к$ - сроки выполнения запроектированного объема работ, дн.; $T_{пр}$ - число праздничных дней за рассматриваемый период, дн.; $T_{вых}$ - число

выходных дней, дн.; $T_{отп}$ - число дней отпуска, дн.; 0,96 - коэффициент, учитывающий невыходы на работу по уважительным причинам.

При делении суммарных затрат труда в чел.-дн. на фонд рабочего времени одного работающего получаем численность трудящихся на полевой период, добавляя численность инженерно-технических работников на проектирование, камеральную обработку материалов и др. виды работ (согласно штатного расписания), получаем общую численность трудящихся для выполнения всего комплекса изыскательских работ.

В заключении 6 раздела «Организация изысканий» приводится сводный календарный план - график выполнения всего комплекса изысканий (табл. 6.22).

Таблица 6.22

Календарный план - график производства изыскательских работ

Виды работ	Объем работ, %	Сроки выполнения работ: начало-оконч.	Месяцы			
			январь	февраль	март	май
Сбор, обработка материалов изысканий прошлых лет, %	100	01.01.2019-25.01.2019				
Полевые работы бурение, м и т. д.	800	25.01.2019-31.05.2019				

Примечание. Разделы 7 «Выпуск технической документации» и 8 «Качество изысканий» программы (проекта) на проведение изыскательских работ в курсовых и выпускных квалификационных работах отпускаются

7. СМЕТА И СМЕТНО-ФИНАНСОВЫЕ РАСЧЕТЫ

7.1. Общая часть

Смета составляется на весь комплекс и объемы изыскательских работ независимо от того, одним или несколькими отделами они проводятся.

При составлении сметы следует пользоваться Сборником базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства [8].

Справочник [8] предназначен для применения организациями различных организационно-правовых форм, выполняющими изыскательские работы и имеющими лицензию на их проведение.

Цены на полевые работы предусмотрены для выполнения работ в экспедиционных условиях, т. е. с выплатой работником командировочных или полевого довольствия.

Цены по камеральной обработке материалов изысканий и производству лабораторных работ предусмотрены для использования их в условиях стационара.

Цены даны в рублях и на отдельные виды работ приведены в виде дроби: над чертой - цена полевых работ, под чертой - цена камеральных работ. В остальных случаях цены предусмотрены отдельно для полевых и камеральных работ.

Первичная обработка материалов изысканий, выполняемая в экспедиционных условиях, учтена в ценах на полевые работы. В ценах также учтены расходы:

а) на получение технического задания на производство изысканий;

б) согласование с заказчиком программы (предписания) изысканий и подготовку договорной документации;

в) подготовку, поверку приборов, инструментов, оборудования и метрологическое обеспечение единства и точности средств измерений;

г) внутренние контроль и приемку изыскательских материалов;

д) сдачу отчетных материалов изысканий заказчику.

В ценах не учтены и определяются дополнительно по соответствующим таблицам (нормативам) настоящего Справочника [8] и предусматриваются в сметах следующие расходы:

а) по внутреннему транспорту;

б) внешнему транспорту;

в) организации и ликвидации работ на объекте;

г) отбору монолитов, валовых проб и проб для анализа на загрязненность по химическим и бактериологическим показателям;

д) составлению и согласованию с заказником программы (предписания) изысканий, а также составлению и выдаче заказчику технического отчета (заключения);

е) подготовке и выдаче заказчику промежуточных материалов инженерных изысканий;

ж) разным вспомогательным работам (геотехнический контроль, радиометрические работы, геодезические работы и др.);

з) оформлению разрешений (регистрации) на производство инженерных изысканий;.

и) рекультивации земель;

к) содержанию (аренде) изыскательских баз и радиостанций;

л) монтажу, демонтажу и содержанию (аренде) специального изыскательского оборудования.

Цены рассчитаны для условий производства изысканий в средней полосе европейской части Российской Федерации (по уровню заработной платы), благоприятного периода года и нормального режима проведения изыскательских работ.

При определении сметной стоимости изысканий, выполняемых в других районах Российской Федерации, а также в неблагоприятный период года, к ценам применяются соответствующие коэффициенты:

а) при выполнения изысканий в горных и высокогорных районах к ценам применяются коэффициенты, приведенные в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Коэффициенты к ценам за выполнение работ в неблагоприятных условиях

Номер п/п	Наименование района	Коэффициент
	Горный и высокогорный с абсолютными высотами поверхности участка над уровнем моря, м:	
I	От 1500 до 1700	1,1
2	Св. 1700-»-2000	1,15
J	- » - 2000 - » - 3000	1,20
4	св. 3000	1,25

б) при выполнении изысканий в пустынных и безводных районах к ценам на эти изыскания применяются коэффициенты, приведенные в прил. | [8];

в) при выполнении изысканий на территориях со специальным режимом к ценам на полевые работы применяется коэффициент 1,25, а в районах с радиоактивностью более 1 $м^3$ в/год или 0,1 бэр/год - коэффициент от 1,25 до 1,5, в зависимости от уровня радиоактивности, оцениваемого в соответствии с Нормами радиационной безопасности НРБ-96 (ГН 2.6.1.054-96).

Примечание. К территориям со специальным режимом относятся районы и участки, где по обстановке или установленному режиму неизбежны перерывы или затруднения. связанные с потерями рабочего времени при изысканиях: пограничные районы, полигоны, аэродромы, строительные площадки, на которых производятся взрывные работы, участки с сильной запыленностью воздуха (стройплощадки, карьеры и т. п.), экологически вредные территории, внутренние территории взрывоопасных, вредных и горячих цехов предприятий оборонной, химической, металлургической, угольной и горнодобывающей промышленностей, действующие электрические станции и подстанции, открытые распределительные устройства электрических станций, полосы шириной до 200 м действующих линий электропередачи напряжением 500 кВ и выше. Полотно железных и автомобильных дорог, магистральных улиц (проспектов) городов, территории железнодорожных станций, портов и др., где неизбежны задержки и перерывы в работе, вызываемые интенсивным движением транспорта и т. п.

г) при выполнении полевых изыскательских работ в неблагоприятный

период года в соответствующих районах (согласно приложению 2) [8] к их стоимости применяются коэффициенты, приведенные в табл. 7.2;

Таблица 7.2.

Коэффициенты к ценам за выполнение работ в неблагоприятный сезон года

Номер п/п	Продолжительность неблагоприятного периода, мес.	Коэффициент
1	2-3,5	1,1
2	4-5,5	1,2
3	6-7,5	1,3
4	8-9,5	1,4

д) при выполнении изысканий в районах Российской Федерации, для которых в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации (согласно прил. 3, 4) [8] или в соответствии с постановлением Совета Министров РСФСР от 04.02.91 г. № 76, республиканскими, краевыми, областными и др. правительственными или административными органами к заработной плате работников, занятых на изысканиях, установлены районные коэффициенты, к итогу сметной стоимости этих изысканий применяются коэффициенты, приведенные в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Районные коэффициенты

Номер п/п	Районный коэффициент к заработной плате	Коэффициент к итогу сметной стоимости изысканий
1	2	3
1	1,10	1,05
2	1.15	1,08
3	1.20	1,10
4	1,25	1,13
5	1.30	1,15
6	1.40	1,20
7	1.50	1,25
8	1.60	1.30
9	1.70	1.35
10	1,80	1,40

Окончание табл. 7.3

1	2	3
и	1,90	1,45
12	2,00	1,50

Примечание. При введении после 01.07.98 г. в законодательном или директивном порядке новых районных коэффициентов к заработной плате коэффициенты к итогу сметной стоимости изысканий определяются в соответствии с табл. 7.3.

е) при выполнении изысканий организациями, производящими выплаты, связанные с предоставлением льгот лицам, работающим в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях (согласно прил. 5) [8], а также в других районах, установленных действующим законодательством, к итогу сметной стоимости изысканий применяются соответствующие коэффициенты:

1,50 - при выполнении изысканий в районах Крайнего Севера;

1,25 - то же в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера;

1,15 - в южных районах Иркутской области, Красноярского края и Дальнего Востока (Амурская область, Приморский и Хабаровский края), в Архангельской и Читинской областях, Республиках Бурятия, Карелия, Коми (за исключением районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера).

Расходы по внутреннему транспорту определяются по табл. 7.4. в процентах от сметной стоимости полевых изыскательских работ (с учетом коэффициентов, приведенных в подпунктах а, б, в, г Общих указаний), включая расходы по содержанию баз, радиостанций, а также монтажу, демонтажу и содержанию изыскательского оборудования, определяемые по таблицам 100 и 101 [8].

Таблица 7.4

Расходы по внутреннему транспорту по изыскательским работам

Номер п/п	Расстояние от базы изыскательской организации, экспедиции, партии или отряда до участка изысканий, км	Расходы по внутреннему транспорту, %, при сметной стоимости полевых изыскательских работ, тыс. руб.				
		до 5	св. 5 ДО 10	св. 10 до 20	св. 20 до 50	св.'50
1	до 5	8,75	7,5	6,25	5,0	3,75
2	св. 5 до 10	11,25	10,0	8,75	7,5	6,25
3	-»- 10-» - 15	13,75	<12,5	11,25	10,0	8,75
4	- » - 15 - » - 20	16,25	15,0	13,75	12,5	11,25
5	- » - 20 - » - 25	18,75	17,5	16,25	15,0	13,75

Примечания: I. Расходы по внутреннему транспорту допускается определять по фактическим затратам а ценах текущего периода:

а) при сметной стоимости полевых изыскательских работ до 5 тыс. руб.;

б) при удалении участка изысканий от базы изыскательской организации, экспедиции, партии или отряда на расстояние свыше 25 км;

в) при выполнении полевых изыскательских работ в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, в малонаселенных (необжитых) районах (высокогорных, пустынных, таежных, тундровых), при удалении участка изысканий от базы изыскательской организации, экспедиции, партии или отряда на расстояние до 25 км;

г) связанные с арендой и содержанием специальных транспортных средств - самолетов, вертолетов, вездеходов, катеров, барж, баркасов, оленьих и собачьих упряжек, верблюдов, конных вьюков и др.

В случае определения расходов в ценах текущего периода нормативы таблицы 7.4. не применяются.

Расходы по внешнему транспорту, связанные с проездом работников и перевозкой изыскательского оборудования и грузов от постоянного местонахождения организации, выполняющей изыскания, до базы изыскательской экспедиции, партии или отряда (или до участка изысканий) и обратно, определяются по табл., 7.5. в процентах от сметной стоимости полевых изыскательских работ (с учетом коэффициентов, приведенных ранее в подпунктах а, б, в, г), включая расходы по внутреннему транспорту, определяемые по табл. 7.4. (за исключением расходов, предусмотренных примечанием 1 табл. 7.4.), а также расходы по содержанию баз и радиостанций, монтажу, демонтажу и

содержанию изыскательского оборудования, определяемые по табл. 100 и 101Г81.

Таблица 7.5

Расходы по внешнему транспорту по изыскательским работам

Номер п/п	Расстояние проезда и перевозки в одном направлении, км	Расходы по внешнему транспорту в обоих направлениях, % сметной стоимости изысканий, выполняемых в экспедиционных условиях, продолжительностью, мес.					
		до 1	2	3	6	9	12 и более
1	св. 25 до 100	14,0	11,5	9,1	4,5	3,5	2,8
2	- » - 100-»- 300	19,6	15,4	12.7	6,2,	4,8	3,6
3	- » - 300 - » - 500	25.2	21,0	16,8	8,1	6,3	4,8
4	- » - 500 - » - 1000	30.8	25,2	19.6	9,7	7,3	5,5
5	- » - 1000 - » - 2000	36.4	32,2	28,0	13,2	9,8	7,3
6	Св. 2000		39,2	36.4	20,0	16,0	12,0

Примечания:

1. Расходы по внешнему транспорту при расстояниях до 25 км в сметах не предусматриваются.
2. При выполнении отдельных видов изысканий стоимостью до 5 тыс. руб. или наличии неблагоприятных условий для проезда работников и перевозки грузов на труднодоступные участки изысканий и обратно расходы по внешнему транспорту допускается определять по фактическим затратам в ценах текущего периода.
3. Расходы по внешнему транспорту в исполнительных сметах допускается определять в ценах текущего периода.
4. В случае определения расходов в ценах текущего периода нормативы таблицы 7.5. не применяются.

При выполнении изысканий в особо сложных природных условиях (на полярных островах, в зоне ледников, в высокогорных, пустынных, таежных и тундровых районах) на проведение специальных мероприятий (привлечение альпинистов-инструкторов и проводников, организацию спасательной службы и др.) могут предусматриваться дополнительные расходы, которые определяются по фактическим затратам в ценах текущего периода.

Определяются по фактическим затратам (прейскурантам, тарифам, счетам и др.) в ценах текущего периода и дополнительно учитываются в стоимости изысканий расходы, связанные:

- с получением (приобретением) исходных данных и сведений о природных условиях, аэрофотосъемочных, картографических и других материалов изысканий прошлых лет;

- проведением необходимых согласований, связанных с производством отдельных видов полевых работ (местоположение горных выработок, буровых скважин, точек производства опытных работ и т. п.);

- производством специальных видов анализов и исследований проб почвогрунтов, донных отложений, поверхностных и подземных вод, снега и льда, выполняемых специализированными лабораториями, имеющими лицензию на проведение таких работ (бактериологический анализ, полные испытания заполнителей в бетоне, радиохимия изотопов и т. п.);

- оплатой стоимости обсадных труб, фильтровых колонн и других материалов, оставляемых в скважинах при бурении на воду и для проведения стационарных наблюдений;

- приобретением лесорубочного билета; возмещением материального ущерба, связанного с вырубкой леса при проведении изысканий;

- возмещением землепользователям материального ущерба, причиненного в связи с потравами *и* проведением изысканий на их земельных участках;

- оплатой услуг сторонних организаций, необходимых для производства изысканий.

Расходы по организации и ликвидации работ на объекте определяются н размере 6 % от сметной стоимости полевых изыскательских работ, с учетом коэффициентов на работы, проводимые в высокогорных районах и неблагоприятный период года (пункты а, б, в, г), включая расходы по внутреннему транспорту, определяемые по табл. 7.4 (за исключением расходов, предусмотренных примечанием I 1абд 7.4), а также расходы по содержанию баз и радиостанций, монтажу, демонтажу и содержанию изыскательского оборудования, определяемые по таблицам 100 и 101 [8].

Таблица 7.7

Примечания:

1. К размерам расходов по организации и ликвидации работ, применяются следующие коэффициенты: 2,5 - для изысканий со сметной стоимостью до 2 тыс. руб. или при изысканиях (независимо от их стоимости), выполняемых в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, а также в малонаселенных (необжитых) районах (высокогорных. пустынных, таежных и тундровых); 2,0 - для изысканий со сметной стоимостью свыше 2 до 5 тыс. руб.; 1,5 - то же, свыше 5 до 10 тыс. руб.

2. При выполнении полевых изысканий на объекте непрерывно свыше одного года к размерам расходов по организации и ликвидации работ должны применяться коэффициенты, приведенные в табл. 7.6.

Таблица 7.6

Коэффициенты, применяемые в расчете расходов при выполнении работ свыше 1 года

Номер п/п	Продолжительность полевых изысканий, мес.	Коэффициент
1	Св. 12 до 16	0,8
2	- » - 16 - » - 20	0,7
3	- » - 20 - » - 24	0,6
4	Св. 24	0,5

При проведении полевых работ без выплаты работникам командировочных или полевого довольствия к ценам на эти работы должен применяться коэффициент 0,85.

При выполнении камеральной обработки материалов изысканий и производстве лабораторных работ в экспедиционных условиях (с выплатой полевого довольствия или командировочных расходов) к ценам на эти работы применяется коэффициент 1,15.

При применении к ценам (стоимости) нескольких установленных Справочником коэффициентов, последние перемножаются (за исключением коэффициентов подпунктов «д» и «е»).

В смете, прилагаемой к договору, предусматриваются дополнительные расходы на работы и услуги, определяемые по фактическим затратам (прейскурантам, тарифам, счетам и др.), а также непредвиденные расходы, связанные с

тампонированием скважин, строительством временных зданий и сооружений (основания для палаток, переезды через кюветы и канавы, устройство лестниц на крутых склонах, навесы, уборные дворовые, причалы для лодок и катеров и т. п.), в размере не менее 10 % от сметной стоимости изыскательских работ.

Цены настоящего Справочника, как отмечалось ранее приведены к среднему уровню затрат по состоянию на 01.01.91 г. Приведение базовой стоимости инженерных изысканий к уровню цен текущею периода осуществляется применением к этой стоимости инфляционного индекса, определяемого в установленном порядке.

К расходам, определяемым по фактическим затратам инфляционный индекс не применяется. Расходы, определяемые в ценах текущего периода, включаются в отдельную смету.

7.2. Пример составления сметы на инженерно-геологические изыскания. Основные экономические показатели

Расчет сметной стоимости на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания выполняется на основе Справочника базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства [8] и др. нормативно-справочной документации.

Примеры сметы приведен на инженерно-геологические изыскания для строительства 16-этажного и двух 9-этажных домов в микрорайоне «Кристалл» Кировского административного округа г. Омска. Стадия проектирования: рабочий проект 2005 г. (табл. 7.7) и на инженерно-геологические изыскания для строительства 19-этажного жилого дома в г. Екатеринбурге на стадии рабочего проекта в 2020 г (табл.7.8).

Таблица 7.7

Сводный расчет сметной стоимости

Номер п/п	Виды работ	Объем работ	Номер табл., § сборн. цен	Цена, руб.	Поправ, коэф.	Полная сметная стоимость, Руб.
1	2	3	4	5	**6**	7
Раздел 1. Буровые и горнопроходческие работы						
1	Топографо-геодезические работы, км	1,5	П.4, т.94	81,4	-	122,1
2	Колонковое бурение скважин диаметром до 160 мм до 20 м в породах, м: I категории II категории III категории IV категории	5,4 194,0 66,6 56,0	Т. 17 § 1 прим. § 1 прим. § 1 прим. § 1 прим.	36 38,4 42,6 44	0,9 0,9 0,9 0,9	175,0 6704,6 2553,4 2217,6
3	Г идрогеологические наблюдения при колонковом бурении скважин диаметром до 160 мм глубиной до 20 м	322	т. 18, § 1, прим.8	1,6	0,6	309.1
4	Крепление скважин при колон-ковом бурении диаметром до 160 мм	256	Т. 18, §4	2,1	-	537,6
5	Отбор монолитов из скважин: с глубины до 10 м глубины свыше 10 до 20 м	50 30	Т. 57 § 1 §2	22,9 30,6		1145 918
Итого по разделу 1		**14682,4**	ОУ, т.2		**0,85**	**14682,4**
Раздел 2.		*Полевые исследования грунтов*				
6	Измерение УЭС грунта 2 категория	14	Т. 282 (Сб. цен 1982) § 1	1,2	1.5	25,2
7	Измерение разности потенциалов 2 категория	14	Т. 283 (Сб. цен 1982) § 1	2	1,21	33,9
8	Статическое зондирование грунтов на глубину Свыше 1 5 до 20 м	18	Т. 45 _____ §6	172,5		3105
Раздел 2. Испытания натуральными сваями						
9	Анкеровка упорной конструкции	576	Т. 21. § 1	8.4	0,5	2419,2
10	Испытание грунтов статистической вдавливающей нагрузкой на сваи бОкН глинистые грунты	9	Т. 51 § 1	897		8073
						136563
итого по разделу ***2***			ОУ, т.2		**0,85**	**11607,9**
Всего по разделам полевых работ			-			**24087,9**
	Внутренний транспорт	24087.9	ОУ. п. 8		13,75 %	3312,1

Продолжение табл. 7.7

1	2	3	4	5	6	7
	Организация и ликвидация работ	27400	ОУ, п. 13		6%	1644
Итого с учетом районного коэффициента		**29044**	ОУ, т. 3		**1,08**	**31367,5**
Раздел 3. Лабораторные работы						
11	Консистенция грунта при нарушенной структуре	20	т. 63,§ 3	18,2	-	364
12	Консистенция грунта при ненарушенной структуре	80	Т. 63, § 4	20,2	-	1616
13	Плотность грунта	80	Т. 63, § 3	5,7	-	456
14	Влажность песка	10	Т. 64, § 1	1,9	-	19
15	Грансостав ситовым методом	10	Т. 64,§ 8	9,1	-	91
16	Консолидированный срез грунта с нагрузкой до 0,6 МПа	60	Т. 63,§ 13	(114,4-49,5)		3894
17	Компрессионные испытания по одной ветви с нагрузкой до 0,6 МПа	20	Т. 63, § 17	(101,9-49,5)		1048
18	Анализ водной вытяжки	9	Т. 71, § 11	48,8	-	439,2
19	Коррозионная агрессивность грунтов к стали	12	т. 75, § 4	18,2	-	218,4
20	Агрессивность грунтов к бетону и железобетону	18	Т. 75, § 5	25,0	-	450
21	Коррозионная агрессивность грунтов к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля	12	Т. 75.§ 3	20,5	-	246
22	Стандартный анализ воды	9	Т. 73, § 2	67,3	-	605,7
Итого по разделу 3						**94473**
Итого с учетом районного коэффициента		**94473**	ОУ, т. 3		**1,08**	**10203,1**
Раздел 4. Камеральные работы						
23	Сбор, изучение и систематизация материалов изысканий прошлых лет по цифровым показателям II категории сложности	30	Т. 78, § 2	3,6	0,9	97,2
24	Камеральная обработка результатов буровых работ с гидрогеологическими наблюдениями 11 категории сложности	322	Т. 82, § 2	9,3	-	2994,6
25	Камеральная обработка результатов испытаний грунтов статистическим зондированием на глубину до 20 м	18	Т. 83. § 2	38,3	-	**689,4**
26	Камеральная обработка результатов измерений разности потенциалов	14	Т. 293	0,27 · 1,21 · 0,85		3.9

1	2	3	4	5	6	7
	Камеральная обработка результатов измерений УЭС	14	Т. 293	0,51/10 · 1,21 · 0,85		**1**
	Камеральная обработка лабораторных исследований		Т. 86			
27	глинистых грунтов	7378	§ 1	20%		1475,6
	песчаных грунтов	110	§2	15 %		16,5
	химсостава грунтов	439,2	§4	12%		16,7
	коррозионной агрессивности	914,4	§8	15%		137,2
	химсостава воды	605,7	§5	15 %		90,9
28	Камеральная обработка результатов испытаний грунта натурной сваей	9	Т. 83	104,2	-	937,8
Итого:						**6460,8**
	Составление технического отчета	6460,8	Т. 87,§ 1-4	21 %		1356,8
29	Составление программы	1	Т. 81, § 9	1400	-	1400
Итого с учетом районного коэффициента		**9217,6**			**1,08**	**9955**
Всего по раздела.м						**51525,6**
	Регистрация (оформление разрешения)		Т. 98, § 1			210
	Всего по разделам с учетом инфляционного индекса	51735,6			18,47	955556,5 V
	НДС			18%		172000,2
	Договорная стоимость работ, руб.					1127556,7

Таблица 7.8

Смета на проектируемые (изыскательские работы)

№ п/п	Виды работ	Объем работ	№ табл., § сборн. цен	Единич. сметная расценка	Поправ коэф.	Полная сметная стоимость ,руб
1	2	3	4	5	6	7
(Районный коэфф. г.Екатеринбург 1,15) – К=1,08 к итогу сметных изысканий - т.3§2; К= 50,07 инфляционный коэффициент (Письмо Минстроя России № 5414-ИФ/09 от 19.02.2020)						
Раздел 1. Буровые работы						
1	*Колонковое бурение скважин диаметром до 160мм*					*17 512,07*
	I	130	т.17 §1	36	0,55	2574
	II	7,8	т.17 §1	38,4	0,55	164,736
	III	195	т.17 §1	42,6	0,65	5399,55

№ п/п	Виды работ	Объем работ	№ табл., § сборн. цен	Единич. сметная расценка	Поправ коэф.	Полная сметная стоимость ,руб
1	2	3	4	5	6	7
	IV	161,2	т.17 §2	41	0,65	4295,98
	V	156	т.17 §2	43,4	0,75	5077,8
2	*Отбор монолитов и проб из скважин*					*1 087,50*
	Отбор монолитов связных грунтов	24	т.57 §1	22,9		549,60
	Отбор проб скальных грунтов	9	т.57 §2	30,6		275,40
	Отбор образцов нарушенной структуры	9	т.57 §1	22,9		206,10
	Отбор проб воды	3	т.60 §9	18,8		56,40
3	*Плановая и высотная привязка скв., I кат.сложности*	26	т.93 §1	6,2		*161,20*
Итого по разделу 1						**18 760,77**
Раздел 2. Полевые исследования грунтов						
4	Статическое зондирование	14	т . 45§ 5	128,3		1 796,20
5	Прессиометрические испытания	6	т . 50 §1	7,4		44,40
Итого по разделу 2						**1 840,60**
Итого по разделу полевых работ						**20 601,37**
Раздел 3. Лабораторные работы						
6	Полный комплекс исследований физико-механических свойств дисперсных грунтов	24	т . 63§ 25	193	-	4 632,00

№ п/п	Виды работ	Объем работ	№ табл., § сборн. цен	Единич. сметная расценка	Поправ коэф.	Полная сметная стоимость ,руб
1	2	3	4	5	6	7
7	Полный комплекс определений физических свойств и механической прочности скальных грунтов	9	т . 63§ 8	47,1	-	423,90
8	Определение влажности грунтов	33	т . 62§ 1	4	-	132,00
9	Гранулометрический анализ грунтов	6	т . 62§ 21	19,6	-	117,60
10	Коррозионная агрессивность грунта к свинцу и алюминию	3	т . 75§ 3	20,5	-	61,50
11	Коррозионная агрессивность грунта к стали	3	т . 75§ 4	18,2	-	54,60
12	Коррозионная агрессивность грунта к бетону	3	т . 75§ 5	25,4	-	76,20
13	Коррозионная агрессивность грунтовых вод к бетону	3	т . 71§ 5	25,4	-	76,20
14	Стандартный химический анализ воды	3	т . 73§ 1	96,2	-	288,60
Итого по разделу 3						**5 862,60**
Раздел 4. Камеральные работы						
15	Сбор и изучение материалов прошлых лет	150	т . 78§ 2	3,6	-	540,00
16	Камеральная обработка материалов буровых работ	650	т . 82§ 1	7,0	-	4 550,00

№ п/п	Виды работ	Объем работ	№ табл., § сборн. цен	Единич. сметная расценка	Поправ коэф.	Полная сметная стоимость ,руб
1	2	3	4	5	6	7
17	Камеральная обработка лабораторных работ	0,2	т . 86§ 1	5862,6	-	1 172,52
18	Обработка статического зондирования	14	т . 83§ 3	48,2	-	674,80
19	Обработка прессиометрических испытаний	6	т . 83§ 7	104,2	-	625,20
20	Составление отчета	0,21	т . 87§ 1	7562,52	1,25	1 985,16
21	Составление программы работ	1	т . 81§ 3	800	0,5	400,00
Итого по разделу 4						**9 947,68**
	Раздел 5. Прочие затраты					
22	Расходы на внутренний транспорт	0,0875	т. 4, §2	20 601,37		**1 802,62**
23	Расходы по организации и ликвидации работ	0,06	Общие указания, § 13	54 437,84		**2 472,16**
Итого по разделу 5						**4 274,78**
	ИТОГО ПО РАЗДЕЛАМ					**40 686,43**
24	С учетом районного коэффициента				1,08	43 941,35
25	С учетом К индексации				50,07	**2 200 143,17**
	НДС 20%					440 028,63
	Всего по смете с НДС					2 640 171,80

Следует отметить, что коэффициент, учитывающий инфляцию, изменяется каждый квартал (в 2020 г. его значение составляет более 50), а НДС в 2020 году равен – 20%.

Основные экономические показатели по объекту работ представлены в табл. 7.9.

Таблица 7.9.

Номер п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	2	3
1	Объем работ, выполняемый собственными силами (без НДС), руб.	
2	Численность трудящихся, чел	
3	Производительность труда, руб./чел	
4	Фонд оплаты труда (ФОТ), руб.	
5	Среднемесячная заработная плата, руб./мес.	
6	Прибыль от реализации продукции, руб.	
7	Рентабельность работ, %	

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геологические изыскания для строительства СП 11-105-97. Часть I. Общие правила производства работ.Издание официальное. Государственный комитет РФ по жилищной и строительной политике (Госстрой России) М., 1997.
2. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геологические изыскания для строительства СП 11-105-97. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Государственный комитет РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России) М.. 2000.
3. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. Государственный комитет РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу. М.. 2000.
4. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-экологические изыскания для строительства СП 11-102-97. Издание официальное. Государственный комитет РФ по жилищной и строительной политике (Госстрой России) М., 1997.
5. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геологические изыскания для строительства СП 11-105-97. Часть V. Правила производства работ в районах с особыми природно-технологичными условиями. Государственный комитет РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России) М., 2003.
6. Единые нормы времени и расценки на изыскательские работы. Часть I. Инженерно-геодезические изыскания М. Стройиздат, 1980.
7. Единые нормы времени и расценки на изыскательские работы. Часть II. Инженерно-геологические изыскания. М,, Стройиздат, 1983.
8. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства. Государственный комитет РФ по жилищной и строительной политике (Госстрой России) М., 1999.
9. Сборник цен на проектные и изыскательские работы для строительства. Часть I Госстрой СССР. М.. 1982.

Учебное издание

Жуков Виктор Глебович

ЭКОНОМИКА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Методическое руководство
по выполнению курсового проекта и ВКРИ
для студентов специальности
21.05.02 Прикладная геология
Специализация №2 - «Поиски и разведка подземных вод
и инженерно-геологические изыскания» (ГИГ)

3-е изд,, стереотипное

Подписано в печать г.
Бумага писчая. Формат 60 х 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. 2,61. 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 ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.23 ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

специализация

Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

форма обучения: очная, заочная

Екатеринбург

Введение

Учебным планом специальности 21.05.02 «Прикладная геология» по дисциплине Б1.Б.1.15 «Общая геология» предусматривается написание контрольной работы на тему «Визуальное определение и описание минералов и горных пород в выданных контрольных образцах». Это – самостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

Задания контрольной работы, направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию ПК-1:

- готовностью использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией.

Студент должен уметь визуально определять и описывать минералы и горные породы и объяснять с какими эндогенными и экзогенными геологическими процессами связано их образование.

Порядок выполнения контрольной работы

Задания контрольной работы, направленные на оценку уровня знаний, умений, владений, формирующих компетенцию ПК-1.

Основные задачи выполняемой работы:

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2) выработка навыков самостоятельной работы;
3) оценка уровня подготовленности студента к будущей практической работе.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

Контрольная работа № 1 по теме 3

Описать и определить название минералов в выданных контрольных образцах.

Контрольная работа № 2 по теме 5

Описать и определить название магматической горной породы в выданных контрольных образцах.

Контрольная работа № 3 по теме 6

Описать и определить название метаморфической горной породы в выданных контрольных образцах.

Контрольная работа № 4 по теме 12

Описать и определить название метаморфической горной породы в выданных контрольных образцах.

Каждый вариант контрольной работы составлен из каменного материала в виде пяти образцов.

Критерии оценивания: Полнота (0-3 балла) и правильность описания минералов и горных пород (0-1 балла) ; использование методов определения физических свойств минералов и горных пород (0-1 балл)

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если работа соответствует всем критериям (5 баллов)

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если 4 балла

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если обучающийся набрал 3 балла

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если обучающийся набрал 0-2 балла

Оценка за каждую контрольную работу определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки контрольной работы	*Количество баллов*
полнота описания минералов и горных пород	0-3
правильность описания минералов и горных пород	0-1
использование методов определения физических свойств минералов и горных пород	0-1
Итого	0-5

5 баллов (90-100%) - оценка «отлично»
4 балла (70-89%) - оценка «хорошо»
3 балла (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-2 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно»

Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем.

Для осуществления текущего контроля знаний, умений, владений обучающихся используется комплект оценочных средств (приложение 1).

Порядок описания образцов минералов и горных пород

Часть 1. Минералы. Основная цель работы – определение минералов и их физических свойств. Исследование физических свойств выполняется в соответствии с рекомендациями, изложенными в методических указаниях по выполнению лабораторных работ. Вначале определяется форма и характер минеральных агрегатов, затем цвет, блеск и другие физические свойства. Полученные данные сводятся в таблицу описания минералов.

Название минерала, формула	Форма кристаллов или минераль-ных агрегатов	Физические свойства минералов						Приме-чание
		цвет	цвет черты	блеск	спай-ность	твер-дость	спец. св-ва	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Часть 2. Магматические горные породы

Порядок описания интрузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен и для

равно-, полнокристаллических по абсолютному размеру зерен).

3. Текстура.
4. Минералогический состав в процентах.
5. Характеристика каждого из минералов, входящих в состав породы (размер и форма зерен, цвет, спайность, излом, блеск).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
7. Эффузивный аналог.

Порядок описания эффузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен).
3. Текстура. Соотношение основной массы и вкрапленников в процентах.
4. Характеристика основной массы (цвет, особенности).
5. Характеристика вкрапленников (цвет, форма и размер зерен, спайность, блеск, излом, вторичные изменения).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
6. Глубинный (интрузивный) аналог.

Часть 3. Метаморфические горные породы.

Выполнение лабораторных работ проводится в определенной последовательности: вначале определяется текстура породы, позволяющая устанавливать тип метаморфизма; затем исследуются структурные особенности, по которым восстанавливают термодинамические условия проявлений метаморфизма (фации – для продуктов регионального метаморфизма), которые уточняются после диагностики минерального состава породы. По совокупности полученных сведений о метаморфической породе делаются выводы об исходной породе (эдукте). Описание пород ведется в следующей последовательности: цвет породы, текстура, структура, минеральный состав. По совокупности всех описанных признаков студент должен определять тип метаморфизма, фациальный уровень (Р-Т- условия), и при возможности предположить возможный состав эдукта.

Часть 4. Осадочные горные породы.

Правильное определение осадочных горных пород возможно только при полном учете всего комплекса внешних свойств. Подробно должны быть описаны текстура и структура породы, характер слоистости (в случае отсутствия последней это должно быть специально указано), наличие или отсутствие кавернозности и т. д. Необходимо устанавливать и указывать возможно точнее структуру породы со всеми ее особенностями, окраску, твердость, излом, удельный вес и другие признаки, точно определять состав породы. Не менее подробно, чем породу, следует описывать и все инородные включения в нее: органические остатки, конкреции, прожилки, различные выделения, выцветы, примазки и т. д. Полное описание дает возможность установить тип породы и способ ее образования, а тем самым и определить ее. При описании псефитов следует указывать состав, окраску, величину и характер окатанности обломков, состав и окраску цемента и соотношение в породе обломков и цемента. Описывая глину, необходимо указать следующие ее внешние признаки: цвет, причем подчеркнуть, в каком состоянии влажности описывается глина; пластичность (глина бывает жирная, пластичная, сухая и песчанистая); характер примесей, часто обусловливающих окраску; структуру; растительные остатки и окаменелости.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ Б1.Б.1.15 «ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Екатеринбург

Введение

Естественные науки – совокупность наук о природе. Природа – в широком смысле – все сущее, весь мир в многообразии его форм; объект естествознания. К естественным наукам относятся и география, и геология. **География –** система естественных – физико-географических и общественных – экономико-географических наук, изучающих географическую оболочку Земли, природные и производственно-территориальные комплексы и их компоненты. **Геология –** комплекс наук о составе, строении и истории развития земной коры и Земли (Советский энциклопедический словарь. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1979).

В школьных программах нет дисциплины «Геологии». Элементарные сведения о Земле как планете и ее внутреннем строении школьники получают на уроках «Географии» в 6 и 7 классах. Для изучения геологических вопросов рекомендуем самостоятельно читать учебники по геологии. В настоящее время выпущено огромное число самых различных учебников, учебных пособий, методических указаний по всем направлениям геологических наук. Любой желающий по своему усмотрению без особого труда может для себя их приобрести. Но следует помнить афоризм Козьмы Пруткова: «Никто не обнимет необъятного!» Нельзя школьникам сразу преподносить геологические знания в объеме читаемой в высшей школе, но знать основы геологии необходимо каждому грамотному человеку для того, чтобы понимать историю развития природы. Без этих знаний невозможно понять процесс формирования как прошлых, так и современных ландшафтов – важнейших составных частей географической оболочки Земли.

Для квалифицированного подхода к встрече с природными объектами рекомендуем иметь элементарные познания по геологии. Аннотации первоочередных лекций приведены в настоящих методических указаниях.

Геология – это наука о Земле, о ее свойствах и изменениях, происходящих на ней в настоящее время, а также совершавшихся во времена прошедшие. Геология – это история Земли, и эту историю она сама записывает. Она сама ведет свою автобиографию; ведет ее без перерыва почти от начала своего образования и до настоящего времени, записывая ее на своих каменных страницах, и человеку остается лишь научиться читать эту занимательную каменную летопись, научиться понимать эти каменные письмена, в которых буквами являются попадающиеся нам под ноги камешки, а чернилами – воды ручьев, рек и морей. Вначале мы должны научиться различать буквы – камни, потом должны постигнуть самый процесс чтения записей Земли, для этого должны изучать геологические процессы, и лишь после того, как мы хорошо освоимся с ними, мы можем приступить к чтению древних страниц этой летописи. В этой великой многотомной летописи Вселенной всякая летопись человека, будь то самый древний папирус, является лишь одной незначительной строчкой, помещенной в конце ее последней страницы. Читая эту великую автобиографию, мы уносимся в бесконечно отдаленные от нас, неизмеримые даже тысячелетиями, времена. Эти далекие времена отдалены от нас во времени так, как отдалены от нас в пространстве далекие, загадочно мерцающие звезды.

Но где и как можно научиться читать эту великую летопись Земли? Где и как надо изучать геологию? Везде и всюду – в каждом овраге, в каждой речке, в любом карьере можно наблюдать результаты геологических процессов. Для изучения геологических процессов необходимо принимать участие в геологических экскурсиях, проходящих по геологическим объектам, доступными непосредственно нашему наблюдению.

1. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

1.1. НАУКА О ЗЕМЛЕ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Два греческих слова "гео" — Земля и "логос – учение позволяют трактовать термин "геология" как науку о Земле. Однако в наше время ограничиться таким простым толкованием уже нельзя, поскольку этот термин объединяет в себе целый комплекс самостоятельных направлений, как фундаментальных, так и прикладных.

Под ***фундаментальными*** обычно понимают те направления, которые разрабатывают понятия, открывают явления, закономерности, свойства, определяющие развитие геологии как науки. Фундаментальность не следует отождествлять с теоретическими разработками. К фундаментальным геологическим наукам могут быть отнесены следующие дисциплины: геохимия, минералогия, петрография, геотектоника, общая геология и историческая геология. Названные дисциплины занимаются различными уровнями организации вещества Земли в пространстве и во времени. Именно это обстоятельство в основном и определяет фундаментальность каждого из названных направлений. Все они теснейшим образом связаны между собой.

К ***прикладным направлениям*** принято относить те, которые непосредственно работают на производство: создают приёмы, методы, технологию геологических исследований, связанных в первую очередь, с поисками и разведкой полезных ископаемых, а также охраной и рациональной эксплуатацией земных недр. Их в современной геологии значительно больше, чем фундаментальных. Назовём лишь несколько: региональная геология, структурная геология, геологическое картирование, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, инженерная геология.

1.2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

Объектом общей геологии является Земля в целом: её возникновение как планеты, формирование внутренних и внешних оболочек, их функционирование и взаимодействие. Иными словами, речь идёт об изучении Земли как геологической системы.

Предметом непосредственного изучения геологии служат минералы, горные породы, ископаемые органические остатки и современные геологические процессы.

В основе научного познания геологической истории Земли, реконструкции процессов и обстановок прошлого лежит ***метод актуализма.*** При использовании этого метода к пониманию прошлого идут от изучения современных процессов, но с осознанием того, что в прошлом, особенно отдалённом от современности, и физико-географическая обстановка, и сами процессы отличались от современных тем больше, чем больше отдалена от нас прошлая геологическая эпоха.

1.3. ЗНАЧЕНИЕ ГЕОЛОГИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Огромное значение, которое имеет геология, может быть рассмотрено в двух аспектах - общенаучном и народнохозяйственном.

Общенаучное значение геологии заключается в её неоценимой роли в формировании материалистического понимания природы. Данные геологии играют важную роль в диалектико-материалистическом обосновании философских принципов, отражающих материальное единство мира и его развитие,

Практическое значение геологии заключается в обеспечении минерально-сырьевыми ресурсами различных отраслей хозяйства, в инженерно-геологическом обосновании строительства разнообразных гражданских и промышленных объектов, в решении питьевого и технического водоснабжения.

1.4. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИИ

Геология зародилась в глубокой древности. Задолго до новой эры человек научился выплавлять металлы, использовать минеральную воду. Издавна привлекали внимание человека и природные процессы. Однако временем возникновения геологии как науки принято считать вторую половину ХУШ в. – период зарождения и бурного развития горнодобывающей промышленности. В России основоположником обобщений геологических знаний стал М.В. Ломоносов (1711-1765), в Западной Европе - Д.Геттон (1726-1797) и А.Г.Вернер (1750-1817).

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ

2.1. ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

"Вселенная, весь мир, бесконечный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Вселенная существует объективно, независимо от сознания человека, её познающего. Вселенная содержит гигантское множество небесных тел, многие из которых по размерам превосходят Землю иногда во много миллионов раз (БСЭ, т.5, с. 1315). Доступная для изучения часть Вселенной называется ***Метагалактикой,*** включающей свыше миллиарда звёздных скоплений, или ***галактик*** (греч. "галактика" - молочный, млечный).

Наша ***Галактика Млечного Пути*** - типичная звездная система с массой около 10^{10} масс Солнца относится к типу спиральных и включает свыше 150 миллиардов звёзд. С Земли, расположенной внутри Галактики, Млечный Путь представляется в виде широкой белёсой полосы звезд, пересекающей небо. Период обращения Солнца и звёзд вокруг центра Млечного Пути 200 млн. лет. Возраст Галактики около 12 млрд. лет. Когда речь идёт о Солнечной системе, то имеется в виду Солнце и всё, что находится в поле его тяготения. К наиболее крупным телам этой системы относятся 9 планет, 34 их спутника, многочисленные кометы и астероиды. Согласно современным космогеническим представлениям Земля и другие планеты Солнечной системы образовались 4,6 млрд. лет назад почти одновременно с Солнцем.

Земля обращается вокруг Солнца по эллиптической орбите на среднем расстоянии 149,6 млн. км (144,117 млн. км в перигелии, 152,083 в афелии), период обращения 365,242 средних солнечных суток (год), скорость в среднем 29,765км\с (30,27км\с в перигелии, 29,27км\с в афелии). Период обращения Земли вокруг оси 23 час 56 мин 4,1 с (сутки).

Пожалуй, все согласны с тем, что исходным веществом для формирования Солнечной системы послужили межзвёздная пыль и газы, широко распространенные во Вселенной. Но каким образом в их составе оказался полный набор химических элементов таблицы Менделеева и что послужило толчком для начала конденсации газа и пыли в протосолнечную туманность остается дискуссионной проблемой. Следующая стадия образования Солнечной системы предусматривает распад протопланетного диска на отдельные планеты внутренней и внешней групп с поясом астероидов между ними. Промежуточной фазой было образование сонма твердых и довольно крупных, до сотен километров в диаметре, тел, именуемых планетезималями, последующее скопление и соударение которых и явилось процессом аккреции (наращивания) планеты. Этот процесс занял не более сотни миллионов лет, т.е. был с геологической точки зрения очень быстрым.

Важнейшее отличие Земли от других планет Солнечной системы - существование на ней жизни, появившейся 3-3,5 млрд. лет назад и достигшей с появлением человека (12 млн. лет назад) своей высшей формы.

2.2. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

Под фигурой, или формой Земли, понимают форму ее твердого тела, образованную поверхностью материков и дном морей и океанов. Форма планеты определяется ее вращением, соотношением сил притяжения и центробежной, плотностью вещества и его распределением в теле Земли. Геодезические измерения показали, что упрощенная форма Земли приближается к ***эллипсоиду вращения (сфероиду).*** В СССР в качестве эталона в 1946 году был принят эллипсоид Ф.Н.Красовского и его учеников (А.А.Изотов, и др.), основные параметры которого подтверждаются современными исследованиями и с орбитальных станций. По этим данным экваториальный радиус равен 6378,245 км, полярный радиус 6356,863 км, полярное сжатие 1/298,25.

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

В связи с расчлененностью рельефа (наличием высоких гор и глубоких впадин) действительная форма Земли является более сложной, чем трехосный эллипсоид. Наиболее высокая точка на Земле - гора Джомолунгма в Гималаях - достигает высоты 8848 м. Наибольшая глубина - 11 034 м - обнаружена в Марианской впадине. Таким образом, наибольшая амплитуда рельефа земной поверхности составляет немногим менее 20 км. Учитывая эти особенности, немецкий физик Листинг в 1873 г. фигуру Земли назвал геоидом, что дословно обозначает «землеподобный». **Геоид** — некоторая воображаемая уровневая поверхность, которая определяется тем, что направление силы тяжести к ней будет всегда перпендикулярно. Эта поверхность совпадает с уровнем воды в Мировом океане, который мысленно проводится под континентами. Это та поверхность, от которой проводится отсчет высот рельефа. Поверхность геоида приближается к поверхности трехосного эллипсоида, отклоняясь от него местами на величину 100-150 м (повышаясь на материках и понижаясь на океанах, что, по-видимому, связано с плотностными неоднородностями масс в Земле и появляющимися из-за этого аномалиями силы тяжести.

2.4. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Изучение внутреннего строения Земли производится различными методами. Геологические методы, основанные на изучении естественных обнажений горных пород, разрезов шахт и рудников, керна глубоких буровых скважин, дают возможность судить о строении приповерхностной части земной коры. Глубинное внутреннее строение Земли изучается главным образом геофизическими методами: сейсмическими, гравиметрическими, магнитометрическими и др. Одним из важнейших методов является сейсмический, основанный на изучении скорости распространения упругих волн, вызванных естественными и "искусственными" землетрясениями.

На основании скорости распространения сейсмических волн австралийский сейсмолог К. Буллен разделил Землю на ряд зон, дал им буквенные обозначения в определённых усреднённых интервалах глубин, которые используются с некоторыми уточнениями до настоящего времени.

Выделяются три главные области Земли:

Земная кора (слой А) - верхняя оболочка Земли, мощность которой изменяется от 6-7 км под глубокими частями океанов до 35- 40 км под равнинными платформенными территориями континентов, до 50 - 75км под горными сооружениями (наибольшие под Гималаями и Андами).

Мантия Земли распространяется до глубин 2900км. В её пределах по сейсмическим данным выделяются: верхняя мантия - слой В глубиной до 400км и С - до 800 - 1000км (некоторые исследователи слой С называют средней мантией); нижняя мантия - слой D до глубины 2900 с переходным слоем от 2700 до 2900км.

Ядро Земли подразделяется на внешнее ядро - слой Е в пределах глубин 2900 - 4980км; переходную оболочку - слой Г - от 4980 - 5120км; и внутреннее ядро - слой G до 6971 км.

Земная кора - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами. Она представляет собой наиболее активный слой твердой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли,

Мантия Земли является самым крупным элементом Земли - она занимает 83% ее объема и составляет около 66% ее массы.

Верхняя мантия характеризуется резким нарастанием скорости распространения сейсмических волн с глубиной. Выделяется два слоя: В (35-420 км), С (420-1000 км). Внутри слоя В, с глубин 80-100 км под материками и 50-70 км под океанами и до глубин 250-300 км, выделяется слой пониженной вязкости, который носит название *астеносферы.* Астеносфера выделяется по геофизическим данным как слой пониженной скорости, поперечных сейсмических волн и повышенной электропроводности. Повышенная вязкость астеносферы обусловлена, по-видимому, высокой температурой, приводящей, как полагают, к частичному выплавлению базальтовой магмы. Астеносфера играет важную роль в эндогенных процессах, протекающих в земной коре.

Земная кора вместе с твёрдой частью слоя Гутенберга образует единый жесткий слой, лежащий на астеносфере, который называется *литосферой.* По существу литосфера является своеобразной геосферой, отделённой от остальной части мантии активным поясом астеносферы.

Земная кора и верхняя мантия включая астеносферу, представляют собой *тектоносферу* - область Земли, где происходят тектонические явления.

3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

3.1.ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Под воздействием внутренних, или ***эндогеннных,*** и внешних, или ***экзогенных,*** сил земная кора испытывает постоянные изменения, которые называются ***геологическими процессами***. Соответственно различают эндогенные и экзогенные процессы.

Эндогенные процессы определяются глубинными источниками энергии. В результате на поверхности Земли образуются горные хребты и впадины, в земной коре возникают магматические очаги, происходят вулканические извержения, землетрясения. Эндогенные процессы характеризуются сложностью и большим разнообразием.

Экзогенные **процессы** развиваются на поверхности Земли за счёт энергии Солнца, и их интенсивность связана с активностью атмосферных явлений, геологической деятельностью поверхностных и подземных вод, озер, ледников, морей и океанов.

Сформировавшийся под воздействием эндогенных процессов рельеф молодых горных областей подвергается воздействию экзогенных сил, направленных на сглаживание,

выравнивание рельефа. Таким образом, эндогенные и экзогенные процессы развиваются одновременно, связанно и взаимно обусловленно.

К эндогенным процессам относятся тектонические движения, магматизм и метаморфизм.

3.2. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Совокупность тектонических движений и деформаций, под воздействием которых формируются геологические структуры, называется тектоническими процессами, или *тектогенезом.* Тектонические движения – механические перемещения масс горных пород различного масштаба, сопровождающиеся изменениями их залегания и строения, а также связанными с этими изменениями деформациями (дислокациями). Тектоническим движениям принадлежит ведущая роль в развитии всех геологических процессов, так как они обусловливают перераспределение и трансформацию внутренней энергии Земли, влияют на изменение давления, интенсификацию теплопотока и т.д.

Упрощенно в зависимости от интенсивности, преимущественной направленности и геологических результатов тектонические движения можно разделить на две основные группы - *колебательные и дислокационные.*

3.3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЗМА

Магматизмом называют явления, связанные с образованием, изменением состава и движением магмы из недр Земли к ее поверхности. Магма представляет собой природный высокотемпературный расплав, образующийся в виде отдельных очагов в литосфере и верхней мантии, главным образом в астеносфере. Подъем магмы и прорыв ее в вышележащие горизонты происходят вследствие инверсии плотностей, при которой внутри литосферы появляются очаги менее плотного, но мобильного расплава. Магматизм - это глубинный процесс, обусловленный тепловым и гравитационными полями Земли.

В зависимости от характера движения магмы различают магматизм интрузивный и эффузивный. При ***интрузивном магматизме*** (плутонизме) магма не достигает земной поверхности, а активно внедряется во вмещающие вышележащие породы, частично расплавляя их, и застывает в трещинах и полостях коры. При ***эффузивном магматизме*** (вулканизме) магма через подводящий канал достигает поверхности Земли, где образует вулканы различных типов, и застывает на поверхности. В обоих случаях при застывании расплава образуются магматические горные породы. Температуры магматических расплавов, находящихся внутри земной коры, судя по экспериментальным данным и результатам изучения минерального состава магматических пород, находятся в пределах 700-1100°С.

Измеренные температуры магм, излившихся на поверхность, в большинстве случаев колеблются в интервале 900-1100°С, изредка достигая 1350°С. Более высокая температура наземных расплавов обусловлена тем, что в них протекают процессы окисления под воздействием атмосферного кислорода. На больших глубинах в магме в растворенном состоянии присутствуют летучие компоненты - пары воды и газов (H_2O, H_2, CO_2, HCl и др.). В условиях высоких давлений их содержание может достигать 12%. Они являются химически очень активными подвижными веществами и удерживаются в магме только благодаря высокому внешнему давлению.

3.4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЗМА

Метаморфизм - преобразование горных пород под действием эндогенных процессов, вызывающих изменение физико-химических условий в земной коре. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и

ранее образовавшиеся метаморфические. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать ***изохимически,*** т. е. без изменения химического состава метаморфизуемой породы, и ***метасоматически,*** т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизуемой породы за счет привноса и выноса вещества. Изменение структуры и текстуры пород обычно происходит в процессе перекристаллизации вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы.

Метаморфизм представляет собой сложное физико-химическое явление, обусловленное комплексным воздействием температуры, давления и химически активных веществ.

3.5. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Экзогенные геологические процессы в отличие от эндогенных протекают в самых верхних слоях земной коры на её границе с внешними геосферами Земли. Их энергетической основой является энергия солнечной радиации и сил гравитации. Экзогенные процессы протекают при нормальных значениях температуры и давления с поглощением тепла и направлены на дифференциацию вещества земной коры. Выделяют четыре группы (стадии) экзогенных геологических процессов: выветривание, денудацию, аккумуляцию, диагенез.

Выветривание (нем. "веттер" - погода) представляет собой процесс глубокого изменения магматических, метаморфических и осадочных горных пород и минералов, оказавшихся неустойчивыми в условиях земной поверхности. Изменение физического и химического состояния первичных минералов и горных пород происходит в месте их залегания в результате физического, химического и биологического воздействия воды, углекислого газа, различных минеральных и органических кислот, живых организмов, а также непосредственного воздействия солнечной радиации.

Денудация (лат. "денудацио" - обнажение) - это совокупность процессов удаления (сноса и переноса) продуктов выветривания с места их образования и непосредственного разрушения горных пород агентами денудации (силы гравитации, воды континентов, морей и океанов, ветер, ледники). Перемещая материал с возвышенностей в пониженные участки рельефа, денудационные процессы приводят к разрушению земной поверхности и образованию выровненных форм рельефа.

Аккумуляция (осадконакопление) - геологические процессы, в результате которых рыхлые продукты разрушения первичных горных пород накапливаются в понижениях рельефа: в речных долинах, озёрах, болотах, морях и океанах.

Диагенез (перерождение) представляет собой сложный процесс преобразования продуктов экзогенной деятельности (осадков) в осадочные горные породы под влиянием гравитационных сил и изменения физико-химических условий в приповерхностной части земной коры.

Все экзогенные геологические процессы тесно взаимосвязаны. Благодаря выветриванию происходит подготовка материала для денудации, а сами продукты выветривания, оставшиеся на месте, являются материалом для образования новых горных пород.

Основными результатами экзогенных геологических процессов являются изменения вещественного состава верхней части земной коры, дифференциация вещества по физическим и химическим свойствам, создание толщ осадочных горных пород и форм рельефа земной поверхности. Благодаря экзогенным процессам формируются почвы и полезные ископаемые. Около 60% мировой добычи полезных ископаемых связано с продуктами экзогенной деятельности.

Вместе с тем разрушения берегов рек, озёр и морей, обвалы, оползни, снежные лавины, размыв и разрушение склонов, рост оврагов и заболачивание территорий - это также результаты деятельности экзогенных геологических процессов

4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земную кору — верхнюю твердую оболочку Земли - слагают горные породы (магматические, осадочные и метаморфические), состоящие из определенного сочетания минералов, в состав которых входят различные химические элементы. Изучая такую иерархию: химические элементы – минералы – горные породы, можно судить о строении земной коры в различных структурных зонах.

4.1. МИНЕРАЛЫ

Подавляющие большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы). Химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами, называются ***минералами.*** Установлено, что в земной коре содержится около 4000 минералов.

Любой минерал обладает вполне определённым химическим составом и вполне определённой кристаллической структурой, т.е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (молекул, атомов, ионов). В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обуславливают все физические свойства, такие, как цвет, блеск, твёрдость и т.д.

4.2. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горными породами называются устойчивые парагенетические ассоциации минералов, возникающие в результате определённых геологических процессов и образующие геологически самостоятельные тела в земной коре. Науки, изучающие горные породы, - петрография, литология, астрофизика и физика горных пород.

Традиционно под горными породами подразумеваются только твёрдые тела, в широком применении к горным породам относят также воду, нефть и природные газы.

Горные породы могут слагаться как одним минералом, так и их комплексом. Минералы, входящие в состав горной породы и определяющие её состав и свойства, называются ***породообразующими***

Если горные породы состоят из одного минерала (кварцит, известняк, каменная соль), они называются ***мономинеральными,*** если же из нескольких ***-полиминеральными*** (гравий, глина).

Все горные породы обладают комплексом морфологических особенностей, которые объединяют в понятия структура и текстура. Наряду с химическим и минеральным составом структура и текстура являются важнейшими диагностическими признаками горных пород.

По происхождению горные породы делятся на три класса: осадочные, магматические и метаморфические.

Осадочные горные породы образуются только на поверхности земной коры при разрушении_любых, ранее существовавших горных пород, в результате жизнедеятельности и отмирания организмов и выпадения осадков из пересыщенных растворов.

Магматические горные породы возникают путём кристаллизации природных силикатных расплавов внутри земной коры или на её поверхности.

Метаморфические горные породы возникают путем коренного преобразования магматических, осадочных и ранее существовавших метаморфических пород под влиянием высоких температур, давления и химически активных растворов.

5. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Строение земной коры рассматривается отдельно по той причине, что эта геосфера является основным объектом геологии и средой горного производства.

Земная кора - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами и имеющая мощностьот 7 до 75 км. Она представляет собой наиболее активный слой твёрдой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли.

Выделяют два главных типа земной коры: континентальную и океаническую.

Мощность ***континентальной*** коры в зависимости от тектонических условий меняется в среднем от 25-45 . (на платформах) до 45-75 км (в областях горообразования), однако в пределах каждой геоструктурной области она не остаётся строго постоянной. В континентальной коре различают осадочный, гранитный и базальтовый слои.

Мощность осадочного слоя достигает 20 км , но распространён он не повсеместно. Названия гранитного и базальтового слоев условны и исторически связаны с выделением разделяющей их границы Конрада, хотя последующие исследования показали некоторую сомнительность этой границы.

Основное отличие ***океанической*** коры от континентальной - отсутствие гранитного слоя, существенно меньшая мощность (2-10 км), более молодой возраст (юра, мел, кайнозой), большая латеральная однородность. Океаническая кора состоит из трёх слоев. Первый слой, или осадочный, характеризуется широким диапазоном скоростей и мощностью до 2 км. Второй слой, или акустический фундамент, имеет среднюю мощность 1,2-1,8 км. Глубоководным бурением установлено, что этот слой сложен сильно трещиноватыми и брекчированными базальтами, которые с увеличением возраста океанической коры становятся более консолидированными. Третий слой сложен породами в основном габброидного состава.

Кроме двух главных типов земной коры выделяется кора переходного типа - субконтинентальная в островных дугах и субокеаническая на континентальных окраинах.

Участки земной коры, различающиеся типом геологического строения, называются ***структурными элементами.*** *С* точки зрения закономерностей пространственного строения земной коры океаны и континенты - это ***структуры*** **I** (планетарного) порядка . В пределах структурных элементов I порядка по особенностям геологического строения и развития выделяются структуры П порядка: на материках - платформы и геосинклинальные пояса, на океанической коре - талассократоны и срединно -океанические хребты.

6. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ. ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Геология - наука естественно-историческая, и поэтому особо важное значение имеет ее раздел, посвященный изучению развития геологических событий по времени. Задачи исторической геологии - восстановление физико-географических обстановок накопления осадков в различные эпохи, последовательности формирования пород и их распределения по относительному возрасту, изучение истории развития органического мира от древнейших эпох до настоящего времени.

6.1. ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛЫ

В геологии как в никакой другой науке важна последовательность установления событий, их хронологии, основанной на естественной периодизации геологической истории. Геологическая хронология, или геохронология, основана на выяснении геологической истории наиболее хорошо изученных регионов. На основе широких обобщений, сопоставления геологической истории различных регионов Земли, закономерностей эволюции органического мира в конце прошлого века на первых международных геологических конгрессах была выработана и принята Международная геохронологическая шкала, отражающая последовательность подразделений времени, в течение которых формировались определённые комплексы отложений, и эволюцию органического мира. Таким образом, Международная геохронологическая шкала - это естественная периодизация истории Земли.

Среди геохронологических подразделений выделяются: зон, эра, период, эпоха, век, время. Каждому геохронологическому подразделению отвечает комплекс отложений, выделенный в соответствии с изменением органического мира и называемый стратиграфическим: эонотема, группа, система, отдел, ярус, зона. Таким образом существует две шкалы - геохронологическая и стратиграфическая. Первую мы используем, когда говорим об относительном времени в истории Земли, а вторую, когда имеем дело с отложениями. В настоящее время выделяют три наиболее крупных стратиграфических подразделения - эонотемы: архейскую, протерозойскую и фанерозойскую.

6.2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Представления о закономерностях формирования земной коры развивались на протяжении длительного времени по мере накопления фактического материала, совершенствования геологических и геофизических методов исследований. Особое значение на современном этапе развития теоретической геологии имеют данные, полученные при изучении обширных океанических территорий, и результаты космических исследований.

Гипотезы горизонтального дрейфа континентов

Механизм горизонтального перемещения континентальных глыб был разработан в 1929г. американским учёным А.Холмсом. Его гипотеза подкоровых течений предполагает существование в мантии (субстрате) медленных конвективных потоков, обусловленных различным накоплением тепла под континентами и океанами. Восходящие конвективные потоки приводят к разрыву коры, раздвиганию блоков и образованию молодого океанического дна. В районах нисходящих потоков, наоборот, блоки сталкиваются, сминаются, образуя системы надвигов, шарьяжей, а глубинные слои коры даже вовлекаются в мантию, переходя в глубинные аналоги базальтов - эклогиты.

Можно отметить, что с разработкой гипотезы А.Холмса идеи мобилизма получили новый импульс, обусловивший их широкую популярность и в наши дни. Кроме того, в последние годы при изучении строения дна океанов получены новые данные, которые также используются для подтверждения возможности горизонтального дрейфа. Эти данные послужили основой гипотезы новой глобальной тектоники, или тектоники плит. Гипотеза разработана американскими учёными Г.Хессом и Р.Дицем. Значительный вклад в её развитие внесли зарубежные и советские геологи.

Основные идеи, положенные в основу гипотезы тектоники плит, связаны с открытием зон формирования молодой океанической коры в зонах рифтообразования и зон поглощения коры у глубоководных желобов.

По мнению авторов гипотезы, в зонах рифтообразования происходит "раздвигание" плит литосферы с образованием молодой океанической коры в центральной рифтовой зоне. Это явление называется ***спредингом*** океанического дна, характеризуется прерывистостью, сопровождается внедрениями мантийного вещества из астеносферы и разрывами маломощных базальтов в рифтовой зоне. С этой активной зоной связаны проявления вулканизма, неглубокие зоны землетрясений и аномалии теплового потока.

Образование новой коры в зонах спрединга сопровождается поглощением блоков (плит) литосферы в других участках нашей планеты. По мнению авторов гипотезы, такими участками являются зоны глубоководных океанических желобов, в которых происходит прерывистое поддвигание одной плиты литосферы под другую. Это явление называется ***субдукцией,*** сопровождается кратковременным выделением значительной механической энергии в виде землетрясений, проявлений вулканизма. Длительное поддвигание океанической коры под континентальную приводит к деформации окраинного моря, смещению островной дуги к континенту и складкообразованию. При этом поддвигание может смениться развитием обширных надвигов океанической коры - ***обдукцией***. Другим путём образования орогенных зон, по мнению авторов гипотезы, является столкновение - ***коллизия*** континентов.

Движущие силы механизма перемещения блоков литосферы авторы гипотезы тектоники плит связывают с конвективным перемешиванием мантийного вещества, что близко к взглядам А.Холмса. Однако в отличие от положений гипотезы подкоровых течений, в соответствии с рассматриваемой гипотезой потоки мантийного вещества здесь замыкаются на уровне астеносферы.

Таким образом, в соответствии с гипотезой тектоники плит под действием потоков мантийного вещества происходят глобальные перемещения континентов, но не изолированно, как считал А.Вегенер, а в составе мощных плит литосферы. При таком горизонтальном перемещении плит в зонах спрединга происходит обновление коры, а в зонах субдукции - её поглощение и растворение в астеносфере.

По современным данным, литосфера состоит из семи крупных плит, ограниченных зонами спрединга, субдукции или смятия: Тихоокеанской, Евразиатской, Индийской, Африканской, Антарктической, Северо-Американской и Южно-Американской.

7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Важнейший раздел геологии, позволяющий решать обширные прикладные задачи, - учение о полезных ископаемых. Он включает в себя совокупность сведений о геологической позиции и закономерностях размещения месторождений различных полезных ископаемых, методику поисков и экономику минерального сырья, тесно соприкасается с технологий переработки руд и извлечения из них ценных компонентов.

Полезным ископаемым называют природное минеральное образование, которое используется в народном хозяйстве в естественном виде или после предварительной обработки (переработки) путем дробления, сортировки, обогащения для извлечения ценных металлов или минералов. По физическому состоянию полезные ископаемые бывают газообразными, жидкими и твердыми. К первым относятся горючие газы углеводородного состава и негорючие инертные газы, ко вторым - нефть, рассолы, вода, к третьим - большинство полезных ископаемых, которые применяются как химические элементы или их соединения, а также в виде кристаллов, минералов, горных пород. По промышленному использованию полезные ископаемые разделяются на

металлические, неметаллические, горючие или каустобиолиты, гидро-и газоминеральные.

Металлические полезные ископаемые служат для извлечения из них металлов и элементов: черных (железо, титан, хром, марганец и др.); легирующих (никель, кобальт, вольфрам, молибден и др.); цветных (алюминий, свинец, цинк, сурьма, ртуть и др.); благородных (золото, серебро, платина, палладий и др.); радиоактивных (уран, радий, торий и др.); редких и рассеянных (висмут, цирконий, ниобий, тантал, галлий, германий, кадмий, индий и др.); редкоземельных (лантан, церий, иттрий, прометий, самарий, лютеций и др.).

К *неметаллическим* полезным ископаемым принадлежат строительные горные породы (естественные строительные камни, пески, глины, сырье для каменного литья, стекол и керамики и др.), индустриальное (алмаз, графит, асбест, слюды, драгоценные и поделочные камни, пьезокристаллы, оптические минералы и др.), а также химическое и агрономическое сырье (сера, флюорит, барит, галит, калийные соли, апатит, фосфориты и др.).

Горючие ископаемые включают торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, озокерит, нефть, горючий газ. Они служат энергетическим и металлургическим топливом, а также сырьем для химической промышленности.

К ***газоминеральному*** сырью относятся негорючие инертные газы: гелий, неон, аргон, криптон и др.

Гидроминеральные полезные ископаемые разделяются на подземные воды питьевые, технические, бальнеологические или минеральные и нефтяные, содержащие ценные элементы (бром, йод, бор, радий и др.) в количестве, позволяющем извлекать их, а также рассолы (озерные рассолы, минеральные грязи, илы). Важным гидроминеральным сырьем являются воды морей и океанов, используемые для получения пресной воды и извлечения многих ценных элементов.

Рудой называется минеральное сырье, содержащее ценные полезные компоненты (металлы, их соединения, минералы) в количестве, достаточном для промышленного извлечения при современном состоянии экономики, техники и технологии. В зависимости от вида извлекаемого компонента выделяются руды металлические (железные, медные, свинцово-цинковые и т. д.) и неметаллические (серные, асбестовые, графитные, апатитовые и др.). По количеству компонентов руды различают монометалльные (мономинеральные), биметалльные (биминеральные) и полиметалльные (полиминеральные).

Месторождением **полезного ископаемого** называется его природное в виде геологических тел скопление в земной коре, которое по условиям залегания, количеству и качеству минерального сырья при данном состоянии экономики и техники может служить объектом промышленной разработки в настоящее время или в ближайшем будущем. К месторождениям полезных ископаемых промышленность предъявляет требования, определяемые технической возможностью и экономической целесообразностью их разработки.

Совокупность требований промышленности к минеральному сырью называется ***кондициями*** - они не являются постоянными и зависят от экономических условий и состояния техники и технологии добычи и переработки минерального сырья.

Площади распространения полезных ископаемых в порядке их уменьшения разделяются на провинции, области (пояса, бассейны), районы (узлы), поля, месторождения, тела.

Телом полезного ископаемого называют ограниченное со всех сторон скопление минерального вещества, которое приурочено к отдельным структурным элементам или их комбинациям.

7.2. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Являясь природными минеральными образованиями, все полезные ископаемые обладают определенным вещественным (минеральным и химическим) составом, строением

или структурно-текстурными особенностями, а также некоторым комплексом физических, физико-химических и технологических свойств. Все эти характеристики в общем случае обусловливают качество полезных ископаемых, которое имеет важнейшее значение для оценки месторождений с целью их промышленного использования.

Вещественный состав металлических и неметаллических руд определяется соотношением рудных, или ценных, и сопутствующих им нерудных, или жильных, минералов. В металлических рудах рудные минералы являются носителями ценных металлов, в неметаллических - минералы сами представляют практический интерес благодаря специфическим свойствам.

По составу преобладающей части минералов выделяются следующие типы руд:

самородные - самородные металлы и интерметаллические соединения - медь, золото, платина и др.;

сернистые **и им** подобные - сульфиды, арсениды и антимониды тяжелых металлов - меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, молибдена и др.;

оксидные - оксиды и гидроксиды железа, марганца, хрома, олова, урана, алюминия и др.;

карбонатные - карбонаты железа, марганца, магния, свинца, цинка, меди и др.;

сульфатные - сульфаты бария, стронция, кальция и др.;

фосфатные - *апатитовые и фосфоритовые неметаллические руды, а также фосфаты некоторых металлов и др.;*

силикатные - *сравнительно редкие руды железа, марганца, меди; широко распространенные неметаллические полезные ископаемые - слюды, асбест, тальк и др.;*

галоидные - *минеральные соли и флюорит и др.*

По вещественному составу, определяющему промышленную ценность и технологические свойства, полезные ископаемые разделяются на природные типы и промышленные сорта.

7.3. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В настоящее время известно несколько десятков генетических классификаций месторождений полезных ископаемых. Наиболее известной является классификация В.И.Смирнова.

Эндогенные месторождения, к числу которых относятся скопления полезных ископаемых, прямо или косвенно связанные с магматической деятельностью, подразделяют на: собственно магматические, пегматитовые и постмагматические.

Магматическими называются месторождения, образующиеся из жидких магматических расплавов в процессе их внедрения и раскристаллизации. При подъеме магматических расплавов в верхние горизонты земной коры и остывании происходит их дифференциация, с чем связана концентрация, а иногда и полное обособление рудных компонентов. Процессы образования магматических месторождений достаточно сложны. В одних случаях месторождения образуются в результате внедрения магмы, обогащенной рудными компонентами еще на глубине, в других - рудные концентрации возникают из магм при ее подъеме, в третьих - лишь на месте становления интрузива.

Главная особенность всех магматических месторождений - их связь с материнскими интрузивами, которые рассматриваются как вещественный или энергетический источник оруденения. Магматические месторождения разделяются на генетические подгруппы: ликвационные, раннемагматические и позднемагматические.

В группу ***экзогенных*** включаются скопления полезных ископаемых, которые образуются при экзогенных процессах в результате химической, биохимической и

механической дифференциации вещества земной коры. По способу накопления осадочного материала различают месторождения выветривания и осадочные.

К ***месторождениям выветривания*** относятся остаточные и инфильтрационные месторождения. ***Остаточные*** месторождения полезных ископаемых образуются при физическом и химическом выветривании горных пород, которое сопровождается гидролизом породообразующих минералов, растворением и выносом неустойчивых компонентов.

К **осадочным месторождениям** относятся аллювиальные и прибрежно-морские россыпи, химические и биохимические осадочные месторождения.

Метаморфизованными называют месторождения любого происхождения, испытавшие метаморфические преобразования одновременно с вмещающими породами. При этом процессы метаморфизма могут выражаться в изменении и преобразовании структур и текстур, изменении характера минерального состава руд, а также в переотложении рудного вещества, изменении формы рудных тел, рассланцевании и изменении состава вмещающих пород.

Под ***метаморфическими*** месторождениями понимают такие месторождения, которые возникли в результате метаморфизма горных пород, до того не содержащих промышленных рудных скоплений и не представляющих собой полезного ископаемого. К возникающим в процессе метаморфизма собственно метаморфическим месторождениям относятся месторождения высокоглиноземистого сырья (кианит, андалузит, силлиманит), графита, гранулированного кварца, слюды, амфибол-асбеста, корунда, наждака, граната, титана и др.

8. СИСТЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

Геологическое изучение недр в России производится последовательно и планомерно с тем, чтобы не только получить необходимую геологическую информацию о недрах, но и своевременно выявить промышленные и отбраковать непромышленные скопления полезных ископаемых. В общей системе геологического изучения недр можно выделить три крупных этапа. Этапы геологического изучения включают несколько последовательных стадий.

Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения.

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр прогнозирование полезных ископаемых.

Этап II. Поиски и оценка месторождений.

Стадия 2. Поисковые работы.

Стадия 3.Оценочные работы.

Этап III. Разведка и освоение месторождений.

Стадия 4. Разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

На каждой стадии геологического изучения недр осуществляется их геолого-промышленная оценка, заключающаяся в определении действительной или возможной значимости изучаемого участка земной коры, в котором содержатся или могут содержаться скопления полезной минерализации или же предполагается горное строительство. С этой целью исследуются состав и строение горных пород и полезного ископаемого, условия залегания, степень и характер тектонической нарушенности, гидрогеологические и инженерно-геологические характеристики месторождения, географо-экономические условия района и т. п.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Для более углубленного изучения отдельных разделов геологических дисциплин рекомендуем воспользоваться следующими методическими указаниями.

Часть 1. Минералы.

Часть 2. Магматические горные породы.

Часть 3. Метаморфические горные породы.

Часть 4. Осадочные горные породы.

Часть 5. Организация геологических экскурсий.

Часть 6. Художественная обработка камнесамоцветного сырья.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.О.23 «ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Екатеринбург

Практические занятия по курсам «Общая геология» и «Геология» представляют важную часть в общем цикле геологических дисциплин. Эти занятия дают студентам возможность познакомиться с главнейшими породообразующими минералами и наиболее распространенными горными породами, а также получить навыки работы с горным компасом.

Выполнение практических работ производится в три этапа. Вначале студенты знакомятся с основными породообразующими минералами и учатся распознавать их в составе горных пород. На втором этапе студенты получают навыки определения и описания магматических, метаморфических и осадочных горных пород. В завершение занятий студенты знакомятся с устройством горного компаса и получают представление о работе с ним.

Объем аудиторных практических занятий не достаточен для получения навыков по определению горных пород и минералов, поэтому студенты обязаны самостоятельно заниматься с коллекциями на кафедре в пределах часов, предусмотренных рабочими программами дисциплин.

В целях удобства работы на занятиях методические материалы скомпонованы в четыре самостоятельные брошюры:

Часть 1. Минералы
Часть 2. Магматические горные породы
Часть 3. Метаморфические горные породы
Часть 4. Осадочные горные породы

Часть 1

МИНЕРАЛЫ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МИНЕРАЛАХ

Подавляющее большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы).

Минералы – химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных геологических процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами.

Каждый минерал обладает вполне определенным химическим составом и вполне определенной кристаллической структурой, т. е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (атомов, ионов). Например, минерал галит (каменная соль) состоит из 39,4 % Na и 50,6 % Cl и имеет химическую формулу NaCl. Кристаллическая структура галита характеризуется поочередным расположением ионов Na^+ и Cl в углах кубов (рис. 1), где каждый ион хлора окружен шестью ионами натрия, и наоборот.

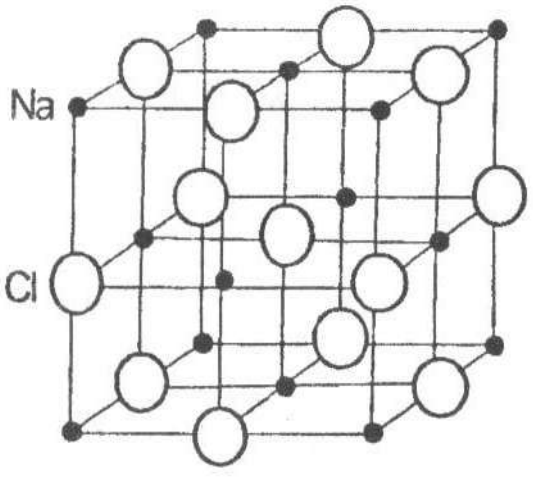


Рис. 1. Кристаллическая структура галита (NaCl)

В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обусловливают их физические свойства. Иногда минералы имеют неупорядоченные строения, когда атомы и ионы располагаются беспорядочно, хаотично. Минералы с таким строением называют аморфными.

Образование минералов является результатом различных геологических процессов. По способу образования (источнику энергии) минералы могут быть объединены в две группы.

1. Минералы эндогенного генезиса, образующиеся за счет внутренней энергии Земли. Возникают в результате кристаллизации магмы и связанных с ней горячих газовых и водных растворов (гидротерм) на различных глубинах, а также путем преобразования минералов в условиях больших давлений и температур.

2. Минералы экзогенного генезиса, образующиеся за счет внешней (солнечной) энергии. Источником минералообразования являются разнообразные горные породы, вступающие во взаимодействие с атмосферой, гидросферой и биотой, давая начало новым минералам.

Пути и способы образования минералов разнообразны. Они могут быть следствием: 1) кристаллизации огненно-жидкого силикатного расплава (магмы); 2) кристаллизации из горячих минерализованных растворов (гидротерм); 3) отложения кристаллического вещества из газообразных продуктов возгонов; 4) перекристаллизации минералов и горных пород; 5) образования новых минералов за счет разрушения ранее созданных.

1.1. Формы нахождения минералов

В природе минералы встречаются в виде отдельных хорошо образованных кристаллов либо в виде скоплений неправильной формы зерен (агрегатов).

1.1.1. Облик кристаллов

Среди минералов выделяют три группы, обладающие характерным обликом, или габитусом, кристаллов.

Изометричные – формы, имеющие близкие размеры во всех направлениях. Примером могут служить кубы пирита, галенита, октаэдры магнетита, ромбоэдры кальцита и др. (рис. 2).

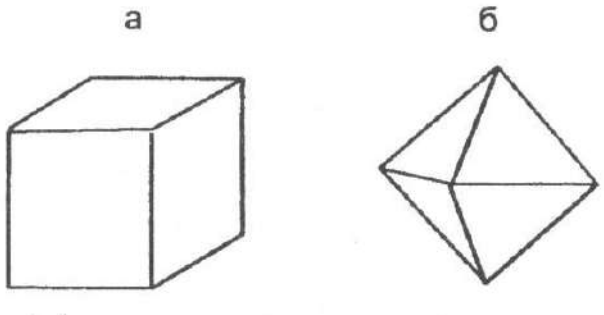


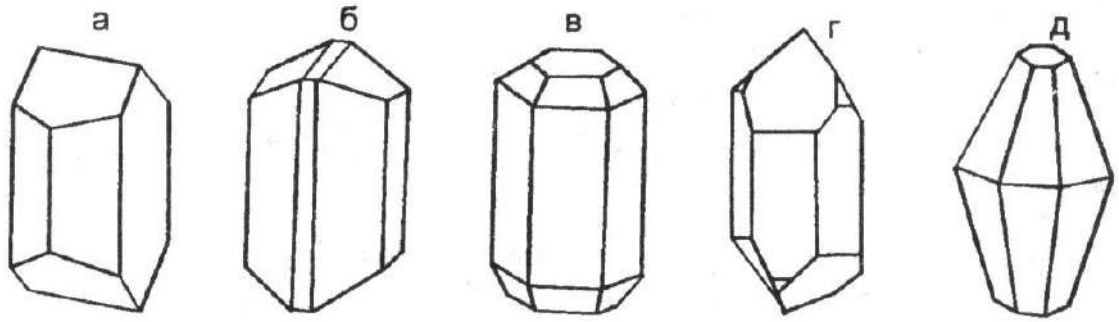
Рис. 2. Изометричные формы кристаллов:
а – кубический кристалл пирита;
б – октаэдрический кристалл магнетита

Уплощенные - формы, хорошо развитые преимущественно в двух направлениях. Сюда относятся таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые кристаллы слюды, хлорита, графита и т. д. (рис. 3).



Рис. 3. Уплощенные формы кристаллов:
a – таблитчатый кристалл гематита;
b– пластинчатый кристалл мусковита

Удлиненные - формы, развитые в одном направлении. К этой группе относятся призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые и волокнистые кристаллы роговой



обманки, пироксена, кварца и т. д. (рис. 4).
Рис. 4. Удлиненные формы кристаллов:
а – полевого шпата; б – роговой обманки; в – апатита; г – кварца; д - корунда

1.1.2. Минеральные агрегаты

В природе чаще встречаются не единичные кристаллы минералов, а скопления или срастания различной формы зерен. Эти скопления называют минеральными агрегатами.

Агрегаты бывают мономинеральными (моно - один), т. е. состоящими из зерен одного минерала, и полиминеральными (поли - много), сложенными несколькими различными минералами. Выделяют несколько видов минеральных агрегатов.

Зернистые агрегаты обладают наибольшим распространением в земной коре. В зависимости от формы слагающих зерен различают собственно зернистые (состоящие из изометричных зерен), а также пластинчатые, листоватые, чешуйчатые, волокнистые, игольчатые, шестоватые и другие агрегаты. По величине зерен можно выделять агрегаты крупнозернистые, более 5 мм в поперечнике, среднезернистые - от 1 до 5 мм и мелкозернистые - с зернами менее 1 мм.

Землистые агрегаты - порошкообразные, рыхлые мягкие минеральные массы скрытокристаллического строения, обычно пачкают руки, легко распадаются на мелкие комочки.

Сажистые - (черные цвета) или охристые (желтого, бурого и других ярких цветов). Образуются в процессе химического выветривания. Примером являются минерал каолинит и марганцевые руды.

Натечные формы выделений минералов образуются на стенках пустот при медленном испарении или охлаждении поступающих туда растворов. Эти образования имеют разнообразную форму: почковидную, гроздевидную, неправильную, цилиндрическую. Натеки, свисающие в виде сосулек со сводов пустот, называются сталактитами, а поднимающиеся им навстречу со дна пустот - сталагмитами. Характерным примером натечных образований являются: лимонит, малахит, кальцит.

Друзы - это сростки более или менее хорошо ограненных кристаллов на стенках каких-либо пустот. Примером могут служить довольно часто встречающиеся друзы кристаллов кварца или пирита.

Реже встречаются другие виды минеральных агрегатов: *секреции* -выполнение пустот изометричной, часто округлой формы, отличающиеся концентрически-зональным

строением. Мелкие секреции в излившихся эффузивах называют миндалинами, крупные – жеодами; *конкреции* — шарообразные или неправильной формы стяжения и желваки, образующиеся в рыхлых осадочных породах (илах, глинах, песках и др.); *оолиты* - (от греч.-яйцо) - мелкие стяжения сферической формы размером от долей миллиметра до нескольких миллиметров, образующиеся путем наслоения коллоидального материала на песчинки в подвижной водной среде.

1.2. Физические свойства минералов

Минералы отличаются друг от друга по многим внешним признакам: цвету, блеску, твердости, форме и другим свойствам. Все физические свойства находятся в прямой зависимости от химического состава и кристаллической структуры, поэтому каждый из минералов характеризуется своим набором физических свойств, позволяющим проводить их диагностику (определение).

1.2.1. Оптические свойства

Цвет

У минералов различают идиохроматическую, аллохроматическую и псевдохроматическую окраски.

Идиохроматическая (от греч. «идиос» - свой, собственный и «хрома» - цвет) окраска обусловлена внутренними свойствами минерала, особенностями строения кристаллической решетки. Такую окраску имеют латунно-желтый пирит, черный магнетит, свинцово-серый галенит и др.

Аллохроматическая (от греч. «аллос» - посторонний) окраска связана с присутствием в минералах либо элементов-хромофоров (красителей), либо тонкорассеянных механических примесей. Например, очень сильным элементом-красителем является хром. Даже незначительная примесь Cr_2O_3 (0,1 %) окрашивает бесцветный минерал корунд в ярко-красный цвет, прозрачная разновидность которого называется рубином.

Наличие тонкорассеянных механических примесей оксидов и гидрооксидов железа в бесцветных минералах окрашивает последние во всю гамму красно-желтых тонов. Тонкорассеянное органическое вещество дает серые, черные цвета и т. д. Примером окраски такого рода может служить цвет галита. Чистые минералы галита прозрачны и бесцветны или имеют белый цвет. Но часто те или иные красящие пигменты обусловливают окраску различных цветов: серый (обычно глинистые частицы), желтый (*гидроксиды* железа), красный (*оксиды* железа), бурый и черный (органические вещества).

Природа окрашивания некоторых минералов кроется в нарушении однородности строения их кристаллических решеток, в возникновении в них различных дефектов (черный кварц, аметист и др.).

Псевдохроматическая (от греч. «псевдос» - ложный) окраска не имеет ничего общего с природой самого минерала. Некоторые минералы меняют окраску в зависимости от освещения. Например, на полированной поверхности минерала лабрадорита при некоторых углах поворота освещения появляются густые синие и зеленовато-синие переливы, вызванные интерференцией световых лучей, отраженных от плоскостей спайности лабрадорита. Такое явление называется иризацией.

Иногда минералы бывают покрыты тонкой поверхностной пленкой другого минерала, которая обычно имеет радужную окраску, напоминающую окраску тонких пленок нефти на поверхности воды. Подобные пленки на минералах называют побежалостью.

При определении окраски минерала обычно широко применяется метод сравнения с окраской хорошо известных предметов или веществ: яблочно-зеленый, лазурно-синий, шоколадно-коричневый и т. п. Эталонами считаются названия цветов следующих минералов: фиолетовый у аметиста, зеленый у малахита, красный у киновари, бурый у

лимонита, свинцово-серый у галенита, железо-черный у магнетита, латунно-желтый у пирита, металлически-золотистый у золота.

Прозрачность - способность минерала пропускать свет. В зависимости от этой способности все минералы делятся: на прозрачные - горный хрусталь, топаз, исландский шпат и др.; полупрозрачные - флюорит, сильвин и др.; непрозрачные - пирит, магнетит и др.

Цвет черты

Это цвет тонкого порошка минерала, который легко получить, если провести испытуемым минералом черту на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластики, называемой бисквитом. Цвет черты является более надежным признаком по сравнению с окраской минералов. В ряде случаев он соответствует цвету минерала (серая черта у серого галенита), но иногда цвет черты резко отличается от цвета минерала (латунно-желтый пирит оставляет черную черту). Для некоторых минералов этот признак является диагностическим. Например, очень похожие друг на друга минералы группы железа легко распознаются по цвету черты: магнетит имеет черную черту, гематит – вишневую, лимонит – желто-бурую.

Цвет черты определяется только у минералов с металлическим блеском, потому что другие минералы имеют белую или светлоокрашенную черту.

Блеск

Блеск – способность минералов отражать от своей поверхности световой поток. Установлено, что блеск зависит от показателя преломления минерала, т. е. величины, характеризующей разницу в скорости света при переходе из воздушной в кристаллическую среду. Минералы с показателем преломления 1,3-1,9 имеют *стеклянный* блеск, с 1,9-2,6 — *алмазный* блеск. *Полуметаллический* блеск отвечает минералам с показателем преломления 2,6-3,0 и *металлический* – выше 3,0. Металлический блеск отвечает отражению полированной поверхности металла. Такой блеск характерен для непрозрачных минералов. Примером могут служить минералы пирит, галенит, халькопирит. Полуметаллический блеск напоминает блеск потускневшего металла. Он характерен для гематита, графита и др. Наиболее широко распространен стеклянный блеск, на его долю приходится около 70 % минералов. Стеклянным блеском обладают горный хрусталь, кальцит, корунд, флюорит, амфиболы, пироксены, полевые шпаты и другие минералы.

Более сильным, чем стеклянный, является алмазный блеск, характерный, например, для алмаза, серы.

Блеск минерала зависит также от характера его поверхности. Если поверхность неровная, то отраженный свет несколько рассеивается, преобразуя стеклянный и алмазный блески в так называемый жирный. Порошковатые рыхлые минералы, обладающие тонкой пористостью, имеют матовый блеск, так как микроскопические поры являются своего рода «ловушками» для света. Примерами могут служить каолинит, землистые массы лимонита и др.

У минералов с параллельно-волокнистым строением наблюдается типичный шелковистый блеск (асбест), полупрозрачные «слоистые» и пластинчатые минералы имеют перламутровый отлив.

1.2.2. Механические свойства

Спайность и излом

Спайностью называют свойство минералов раскалываться по определенным направлениям, обусловленным строением их кристаллических решеток, образуя при этом ровные площади – плоскости спайности. Это свойство минералов связано исключительно с внутренним их строением и не зависит от внешней формы кристаллов. Например, при раскалывании кристаллов кальцита самой разнообразной формы получается спайный выколок всегда одной и той же формы – ромбоэдр, кристаллов флюорита – октаэдр, галенита и галита – куб.

По степени совершенства различают следующие виды спайности: *весьма совершенная* - минералы легко расщепляются на тонкие листочки, чешуйки (мусковит, биотит, хлорит, тальк, графит); *совершенная* — минералы при ударе раскалываются на обломки, со всех сторон ограниченные тремя и более плоскостями спайности (кальцит, флюорит, галенит, галит); *средняя* – минералы раскалываются на обломки, ограниченные двумя плоскостями спайности и неровными поверхностями по случайным направлениям (полевые шпаты, роговая обманка, пироксен); несовершенная – минералы раскалываются на обломки, ограниченные неровными поверхностями и одной плоскостью спайности (корунд, апатит); весьма несовершенная или отсутствует – минералы раскалываются только по случайным направлениям с неровными поверхностями (кварц, магнетит, пирит).

Чтобы не спутать грани кристаллов с плоскостями спайности необходимо помнить, что направление спайности дает систему взаимопараллельных плоскостей или трещин. При определении спайности в агрегате выбирается одно или несколько наиболее крупных зерен и в них наблюдаются плоскости спайности. Если угол спайности, например, равен 90 градусам, то излом *ступенчатый*, а если угол спайности острый – излом *занозистый.*

Неровные поверхности, получаемые при расколе минерала по случайным направлениям, называют *изломом.* Наиболее распространен *неровный* излом, но иногда наблюдаются и другие виды: *гладкий, раковистый* – излом характерен для минералов с весьма несовершенной спайностью, напоминает поверхность раковины с концентрической скульптурой (кварц, пирит); *ступенчатый, занозистый* – излом характерен для игольчатых или волокнистых минералов (селенит). Излом, как и спайность, определяется внутренним строением минерала, его кристаллической решеткой.

Твердость, хрупкость, ковкость, упругость

Под твердостью минерала подразумевается степень его сопротивления внешним механическим воздействиям. В минералогической практике применяют наиболее простой способ определения твердости - царапанье одного минерала другим, т. е. устанавливается относительная твердость минерала. Для оценки относительной твердости немецким минералогом Ф. Моосом была предложена шкала, состоящая из десяти минералов, каждый из которых, обладая более высокой твердостью, своим острым концом царапает все предыдущие с меньшими номерами. Твердость минералов-эталонов в шкале условно обозначена целыми числами.

Шкала Мооса представлена следующими минералами:

Тальк	$Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	1
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2
Кальцит	$CaCO_3$	3
Флюорит	CaF_2	4
Апатит	$Ca_5[P0_4]_3(F,C1)$	5
Ортоклаз	$K[A1Si_30_8]$	6
Кварц	SiO_2	7
Топаз	$A1_2[SiO_4]F_2$	8
Корунд	$A1_20_3$	9
Алмаз	C	10

Для определения твердости исследуемого минерала устанавливают, какой эталон с максимальным номером он царапает. Например, если испытуемый минерал царапает апатит, но оставляет порошок, т. е. истирается на ортоклазе, значит его твердость выше 5, но ниже 6 и оценивается в 5.5.

Относительную твердость можно определить, не имея шкалы Мооса, используя некоторые заменители. Так, твердость ногтя – 2,5; медной монеты – 3,0-3,5; оконного стекла – 5,0; стального ножа – 6,0; напильника – 7,0. Твердость порошковатых разностей бывает занижена по сравнению с твердостью этого минерала в крупных зернах.

Под хрупкостью понимают свойство минерала крошиться при проведении по нему черты ножом. Противоположный эффект – гладкий блестящий след – свидетельствует о свойстве минерала деформироваться пластически. Ковкие минералы расплющиваются под ударом молотка в тонкую пластинку, упругие – способны восстанавливать форму после снятия нагрузки (слюды, асбест).

1.2.3. Прочие свойства

Удельный вес

Удельный вес может быть точно замерен только в лабораторных условиях различными методами; приблизительное суждение об удельном весе можно получить путем сопоставления с распространенными минералами, удельный вес которых принимается за эталон. Все минералы по удельному весу можно разделить на три группы: *легкие* - с удельным весом меньше 3 г/см^3 (галит, гипс, кварц и др.); *средние* - с удельным весом порядка 3-5 г/см^3 (апатит, корунд, пирит и др.); *тяжелые* - с удельным весом больше 5 г/см^3 (галенит, золото и др.).

1.2.4. Специфические свойства

Некоторые минералы обладают особыми, характерными только для них свойствами, когда нет необходимости определять их в других индивидах.

Магнитность. Сравнительно небольшое число минералов обладает свойством воздействовать на магнитную стрелку. Для минералов, обладающих магнитностью, это свойства имеет важное диагностическое значение. Минералы, обладающие ярко выраженными ферромагнитными свойствами, могут притягивать даже мелкие железные предметы - опилки, булавки (магнетит). Менее магнитные минералы (парамагнитные) слабо притягиваются магнитом (пирротин), и, наконец, имеются минералы, которые отталкивают магнитную стрелку, - самородный висмут.

Реакция с соляной кислотой. С соляной кислотой взаимодействуют минералы из класса карбонатов:

- кальцит $CaCO_3$ - бурно реагирует, "вскипая" в кислоте;
- доломит $CaMg(CO_3)_2$ - «вскипает» только в порошке;
- магнезит $MgCO_3$ - не реагирует с кислотой.

Двойное лучепреломление. Двупреломление света – разложение светового луча, входящего в кристалл, на два. Это свойство характерно для карбонатов, особенно для прозрачной разновидности кальцита – исландского шпата. При наложении исландского шпата на рисунок или текст явственно заметно раздвоение изображения.

Физиологические свойства. (Воздействие на вкусовые, обонятельные и тактильные анализаторы человека). Ряд минералов можно определить по вкусу. Например, галит имеет соленый вкус, сильвин – горько-соленый. Эти минералы, кроме того, растворяются в воде. Другие минералы можно различить по запаху. При горении серы ощущается запах сернистого газа, в то время как горящий янтарь издает ароматический запах. Существенна также степень шероховатости минералов, т. е. ощущение, возникающее при прикосновении к минералу. Есть минералы жирные на ощупь (тальк), гладкие (горный хрусталь) и шершавые (каолин).

1.3. Классификация минералов

Существует несколько классификаций минералов, в основу каждой из которых положены различные признаки. Наиболее признанной является кристаллохимическая классификация, в основе которой лежит в равной мере химический состав и кристаллическая структура минералов. По этой классификации выделяется большое количество классов, из которых в данном курсе будут рассмотрены лишь следующие: 1 - самородные элементы, 2 - сульфиды 3 - галогениды, 4 - оксиды и гидрооксиды, 5 - карбонаты, 6 - сульфаты, 7 - фосфаты и 8 - силикаты.

Класс 1 - самородные элементы – некоторые химические элементы в свободном минеральном состоянии. К ним относят: *металлы* - золото (Au), серебро (Ag), медь (Cu) и др.; *полуметаллы* - мышьяк (As), висмут (Bi); *неметаллы* - графит (C), сера (S) и др.

Класс 2 – сульфиды – соли сернистой кислоты H_2S. Наиболее характерными признаками, свойственными большинству сульфидов, являются сильный металлический блеск и высокий удельный вес. Сюда относят минералы: пирит – FeS_2, халькопирит – $CuFeS_2$ и галенит – PbS.

Класс 3 – галогениды – соли соляной кислоты HCl (*хлориды*) и соли плавиковой кислоты HF (*фториды*). Для них характерны низкая твердость (2-4), прозрачность и совершенная спайность. К этому классу относят галит – NaCl, сильвин – КС1 и флюорит – CaF_2.

Класс 4 – оксиды и гидрооксиды – соединения металлов и неметаллов с кислородом и водой H_2O. Для оксидов характерна прочность кристаллической решетки, чем обусловлена их высокая твердость (5-9). К этому классу относят корунд – $A1_2O_3$, кварц – SiO_2, опал – $SiO_2 \cdot nH_2O$ и минералы группы железа: магнетит – Fe_3O_4, гематит – $Fe_2O_3 \cdot n\ H_2O$.

Класс 5 – карбонаты – соли угольной кислоты H_2CO_3. Большая часть карбонатов бесцветна, твердость невысокая (3), характерна совершенная спайность по ромбоэдру и эффект двойного лучепреломления. К этому классу относят кальцит – $CaCO_3$, доломит – $CaMg(CO_3)_2$, магнезит – $MgCO_3$.

Класс 6 – сульфаты – соли серной кислоты H_2SO_4. В технических науках их называют купоросами. Для минералов этого класса характерна низкая твердость (2-3,5) и пестрые цвета окраски. К ним относят гипс – $CaSO_4 \cdot 2H2O$ и ангидрит – $CaSO_4$, медный купорос – $CuSO_4$ и железный купорос – $FeSO_4$.

Класс 7 – фосфаты – соли ортофосфорной кислоты H_3PO_4. Характерна средняя твердость (5) и светлая окраска. Сюда относят минерал апатит – $Ca_5[PO_4]_3(F,C1)$.

Класс 8 – силикаты – самая обширная группа породообразующих минералов, содержащих SiO_2. Основой кристаллической решетки силикатов является скелет из кремнекислородных тетраэдров $[SiO_4]^{-4}$ (рис.5,а). Кремнекислородные тетраэдры в структурах силикатов могут находиться либо в виде изолированных друг от друга структурных единиц $[SiO_4]$, либо сочленяются друг с другом разными способами. В зависимости от способа их сочленения выделяют следующие подклассы:

Островные силикаты с изолированными тетраэдрами (см. рис.5, а) представлены оливином. Для них характерны повышенные твердость и удельный вес, а также изометричные формы кристаллов.

Цепочечные силикаты с одинарными цепочками тетраэдров (см. рис. 5, б) представленные пироксенами;

Ленточные силикаты со сдвоенной цепочкой тетраэдров (см. рис. 5, в) представлены роговой обманкой. Несмотря на существенное различие в количественных соотношениях компонентов, цепочечные и ленточные силикаты имеют много общих

свойств: удлиненная форма кристаллов, средняя спайность в двух направлениях, твердость 5-6, темный цвет.

Листовые силикаты с непрерывными слоями кремнекислородных тетраэдров представлены слоями кремнекислородных тетраэдров (рис. 5, г). Сюда относят слюды (биотит, мусковит), хлорит, тальк, каолинит, серпентинит. В прямой зависимости от кристаллической структуры находится важное диагностическое свойство этих силикатов - весьма совершенная спайность, а также гексагональная форма кристаллов.

Каркасные силикаты с непрерывными трехмерными каркасами тетраэдров $[SiO_4]^{-4}$ представлены почти исключительно алюмосиликатами, в которых часть ионов Si^{4+} в кремнекислородных тетраэдрах замещена на ионы $A1^{3+}$. Для этих силикатов характерна светлая окраска и твердость 5-7.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Основная цель работы – знакомство с минералами и изучение их физических свойств. Исследование физических свойств выполняется в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе 1. Вначале определяется форма и характер минеральных агрегатов, затем цвет, блеск и другие физические свойства. Полученные данные сводятся в таблицу описания минералов.

Название минерала, формула	Форма кристаллов или минераль-ных агрегатов	Физические свойства минералов						Приме-чание
		цвет	цвет черты	блеск	спай-ность	твер-дость	спец. св-ва	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

После нескольких лабораторных занятий проводится контрольная работа для проверки и закрепления полученных знаний.

Часть 2

МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

2.1. Общие сведения о магматических горных породах

Магматические горные породы образуются в результате затвердевания магмы на глубине или на земной поверхности при вулканических извержениях. Магматические породы также называют изверженными.

Магма (от греч. «густая мазь») — огненно жидкий, главным образом силикатный расплав, возникающий в верхней мантии или в земной коре. Магма содержит большое количество растворенных газов и паров воды (F, C1, CO_2, H_2O и др.). На большой глубине магма находится под очень большим всесторонним давлением и обладает высокой температурой.

Поднимаясь вверх, магма внедряется в твердые и относительно холодные породы, которым она отдает свое тепло, начинает охлаждаться и кристаллизоваться. Большую роль в процессе кристаллизации играют летучие компоненты: пары воды и газа, способствующие и часто определяющие скорость кристаллизации минералов.

Поднимаясь вверх, магма оказывается в различных термодинамических условиях.

На значительных глубинах при медленном остывании магмы и сохраняющемся большом давлении происходит постепенная, последовательная и полная кристаллизация расплава. Последовательность в кристаллизации магмы связана с существованием минералов с разной температурой плавления. Тугоплавкие минералы кристаллизуются при более высоких температурах, когда другие еще находятся в расплаве.

К тугоплавким относят минералы, содержащие Fe и Mg (железисто-магнезиальные силикаты: оливин, авгит, роговая обманка, биотит и др.). При понижении температуры последовательно кристаллизуются и другие минералы.

Таким образом, на больших глубинах весь силикатный расплав превращается в агрегат тех или иных минералов, образуется полнокристаллическая горная порода. Долго сохраняющиеся условия высоких температур и давления создают благоприятные условия роста для всех минералов, в результате образуются полнокристаллические и равнокристаллические структуры пород с более или менее одинаковым размером зерен всех минералов.

На средних и небольших глубинах условия кристаллизации магмы менее стабильны и более разнообразны.

Если масса и температура расплава, внедрившегося на средних глубинах, достаточно велики для прогрева вмещающих пород и давление является достаточным для удержания в расплаве летучих компонентов, происходит также полная раскристаллизация расплава и образуется полнокристаллическая порода. При этом центральные части получают равнокристаллическое, а краевые — неравнокристаллическое строение в связи с относительно быстрым охлаждением на контакте с вмещающими породами и частичной потерей летучих компонентов. Летучие компоненты для некоторых минералов являются катализаторами и заметно повышают скорость их роста, тогда при полнокристаллическом строении возникает большая разница в размерах зерен разных минералов, могут возникать порфировидные структуры.

На небольших глубинах температура и давление магмы могут быть недостаточными для ее полной кристаллизации. В таких условиях часть магмы успевает раскристаллизоваться и превратиться в минеральные зерна — вкрапленники, а другая часть затвердевает в виде вулканического стекла — аморфной массы, в которой могут быть зародыши кристаллов — микролиты, хорошо различимые только под микроскопом. В этих условиях образуются неполнокристаллические породы.

При вулканических извержениях магма либо изливается на земную поверхность (или на дно водного бассейна) в виде лавы, либо при взрывах выбрасывается в воздух на разную высоту, застывает и падает на поверхность в виде твердых частиц и обломков разного размера (вулканический пепел, песок, лапилли, вулканические бомбы), давая начало пирокластическим горным породам обломочного строения. Последние образуют особую группу вулканических пород и будут рассмотрены ниже.

Магма, излившаяся на поверхность в виде лавы, попадает в условия резкого понижения температуры и давления и связанной с этим почти полной потери летучих компонентов, что приводит к быстрому затвердеванию лавы. При этом если расплав поднимается медленно и с больших глубин и до выхода на поверхность в нем произошла частичная кристаллизация, то есть образовались кристаллы минералов, то при затвердевании на поверхности образуются неполнокристаллические породы. При быстром движении расплав не успевает кристаллизоваться и застывает на поверхности в виде вулканического стекла, образуя стекловатую породу, в которой кристаллы почти или полностью отсутствуют.

По условиям образования магматические горные породы подразделяют на следующие виды.

1. **Интрузивные** (внедрившиеся):
   - глубинные (абиссальные),

- полуглубинные (гипабиссальные).

2. **Вулканические**:
   - эффузивные (излившиеся),
   - пирокластические.

Интрузивные, или внедрившиеся (от лат. «интрузио» — внедрение), горные породы образуются при застывании магмы под земной поверхностью и по глубине застывания делятся на глубинные и полуглубинные.

Глубинные, или абиссальные (от греч. «абиссос» — бездонный), или плутонические, породы формируются на больших глубинах, в условиях длительно сохраняющихся высоких температур и давлений и характеризуются полной раскристаллизацией магматического расплава.

Полуглубинные (гипабиссальные) горные породы, затвердевшие на средних и небольших глубинах, по условиям образования являются промежуточными между глубинными интрузивными и эффузивными. Температура и давление магмы на разных глубинах меняются по-разному, и могут возникать как полно-, так и неполнокристаллические породы.

Излившиеся, или **эффузивные,** породы (от лат. «эффузио» — излияние) образуются при излиянии лавы на дневную поверхность, где резко понижаются температура и давление. Эффузивные породы характеризуются неполной кристаллизацией или быстрым затвердеванием расплава в виде вулканического стекла.

Различия в условиях образования магматических пород четко отражаются на их внешнем облике и легко распознаются макроскопически по характеру структуры и текстуры.

2.2. Структуры и текстуры магматических горных пород

Структуры магматических горных пород макроскопически классифицируются по степени кристалличности вещества, относительному и абсолютному размеру зерен.

По *степени кристаллизации* магматического расплава выделяют следующие структуры:

полнокристаллические, когда все вещество раскристаллизовано в агрегат минералов;

неполнокристаллические, когда часть расплава раскристаллизовалась и образовались минеральные зерна, а другая часть затвердела в виде вулканического стекла;

стекловатые, когда вся порода представлена вулканическим стеклом. Для глубинных пород характерны полнокристаллические структуры, для полуглубинных — полно- и неполнокристаллические, а для излившихся — неполнокристаллические и стекловатые структуры.

По *относительному размеру* минеральных зерен выделяют структуры:

равнокристаллические (равномерно-кристаллические). Если порода полнокристаллическая по степени кристаллизации и размеры минеральных зерен близки по величине;

неравнокристаллические структуры выделяются как для полнокристаллических, так и для неполнокристаллических пород.

Для полнокристаллических различают:

неравнокристаллические, когда размер минеральных зерен различается не резко;

порфировидные, если одни зерна по размеру резко отличаются от других.

Для неполнокристаллических пород различают:

порфировые, состоящие из нераскристаллизованной части исходного расплава, которая вне зависимости от ее количества в породе называется «основной массой», и раскристаллизованной — «вкрапленников», представленных кристаллами минералов;

афировые, если порода состоит из основной массы без вкрапленников .

Равно- и неравнокристаллические и порфировидные структуры характерны для интрузивных пород, порфировые и афировые — для эффузивных и близповерхностных полуглубинных пород.

Для пород полно- и равнокристаллических выделяют *структуры по абсолютному размеру зерен*, см:

Гигантокристаллические	> 1
Крупнокристаллические	1-0,3
Среднекристаллические	0,3-0,1
Мелкокристаллические	0,1-0,05
Скрытокристаллические (афанитовые)	< 0,05

Все вышеперечисленные структуры, от гиганто- до скрытокристал-лической, характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных пород, афанитовые — для основной массы эффузивных пород (вкрапленники при этом могут иметь различные размеры).

Среди многочисленных структур, выделяемых по взаимоотношениям минералов в породе, макроскопически хорошо различима *пегматитовая (письменная)*, характеризующаяся закономерным прорастанием полевого шпата кварцем, образующим клинообразные зерна, напоминающие древнееврейские письмена, откуда и произошло название структуры.

Текстуры изверженных горных пород подразделяют на компактные, когда нет пор и пустот, и некомпактные, если есть в породе пустоты и поры. К компактным текстурам относят: *массивную, пятнистую, флюидалъную, полосчатую, миндалекаменную;* к некомпактным — *пористую, пенистую, пузырчатую.*

Массивная текстура отличается беспорядочным расположением минеральных зерен, она наиболее характерна для интрузивных пород, нередко встречается и в эффузивных породах.

Пятнистую текстуру выделяет при неравномерном распределении светлых и темных минералов в породе. Встречается реже, главным образом в интрузивных породах.

Флюидальная текстура отличается ориентированным расположением удлиненных кристаллов, например столбиков роговой обманки, что отражает вязкое течение магмы или лавы в процессе застывания, при котором удлиненные кристаллы, как бревна в реке, располагаются своими длинными осями по направлению течения более или менее параллельно друг другу.

Флюидальная текстура может проявляться также в *полосчатости,* характеризующейся различиями в составе или структуре полос.

Некомпактные текстуры характерны для эффузивных пород и связаны с выделением из лавы летучих компонентов, после чего в затвердевшей лаве остаются пустоты округлой или миндалевидной формы.

Если пустоты мелкие (до нескольких миллиметров), образуется *пористая,* более крупные — *пузырчатая текстура*. В особо благоприятных условиях пары и газы могут вспенивать лаву, и при застывании образуется *пенистая,* или *пемзовая, текстура,* в которой пустоты по объему преобладают.

Миндалекаменная (мандельштейновая) текстура характерна для эффузивных горных пород и образуется в результате заполнения пор и пустот в затвердевшей лаве вторичными минералами (кварц, халцедон, кальцит, хлорит и др.). Образовавшиеся миндалины обычно выделяются своим более светлым цветом на фоне темно-серой или черной породы. От вкрапленников миндалины отличаются округлой или миндалевидной формой. Горные породы с миндалекаменной текстурой называют мандельштейнами.

2. 3. Классификация магматических горных пород по химическому и минеральному составам

В основу классификации магматических горных пород положены химический и минеральный составы и структурные особенности пород (см. таблицу).

Химический анализ магматических горных пород показывает, что они состоят в основном из восьми оксидов: SiO_2, $A1_2O_3$, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O. В значительно меньших количествах присутствуют TiO_2, MnO, P_2O_5, H_2O и некоторые другие. Из главных оксидов только SiO_2 присутствует во всех магматических породах в значительных количествах. Оксид SiO_2 и принят за основу химической классификации изверженных горных пород.

По содержанию кремнезема (оксида SiO_2) магматические породы подразделяют на четыре группы:

- кислые (SiO_2 = 64-78 %),
- средние (SiO_2 = 53-64 %),
- основные (SiO_2 = 44-53 %),
- ультраосновные (SiO_2 = 30-44 %).

Границы между этими группами магматических пород в известной мере являются условными, так как между породами соседних групп существуют постепенные переходы.

Важным показателем для классификации является содержание в магматической породе щелочей. По сумме щелочей ($Na_2O + K_2O$) выделяют три ряда магматических пород: нормальной щелочности (низкощелочные, известково-щелочные), субщелочные (умеренно-щелочные) и щелочные (с высокой щелочностью).

Границы содержаний суммы щелочей для выделения рядов значительно варьируют в зависимости от группы магматических пород по содержанию оксида SiO_2.

По относительному количеству железисто-магнезиальных силикатов в объемных процентах (M — цветное число) магматические породы подразделяют на ультрамафические (M > 70), мафические (70 > M > 20) и салические (M < 20).

Химический состав магматических пород взаимосвязан с комплексом слагающих их минералов. Минералами — показателями степени кислотности (содержания оксида SiO_2) являются кварц и оливин. Кислые породы отличаются значительным содержанием кварца. Для основных и ультраосновных пород характерен оливин, а кварц может встречаться только как второстепенный (менее 5 %) минерал и макроскопически обычно не виден. Средние по степени кислотности породы, занимая промежуточное положение и по минералогическому составу, являются переходными между кислыми и основными породами. В них выделяют средние кварцевые, переходные к кислым, и средние бескварцевые, переходные к основным породы.

Количество железисто-магнезиальных темноцветных минералов постепенно увеличивается от кислых к основным и ультраосновным породам. Некоторые разности основных и все ультраосновные породы состоят почти на 100 % из цветных силикатов и относятся к ультрамафитам.

Содержание полевых шпатов уменьшается от кислых к основным породам. В кислых и средних породах полевые шпаты развиты широко, в основных — количество их уменьшается, а ультраосновные породы являются бесполевошпатовыми.

Высокая щелочность магматических пород определяется присутствием щелочных минералов, таких как нефелин, калиевый полевой шпат и другие.

Химический и минералогический состав определяют цвет магматической породы: чем кислее порода, тем она светлее, чем основнее — тем темнее. Кислые и средние породы обычно бывают серыми или цветными (розовыми, красными, желтыми), основные — темно-серыми или черными, ультраосновные — черными или темно-зелеными.

Условия образования не оказывают существенного влияния на химический и минеральный состав изверженных пород. Поэтому в классификации по степени кислотности

Классификация магматических горных пород нормальной щелочности

	Группы пород по содержанию SiO_2 (в масс. %)							
	кислые (78-64)		средние (64-53)		основные (53-44)		ультраосновные (44-30)	
	глубинные	излившиеся	глубинные	излившиеся	глубинные	излившиеся	глубинные	излившиеся
Породы нормальной щелочности	Гранит, гранодиорит	Риолит, обсидиан, дацит	Диорит	Андезит	Габбро	Базальт	Дунит, перидотит, пироксенит, горнблендит	Пикрит, коматиит
Породо-образующие минералы	**Кварц,** КПШ, биотит, кислый плагиоклаз В обсидиане, пемзе - стекло		Средний плагиоклаз, роговая обманка, пироксен		Основной плагиоклаз, пироксен, роговая обманка, оливин		Оливин, пироксен, роговая обманка	
Количество кварца	15-40 %		-		-		-	
Цвет излившихся пород		Белый, серый, светлые тона		Темно-серый, коричневый		Черный		Черный
Количество темно-цветных минералов в глубинных породах	10-15 ± 5 %		25 ± 15 %		50 ± 15 %		100 %	

изверженных пород в одну группу объединяют различные по происхождению (интрузивные, эффузивные, жильные), но близкие по химическому и минеральному составу.

Первоначальный минералогический состав магматических пород может заметно меняться в результате вторичных изменений.

Магматические горные породы весьма разнообразны, но лишь немногие из них распространены в земной коре широко. Наиболее широко развиты породы основного и кислого состава.

В земной коре среди магматических пород *около 70 %* составляют *основные* породы, а *кислые* и *средние* вместе — *около 30 %.* На ультраосновные породы приходится незначительная доля процента.

При этом среди эффузивов самыми распространенными являются лавы основного состава (базальты), а среди интрузивных образований — кислые породы (граниты и гранодиориты).

Среди всех типов по степени кислотности (кислые, средние и т. д.) наиболее широко распространены магматические породы нормальной щелочности (известково-щелочные). Однако субщелочные и щелочные породы хотя и развиты меньше, но не являются редкими.

В таблицах приводится характеристика наиболее часто встречающихся разновидностей глубинных (плутонических) и эффузивных пород.

Порядок описания интрузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен и для равно-, полнокристаллических по абсолютному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Минералогический состав в процентах.
5. Характеристика каждого из минералов, входящих в состав породы (размер и форма зерен, цвет, спайность, излом, блеск).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
7. Эффузивный аналог.

Порядок описания эффузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Соотношение основной массы и вкрапленников в процентах.
5. Характеристика основной массы (цвет, особенности).
6. Характеристика вкрапленников (цвет, форма и размер зерен, спайность, блеск, излом, вторичные изменения).
7. Вывод: название, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
8. Глубинный аналог.

После нескольких лабораторных занятий проводится контрольная работа для проверки и закрепления полученных знаний.

Часть 3

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

3.1. Общие сведения о метаморфизме

Горные породы после формирования могут попасть в такую геологическую обстановку, которая будет существенно отличаться от обстановки образования породы и на нее будут оказывать влияние различные эндогенные силы: тепло, давление (нагрузка) вышележащих толщ, глубинные флюиды, растворы и газы, вода, водород, углекислота и др. Изменение магматических и осадочных пород в твердом состоянии под воздействием эндогенных факторов и называется **метаморфизмом**. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и ранее образовавшиеся метаморфические. В физико-химических условиях, отличных от тех, в которых образовались горные породы, происходит изменение их минерального состава, структуры и текстуры. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать **изохимически**, т. е. без изменения химического состава метаморфизуемой породы, и **метасоматически**, т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизуемой породы за счет привноса и выноса вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы, без существенного расплавления пород. Лишь при определенных физико-химических условиях метаморфизм сопровождается частичной или полной кристаллизацией исходных пород. Процессы подобного характера объединяются под названием **ультраметаморфизма.**

В зависимости от интенсивности метаморфических процессов наблюдается постепенный переход от слабо измененных, сохраняющих состав и структуру исходных разностей, до глубоко преобразованных пород, первичная природа которых практически утрачена. Метаморфические отложения широко распространены в земной коре.

Метаморфизм - процесс преобразования любых исходных пород под воздействием изменившихся физико-химических условий среды. Он реализуется преимущественно путем перекристаллизации пород без существенного плавления под воздействием меняющихся температур, давлений, газовой (флюидной) среды. Преобразуя свой минеральный состав, порода, таким образом, приспосабливается к изменившимся термодинамическим (Т-Р) условиям.

Название термина происходит от греческого слова metamorpho – преобразование, превращение. Метаморфическим преобразованием могут подвергаться изначально осадочные, магматические и (повторно) метаморфические породы. При этом исходные породы, как правило, после таких преобразований полностью теряют свой первоначальный облик.

Факторами метаморфизма, т. е. непосредственными причинами преобразования пород, являются: давление (Р), температура (Т), а также растворы и газы (флюиды), пронизывающие толщи горных пород.

Давление при метаморфических преобразованиях может быть обусловлено рядом причин: давлением нагрузки вышележащих толщ (литостатическим - Рл), динамическим давлением тектонического движения (стрессовым - Рс), давлением движущейся магмы (Рм), а также давлением поровых (гидротермальных и флюидных) растворов (Рф). Главным среди отмеченных причин следует считать тектоническое или стрессовое давление, способное достигать десятков тысяч атмосфер и распространяться на огромные пространства. При проявлении тектонического или стрессового давления роль нагрузки вышележащих пород может оказаться незаметной, а проявление магматического и порового давления флюидов на таком фоне может повлиять на характер минеральных преобразований лишь локально, в местах их проявления.

Температура метаморфических преобразований могут быть обусловлены

несколькими причинами и достигать уровней, когда порода начинает плавиться, т. е. 1000 - 1200 °С. Всегда существует температурный фон, обусловленный глубиной погружения пород, т. е. геотермическим градиентом (Тг), составляющим обычно около 30°/1 км. Однако основные тепловые превращения в породе осуществляются за счет тектонических подвижек (Тс), а также нередко сопровождающих такие движения аномальных глубинных тепловых потоков (Тф). На контакте с магматическими породами преобразование осуществляется за счет прогрева пород очагом остывающей магмы (Тм).

Гидротермальные растворы и флюиды, которые способны привносить или выносить различные химические компоненты, могут влиять на характер минералообразования, создавать специфическую окислительную или восстановительную (Eh), а также кислую либо щелочную (pH) среды.

Глубинные флюиды насыщены, прежде всего, парами воды и углекислоты, а также более редкими соединениями водорода, хлора, фтора и др.

3.2. Типы метаморфизма

В зависимости от сочетания упомянутых выше факторов выделяются те или иные типы метаморфизма. Наиболее простая схема типов метаморфизма, выделяющихся в зависимости от термодинамических (Р, Т) параметров, показана на рис. 1, а геологические условия их проявления - на рис. 2. Можно говорить о контактовом типе метаморфизма, когда порода преобразуется под преимущественным воздействием температуры, а также динамическом, когда основным фактором выступает давление, и динамотермальном, когда проявляются оба фактора одновременно. Каждый из этих типов обладает своими специфическими геологическими условиями проявления (рис. 2).

Контактовый тип метаморфизма проявляется в породах обрамления магматических тел, на контакте с ними, поэтому он называется контактовым. Температура магматических тел колеблется в интервале 800-1200° С, а вмещающие породы, разогретые первоначально за счет геотермического градиента, могут быть относительно «холодным». Ширина зоны (ореол) контактового метаморфизма зависит, главным образом, от объема магматического очага и может достигать нескольких километров. Если вмещающая порода разогрета жильным магматическим телом (пегматитовая жила, дайка гранитоидов и т. д.), то прогретой бывает лишь узкая полоса в несколько метров.

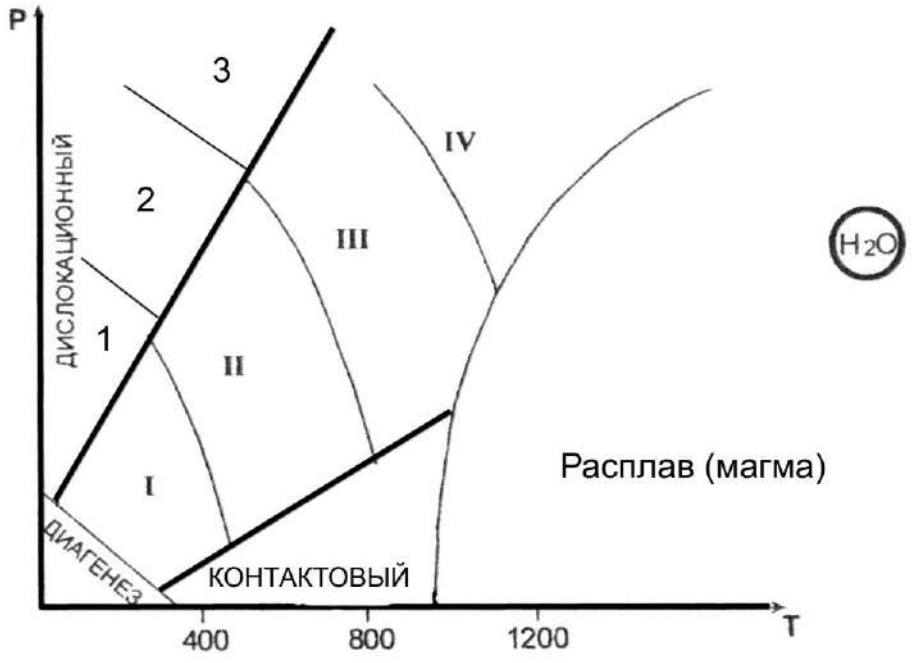


Рис. 1. Типы метаморфизма

Фации умеренного давления: I – зеленосланцевая, II – Эпидот-амфиболитовая, III – амфиболитовая, IV – гранулитовая

Фации высокого давления: 1– глаукофановая, 2 – дистен-мусковитовых сланцев и дистеновых гнейсов, 3 – эклогитовая

Весьма существенную роль при контактовом метаморфизме играет химический состав магмы и вмещающих пород, а точнее, контрастность состава между ними. В случае резкого контраста между многокомпонентной магмой и вмещающими породами на их контакте протекают диффузионные процессы взаимного проникновения, меняющие как состав внешней оболочки магматического тела, так и состав вмещающих пород. Такой процесс перекристаллизации пород, протекающий с существенным изменением их первичного химического состава, называется **метасоматозом**. Обычно метасоматоз сопровождается интенсивной гидротермальной и флюидной проработкой, способствующей привносу и выносу химических компонентов. Типичными представителями таких контактово-метасоматических процессов (на границе между силикатными магмами и известняками) являются скарны. С другой стороны, в случае, если силикатная магма находится в контакте с близкими ей по химическому составу вмещающими породами, то формируются роговики - прогретые и перекристаллизованные продукты метаморфизма первичных пород без проявления метасоматоза.

Дислокационный метаморфизм протекает в условиях высокого стрессового давления, под воздействием тектонических движений по крупным разрывным нарушениям (разломам). При этом происходит дробление пород с

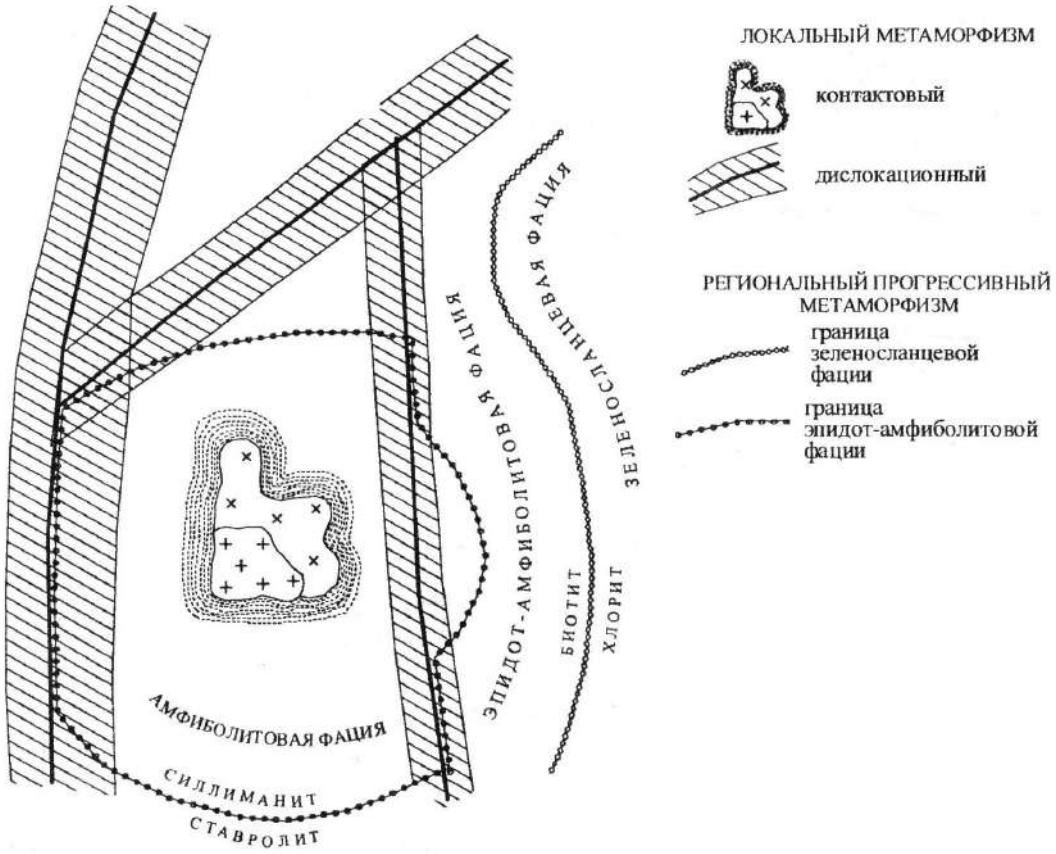


Рис. 2. Схематическая карта метаморфизма

образованием структур катаклаза, а под действием проникающих в ослабленные зоны флюидов (гидротермальных растворов), горные породы подвергаются частичной или полной перекристаллизации и цементации.

Новообразованными минералами - индикаторами высоких давлений являются кианит, глаукофан, пироп, омфацит (пироксен), алмаз. Эти минералы фиксируют давления больших глубин, где всегда имеется и некоторый температурный фон, создаваемый геотермальным градиентом. В приповерхностных условиях можно наблюдать и неперекристаллизованные брекчии, милониты, филлониты.

Процессы контактового и дислокационного типов метаморфизма протекают в ограниченных пространствах, т. е. развиваются локально. Контактовый метаморфизм проявляется в виде узкой полосы вокруг магматических тел, а дислокационный – такой же полосой сопровождает тектонические трещины, в связи с чем эти два тип метаморфизма объединяются под общим названием **локальный метаморфизм** (рис. 3).

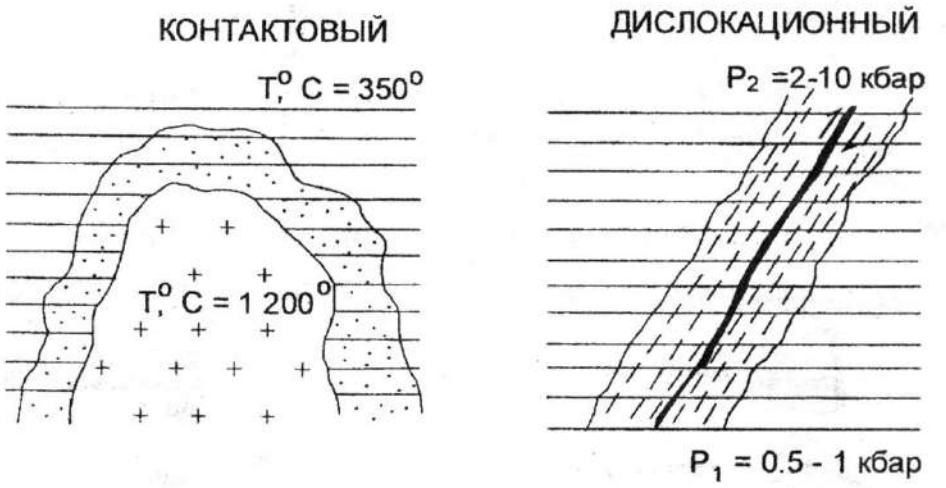


Рис. 3. Локальные типы метаморфизма

В противоположность локальному выделяют **региональный метаморфизм.** Региональный метаморфизм – широкомасштабный процесс, охватывающий огромные территории в пределах подвижных поясов земной коры. Главными его факторами являются температура и давление, а также воздействие воды и углекислоты, содержащихся в исходных породах и способствующих ходу химических реакций. Преобразование горных пород, происходящее на глубине без существенного плавления и метасоматоза, сопровождается перекристаллизацией и развитием новых минералов в условиях расплющивания и пластического течения вещества, что приводит к появлению характерной для метаморфических образований ориентированности (параллельному расположению) минеральных зерен. Породы регионального метаморфизма имеют наиболее широкое распространение.

Метасоматоз контактовый – процесс метасоматического изменения горных пород в контакте с интрузивными телами. При метасоматозе возникают как экзометасоматиты, то есть контактовоизмененные вмещающие породы под воздействием внедрившихся в них интрузий, так и эндометасоматиты, являющиеся продуктами изменения самих интрузивных образований при биметасоматических реакциях. Температурный режим этих процессов изменяется от 900 до 300-200 ºС. Примерами контактового метасоматоза могут служить скарнообразование, грейзенизация и пр.

1.2. Фации метаморфизма

В зависимости от параметров метаморфизма и минерального состава образующихся пород выделяют **фации метаморфизма**, понимая под этим термином совокупности горных пород, минеральный состав которых находится в равновесии при данных условиях метаморфизма.

Для метаморфических пород, в соответствии с типами метаморфизма, выделяют две группы фаций:

- фации умеренных давлений (региональный метаморфизм);

- фации высокого давления (дислокационный метаморфизм).

Метаморфические породы **умеренных давлений** подразделяются на четыре фации. По мере возрастания P-T условий регионального метаморфизма выделяют: 1 – зеленосланцевую фацию; 2 – эпидот-амфиболитовую фацию; 3 – амфиболитовую фацию; 4 – гранулитовую фацию. Название фации определяется по типичной породе, сложенной определенной ассоциацией минералов. В области термодинамических условий гранулитовой (иногда амфиболитовой) фации в породе может отмечаться частичное плавление, такое преобразование называют ультраметаморфизмом. Это переходная зона от метаморфизма к магматизму, сложенная мигматитами.

Фация зеленых сланцев (зеленосланцевая) соответствует наиболее низкотемпературной ступени регионального метаморфизма и объединяет породы, сформировавшиеся в температурном интервале 250-450 °C при давлении от 1,5 до 3 кбар. Широкое развитие минералов зеленого, светло-зеленого цвета (хлорита, актинолита, серицита, талька и др.) определило название фации.

Эпидот-амфиболитовая фация отвечает более высокотемпературной ступени регионального метаморфизма (T = 450-600 °C, P = 3-6 кбар) и поэтому характеризуются заменой низкотемпературных минералов более высокотемпературными. Граница прорисована линией исчезновения хлорита и замещением его биотитом. В этой фации появляется гранат, эпидот, ставролит, роговая обманка и другие. Наиболее широко распространены кристаллические сланцы с гранатом, биотитом, мусковитом, ставролитом и другие.

Амфиболитовая фация представлена гнейсами, амфиболитами, для образования которых требуются уже значительные температуры и давление (T = 600-800 °C, P = 4-8 кбар). При этих условиях исчезает эпидот, ставролит.

При высоком содержании в породах воды наступает частичное их плавление – анатексис с возникновением гранитного расплава, что приводит к образованию мигматитов.

Гранулитовая фация отличается наиболее интенсивными параметрами метаморфизма (T = 750-1100 °C, P = 6-11 кбар). Такие условия создавались на больших глубинах, на ранних стадиях развития Земли – архейского и протерозойского эонов. Породы, сформированные в условиях этой фации, почти полностью лишены воды; гидроксилсодержащие минералы в них содержатся редко.

В условиях дислокационного метаморфизма выделяются **фации высокого давления,** которые локализуются в глубинных узких тектонических зонах, формируются в условиях повышенного давления (до 10-20 кбар) и температурах 300-800 °C.

Глаукофановая фация является наиболее низкотемпературной и в этом отношении сопоставимой с зеленосланцевой фацией. Эта фация характеризуется развитием различных сланцев, в которых обычно присутствует хлоритоид, фенгит, парагонит, глаукофан.

Фация дистен-мусковитовых сланцев и дистеновых гнейсов соответствует примерно интервалам температур эпидот-амфиболитовой фации умеренных давлений, но наряду с минералами, свойственными указанной фации появляются новые минералы, индикаторы высокого давления – дистен, омфацит, глаукофан, пироповый гранат, парагонит и ряд других

минералов. Обычными породами этой фации являются дистен-мусковитовые (парагонитовые) сланцы и более высокотемпературные дистеновые гнейсы.

Эклогитовая фация включает весьма своеобразные породы, называемые эклогитами. Главными минералами эклогитов является пироксен (омфацит) и гранат (пироп).

3.3. Особенности минерального состава метаморфических горных пород

Широкий диапазон термодинамических условий проявления метаморфизма обусловил большое разнообразие минерального состава пород. Кроме того, этот набор минералов зависит от состава исходных пород. Сам механизм перекристаллизации пород, протекающий в твердом виде, представляет собой сложный процесс замещения одних минералов (неустойчивых при новых Р-Т- условиях) другими, более устойчивыми. При этом важную роль играют поровые флюиды как катализаторы реакций замещения.

Кроме упоминавшихся минералов, входящих в состав магматических пород, выделяется группа минералов, характерных преимущественно для метаморфических пород.

Тальк – низкотемпературный чешуйчатый минерал, возникающий при гидротермальной проработке магнезиальных пород. Мягкий, с жирным блеском.

Хлорит – низкотемпературный чешуйчатый минерал часто с зеленоватым оттенком. Образуется при гидротермальной проработке основных пород.

Серпентин – возникает как продукт гидротермальной проработки ультраосновных пород. Не обладает четко выраженной формой (иногда образует волокнистые агрегаты), серого с зеленоватыми оттенками цвета.

Серицит – низкотемпературная, мелкочешуйчатая, наиболее гидроксилнасыщенная разновидность слюды - мусковита. Присутствие в породе серицита обусловливает ее шелковистый блеск.

Эпидот – образует призматические кристаллы, лучистые или зернистые агрегаты. Цвет светло-зеленый. Блеск сильный стеклянный.

Гранат – кристаллы изометричные в виде ромбододекаэдров, реже зернистые агрегаты. Цвет – от коричневого до красного. Макроскопически легко узнается по характерному облику кристаллов и цвету.

Актинолит – низкотемпературная разновидность роговой обманки. Образует волосовидные, тонколучистые неориентированные агрегаты. Цвет светло-зеленый.

Глаукофан – разновидность роговой обманки, образующаяся при высоких давлениях. Образует тонколучистые агрегаты. Цвет густо фиолетовый до черного.

Ставролит – кристаллы в виде коротких ромбического сечения призм, характерные двойники, напоминающие прямой или косой (угол 60°) крест. Цвет коричневый, красно-бурый до черного. Легко узнается по цвету и двойниковым формам.

Дистен (кианит) – кристаллы длинные, уплощенные. Имеет анизотропию твердости. Цвет голубой или синий.

3.4. Текстуры и структуры метаморфических горных пород

Текстуры и структуры метаморфических пород зависят от специфических физических условий их образования. Эти условия отличаются от термодинамических параметров кристаллизации магматических пород, для которых действует в полной мере известный закон Паскаля, обеспечивающий при любом направленном тектонических движений одинаковое давление во все стороны. Этим условием обеспечивается повсеместная массивная текстура глубинных магматических пород. Слюды в гранитах, например, благодаря действию закона Паскаля, не ориентированы в одном направлении.

Метаморфические процессы не достигают условий плавления, поэтому породы изменяются в твердом или пластичном состоянии, когда закон Паскаля работает лишь частично или не проявляется вовсе. Для регионального метаморфизма, например, ориентированное давление влияет на форму возникающих минералов, а также на их параллельную или субпараллельную ориентировку. Поэтому у низкотемпературных продуктов регионального метаморфизма отмечаются, как правило, **сланцеватые текстуры** с параллельным и субпараллельным расположением вытянутых, уплощенных или чешуйчатых минералов.

С повышением температуры, в условиях амфиболитовой фации, когда вещество начинает проявлять пластические свойства, а значит, частично проявляется закон Паскаля, четкая ориентировка удлиненных, уплощенных минералов постепенно исчезает, т. к. давление становится, до определенной степени, всесторонним. Такая текстура со слабо выраженной ориентировкой минералов называется **гнейсовой,** по названию главного и типичного представителя пород амфиболитовой фации - гнейса.

Максимальное проявление закона Паскаля достигается в условиях гранулитовой фации, поэтому ее продукты не несут следов ориентировки минералов, а текстура называется **массивной** как у глубинных магматических пород.

Так как региональный метаморфизм протекает в условиях тектонического давления, то сланцеватые текстуры могут усложняться мелкой складчатостью. Тогда такая текстура называется плойчатой. Нередко метаморфические процессы высокотемпературных фаций сопровождаются расслоением первично однородной массы на слои контрастного минерального состава. Образуются темно-окрашенные (с амфиболом, слюдами) и светлоокрашенные (с кварцем, полевым шпатами) слои. В этом случае говорят о **полосчатой** текстуре пород.

Более широкий диапазон текстур характерен для продуктов локального (контактового и дислокационного) метаморфизма. Для скарнов, роговиков, березитов, лиственитов, мраморов, образующихся при контактовом метаморфизме без проявления тектонического (стрессового) давления, наиболее часто отмечается **массивная** текстура, хотя может встречаться пористая, ноздреватая, пятнистая и другие.

Структурные особенности метаморфических пород также в существенной степени определяются Р-Т условиями среды минералообразования. Очевидно, что в условиях полной анизотропии среды, когда относительно «холодная» твердая порода подвергается тектоническому направленному сжатию, легче кристаллизоваться и расти чешуйчатым минералам, которые относительно легко могут наращивать свой размер вкрест, перпендикулярно вектору давления. В то же время в условиях изотропной среды гранулитовой фации, когда давление становится всесторонним, возникают благоприятные условия для кристаллизации изометричных, объемных минералов.

Так как для метаморфических процессов отмечается тесная обусловленность внешними факторами формы минералов, эта особенность заложена в понятие структуры (в противоположность магматическим и осадочным породам, где в понятие структуры вкладывается не форма, а размер минералов, зерен и т. д.). Форма минералов, а значит и структура породы, совместно с ее текстурными особенностями позволяют восстанавливать Р-Т условия образования продуктов метаморфизма.

Конкретные названия структур определяются несколькими латинскими названиями упомянутых форм минералов: лепидос - чешуйка; нематос - нить, иголка; гранос - зерно. Кроме того, следует помнить, что метаморфизм – процесс постоянного обновления минерального состава породы, все минералы вновь выросшие, возникшие. Этот процесс называется бластезом (от греческого «бластос» – росток). В итоге структуры продуктов регионального метаморфизма, в зависимости от формы слагающих ее минералов, могут называться: лепидобластовая, гранобластовая, нематобластовая, либо более сложными комбинированными названиями: лепидо-гранобластовая, немато-гранобластовая или лепидо-немато-бластовая т. д.

Гранобластовая структура чаще отмечается для пород амфиболовой и гранулитовой фаций метаморфизма при наличии зерен изометричной формы кварца, полевых шпатов, гранатов, карбонатов и др.

Лепидобластовая характерна обычно для зеленосланцевой фации при обилии чешуйчатых, листоватых минералов – серицита, мусковита, биотита, хлорита, талька, серпентина.

Нематобластовая в чистом виде встречается редко (амфиболиты, актинолитовые сланцы) и отличаются наличием минералов игольчатой, длиннопризматической формы (эпидот, роговая обманка, актинолит, кианит, рутил).

Иногда в породе отмечаются разнозернистые агрегаты, когда один из новообразованных минералов резко выделяется по размеру среди остальных. В этом случае можно говорить о **порфиробластовой** структуре.

Значительно меньшую информацию об условиях образования несут структуры контактового метаморфизма, продукты которого чаще всего обладают **кристаллобластовыми** структурами.

Среди пород регионального метаморфизма имеется два характерных исключения. В зависимости от Р-Т условий различные формы минералов возникают лишь в том случае, если в исходном химическом составе имелись в наличии необходимые породообразующие компоненты, позволяющие строить все многообразие решеток минералов (чешуйчатых, игольчатых, зернистых). Среди осадочных пород известны две мономинеральные, а значит простые по составу, образования - известняки ($CaCO_3$, $MgCO_3$) и кварцевые пески (SiO_2). При метаморфизме эти простые по составу породы не способны формировать игольчатые, чешуйчатые и другие, кроме зернистых, формы. Поэтому известняки при метаморфизме переходят в мономинеральную (с одним кальцитом) породу – мрамор с возможным укрупнением зерна по мере роста температуры. Аналогично ведут себя кварцевые пески, которые способны образовать только зернистый агрегат кварцита. Так как отмеченные породы не способны реагировать на давление изменением формы зерен, то для них, обычно, трудно восстановить тип метаморфизма – региональный или контактовый.

3.5. Методика выполнения лабораторной работы

Основная цель лабораторной работы – знакомство с метаморфическими горными породами, их текстурно-структурными особенностями, минеральным составом. Студенты должны научиться определять продукты разных типов метаморфизма (регионального, термального и дислокационного) и, при возможности, устанавливать их исходный состав (эдукт).

Выполнение лабораторных работ проводится в определенной последовательности: вначале определяется текстура породы, позволяющая устанавливать тип метаморфизма; затем исследуются структурные особенности, по которым восстанавливают термодинамические условия проявлений метаморфизма (фации – для продуктов регионального метаморфизма), которые уточняются после диагностики минерального состава породы. По совокупности полученных сведений о метаморфической породе делаются выводы об исходной породе (эдукте).

Описание пород ведется в следующей последовательности: цвет породы, текстура, структура, минеральный состав. По совокупности всех описанных признаков студент должен определять тип метаморфизма, фациальный уровень (Р-Т- условия), и при возможности предположить возможный состав эдукта.

Часть 4

ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

4.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

4.1.1. Литогенез

Формирование осадочных пород представляет собой сложный и длительный процесс, связанный с экзогенными процессами. В образовании осадочных пород выделяют следующие стадии: 1) образование исходного осадочного материала; 2) перенос осадочного материала; 3) накопление осадка (седиментогенез); 4) преобразование осадка в осадочную породу (диагенез); 5) изменение осадочной породы до начала метаморфизма или начача выветривания (катагенез). Процесс формирования осадочной породы, начиная от образования исходного материала и заканчивая превращением осадка в породу, носит название литогенеза. Крупный вклад в изучение этого процесса внесли советские учёные Н. М. Страхов, Л. В. Пустовалов, Г. Ф. Крашенинников, Н. Б. Вассоевич, Л. Б. Рухин, Н. В. Логвиненко, Т. А. Лапинская и др.

Исходным материалом осадочных пород служат продукты разрушения магматических, метаморфических и ранее образовавшихся осадочных пород на поверхности Земли. Разрушаются горные породы и входящие в их состав минералы в результате экзогенных процессов, причём основная масса продуктов разрушения образуется в результате выветривания. Под действием поверхностных вод и в меньшей степени ледников и ветра продукты разрушения переносятся к областям седиментации (осадконакопления). Весь этот материал, находящийся на стадии переноса, при соответствующих условиях рельефа и геохимической обстановки может перейти в осадок. При этом начинается третья стадия образования породы - седиментогенез, или накопление осадка. Осаждение частиц может быть временным, когда частицы вновь подхватываются движением среды, или окончательным, когда происходит накопление осадка, т. е. постепенное закрепление частиц на дне.

Подавляющая масса осадков накапливается в конечных водоёмах стока - озёрах и, главным образом, морях. Такие осадки называют субаквальными. В отличие от них осадки, накапливающиеся на суше, вне водной среды, называют субаэральными. В конечных водоёмах стока в зависимости от характера поступающего материала, а также от гидродинамического и гидрохимического режимов формируются осадки трёх типов: обломочные, органогенные и хемогенные. Характерно, что породы биогенного происхождения встречаются только в толщах субаквальных отложений. Субаэральные отложения обычно представлены только обломочными и хемогенными образованиями, отличными по своим свойствам от тех же разностей, сформировавшихся в субаквальных условиях. На стадии седиментогенеза закладываются такие важные свойства осадка, как минеральный состав, размер и форма слагающих его частиц, слоистость. Следующим этапом формирования породы является стадия диагенеза. Диагенез - совокупность процессов, преобразующих осадок в осадочную породу. Свежесформированные осадки обычно образуют рыхлые, сильно обводнённые слои, насыщенные разнообразными химически активными соединениями. Кроме минеральных веществ в осадке присутствует органическое вещество в виде остатков отмерших организмов и живые бактерии.

Только что образовавшийся осадок представляет собой рыхлое или текучее тело, обильно обводненное, богатое микроорганизмами и состоящее из весьма разнообразного материала, частью твердого, частью жидкого и газообразного. Главная особенность свежесформированного осадка - отсутствие равновесия между входящими в его состав реакционноспособными соединениями. Из-за неравномерности свежий осадок представляет собой неустойчивую физико-химическую систему. Так, в осадке имеется

много кислорода и богатых им веществ, здесь же - живые организмы, нуждающиеся в кислороде для своего существования, и органическое вещество, которое способно к окислению и сгоранию. Пропитывающая иловый осадок вода по составу почти не отличается в первый момент от воды наддонной. Эта вода не насыщена карбонатами, кремнеземом, фосфатами и другими компонентами; в то же время в осадке много биогенно осажденных или перенесенных в виде взвеси кальцита, магнезита, кремнезема и других веществ. В состав глинистых минералов в виде примеси входят также поглощенные ими катионы многих металлов.

После фиксации осадка на дне естественно начинается процесс уравновешивания этой системы. Физико-химическое равновесие достигается при процессах обезвоживания, разложения органических остатков, уплотнения и цементации осадков, образования конкреций.

Стадией диагенеза заканчивается процесс собственно формирования осадочной горной породы. Она продолжает существовать в земной коре до тех пор, пока находится в термодинамических условиях, характерных для верхних горизонтов. Однако и здесь осадочная горная порода не остаётся неизменной. Наступает стадия катагенеза. Катагенез — это совокупность процессов, изменяющих осадочную породу в период её' существования до начала метаморфизма или выветривания. В отличие от диагенетических процессов, обусловленных внутренней неуравновешенностью осадка, причиной катагенез является отсутствие равновесия между породой и средой, в которую она попадает в результате прогибания или подъёма участков земной коры. Основными факторами катагенеза являются температура и воздействие подземных вод. В целом процессы катагенеза протекают менее интенсивно, чем диагенетические, но зато чрезвычайно длительны и приводят к заметным результатам, а именно: уплотнению и обезвоживанию, растворению и выносу ряда минералов подземными водами, перекристаллизации минералов в осадочной породе.

4. 1.2. Химический и минеральный составы осадочных пород

Осадочные горные породы состоят из различных по составу и происхождению компонентов: аллотигенных, органических остатков разного типа и вулканогенного материала.

Аллотигенные (привнесённые извне) компоненты составляют основную массу обломочных и некоторых глинистых пород и представляют собой обломки и частицы пород и минералов различного размера. Как правило, в осадочных породах встречаются обломки наиболее устойчивых минералов и пород. Главным образом это кварц, затем следуют полевые шпаты, слюды. пироксены, амфиболы.

Аутигенные (образовавшиеся на месте нахождения) компоненты образуются за счёт выделения минерального вещества из природных растворов или в результате обменных и других реакций либо в воде бассейна осадконакопления, либо в осадочной горной породе. Наибольшее значение из них имеют глинистые минералы, карбонаты, сульфаты, соли, оксиды и гидроксиды Fe, Mn, Al, Si, а также фосфаты. Эти минералы слагают основную массу хемогенных и часть глинистых пород, а также широко распространены в цементах обломочных пород и конкрециях.

Органические остатки. В осадочных горных породах присутствуют органические останки или следы жизнедеятельности организмов. Это обломки раковин или скелетных частей различных животных и растительных организмов. В породах биогенного происхождения органические останки являются преобладающим компонентом, а в некоторых случаях породы целиком сложены ими (ракушняки, известняки, мел и др.).

В значительной части современных осадков присутствует вулканогенный материал в виде обломков вулканического стекла и эффузивных пород. Вулканогенный материал попадает в осадки обычно как примесь вулканического пепла, песка и более крупных

образований при извержениях. При этом название породы состоит из двух слов, например, туфогенный песчаник. Следует иметь в виду, что прилагательное в этом словосочетании (в данном случае «туфогенный») означает, что вулканогенного материале в породе меньше, чем терригенного. В песчанистом туфе меньше терригенного материала, чем вулканогенного.

3.2. Классификация осадочных горных пород

Общепризнанных классификаций осадочных горных пород нет, что связано, прежде всего, с разнообразием процессов и факторов, контролирующих образование осадков. В нашей стране распространением пользуется классификация осадочных пород, предложенная в 1958 г. М. С. Шевцовым, в основу которой положено, с одной стороны, их происхождение, а с другой - их химический и минеральный составы. Упрощенная классификация осадочных пород приведена в виде таблицы.

По генетическим признакам среди осадочных горных пород выделяют три главные группы.

1. Терригенные (обломочные) породы образуются в результате механического разрушения ранее существовавших горных пород и накопления обломочного материала. К ним относят песчаники, гравелиты, конгломераты, а также их не сцементированные и неокатанные разности: пески, гравий, дресву, галечник и щебень. В эту же группу входят глинистые породы, являющиеся продуктом преимущественно химического разрушения пород, а также переотложения глинистых минералов, освободившихся при выветривании глинистых толщ и тончайшего дробления химически стойких минералов.

2. Органогенные породы, которые образуются в результате жизнедеятельности организмов (коралловые постройки) и их отмирания (кости рыб, зубы акул и т. д.). В отдельную группу выделяют каустобиолиты, образующиеся из растительных и животных (планктон) останков, преобразованных под влиянием биохимических, химических и другихгеологических факторов и обладающих горючими свойствами. Это - угли, торф, сапропель и др.

3. Хемогенные породы, образующиеся при химическом разрушении, растворении минералов материнских пород и последующем выпадении новых минералов в осадок из пересыщенных растворов.

Более детальное подразделение осадочных пород в пределах выделяемых генетических групп производится по вещественному и минеральному составам. Терригенные осадочные горные породы по размеру обломков (частиц) подразделяют на грубообломочные (псефиты), песчаные (псаммиты), пылеватые (алевролиты) и глинистые (пелиты). По характеру связи (цементации) обломочного материала их подразделяют на сцементированные и несцементированные (рыхлые).

При классификации органогенных и хемогенных пород определяющим является их химический состав.

3.3. Текстуры и структуры осадочных горных пород

Строение осадочных пород характеризуется текстурой и структурой.

Текстура - это общий рисунок породы, черты ее строения, определяемые способом заполнения пространства, характером сочетания между собой элементарных частиц (минералов, зерен, обломков). Текстура породы формируется с этапа накопления осадка. Возникшие в процессе осадконакопления первичные текстуры отражают состояние среды в момент накопления осадочного материала и результаты её взаимодействия с осадком. Вторичные текстуры возникают в уже сформировавшейся породе при процессах диагенеза и гипергенеза.

'Структура осадочной породы - это особенности её строения, которые определяются размером, формой, степенью однородности составных частей, а также количеством, размером и степенью сохранности органических остатков. Элементы структуры породы формируются на протяжении всех этапов образования и жизни породы.

Важнейшим признаком, характеризующим строение осадочных пород, является их слоистая текстура. Образование слоистости связано с условиями накопления осадков. Любые перемены этих условий вызывают либо изменение отлагающегося материала, либо обстановку в его поступлении, что внешне выражается в появлении слоев.

Классификация осадочных горных пород

ТЕРРИГЕННЫЕ				
Структура	Рыхлые, несцементированные		Сцементированные	Размер, мм
	неокатанные	окатанные		
псефитовая	Глыбы Щебень Дресва	Валуны Галечник Гравий	>50 Конгломераты 10 Гравелит	> 1-10
псаммитовая	Песок		Песчаник	0,1-1,0
алевритовая	Алевриты		Алевролиты	0,01 -ОД
пелиговая	Глины		Аргшшпы	<0,01
ОРГАНОГЕННЫЕ				
Название			Химический состав	
Известняки, мел			CaCOз	
Доломит			CaMg(CQ,)	
Опоки, трепела			SiQz-nHaO	
Сапропелиты, торф, уголь			Органические соединения углерода	
ХЕМОГ ЕННЫЕ				
Название			Химический состав	
Соли галоидные: галит сильвин Соли сернокислые: гипс ангидрит Соли фосфатные: аштит Бурые железняки Бокситы			NaCl KC1 CaS0_4-2H20 CaS0_4 АЩз • nH_2O, Al(OHb A10(OH)	

Слои представляют собой более или менее плоские тела, горизонтальные размеры которых во много раз больше их толщины (мощности), и отделяющиеся друг от друга поверхностями напластования. Слоистая текстура обусловлена чередованием слоев нескольких разностей осадочных пород и может быть вызвана резким изменением размера обломочных частиц и вещественного состава пород либо ориентировкой осадочного материала.

Для осадочных пород характерна также пористая текстура, характеризующая степень её проницаемости. По степени пористости выделяют следующие породы:

микропористые, в которых пористость не заметна на глаз, но устанавливается специальными методами;

мелкопористые, в которых можно различить мелкие частые поры;

крупнопористые - с колебанием размера пор в пределах от 0,5 до 2,5 мм;

кавернозные имеют крупные поры (каверны) на месте выщелоченных раковин и остатков других организмов, а также отдельных частей горной породы.

Для однородных, преимущественно зернистых хемогенных и органогенных пород, характерны массивные текстуры. Все несцементированные осадочные горные породы имеют рыхлую текстуру.

Структура осадочных пород отражает их происхождение. Структуры осадочных пород определяются, главным образом, размером и отчасти формой слагающих их частиц. По величине обломков для терригенных горных пород (мм) выделяют такие структуры, как: галечная (окатанные обломки) - 10 - 100; щебеночная (остроугольные обломки) - 10

- 100; гравийная (окатанные обломки) - 1 - 10 ; дресвяная (остроугольные обломки) — 1-10; псаммитовая -0,1-1; алевролитовая — 0,01 - 0,1; пелитовая - < 0,01.

Для хемогенных пород (известняки, доломит, гипс) характерна кристаллически-зернистая структура. В зависимости от размера слагающих породу зерен выделяют крупнозернистую (преобладают зерна величиной 1,0 -0,5 мм), среднезернистую (0,5 - 0,25 мм), мелкозернистую структуры (0,25 -0,1 мм), иногда, когда порода плохо отсортирована, выделяют разнозернистую структуру.

Оолитовая структура наблюдается в случаях, когда в породе в массовых количествах присутствуют мелкие шаровидные стяжения (оолиты) различного размера (боксит, оолитовый известняк).

Структуры пород, в составе которых большое участие принимают остатки организмов (свыше 20 - 30 % объема породы), определяются степенью сохранности этих останков и их количеством. Выделяются следующие структуры: биоморфная - в случае хорошей сохранности скелетных остатков организмов; детритовая - порода почти полностью состоит из скелетных обломков размером крупнее 0,1 мм.

Осадочные породы имеют самую разнообразную окраску и оттенки. При этом иногда окраска является признаком, характерным для определения этих пород, и зависит: 1) от окраски минералов, слагающих пород; 2) окраски рассеянных в породе примесей и цемента; 3) цвета тончайшей корочки, часто обволакивающей зерна составляющих породу минералов. Белый и светлосерый цвета обычно обусловлены окраской главных минералов осадочных пород (кварца, каолинита, кальцита, доломита и др.) и свидетельствует до некоторой степени о чистоте породы. Темно-серый и черный цвета чаще всего появляются в результате примеси углеродистого вещества и, реже, оксидов и гидрооксидов марганца. Красный и розовый цвета связаны с примесью в породе оксидов железа, а зеленый цвет зависит от примеси закисного железа и присутствия минералов с зеленой окраской - чаще глауконита, реже хлорита и малахита.

4.3. Методика выполнения практической работы

Основная цель практической работы - знакомство с осадочными горными породами, их текстурно-структурными особенностями, минеральным составом.

Правильное определение осадочных горных пород возможно только при полном учете всего комплекса внешних свойств. Подробно должны быть описаны текстура и структура породы, характер слоистости (в случае отсутствия последней это должно быть специально указано), наличие или отсутствие кавернозности и т. д. Необходимо устанавливать и указывать возможно точнее структуру породы со всеми ее особенностями, окраску, твердость, излом, удельный вес и другие признаки, точно определять состав породы. Не менее подробно, чем породу, следует описывать и все инородные включения в нее: органические остатки, конкреции, прожилки, различные выделения, выцветы, примазки и т. д. Полное описание дает возможность установить тип породы и способ ее образования, а тем самым и определить ее.

При описании псефитов следует указывать состав, окраску, величину и характер окатанности обломков, состав и окраску цемента и соотношение в породе обломков и цемента.

Описывая глину, необходимо указать следующие ее внешние признаки: цвет, причем подчеркнуть, в каком состоянии влажности описывается глина; пластичность (глина бывает жирная, пластичная, сухая и песчанистая); характер примесей, часто обусловливающих окраску; структуру; растительные остатки и окаменелости.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Екатеринбург

Введение

Естественные науки – совокупность наук о природе. Природа – в широком смысле – все сущее, весь мир в многообразии его форм; объект естествознания. К естественным наукам относятся и география, и геология. **География –** система естественных – физико-географических и общественных – экономико-географических наук, изучающих географическую оболочку Земли, природные и производственно-территориальные комплексы и их компоненты. **Геология –** комплекс наук о составе, строении и истории развития земной коры и Земли (Советский энциклопедический словарь. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1979).

В школьных программах нет дисциплины «Геологии». Элементарные сведения о Земле как планете и ее внутреннем строении школьники получают на уроках «Географии» в 6 и 7 классах. Для изучения геологических вопросов рекомендуем самостоятельно читать учебники по геологии. В настоящее время выпущено огромное число самых различных учебников, учебных пособий, методических указаний по всем направлениям геологических наук. Любой желающий по своему усмотрению без особого труда может для себя их приобрести. Но следует помнить афоризм Козьмы Пруткова: «Никто не обнимет необъятного!» Нельзя школьникам сразу преподносить геологические знания в объеме читаемой в высшей школе, но знать основы геологии необходимо каждому грамотному человеку для того, чтобы понимать историю развития природы. Без этих знаний невозможно понять процесс формирования как прошлых, так и современных ландшафтов – важнейших составных частей географической оболочки Земли.

Для квалифицированного подхода к встрече с природными объектами рекомендуем иметь элементарные познания по геологии. Аннотации первоочередных лекций приведены в настоящих методических указаниях.

Геология – это наука о Земле, о ее свойствах и изменениях, происходящих на ней в настоящее время, а также совершавшихся во времена прошедшие. Геология – это история Земли, и эту историю она сама записывает. Она сама ведет свою автобиографию; ведет ее без перерыва почти от начала своего образования и до настоящего времени, записывая ее на своих каменных страницах, и человеку остается лишь научиться читать эту занимательную каменную летопись, научиться понимать эти каменные письмена, в которых буквами являются попадающиеся нам под ноги камешки, а чернилами – воды ручьев, рек и морей. Вначале мы должны научиться различать буквы – камни, потом должны постигнуть самый процесс чтения записей Земли, для этого должны изучать геологические процессы, и лишь после того, как мы хорошо освоимся с ними, мы можем приступить к чтению древних страниц этой летописи. В этой великой многотомной летописи Вселенной всякая летопись человека, будь то самый древний папирус, является лишь одной незначительной строчкой, помещенной в конце ее последней страницы. Читая эту великую автобиографию, мы уносимся в бесконечно отдаленные от нас, неизмеримые даже тысячелетиями, времена. Эти далекие времена отдалены от нас во времени так, как отдалены от нас в пространстве далекие, загадочно мерцающие звезды.

Но где и как можно научиться читать эту великую летопись Земли? Где и как надо изучать геологию? Везде и всюду – в каждом овраге, в каждой речке, в любом карьере можно наблюдать результаты геологических процессов. Для изучения геологических процессов необходимо принимать участие в геологических экскурсиях, проходящих по геологическим объектам, доступными непосредственно нашему наблюдению.

1. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

1.1. НАУКА О ЗЕМЛЕ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Два греческих слова "гео" — Земля и "логос – учение позволяют трактовать термин "геология" как науку о Земле. Однако в наше время ограничиться таким простым толкованием уже нельзя, поскольку этот термин объединяет в себе целый комплекс самостоятельных направлений, как фундаментальных, так и прикладных.

Под ***фундаментальными*** обычно понимают те направления, которые разрабатывают понятия, открывают явления, закономерности, свойства, определяющие развитие геологии как науки. Фундаментальность не следует отождествлять с теоретическими разработками. К фундаментальным геологическим наукам могут быть отнесены следующие дисциплины: геохимия, минералогия, петрография, геотектоника, общая геология и историческая геология. Названные дисциплины занимаются различными уровнями организации вещества Земли в пространстве и во времени. Именно это обстоятельство в основном и определяет фундаментальность каждого из названных направлений. Все они теснейшим образом связаны между собой.

К ***прикладным направлениям*** принято относить те, которые непосредственно работают на производство: создают приёмы, методы, технологию геологических исследований, связанных в первую очередь, с поисками и разведкой полезных ископаемых, а также охраной и рациональной эксплуатацией земных недр. Их в современной геологии значительно больше, чем фундаментальных. Назовём лишь несколько: региональная геология, структурная геология, геологическое картирование, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, инженерная геология.

1.2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

Объектом общей геологии является Земля в целом: её возникновение как планеты, формирование внутренних и внешних оболочек, их функционирование и взаимодействие. Иными словами, речь идёт об изучении Земли как геологической системы.

Предметом непосредственного изучения геологии служат минералы, горные породы, ископаемые органические остатки и современные геологические процессы.

В основе научного познания геологической истории Земли, реконструкции процессов и обстановок прошлого лежит ***метод актуализма.*** При использовании этого метода к пониманию прошлого идут от изучения современных процессов, но с осознанием того, что в прошлом, особенно отдалённом от современности, и физико-географическая обстановка, и сами процессы отличались от современных тем больше, чем больше отдалена от нас прошлая геологическая эпоха.

1.3. ЗНАЧЕНИЕ ГЕОЛОГИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Огромное значение, которое имеет геология, может быть рассмотрено в двух аспектах - общенаучном и народнохозяйственном.

Общенаучное значение геологии заключается в её неоценимой роли в формировании материалистического понимания природы. Данные геологии играют важную роль в диалектико-материалистическом обосновании философских принципов, отражающих материальное единство мира и его развитие,

Практическое значение геологии заключается в обеспечении минерально-сырьевыми ресурсами различных отраслей хозяйства, в инженерно-геологическом обосновании строительства разнообразных гражданских и промышленных объектов, в решении питьевого и технического водоснабжения.

1.4. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИИ

Геология зародилась в глубокой древности. Задолго до новой эры человек научился выплавлять металлы, использовать минеральную воду. Издавна привлекали внимание человека и природные процессы. Однако временем возникновения геологии как науки принято считать вторую половину ХУШ в. – период зарождения и бурного развития горнодобывающей промышленности. В России основоположником обобщений геологических знаний стал М.В. Ломоносов (1711-1765), в Западной Европе - Д.Геттон (1726-1797) и А.Г.Вернер (1750-1817).

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ

2.1. ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

"Вселенная, весь мир, бесконечный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Вселенная существует объективно, независимо от сознания человека, её познающего. Вселенная содержит гигантское множество небесных тел, многие из которых по размерам превосходят Землю иногда во много миллионов раз (БСЭ, т.5, с. 1315). Доступная для изучения часть Вселенной называется ***Метагалактикой,*** включающей свыше миллиарда звёздных скоплений, или ***галактик*** (греч. "галактика" - молочный, млечный).

Наша ***Галактика Млечного Пути*** - типичная звездная система с массой около 10^{10} масс Солнца относится к типу спиральных и включает свыше 150 миллиардов звёзд. С Земли, расположенной внутри Галактики, Млечный Путь представляется в виде широкой белёсой полосы звезд, пересекающей небо. Период обращения Солнца и звёзд вокруг центра Млечного Пути 200 млн. лет. Возраст Галактики около 12 млрд. лет. Когда речь идёт о Солнечной системе, то имеется в виду Солнце и всё, что находится в поле его тяготения. К наиболее крупным телам этой системы относятся 9 планет, 34 их спутника, многочисленные кометы и астероиды. Согласно современным космогеническим представлениям Земля и другие планеты Солнечной системы образовались 4,6 млрд. лет назад почти одновременно с Солнцем.

Земля обращается вокруг Солнца по эллиптической орбите на среднем расстоянии 149,6 млн. км (144,117 млн. км в перигелии, 152,083 в афелии), период обращения 365,242 средних солнечных суток (год), скорость в среднем 29,765км\с (30,27км\с в перигелии, 29,27км\с в афелии). Период обращения Земли вокруг оси 23 час 56 мин 4,1 с (сутки).

Пожалуй, все согласны с тем, что исходным веществом для формирования Солнечной системы послужили межзвёздная пыль и газы, широко распространенные во Вселенной. Но каким образом в их составе оказался полный набор химических элементов таблицы Менделеева и что послужило толчком для начала конденсации газа и пыли в протосолнечную туманность остается дискуссионной проблемой. Следующая стадия образования Солнечной системы предусматривает распад протопланетного диска на отдельные планеты внутренней и внешней групп с поясом астероидов между ними. Промежуточной фазой было образование сонма твердых и довольно крупных, до сотен километров в диаметре, тел, именуемых планетезималями, последующее скопление и соударение которых и явилось процессом аккреции (наращивания) планеты. Этот процесс занял не более сотни миллионов лет, т.е. был с геологической точки зрения очень быстрым.

Важнейшее отличие Земли от других планет Солнечной системы - существование на ней жизни, появившейся 3-3,5 млрд. лет назад и достигшей с появлением человека (12 млн. лет назад) своей высшей формы.

2.2. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

Под фигурой, или формой Земли, понимают форму ее твердого тела, образованную поверхностью материков и дном морей и океанов. Форма планеты определяется ее вращением, соотношением сил притяжения и центробежной, плотностью вещества и его распределением в теле Земли. Геодезические измерения показали, что упрощенная форма Земли приближается к ***эллипсоиду вращения (сфероиду).*** В СССР в качестве эталона в 1946 году был принят эллипсоид Ф.Н.Красовского и его учеников (А.А.Изотов, и др.), основные параметры которого подтверждаются современными исследованиями и с орбитальных станций. По этим данным экваториальный радиус равен 6378,245 км, полярный радиус 6356,863 км, полярное сжатие 1/298,25.

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

В связи с расчлененностью рельефа (наличием высоких гор и глубоких впадин) действительная форма Земли является более сложной, чем трехосный эллипсоид. Наиболее высокая точка на Земле - гора Джомолунгма в Гималаях - достигает высоты 8848 м. Наибольшая глубина - 11 034 м - обнаружена в Марианской впадине. Таким образом, наибольшая амплитуда рельефа земной поверхности составляет немногим менее 20 км. Учитывая эти особенности, немецкий физик Листинг в 1873 г. фигуру Земли назвал геоидом, что дословно обозначает «землеподобный». **Геоид** — некоторая воображаемая уровневая поверхность, которая определяется тем, что направление силы тяжести к ней будет всегда перпендикулярно. Эта поверхность совпадает с уровнем воды в Мировом океане, который мысленно проводится под континентами. Это та поверхность, от которой проводится отсчет высот рельефа. Поверхность геоида приближается к поверхности трехосного эллипсоида, отклоняясь от него местами на величину 100-150 м (повышаясь на материках и понижаясь на океанах, что, по-видимому, связано с плотностными неоднородностями масс в Земле и появляющимися из-за этого аномалиями силы тяжести.

2.4. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Изучение внутреннего строения Земли производится различными методами. Геологические методы, основанные на изучении естественных обнажений горных пород, разрезов шахт и рудников, керна глубоких буровых скважин, дают возможность судить о строении приповерхностной части земной коры. Глубинное внутреннее строение Земли изучается главным образом геофизическими методами: сейсмическими, гравиметрическими, магнитометрическими и др. Одним из важнейших методов является сейсмический, основанный на изучении скорости распространения упругих волн, вызванных естественными и "искусственными" землетрясениями.

На основании скорости распространения сейсмических волн австралийский сейсмолог К. Буллен разделил Землю на ряд зон, дал им буквенные обозначения в определённых усреднённых интервалах глубин, которые используются с некоторыми уточнениями до настоящего времени.

Выделяются три главные области Земли:

Земная кора (слой А) - верхняя оболочка Земли, мощность которой изменяется от 6-7 км под глубокими частями океанов до 35- 40 км под равнинными платформенными территориями континентов, до 50 - 75км под горными сооружениями (наибольшие под Гималаями и Андами).

Мантия Земли распространяется до глубин 2900км. В её пределах по сейсмическим данным выделяются: верхняя мантия - слой В глубиной до 400км и С - до 800 - 1000км (некоторые исследователи слой С называют средней мантией); нижняя мантия - слой D до глубины 2900 с переходным слоем от 2700 до 2900км.

Ядро Земли подразделяется на внешнее ядро - слой Е в пределах глубин 2900 - 4980км; переходную оболочку - слой Г - от 4980 - 5120км; и внутреннее ядро - слой G до 6971 км.

Земная кора - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами. Она представляет собой наиболее активный слой твердой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли,

Мантия Земли является самым крупным элементом Земли - она занимает 83% ее объема и составляет около 66% ее массы.

Верхняя мантия характеризуется резким нарастанием скорости распространения сейсмических волн с глубиной. Выделяется два слоя: В (35-420 км), С (420-1000 км). Внутри слоя В, с глубин 80-100 км под материками и 50-70 км под океанами и до глубин 250-300 км, выделяется слой пониженной вязкости, который носит название *астеносферы.* Астеносфера выделяется по геофизическим данным как слой пониженной скорости, поперечных сейсмических волн и повышенной электропроводности. Повышенная вязкость астеносферы обусловлена, по-видимому, высокой температурой, приводящей, как полагают, к частичному выплавлению базальтовой магмы. Астеносфера играет важную роль в эндогенных процессах, протекающих в земной коре.

Земная кора вместе с твёрдой частью слоя Гутенберга образует единый жесткий слой, лежащий на астеносфере, который называется *литосферой.* По существу литосфера является своеобразной геосферой, отделённой от остальной части мантии активным поясом астеносферы.

Земная кора и верхняя мантия включая астеносферу, представляют собой *тектоносферу* - область Земли, где происходят тектонические явления.

3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

3.1.ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Под воздействием внутренних, или ***эндогеннных,*** и внешних, или ***экзогенных,*** сил земная кора испытывает постоянные изменения, которые называются ***геологическими процессами***. Соответственно различают эндогенные и экзогенные процессы.

Эндогенные процессы определяются глубинными источниками энергии. В результате на поверхности Земли образуются горные хребты и впадины, в земной коре возникают магматические очаги, происходят вулканические извержения, землетрясения. Эндогенные процессы характеризуются сложностью и большим разнообразием.

Экзогенные **процессы** развиваются на поверхности Земли за счёт энергии Солнца, и их интенсивность связана с активностью атмосферных явлений, геологической деятельностью поверхностных и подземных вод, озер, ледников, морей и океанов.

Сформировавшийся под воздействием эндогенных процессов рельеф молодых горных областей подвергается воздействию экзогенных сил, направленных на

сглаживание, выравнивание рельефа. Таким образом, эндогенные и экзогенные процессы развиваются одновременно, связанно и взаимно обусловленно.

К эндогенным процессам относятся тектонические движения, магматизм и метаморфизм.

3.2. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Совокупность тектонических движений и деформаций, под воздействием которых формируются геологические структуры, называется тектоническими процессами, или *тектогенезом.* Тектонические движения – механические перемещения масс горных пород различного масштаба, сопровождающиеся изменениями их залегания и строения, а также связанными с этими изменениями деформациями (дислокациями). Тектоническим движениям принадлежит ведущая роль в развитии всех геологических процессов, так как они обусловливают перераспределение и трансформацию внутренней энергии Земли, влияют на изменение давления, интенсификацию теплопотока и т.д.

Упрощенно в зависимости от интенсивности, преимущественной направленности и геологических результатов тектонические движения можно разделить на две основные группы - *колебательные и дислокационные.*

3.3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЗМА

Магматизмом называют явления, связанные с образованием, изменением состава и движением магмы из недр Земли к ее поверхности. Магма представляет собой природный высокотемпературный расплав, образующийся в виде отдельных очагов в литосфере и верхней мантии, главным образом в астеносфере. Подъем магмы и прорыв ее в вышележащие горизонты происходят вследствие инверсии плотностей, при которой внутри литосферы появляются очаги менее плотного, но мобильного расплава. Магматизм - это глубинный процесс, обусловленный тепловым и гравитационными полями Земли.

В зависимости от характера движения магмы различают магматизм интрузивный и эффузивный. При ***интрузивном магматизме*** (плутонизме) магма не достигает земной поверхности, а активно внедряется во вмещающие вышележащие породы, частично расплавляя их, и застывает в трещинах и полостях коры. При ***эффузивном магматизме*** (вулканизме) магма через подводящий канал достигает поверхности Земли, где образует вулканы различных типов, и застывает на поверхности. В обоих случаях при застывании расплава образуются магматические горные породы. Температуры магматических расплавов, находящихся внутри земной коры, судя по экспериментальным данным и результатам изучения минерального состава магматических пород, находятся в пределах 700-1100°С.

Измеренные температуры магм, излившихся на поверхность, в большинстве случаев колеблются в интервале 900-1100°С, изредка достигая 1350°С. Более высокая температура наземных расплавов обусловлена тем, что в них протекают процессы окисления под воздействием атмосферного кислорода. На больших глубинах в магме в растворенном состоянии присутствуют летучие компоненты - пары воды и газов (H_2O, H_2, CO_2, HCl и др.). В условиях высоких давлений их содержание может достигать 12%. Они являются химически очень активными подвижными веществами и удерживаются в магме только благодаря высокому внешнему давлению.

3.4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЗМА

Метаморфизм - преобразование горных пород под действием эндогенных процессов, вызывающих изменение физико-химических условий в земной коре. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и

ранее образовавшиеся метаморфические. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать ***изохимически,*** т. е. без изменения химического состава метаморфизуемой породы, и ***метасоматически,*** т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизуемой породы за счет привноса и выноса вещества. Изменение структуры и текстуры пород обычно происходит в процессе перекристаллизации вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы.

Метаморфизм представляет собой сложное физико-химическое явление, обусловленное комплексным воздействием температуры, давления и химически активных веществ.

3.5. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Экзогенные геологические процессы в отличие от эндогенных протекают в самых верхних слоях земной коры на её границе с внешними геосферами Земли. Их энергетической основой является энергия солнечной радиации и сил гравитации. Экзогенные процессы протекают при нормальных значениях температуры и давления с поглощением тепла и направлены на дифференциацию вещества земной коры. Выделяют четыре группы (стадии) экзогенных геологических процессов: выветривание, денудацию, аккумуляцию, диагенез.

Выветривание (нем. "веттер" - погода) представляет собой процесс глубокого изменения магматических, метаморфических и осадочных горных пород и минералов, оказавшихся неустойчивыми в условиях земной поверхности. Изменение физического и химического состояния первичных минералов и горных пород происходит в месте их залегания в результате физического, химического и биологического воздействия воды, углекислого газа, различных минеральных и органических кислот, живых организмов, а также непосредственного воздействия солнечной радиации.

Денудация (лат. "денудацио" - обнажение) - это совокупность процессов удаления (сноса и переноса) продуктов выветривания с места их образования и непосредственного разрушения горных пород агентами денудации (силы гравитации, воды континентов, морей и океанов, ветер, ледники). Перемещая материал с возвышенностей в пониженные участки рельефа, денудационные процессы приводят к разрушению земной поверхности и образованию выровненных форм рельефа.

Аккумуляция (осадконакопление) - геологические процессы, в результате которых рыхлые продукты разрушения первичных горных пород накапливаются в понижениях рельефа: в речных долинах, озёрах, болотах, морях и океанах.

Диагенез (перерождение) представляет собой сложный процесс преобразования продуктов экзогенной деятельности (осадков) в осадочные горные породы под влиянием гравитационных сил и изменения физико-химических условий в приповерхностной части земной коры.

Все экзогенные геологические процессы тесно взаимосвязаны. Благодаря выветриванию происходит подготовка материала для денудации, а сами продукты выветривания, оставшиеся на месте, являются материалом для образования новых горных пород.

Основными результатами экзогенных геологических процессов являются изменения вещественного состава верхней части земной коры, дифференциация вещества по физическим и химическим свойствам, создание толщ осадочных горных пород и форм рельефа земной поверхности. Благодаря экзогенным процессам формируются почвы и полезные ископаемые. Около 60% мировой добычи полезных ископаемых связано с продуктами экзогенной деятельности.

Вместе с тем разрушения берегов рек, озёр и морей, обвалы, оползни, снежные лавины, размыв и разрушение склонов, рост оврагов и заболачивание территорий - это также результаты деятельности экзогенных геологических процессов

4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земную кору — верхнюю твердую оболочку Земли - слагают горные породы (магматические, осадочные и метаморфические), состоящие из определенного сочетания минералов, в состав которых входят различные химические элементы. Изучая такую иерархию: химические элементы – минералы – горные породы, можно судить о строении земной коры в различных структурных зонах.

4.1. МИНЕРАЛЫ

Подавляющие большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы). Химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами, называются ***минералами.*** Установлено, что в земной коре содержится около 4000 минералов.

Любой минерал обладает вполне определённым химическим составом и вполне определённой кристаллической структурой, т.е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (молекул, атомов, ионов). В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обуславливают все физические свойства, такие, как цвет, блеск, твёрдость и т.д.

4.2. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горными породами называются устойчивые парагенетические ассоциации минералов, возникающие в результате определённых геологических процессов и образующие геологически самостоятельные тела в земной коре. Науки, изучающие горные породы, - петрография, литология, астрофизика и физика горных пород.

Традиционно под горными породами подразумеваются только твёрдые тела, в широком применении к горным породам относят также воду, нефть и природные газы.

Горные породы могут слагаться как одним минералом, так и их комплексом. Минералы, входящие в состав горной породы и определяющие её состав и свойства, называются ***породообразующими***

Если горные породы состоят из одного минерала (кварцит, известняк, каменная соль), они называются ***мономинеральными,*** если же из нескольких ***-полиминеральными*** (гравий, глина).

Все горные породы обладают комплексом морфологических особенностей, которые объединяют в понятия структура и текстура. Наряду с химическим и минеральным составом структура и текстура являются важнейшими диагностическими признаками горных пород.

По происхождению горные породы делятся на три класса: осадочные, магматические и метаморфические.

Осадочные горные породы образуются только на поверхности земной коры при разрушении любых, ранее существовавших горных пород, в результате жизнедеятельности и отмирания организмов и выпадения осадков из пересыщенных растворов.

Магматические горные породы возникают путём кристаллизации природных силикатных расплавов внутри земной коры или на её поверхности.

Метаморфические горные породы возникают путем коренного преобразования магматических, осадочных и ранее существовавших метаморфических пород под влиянием высоких температур, давления и химически активных растворов.

5. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Строение земной коры рассматривается отдельно по той причине, что эта геосфера является основным объектом геологии и средой горного производства.

Земная кора - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами и имеющая мощностьот 7 до 75 км. Она представляет собой наиболее активный слой твёрдой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли.

Выделяют два главных типа земной коры: континентальную и океаническую.

Мощность ***континентальной*** коры в зависимости от тектонических условий меняется в среднем от 25-45 . (на платформах) до 45-75 км (в областях горообразования), однако в пределах каждой геоструктурной области она не остаётся строго постоянной. В континентальной коре различают осадочный, гранитный и базальтовый слои.

Мощность осадочного слоя достигает 20 км , но распространён он не повсеместно. Названия гранитного и базальтового слоев условны и исторически связаны с выделением разделяющей их границы Конрада, хотя последующие исследования показали некоторую сомнительность этой границы.

Основное отличие ***океанической*** коры от континентальной - отсутствие гранитного слоя, существенно меньшая мощность (2-10 км), более молодой возраст (юра, мел, кайнозой), большая латеральная однородность. Океаническая кора состоит из трёх слоев. Первый слой, или осадочный, характеризуется широким диапазоном скоростей и мощностью до 2 км. Второй слой, или акустический фундамент, имеет среднюю мощность 1,2-1,8 км. Глубоководным бурением установлено, что этот слой сложен сильно трещиноватыми и брекчированными базальтами, которые с увеличением возраста океанической коры становятся более консолидированными. Третий слой сложен породами в основном габброидного состава.

Кроме двух главных типов земной коры выделяется кора переходного типа - субконтинентальная в островных дугах и субокеаническая на континентальных окраинах.

Участки земной коры, различающиеся типом геологического строения, называются ***структурными элементами.*** *С* точки зрения закономерностей пространственного строения земной коры океаны и континенты - это ***структуры*** **I** (планетарного) порядка . В пределах структурных элементов I порядка по особенностям геологического строения и развития выделяются структуры П порядка: на материках - платформы и геосинклинальные пояса, на океанической коре - талассократоны и срединно - океанические хребты.

6. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ. ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Геология - наука естественно-историческая, и поэтому особо важное значение имеет ее раздел, посвященный изучению развития геологических событий по времени. Задачи исторической геологии - восстановление физико-географических обстановок накопления осадков в различные эпохи, последовательности формирования пород и их

распределения по относительному возрасту, изучение истории развития органического мира от древнейших эпох до настоящего времени.

6.1. ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛЫ

В геологии как в никакой другой науке важна последовательность установления событий, их хронологии, основанной на естественной периодизации геологической истории. Геологическая хронология, или геохронология, основана на выяснении геологической истории наиболее хорошо изученных регионов. На основе широких обобщений, сопоставления геологической истории различных регионов Земли, закономерностей эволюции органического мира в конце прошлого века на первых международных геологических конгрессах была выработана и принята Международная геохронологическая шкала, отражающая последовательность подразделений времени, в течение которых формировались определённые комплексы отложений, и эволюцию органического мира. Таким образом, Международная геохронологическая шкала - это естественная периодизация истории Земли.

Среди геохронологических подразделений выделяются: зон, эра, период, эпоха, век, время. Каждому геохронологическому подразделению отвечает комплекс отложений, выделенный в соответствии с изменением органического мира и называемый стратиграфическим: эонотема, группа, система, отдел, ярус, зона. Таким образом существует две шкалы - геохронологическая и стратиграфическая. Первую мы используем, когда говорим об относительном времени в истории Земли, а вторую, когда имеем дело с отложениями. В настоящее время выделяют три наиболее крупных стратиграфических подразделения - эонотемы: архейскую, протерозойскую и фанерозойскую.

6.2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Представления о закономерностях формирования земной коры развивались на протяжении длительного времени по мере накопления фактического материала, совершенствования геологических и геофизических методов исследований. Особое значение на современном этапе развития теоретической геологии имеют данные, полученные при изучении обширных океанических территорий, и результаты космических исследований.

Гипотезы горизонтального дрейфа континентов

Механизм горизонтального перемещения континентальных глыб был разработан в 1929г. американским учёным А.Холмсом. Его гипотеза подкоровых течений предполагает существование в мантии (субстрате) медленных конвективных потоков, обусловленных различным накоплением тепла под континентами и океанами. Восходящие конвективные потоки приводят к разрыву коры, раздвиганию блоков и образованию молодого океанического дна. В районах нисходящих потоков, наоборот, блоки сталкиваются, сминаются, образуя системы надвигов, шарьяжей, а глубинные слои коры даже вовлекаются в мантию, переходя в глубинные аналоги базальтов - эклогиты.

Можно отметить, что с разработкой гипотезы А.Холмса идеи мобилизма получили новый импульс, обусловивший их широкую популярность и в наши дни. Кроме того, в последние годы при изучении строения дна океанов получены новые данные, которые также используются для подтверждения возможности горизонтального дрейфа. Эти данные послужили основой гипотезы новой глобальной тектоники, или тектоники плит. Гипотеза разработана американскими учёными Г.Хессом и Р.Дицем. Значительный вклад в её развитие внесли зарубежные и советские геологи.

Основные идеи, положенные в основу гипотезы тектоники плит, связаны с открытием зон формирования молодой океанической коры в зонах рифтообразования и зон поглощения коры у глубоководных желобов.

По мнению авторов гипотезы, в зонах рифтообразования происходит "раздвигание" плит литосферы с образованием молодой океанической коры в центральной рифтовой зоне. Это явление называется ***спрединг*** океанического дна, характеризуется прерывистостью, сопровождается внедрениями мантийного вещества из астеносферы и разрывами маломощных базальтов в рифтовой зоне. С этой активной зоной связаны проявления вулканизма, неглубокие зоны землетрясений и аномалии теплового потока.

Образование новой коры в зонах спрединга сопровождается поглощением блоков (плит) литосферы в других участках нашей планеты. По мнению авторов гипотезы, такими участками являются зоны глубоководных океанических желобов, в которых происходит прерывистое поддвигание одной плиты литосферы под другую. Это явление называется ***субдукцией,*** сопровождается кратковременным выделением значительной механической энергии в виде землетрясений, проявлений вулканизма. Длительное поддвигание океанической коры под континентальную приводит к деформации окраинного моря, смещению островной дуги к континенту и складкообразованию. При этом поддвигание может смениться развитием обширных надвигов океанической коры - ***обдукцией***. Другим путём образования орогенных зон, по мнению авторов гипотезы, является столкновение - ***коллизия*** континентов.

Движущие силы механизма перемещения блоков литосферы авторы гипотезы тектоники плит связывают с конвективным перемешиванием мантийного вещества, что близко к взглядам А.Холмса. Однако в отличие от положений гипотезы подкоровых течений, в соответствии с рассматриваемой гипотезой потоки мантийного вещества здесь замыкаются на уровне астеносферы.

Таким образом, в соответствии с гипотезой тектоники плит под действием потоков мантийного вещества происходят глобальные перемещения континентов, но не изолированно, как считал А.Вегенер, а в составе мощных плит литосферы. При таком горизонтальном перемещении плит в зонах спрединга происходит обновление коры, а в зонах субдукции - её поглощение и растворение в астеносфере.

По современным данным, литосфера состоит из семи крупных плит, ограниченных зонами спрединга, субдукции или смятия: Тихоокеанской, Евразиатской, Индийской, Африканской, Антарктической, Северо-Американской и Южно-Американской.

7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Важнейший раздел геологии, позволяющий решать обширные прикладные задачи, - учение о полезных ископаемых. Он включает в себя совокупность сведений о геологической позиции и закономерностях размещения месторождений различных полезных ископаемых, методику поисков и экономику минерального сырья, тесно соприкасается с технологий переработки руд и извлечения из них ценных компонентов.

Полезным ископаемым называют природное минеральное образование, которое используется в народном хозяйстве в естественном виде или после предварительной обработки (переработки) путем дробления, сортировки, обогащения для извлечения ценных металлов или минералов. По физическому состоянию полезные ископаемые бывают газообразными, жидкими и твердыми. К первым относятся горючие газы углеводородного состава и негорючие инертные газы, ко вторым - нефть, рассолы, вода, к третьим - большинство полезных ископаемых, которые применяются как

химические элементы или их соединения, а также в виде кристаллов, минералов, горных пород. По промышленному использованию полезные ископаемые разделяются на ***металлические, неметаллические, горючие или каустобиолиты, гидро-и газоминеральные.***

Металлические полезные ископаемые служат для извлечения из них металлов и элементов: черных (железо, титан, хром, марганец и др.); легирующих (никель, кобальт, вольфрам, молибден и др.); цветных (алюминий, свинец, цинк, сурьма, ртуть и др.); благородных (золото, серебро, платина, палладий и др.); радиоактивных (уран, радий, торий и др.); редких и рассеянных (висмут, цирконий, ниобий, тантал, галлий, германий, кадмий, индий и др.); редкоземельных (лантан, церий, иттрий, прометий, самарий, лютеций и др.).

К *неметаллическим* полезным ископаемым принадлежат строительные горные породы (естественные строительные камни, пески, глины, сырье для каменного литья, стекол и керамики и др.), индустриальное (алмаз, графит, асбест, слюды, драгоценные и поделочные камни, пьезокристаллы, оптические минералы и др.), а также химическое и агрономическое сырье (сера, флюорит, барит, галит, калийные соли, апатит, фосфориты и др.).

Горючие ископаемые включают торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, озокерит, нефть, горючий газ. Они служат энергетическим и металлургическим топливом, а также сырьем для химической промышленности.

К ***газоминеральному*** сырью относятся негорючие инертные газы: гелий, неон, аргон, криптон и др.

Гидроминеральные полезные ископаемые разделяются на подземные воды питьевые, технические, бальнеологические или минеральные и нефтяные, содержащие ценные элементы (бром, йод, бор, радий и др.) в количестве, позволяющем извлекать их, а также рассолы (озерные рассолы, минеральные грязи, илы). Важным гидроминеральным сырьем являются воды морей и океанов, используемые для получения пресной воды и извлечения многих ценных элементов.

Рудой называется минеральное сырье, содержащее ценные полезные компоненты (металлы, их соединения, минералы) в количестве, достаточном для промышленного извлечения при современном состоянии экономики, техники и технологии. В зависимости от вида извлекаемого компонента выделяются руды металлические (железные, медные, свинцово-цинковые и т. д.) и неметаллические (серные, асбестовые, графитные, апатитовые и др.). По количеству компонентов руды различают монометалльные (мономинеральные), биметалльные (биминеральные) и полиметалльные (полиминеральные).

Месторождением **полезного ископаемого** называется его природное в виде геологических тел скопление в земной коре, которое по условиям залегания, количеству и качеству минерального сырья при данном состоянии экономики и техники может служить объектом промышленной разработки в настоящее время или в ближайшем будущем. К месторождениям полезных ископаемых промышленность предъявляет требования, определяемые технической возможностью и экономической целесообразностью их разработки.

Совокупность требований промышленности к минеральному сырью называется ***кондициями*** - они не являются постоянными и зависят от экономических условий и состояния техники и технологии добычи и переработки минерального сырья.

Площади распространения полезных ископаемых в порядке их уменьшения разделяются на провинции, области (пояса, бассейны), районы (узлы), поля, месторождения, тела.

Телом полезного ископаемого называют ограниченное со всех сторон скопление минерального вещества, которое приурочено к отдельным структурным элементам или их комбинациям.

7.2. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Являясь природными минеральными образованиями, все полезные ископаемые обладают определенным вещественным (минеральным и химическим) составом, строением или структурно-текстурными особенностями, а также некоторым комплексом физических, физико-химических и технологических свойств. Все эти характеристики в общем случае обусловливают качество полезных ископаемых, которое имеет важнейшее значение для оценки месторождений с целью их промышленного использования.

Вещественный состав металлических и неметаллических руд определяется соотношением рудных, или ценных, и сопутствующих им нерудных, или жильных, минералов. В металлических рудах рудные минералы являются носителями ценных металлов, в неметаллических - минералы сами представляют практический интерес благодаря специфическим свойствам.

По составу преобладающей части минералов выделяются следующие типы руд:

самородные - самородные металлы и интерметаллические соединения - медь, золото, платина и др.;

сернистые **и им** подобные - сульфиды, арсениды и антимониды тяжелых металлов - меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, молибдена и др.;

оксидные - оксиды и гидроксиды железа, марганца, хрома, олова, урана, алюминия и др.;

карбонатные - карбонаты железа, марганца, магния, свинца, цинка, меди и др.;

сульфатные - сульфаты бария, стронция, кальция и др.;

фосфатные - *апатитовые и фосфоритовые неметаллические руды, а также фосфаты некоторых металлов и др.;*

силикатные - *сравнительно редкие руды железа, марганца, меди; широко распространенные неметаллические полезные ископаемые - слюды, асбест, тальк и др.;*

галоидные - *минеральные соли и флюорит и др.*

По вещественному составу, определяющему промышленную ценность и технологические свойства, полезные ископаемые разделяются на природные типы и промышленные сорта.

7.3. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В настоящее время известно несколько десятков генетических классификаций месторождений полезных ископаемых. Наиболее известной является классификация В.И.Смирнова.

Эндогенные месторождения, к числу которых относятся скопления полезных ископаемых, прямо или косвенно связанные с магматической деятельностью, подразделяют на: собственно магматические, пегматитовые и постмагматические.

Магматическими называются месторождения, образующиеся из жидких магматических расплавов в процессе их внедрения и раскристаллизации. При подъеме магматических расплавов в верхние горизонты земной коры и остывании происходит их дифференциация, с чем связана концентрация, а иногда и полное обособление рудных компонентов. Процессы образования магматических месторождений достаточно сложны. В одних случаях месторождения образуются в результате внедрения магмы, обогащенной рудными компонентами еще на глубине, в других - рудные концентрации возникают из магм при ее подъеме, в третьих - лишь на месте становления интрузива.

Главная особенность всех магматических месторождений - их связь с материнскими интрузивами, которые рассматриваются как вещественный или

энергетический источник оруденения. Магматические месторождения разделяются на генетические подгруппы: ликвационные, раннемагматические и позднемагматические.

В группу ***экзогенных*** включаются скопления полезных ископаемых, которые образуются при экзогенных процессах в результате химической, биохимической и механической дифференциации вещества земной коры. По способу накопления осадочного материала различают месторождения выветривания и осадочные.

К ***месторождениям выветривания*** относятся остаточные и инфильтрационные месторождения. ***Остаточные*** месторождения полезных ископаемых образуются при физическом и химическом выветривании горных пород, которое сопровождается гидролизом породообразующих минералов, растворением и выносом неустойчивых компонентов.

К **осадочным месторождениям** относятся аллювиальные и прибрежно-морские россыпи, химические и биохимические осадочные месторождения.

Метаморфизованными называют месторождения любого происхождения, испытавшие метаморфические преобразования одновременно с вмещающими породами. При этом процессы метаморфизма могут выражаться в изменении и преобразовании структур и текстур, изменении характера минерального состава руд, а также в переотложении рудного вещества, изменении формы рудных тел, рассланцевании и изменении состава вмещающих пород.

Под ***метаморфическими*** месторождениями понимают такие месторождения, которые возникли в результате метаморфизма горных пород, до того не содержащих промышленных рудных скоплений и не представляющих собой полезного ископаемого. К возникающим в процессе метаморфизма собственно метаморфическим месторождениям относятся месторождения высокоглиноземистого сырья (кианит, андалузит, силлиманит), графита, гранулированного кварца, слюды, амфибол-асбеста, корунда, наждака, граната, титана и др.

8. СИСТЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

Геологическое изучение недр в России производится последовательно и планомерно с тем, чтобы не только получить необходимую геологическую информацию о недрах, но и своевременно выявить промышленные и отбраковать непромышленные скопления полезных ископаемых. В общей системе геологического изучения недр можно выделить три крупных этапа. Этапы геологического изучения включают несколько последовательных стадий.

Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения.

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр прогнозирование полезных ископаемых.

Этап II. Поиски и оценка месторождений.

Стадия 2. Поисковые работы.

Стадия 3.Оценочные работы.

Этап III. Разведка и освоение месторождений.

Стадия 4. Разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

На каждой стадии геологического изучения недр осуществляется их геолого-промышленная оценка, заключающаяся в определении действительной или возможной значимости изучаемого участка земной коры, в котором содержатся или могут содержаться скопления полезной минерализации или же предполагается горное строительство. С этой целью исследуются состав и строение горных пород и полезного ископаемого, условия залегания, степень и характер тектонической нарушенности,

гидрогеологические и инженерно-геологические характеристики месторождения, географо-экономические условия района и т. п.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Для более углубленного изучения отдельных разделов геологических дисциплин рекомендуем воспользоваться следующими методическими указаниями.

Часть 1. Минералы.

Часть 2. Магматические горные породы.

Часть 3. Метаморфические горные породы.

Часть 4. Осадочные горные породы.

Часть 5. Организация геологических экскурсий.

Часть 6. Художественная обработка камнесамоцветного сырья.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Л. И. Кралина, Ф. П. Сердюков, Г. А. Усов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В БУРЕНИИ

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям и самостоятельной работе
по профилирующим дисциплинам
для студентов специальности

21.05.02 Прикладная геология
очного, заочного обучения

Екатеринбург
2018

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено в помощь преподавателям и студентам при проведении занятий по бурению скважин, а также для подготовки курсовых и квалификационных работ по профилирующим дисциплинам. Сборник выполнен для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология. При выполнении работ используются справочные материалы, которые приведены в таблицах каждого расчета. Большинство работ рассчитано на выполнение и оформление непосредственно на занятиях. Если работа не закончена, то с разрешения преподавателя она может быть оформлена и сдана к следующему занятию.

В конце приводится список литературы, использованной при написании данного учебно-методического пособия.

Расчет №1
Расчет предельного значения кернопотерь

1. Расчет предельного значения кернопотерь

$$B_k^{\min}=F(\text{НП, И},[m_k]).$$

При НП, И $[m_k]$ табличные значения (см. таблицу) расчет по формуле для реального (различного) B_k и по данным лабораторных анализов P, $P_{\text{к}}$, $P_{\text{сред}}$

$$B_k^{\min} = \frac{(\text{НП}-1)*\text{И}}{(\text{НП}-1)*\text{И}+m_k^{\text{доп}}} * 100\ \%$$

где $B_k^{\min}$- выход керна минимальный, %;
НП- неоднородность оруденения, %;
И- избирательность кернопотерь, %;
$m_k^{\text{доп}}$ - погрешность опробования, %.

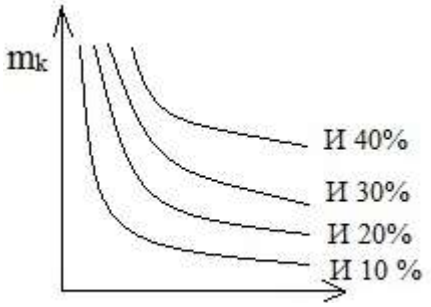
Группировка месторождений по значениям НП и И

Группы и типы руд	Примеры руд и месторождений	Характерные значения	
		НП, %	И
I. Сплошные массивные			
I.1. Мономинеральные	Сплошные мартитовые, магнетитовые, гидромагнетитовые и другие богатые железные руды криворожского типа, сплошные мономинеральные руды каменной соли, бокситы Боксонского месторождения, тальк Алгуйского месторождения и т. п.	1,2±10	40±15
I.2. Полиминеральные	Сплошные колчеданные медные и медно-цинковые месторождения ураль-ского типа, сплошные полиметаллические руды Горевского, Риддер-Сокольного и других месторождений. Апатиты Ошурковского месторождения и т. п.	4±10 2,5±10	15±10 20±10
II. Вкрапленные			
II. 1. В массивных изверженных и осадочных породах	Вкрапленные руды полиметаллических месторождений Садовое, Миргалимсай. медные руды Алмалыка, редкометал-льных месторождений Белозиминское, Африкандское и т. п.	6,5±10	7± 5
II. 2. В жилах и дайках	Руды жильных золоторудных месторождений Средней Азии, Забайкалья, Якутии, оловянных и вольфрамовых месторождений Приморья, Якутии и др.	16±5	5±4
III. Прожилково- и слоисто-вкрапленные			
III. 1. Руды штокверковых месторождений	Руды вольфрамовых, молибденовых, медно-молибденовых месторождений Забайкалья, Казахстана и Средней Азии	6,5±5	10±8
III. 2. В линейно-вытянутых зонах трещиноватости	Руды полиметаллических месторождений Алтая, Средней Азии, Прибайкалья, оловорудных месторождений Комсомольского района, ртутных месторождений Терлиг-Хая и частично Никитовки и т. п.	8,3±6	10±8
IV.Прожилковые, слоистые и переливающиеся			
IV. 1. Прожилковые	Медные руды месторождения Дальнего: никель-кобальтовые руды Тувинской АССР, асбестовое месторождение Молодежное; оловянные - Тарбальджей, Иигода, Хрустальное; золотые - Советское, Коммунар и др.	3,3±15	25±15
IV. 2. Переслаивающиеся и полосчатые	Железистые кварциты Кольского полуострова, Кривого Рога, сферосидериты Дагестана	1,7±10	30±15
V. Прожилково-гнездовые			
V. Прожилково-гнездовые	Руды ртутных месторождений Средней Азии (Хайдаркан, Акташ, Чувай), отдельных участков Никитовки и др. Мусковит Луговского, Чуйского и Согдиондонского месторождений	20±10 6,5±5	4±3 8±5

2. Изучение влияния выхода керна на погрешность опробования для различных сортов руд (для бакалаврской работы)

Слабонеоднородные руды **НП=2**

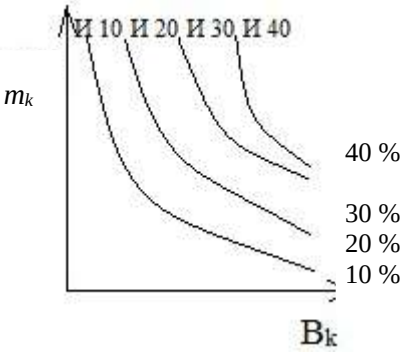
m_k\И	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	B_k^{1-1}	B_k^{1-2}	…	…
10 %	…	B_k		B_k^{2-4}
15 %	B_k^{3-1}			
20 %	…			B_k^{4-4}
25 %	B_k^{5-1}	…	…	B_k^{5-4}



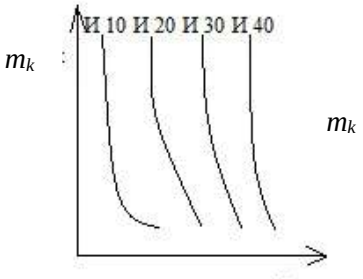
B_k

Средненеоднородные руды **НП=6**

m_k\И	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	B_k^{1-1}	B_k^{1-2}	…	…
10 %	…	B_k		B_k^{2-4}
15 %	B_k^{3-1}			
20 %	…			B_k^{4-4}
25 %	B_k^{5-1}	…	…	B_k^{5-4}



Сильнонеоднородные руды **НП=15**



B_k

m_k\И	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	B_k^{1-1}	B_k^{1-2}	…	…
10 %	…	B_k		B_k^{2-4}
15 %	B_k^{3-1}			
20 %	…			B_k^{4-4}
25 %	B_k^{5-1}	…	…	B_k^{5-4}

3. Основные аналитические задачи:

3.1. Для каких руд избирательность истирания более всего влияет на погрешность опробования?

3.2. При какой избирательности и в каких сортах руд наибольший эффект дают мероприятия по повышению выхода керна?

3.3. Постройте таблицу нормативных значений минимального выхода керна, при допустимой погрешности m_k=5 % (10 %, 15 %, 20 %, 25 %) для всех сортов руд (для всех табличных комбинаций НП и И).

Расчет №2

Определение рациональной частоты вращения бурового снаряда при твердосплавном бурении, рад/с

$$n = \frac{60*0{,}105\omega_0}{\pi*D_0} \approx \frac{2*\omega_0}{D_0};$$

$$n = \frac{60*\omega_0}{\pi*D_0} \approx \frac{20*\omega_0}{D_0}.$$

Таблица исходных данных

Обозначение	Наименование	Ед.изм	Пределы изменения		Примечание
			от	до	
ω_0	Окружная скорость движения резцов	м/с	1,0 крепкие породы (YI-YIII кат.)	3,0 мягкие породы (II-IYкат.)	Ограничивается сверхнормативным износом
D_0	Средний диаметр коронки	м	$46*10^{-3}$	$223*10^{-3}$	Стандарт
n_0	Частота вращения	Рад/с об/мин	9,3 93	65 500	Ограничение техническими условиями бурения

Расчет №3

Минимальная (критическая) частота вращения шнекового снаряда, рад/с

$$n_{\min} = \frac{30}{\pi} * \frac{\sqrt{g*(\tan a+f)}}{f'*R*(1-f*\tan a)}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Единица измерения	Пределы измерения	
			от	до
R	Радиус вала шнека	м	$50*10^{-3}$	$89*10^{-3}$
a	Угол подъема винтовой ленты	град	10	30
f	Коэффициент трения породы о шнек	-	0,25	1,4
f'	Коэффициент трения породы о породу	-	0,2	1,5
g	Ускорение силы тяжести	м/с^2	9,8	

Основные аналитические задачи

1.1. Оцените влияние коэффициента трения породы о шнек и породы о породы на $n_{\min}$. Постройте графики зависимости $n_{\min}$ от f и f' для различных значений R и a.

1.2. Оцените влияние конструктивных параметров шнека (R и a) на $n_{\min}$ для вязких (f'=1,5; F=0,25). Постройте графики.

Расчет №4

Определение критической скорости восходящего потока и расхода очистного агента по предельным нормативным характеристикам (для воды малоглинистых растворов)

1. Критическая скорость восходящего потока очистного агента, м/с:

$$U_{kp} = K_{\text{ф}}\sqrt{\frac{d_u(\gamma_{\text{п}}-\gamma_{\text{р}})}{\gamma_{\text{р}}}}.$$

2. Рациональная скорость восходящего потока, м/с:

$$U_{\text{р}} = U_{\text{кр}} + U\ .$$

3. Расход промывочной жидкости, обеспечивающий рациональную скорость движения восходящего потока, м^3/с:

$$Q_{\text{кр}} = U_{\text{р}} * \frac{\pi(D^2_{\text{скв}}-d^2_{\text{бур.тр.}})}{4}\ .$$

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$K_{\text{ф}}$	Коэффициент формы частиц шлама	-	2,5 (плоские)	5,11 (ид. шар)
d_u	Диаметр (средний размер) частиц	м	0,1*10^3	1,5*10^3
$\gamma_{\text{п}}$	Удельный вес горной породы, руды	т/м^3	2,0	5,5
$\gamma_{\text{р}}$	Удельный вес раствора	т/м^3	1	1,15
U	Желательная скорость движения шлама вверх	м/с	0,1	0,3
$d_{\text{бур.тр.}}$	Диаметр бурильной колонны, номинальный (без учета износа)	м	32*10^{-3}	73*10^{-3}
$d'_{\text{бур.тр.}}$	Диаметр бурильной колонны, с учетом износа	м	30*10^{-3}	70*10^{-3}
$D_{\text{скв}}$	Диаметр скважины, номинальный	м	46*10^{-3}	225*10^{-3}
$D'_{\text{скв}}$	Диаметр скважины, с учетом разработки ствола	м	47*10^{-3} 230*10^{-3}	50*10^{-3} 250*10^{-3}
$D''_{\text{скв}}$	Диаметр скважины, с учетом каверн	м	По геолого-геофизическим и гидрогеологическим данным $D_{\text{скв}}$ 500*10^{-3}	
Q	Расход очистного агента	м^3/с л/мин	0,0002 10,0	0,003 160

Расчет №5

Критический расход глинистого раствора с учетом реологии раствора

$$Q_{\text{кр}} = 0{,}392 * \text{ŋ} * \frac{D+d}{\gamma}\left[1 + \sqrt{1 + \frac{2*10^{-3}*\gamma*t_0*(D-d)^2}{3*\text{ŋ}}}\right]$$

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерения		Примечания
			от	до	
D	Диаметр долота	мм	46	225	
d	Диаметр колонны	мм	32	73	
ŋ	Пластическая вязкость	Пуаз (Па*с)	0,05	0,4	В зависимости от содержания глины в качестве раствора
γ	Уд. вес раствора	г/см^3	1,01	1,2	
t_0	Динамическое напряжение сдвига	Дин/ см^2	50	600	
Q	Расход глинистого раствора Критическая скорость восходящего потока	л/с м/с	0,1	5,0	В зависимости от диаметра скважины

Расчет №6

Расчет осевой нагрузки при твердосплавном бурении, кН

$$P = \frac{b^2 * m}{\eta \sqrt{\frac{2\omega * \mu_к * D_н * n * K * \tan a}{b * P_ш}}}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
b	Ширина резца	м	$3*10^3$	$30*10^3$
K	Количество резцов на ширине кольца	шт	2 (М-1)	4 (СТ-2)
m	Количество основных резцов	шт	8 (М-1)	30 (СА-3)
$\boldsymbol{\mu_к}$	Коэффициент резцов о породу	-	0,2	1,0
$\boldsymbol{\omega}$	Удельный износ резца	$м^3/Н*м$	2	60
$D_н$	Наружный диаметр коронки	М	$46*10^3$	$225*10^3$
n	Частота вращения снаряда	рад/с	60	360
a	Угол приострения резца	град	45	90
η	Коэффициент угла приострения	-	0,97	0,9
$P_ш$	Твердость породы по штампу	Па	$1*10^6$	$70*10^3$

Расчет №7

Определение механической скорости (интенсивности) углубки скважины при твердосплавном бурении, м/ч

$$V_м = V_0 * e^{-\gamma t} = V_0 * (\frac{1}{e})^{\gamma t}.$$

Если $V_0 = 60 * n * h_0 * K * m$,

то $V_м = 60 * n * h_0 * K * m * e^{-\gamma t}$.

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
n	Частота вращения снаряда	об/мин	40	600
h_0	Торцовый вылет основных резцов	М	$0,1*10^{-3}$	$5*10^{-3}$
m	Количество резцов	шт	4	20
K	Коэффициент включения резцов	-	0,3	0,5
e	Основание натуральных логарифмов	1/град	2,71	2,71
γ	Декремент затухания	-	0,1	1
t	Текущее время (длительность рейса)	Ч	0,5	6
$V_м$	Интенсивность углубки (механическая скорость)	м/ч	0,15	25
V_0	Начальная механическая скорость	м/ч		

Здесь $V_м$ - величина приращения глубины скважины в единицу времени на данный момент (интенсивности углубки). Выражается показательной функцией постепенного замедления от максимального начального значения V_0 в соответствии с γ.

V_0 и γ зависят от технологических условий: прочности пород, абразивности, характеристик инструмента, параметров бурения {$P_ш$, $K_{абр}$, $X_и$, $P_б$}.

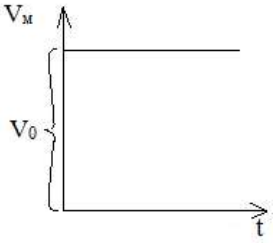
Чем легче условия бурения и лучше инструмент, тем больше V_0 (↑) и меньше γ (↓) - долго не замедляется бурение.

Чем интенсивнее режим бурения (максимальные параметры), тем больше V_0 (↑) и γ (↑) - вначале углубка идет быстро, но очень быстро замедляется - на малой глубине приемлемо.

Чем слабее режим бурения, тем меньше V_0 , но и тем медленнее затухание $V_м$ (см. рисунок).

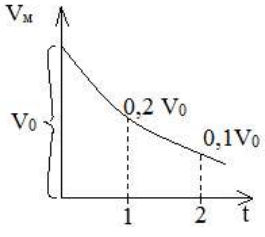
γ =0; $V_м$=V_0

Незатупл. инструмент



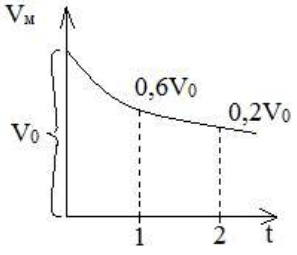
γ =1; $V_м$=V_0*$\left(\frac{1}{2,7}\right)^t$

Интенсивное затупление



γ =0,5; $V_м$=V_0*$\left(\frac{1}{2,7}\right)^t$

Интенсивное затупление



Графики изменения механической скорости
от декремента затухания

Расчет №8

Определение механической скорости бурения на основе физико-механических свойств пород при алмазном бурении, м/ч

$$V_{\text{м}} = L * F_{\text{д}}^{-a} * K_{\text{абр}}^{-a} .$$

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			однослойные алмазные коронки	импрегнированные алмазные коронки
$F_{\text{д}}$	Коэффициент динамической прочности	-	10-15	15-30
$K_{\text{абр}}$	Коэффициент абразивности пород	-	1,1-2,0	2,1-2,6
L	Коэффициент конструктивности коронки	-	5,9	0,14
$-a$	Коэффициент влияния прочности пород	-	0,36	0,2
-β	Коэффициент влияния абразивности пород	-	0,5	0,2
$V_{\text{м}}$	Механическая скорость бурения	м/ч	1,8-1,9	0,15-0,12

Расчет №9

Расчет шпинделя бурового станка

Шпиндель испытывает осевую нагрузку от механизма подачи и крутящий момент.

1. Напряжение от осевой нагрузки, Н/м^2:

$$\sigma = \frac{4Q}{\pi*(D^2-d^2)}.$$

2. Крутящий момент на шпинделе, Н·м:

$$M = 9750\frac{N^{max}}{n}.$$

$$N_{\max} = N_g * \eta * \lambda \text{ , кВт}$$

3. Касательные напряжения от крутящего момента, снимаемого со шпинделя, Н/м^2:

$$\tau = \frac{M}{2W};$$

$$W = \frac{\pi}{16} * \frac{D^4-d^4}{D} \text{, м}^3.$$

4. Полное приведенное напряжение в теле шпинделя, Н/м^2:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma^2 - \tau^2}.$$

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
Q	Усилие подачи станка	Н	40000	50000
D	Наружный диаметр шпинделя	м	$51*10^{-3}$	$61*10^{-3}$
d	Внутренний диаметр шпинделя	м	$43*10^{-3}$	$53*10^{-3}$
$N_{\max}$	Мощность, передаваемая на шпиндель	кВт	-	-
n	Число оборотов шпинделя	-	80	1500
N_g	Номинальная мощность шпинделя	-	0,8	
η	КПД передачи от вала двигателя до шпинделя	-		
λ	Коэффициент возможной перегрузки: - электродвигатель -двигатель внутреннего сгорания	 - -	 1,5 1,1	 2,0 1,15

Расчет №10

Расчет механического зажимного патрона

Расчет патрона приведен для двух плашек, управляемых двумя болтами.

1. Допустимое осевое усилие по болту из условий его прочности на сжатие, Н:

$$P = F[\sigma_{сж}] .$$

2. Допустимое осевое давление, развиваемое болтом, Н:

$$P' = \frac{\pi*(d^2-d_t^2)*I*P}{4t} .$$

3. Сила трения, при закреплении ведущей трубы в двух патронах, Н:

$$T = 4P' * f.$$

4. Окружное усилие, передаваемое патроном, Н:

$$P_0 = \sqrt{T_0^2 - Q^2}$$

5. Передаваемая мощность патронами, кВт:

$$N = \frac{P_v*V}{75} .$$

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
F	Площадь поперечного сечения	м^2	0,04	0,06
$[\sigma_{сж}]$	Допустимое напряжение сжатия	Н/м^2	1000*10^5	1400*10^5
d	Наружный диаметр резьбы болта	м	0,03	0,5
d_1	Внутренний диаметр резьбы болта	м	0,025	0,4
I	Длина резьбы болта	м	0,03	0,5
P	Наибольшее удельное давление болта	Н/м^2	65*10^5	75*10^5
t	Шаг резьбы болта	м	0,003	0,004
f	Коэффициент трения между плашками и бурильной трубой	-	0,35	0,4
Q	Осевое усилие	Н	40000	120000
V	Окружная скорость	м/с	0,2	0,85

Расчет №11

Расчет фрикционной лебедки

1. Скорость вращения подъемного вала лебедки, мин$^{-1}$:

$$n_2 = n_1 \frac{d_1}{d_2} \varphi.$$

2. Скорость навивки каната на барабан, м/с:

$$V = \frac{(D+d)n_2}{60}.$$

3. Окружная скорость на ободе большого фрикционного колеса, м/с:

$$V_1 = \frac{\pi * d_2 * n_2}{60}.$$

4. Окружное усилие на ободе барабана, Н:

$$P = \frac{75 * N * \eta}{V}.$$

5. Окружное усилие на ободе фрикционного колеса, Н:

$$P_ф = \frac{75 * N * \eta}{V_1}.$$

6. Необходимое усилие нажатия фрикционных колес друг на друга, Н:

$$Q = \frac{k * P_ф * \sin\alpha}{f}$$

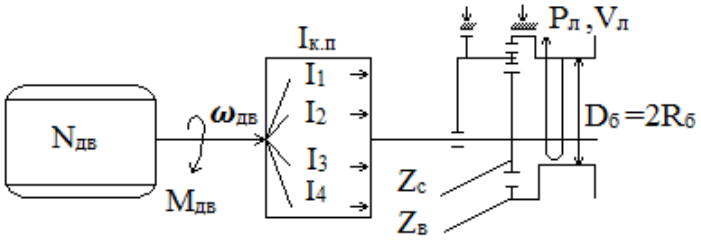
Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
n_1	Число оборотов приводного вала станка	мин$^{-1}$	80	
d_1	Диаметр малого фрикционного колеса	м	0,15	
d_2	Диаметр большого фрикционного колеса	м	0,8	
φ	Коэффициент скольжения при фрикционной передаче	-	0,98	
D	Диаметр барабана	м	0,22	
d	Диаметр каната	м	0,12	
N	Мощность электродвигателя станка	кВт	11	
η	КПД передачи от двигателя до барабана	-	0,8	
k	Коэффициент запаса	-	1,5	
α	Угол наклона боковых поверхностей клиньев	град	12	15
f	Коэффициент трения чугуна по стали	-	0,2	

Расчет №12

Анализ взаимосвязи мощности привода, конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик планетарной лебедки бурового станка

1. Принципиальная расчетная схема



2. Основные расчетные формулы:

$$N_{\text{дв}} = 713 * M_{\text{дв}} * \omega_{\text{дв}}(\text{л.с.}) = 973 * M_{\text{дв}} * \omega_{\text{дв}}, \text{кВт}$$

$$M_{\text{Б}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}} * i_{\text{к.п.}} * \frac{Z_{\text{с}}}{Z_{\text{В}}}, \text{Н*м};$$

$$\text{Р}_{\text{л}} = \frac{M_{\text{Б}}}{R_{\text{Б}}}, \text{Н};$$

$$\omega_{\text{Б}} = \frac{N_{\text{ДВ}}}{M_{\text{Б}}} * \frac{i}{i_{\text{К.П.}}} * \frac{Z_{\text{В}}}{Z_{\text{С}}}, \text{об/мин};$$

$$V_{\text{Л}} = \omega_{\text{Б}} * 2\pi * R_{\text{Б}}, \text{м/мин}.$$

Таблица основных исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$N_{\text{дв}}$	Мощность двигателя	кВт л.с.	10 15	150 220
$\omega_{\text{дв}}$	Число оборотов двигателя	об/мин	1200	5000
$I_{\text{к.п.}}$	Передаточное число коробки перемены передач	-	1 (прямая передача)	10 (высшая передача)
$D_{\text{б}}$	Диаметр барабана лебедки	м	0,2	0,7
$Z_{\text{с}}$	Число зубьев солнечной шестерни лебедки	шт	50	150
$Z_{\text{в}}$	Число зубьев венца лебедки	шт	250	1500

3. Основные эксплуатационные характеристики лебедки

$P_{\text{л}}$ – рабочее усилие (грузоподъемность на прямом канате, кГс, Тс, кН, даН) на конкретной передаче ($P_{\text{л}1}$, $P_{\text{л}2}$, $P_{\text{л}3}$, …);
$V_{\text{л}}$ – скорость подъема груза (на прямом канате, м/мин) на конкретной передаче ($V_{\text{л}1}$, $V_{\text{л}2}$, $V_{\text{л}3}$, …).

4. Основное задание

4.1. Рассчитать и построить графики зависимости эксплуатационных характеристик лебедки ($V_{\text{л}}$, $P_{\text{л}}$) от конкретных параметров бурового станка: $Z_{\text{с}}$ и $Z_{\text{в}}$, $D_{\text{б}}$, i_{i}.

4.2. Рассчитать и построить графики зависимости мощности и механической характеристики ($\omega_{\text{дв}}$=F($N_{\text{дв}}$)) двигателя.

Расчет №13

Расчет талевой системы

1. Натяжение на струне талевой системы, Н:

$$P_m = \frac{P_л}{\beta^m}.$$

2. Натяжение каната наматываемого на барабан лебедки, Н:

$$P_л = Q * \frac{\beta^m(\beta-1)}{\beta^m-1}.$$

3. Натяжение закрепленного конца каната, Н:

$$P_m = Q * \frac{\beta-1}{\beta(\beta^m-1)}.$$

4. КПД талевой системы, Н:

$$\eta = \frac{1}{m} * \frac{(\beta^m-1)}{\beta^m*(\beta-1)}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
β	Коэффициент сопротивления узла одного ролика	-	1,03	1,04
m	Число струн талевой системы	шт	1	6
Q	Нагрузка на крюке	Н	15000	55000

Расчет №14

Расчет колонны бурильных труб на прочность

Сечение I-I

1. Напряжение растяжения, Н/м^2:

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{кр}}}{F}.$$

2. Напряжение кручения, Н/м^2:

$$\tau = \frac{M_{\text{б}}}{W_{\text{р}}}.$$

3. Крутящий момент при бурении, Н*м:

$$M_{\text{б}} = \frac{N_{\text{б}}}{\omega}.$$

4. Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт:

$$N_{\text{б}} = N_{\text{тр}} + N.$$

5. Первый момент сопротивления, м^3:

$$W_{\text{р}} = 0{,}1 * \frac{d_{\text{н}}^4 - d_{\text{в}}^4}{d_{\text{н}}}.$$

6. Суммарное напряжение в сечение I-I:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{\text{р}}^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_g].$$

Сечение II-II

7. Напряжение сжатия, Н/м^2:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F}.$$

8. Напряжение изгиба, Н/м^2:

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{\pi^2 * E * D * f}{2 * 1^2}.$$

9. Напряжения кручения, Н/м^2:

$$\tau = \frac{M_{\text{б}}}{W_{\text{р}}}.$$

10. Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт:

$$N_{\text{б}} = 1{,}5 * N_{\text{з}}.$$

11. Суммарное напряжение в сечение II-II, Н/м^2:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{(\sigma_{\text{сж}} + \sigma_{\text{из}})^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_g].$$

12. Запас статической прочности колонны:

$$n = \frac{\sigma_{\text{г}}}{\sigma_{\Sigma}} \geq 1{,}7.$$

13. Запас прочности по нормальным напряжениям:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{из} * k_g}.$$

14. Запас прочности по касательным напряжениям:

$$n_\tau = \frac{\tau_г}{\tau}.$$

15. Суммарный запас прочности:

$$n_\Sigma = \frac{n_\sigma * n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 * n_\tau^2}}.$$

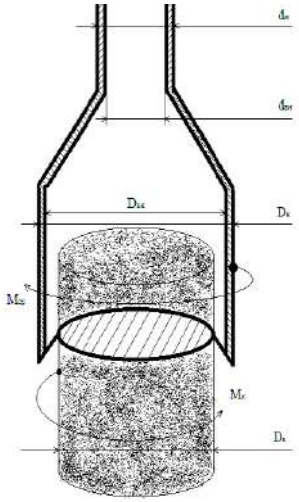
Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
$Q_{кр}$	Нагрузка на крюке	Н	0	55000
F	Площадь опасного сечения	м^2	2,16*10^{-4}	7,06*10^{-4}
$M_б$	Крутящий момент при бурении	Н*м	70	6500
$W_р$	Полярный момент сопротивления	м^3	5,4*10^{-6}	10,6*10^{-6}
$N_б$	Мощность, затрачиваемая на бурение	кВт	1,5	70
$d_н$	Наружный диаметр бурильных труб	м	42	54
$d_в$	Внутренний диаметр бурильных труб	м	22	40
$P_{ос}$	Осевая нагрузка на забой	Н	0	120000
E	Модуль упругости	Н/м^2	0,7*10^{11}	2,1*10^{11}
D	Диаметр скважины	м	0,037	0,133
f	Стрела прогиба	м	0,01	0,025
I	Длина полуволны	м	5	30
$\boldsymbol{\omega}$	Угловая скорость вращения снаряда	с$^{-1}$	8,3	156
$N_{гр}$	Затраты мощности на вращение колонны бурильных труб	кВт	12	40
$N_з$	Затраты мощности на разрушение забоя	кВт	1,2	2,5
$[\sigma_g]$	Предел прочности материала, из которого изготовлены бурильные трубы	Н/м^2	230*10^5	683*10^5

Расчет №15

Сопоставление конструктивных характеристик бурового снаряда и параметров керна при срыве вращением

1. Принципиальная схема и таблица исходных расчетных данных



Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$d_н$	Наружный диаметр бурильных труб	м	$32*10^{-3}$	$73*10^{-3}$
$d_{вн}$	Внутренний диаметр бурильных труб	м	$22*10^{-3}$	$59*10^{-3}$
$D_н$	Наружный диаметр колонковой трубы	м	$34*10^{-3}$	$219*10^{-3}$
$D_{вн}$	Внутренний диаметр колонковой трубы	м	$27*10^{-3}$	$203*10^{-3}$
$D_к$	Диаметр керна	м	$23*10^{-3}$	$199*10^{-3}$
$[\tau_{тр}]$	Прочность материала труб при кручении	МПа	162	284
$[\tau_к]$	Прочность горных пород при кручении	МПа	1,5	56,0

2. Основные аналитические зависимости.

Момент срыва керна $M_{ср}$ равен моменту реакции керна $M_к$, Н*м :

$$M_{ср} = [\tau_{тр}] * W_{тр} = [\tau_к] * W_к = M_к$$

где $W_{тр}$- момент сопротивления поперечного сечения труб, м^3:

а) бурильных труб:

$$W_{тр}^{б.тр} = \frac{\pi}{16} * \frac{d_н^4 - d_{вн}^4}{d};$$

б) колонковых труб:

$$W_{тр}^{к} = \frac{\pi}{16} * \frac{D_{н.к.т.}^4 - D_{вн.к.т}^4}{D_{н.к.т}};$$

$W_к$- момент сопротивления поперечного сечения керна, м^3:

$$W_к = \frac{\pi * D_к^4}{32}.$$

3. Основные аналитические задачи

3.1. Задайте некоторое значение прочности горной породы и материала труб. Постройте графики зависимости минимальных значений наружного диаметра бурильных труб (при постоянной толщине стенок) от диаметра керна.

3.2. При тех же условиях постройте график зависимости диаметра колонковой трубы от диаметра срываемого керна.

3.3. Задайте некоторый постоянный диаметр керна и материала труб. Постройте графики зависимости минимального диаметра бурильных труб от прочности горной породы.

3.4. При тех же условиях постройте график зависимости диаметра колонковой трубы от прочности горной породы.

3.5. Задайте диаметры труб и керна, постройте график зависимости необходимой прочности труб от диаметра срываемого керна.

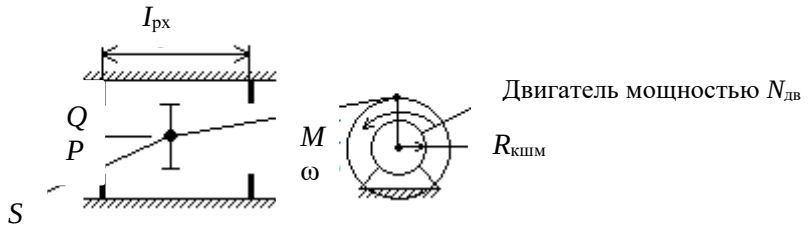
3.6. Задайте диаметры труб, прочность горной породы и постройте график зависимости необходимой прочности труб от диаметра срываемого керна.

3.7. Повторите расчеты 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 при измененных начальных условиях.

Расчет №16

Анализ взаимосвязи мощности привода, конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик бурового промывочного насоса

1. Принципиальная расчетная схема



2. Основные расчетные формулы

$$N_{дв} = K_i * M * \beta ,$$

где М – крутящий момент, кГс*м;
ω- частота вращения, об/мин;
$N_{дв}$- мощность двигателя (при K_1=973 кВт, а при K_2=713 л. с.).

$$Q = S * I_{рх} * \omega;$$

$$P = \frac{M}{R_{кшм}} * \frac{1}{S};$$

$$I_{рх} = 2 * R_{кшм} ,$$

где Q – расход промывочной жидкости, м^3/мин;
S – площадь поршня, м^2;
$I_{рх}$ – ход поршня, м;
P – рабочее давление в напорной магистрали, кГс/м^2
$R_{кшм}$ – радиус кривошипа, м.

3. Расчетно-аналитические задачи

3.1. При постоянной мощности асинхронного двигателя:
- Как влияет площадь поршня S на эксплуатационные характеристики насоса (построить графики $P=f_1(S)$ и $Q=f_2(S)$ для N=10, … 50 кВт).
- Как влияет радиус кривошипа и величина рабочего хода поршня на эксплуатационные характеристики насоса.

3.2. С изменяемой мощностью:
- До какой глубины возможно применение насоса с приводом 10, 20, …50 кВт, если гидросопротивления на каждые 100 м скважины при алмазном бурении (Q=300 л/мин) составляют 10 атмосфер, при твердосплавном бурении (Q=60 л/мин) 7 атмосфер, при шарошечном бурении (Q=100 л/мин) 15 атмосфер.

Расчет №17

Расчет эрлифта для откачки воды из скважины

Условия откачки:

- Проектный дебит откачки Q, м^3/ч.
- Глубина статического уровня в скважине h_0, м.
- Проектное понижение уровня воды при откачке $h_п$, м.
- Мощность водоносного горизонта m, м.
- Глубина залегания водоносного горизонта L, м.
- Конструкция эрлифта с расположением эрлифтных труб по схеме «рядом».

Расчетная схема представлена на рисунке.

1. Расчет глубины погружения смесителя

1.1 Определяется проектный динамический уровень воды в скважине, при откачке воды относительно излива:

$$h_g = h_0 + h_п + h_и ,$$

где h_g – проектный динамический уровень, м;

h_0– статический уровень, м;

$h_п$– проектное понижение уровня, при откачке ($h_п \leq 0{,}4\ m$), м;

m – мощность водоносного горизонта, м;

$h_и$ – высота расположения излива относительно устья скважины (0,5 м), м.

1.2. Определяется глубина погружения смесителя относительно уровня излива, при проектном динамическом уровне воды в скважине:

$$H = K + h_g ,$$

где H- погружение смесителя относительно уровня излива, м;

h_g- динамический уровень относительно излива, м;

K- коэффициент погружения смесителя.

Абсолютная величина коэффициента погружения смесителя K в зависимости от динамического уровня определяется опытным путем и поэтому принимается при расчетах согласно табл.1.

Таблица 1

Зависимость коэффициента погружения смесителя эрлифта от динамического уровня

h_g	70-40	60-20	30-10
K	1,4-1,6	1,7-2	2,5-3

2. Расчет расхода и давления воздуха, нагнетаемого в эрлифтную систему

2.1. Определяется удельный расход воздуха для откачки из скважины 1 м^3 воды:

$$W_0 = \frac{h_g}{C_0 * \log_{10} \frac{h_g * (K-1) + 10}{10}} ,$$

где W_0 – удельный расход воздуха, приводимый к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин;

h_g– динамический уровень воды в скважине, м;

K – принятый коэффициент погружения смесителя;

C_0 – опытный коэффициент, зависящий от коэффициента погружения смесителя, принимается согласно табл. 2.

Таблица 2

Зависимость коэффициента C_0 от K

K	4	3,35	2,85	2,5	2,2	2	1,8	1,7	1,55
C_0	14,3	13,9	13,6	13,1	12,4	11,5	10	9	8

При расчете удельного расхода воздуха для откачки из скважины жидкостей, имеющих удельный вес больше единицы ($\gamma_ж > 1$), г/см^3, необходимо W_0 умножить на $\gamma_ж$.

2.2. Определяется полный расход воздуха для откачки воды из скважины с проектной производительностью Q, м^3/ч:

$$\sum W_0 = \frac{Q * W_0}{60},$$

где $\sum W_0$ – суммарный полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин;
Q – проектный дебит откачки, м^3/мин
W_0 – удельный расход воздух, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин.

3. Расчет необходимого давления и производительности для выбора компрессора

3.1. Определение необходимого давления сжатого воздуха, при спуске компрессора:

$$P_п = 0{,}01 * \left(K * (h_g - h_0\right) + P_1),$$

где $P_п$ – пусковое давление компрессора, МПа;
K – принятый коэффициент погружения смесителя;
h_g – динамический уровень воды в скважине, м;
h_0 – статический уровень воды в скважине, м;
P_0 – потери напора в воздухопроводах, при спуске компрессора: $P_1 = 1$ м. вод. ст.

3.2. Определение рабочего давления компрессора в процессе откачки воды из скважины:

$$P_р = 0{,}01 * (h_g * (K - 1) + P_2,$$

где $P_р$ – рабочее давление компрессора, МПа;
h_g – динамический уровень воды в скважине, м;
K – принятый коэффициент погружения смесителя;
$P_р$ – потери напора в воздухопроводах, при процессе откачки.

3.3.Определение рабочего расхода сжатого воздуха в процессе откачки воды из скважины с проектной производительностью Q, м^3/ч:

$$W_р = \sum W_0 * \frac{P_0}{P_p},$$

где $W_р$ – рабочий расход промывочной жидкости, м^3/мин;
$\sum W_0$ – полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин;
P_0 – атмосферное давление воздуха, P_0=0,1 МПа;

$P_р$ – рабочее давление сжатого воздуха, МПа.

3.4. Выбор компрессора для оборудования эрлифта.

Для откачки воды из скважины м проектной производительностью Q давление компрессора $P_к$ и производительностью компрессора $q_к$ выбирается согласно следующим условиям:

$$Р_к \geq Р_п; \quad P_к \geq Р_р; \quad q_к \geq W_р.$$

4. Расчет внутренних диаметров эрлифтных колон

4.1. Выбор скоростей движения потоков воздуха и аэрированной воды в эрлифтных колоннах труб.

Для устойчивой и эффективной работы эрлифта необходимо обеспечить следующие скорости движения потоков воздуха и аэрировонной воды в эрлифтных колоннах труб:

$V_в$ – скорость потока в воздухопроводной колонне труб:

$$V_в=10 \text{ м/с};$$

$V_с$ – скорость потока аэрированной воды в водоподъемной колонне труб над смесителем

$$V_с=(2\text{-}4) \text{ м/с};$$

$V_н$ – скорость потока аэрированной воды в водоподъемной колонне труб, перед изливом

$$V_н=(6\text{-}12) \text{ м/с}.$$

$V_с$ и $V_н$ зависят от h_g (чем больше h_g, тем больше $V_с$ и $V_н$).

4.2. Расчет площади сечения потока воздуха в воздухопроводной колонне:

$$\omega_в = \frac{W_р}{60 * V_в},$$

где $\omega_в$ – площадь сечения потока воздуха в воздухопроводной колонне, м^2;

$W_р$ – рабочий расход сжатого воздуха, м^3/мин;

$V_р$ – скорость потока воздуха в воздухопроводной колонне, м/с.

4.3. Расчет площади потока аэрированной воды в водоподъемной колонне

4.3.1. Определение расхода воды над смесителем:

$$q_c = \frac{Q}{360} + \frac{W_p}{60},$$

где $q_с$– расход аэрированной воды над смесителем, м^3/с;

Q – проектный дебит откачки, м^3/ч;

$W_р$ – рабочий расход сжатого воздуха, м^3/мин.

4.3.2. Расчет площади сечения потока аэрированной воды над смесителем:

$$\omega_с = \frac{q_с}{V_с},$$

где $\omega_с$ – площадь сечения потока над смесителем, м^2;

$q_с$ – расход потока над смесителем, м^3/ч;

$V_с$ – скорость потока над смесителем, м/с.

4.3.3. Определение расхода аэрированной воды перед изливом:

$$q_н = \frac{Q}{3600} + \frac{\sum W_0}{60},$$

где $q_н$ – расход аэрированной воды перед изливом, м^3/ч;

Q – проектный дебит откачки, м^3/ч;

$\sum W_0$– суммарный полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин.

4.3.4. Расчет площади сечения аэрированного воды перед изливом:

$$\omega_{н} = \frac{q_{н}}{V_{н}},$$

где $\omega_{н}$ – площадь потока перед изливом, м^3;

$q_{н}$ – расход потока перед изливом, м^3/ч;

$V_{н}$ – скорость потока перед изливом, м/с.

4.4. Расчет внутренних диаметров внутренних эрлифтных колонн

Внутренние диаметры эрлифтных колонн определяются на основании площадей сечений потоков воздуха в воздухопроводной колонне и аэрированной воды в водоподъемной колонне по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4\omega_{н}}{\pi}},$$

где d- внутренний диаметр трубы, м;

$\omega_{н}$- площадь сечения потока в трубе, м^2.

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
L	Глубина залегания водоносного горизонта	м	50	150
h_0	Статический уровень воды	м	8	26
$h_{н}$	Понижение уровня воды	м	1	5
Q	Дебит	м^3/ч	10	130
m	Мощность водоносного горизонта	м	2	14

Расчет №18

Цементирование скважин

Основная цель цементирования – получение прочного водогазонефте непроницаемого, концентрично расположенного в затрубном пространстве кольца цементного камня, который по всей высоте обеспечивал бы разобщение и надежную изоляцию вскрытых скважиной продуктивных горизонтов и зон осложнений.

Способ цементирования выбирается в зависимости от температуры в ее стволе, опасности поглощения при заданной высоте подъема цементного раствора и возникновения затрубных проявлений в период ОЗЦ для каждой конкретной скважины.

Расчет цементирования сводится к определению:

- потребного количества сухого цемента, воды, промывочной жидкости;
- конечного давления при цементировании и выбора типа и потребного количества цементировочных агрегатов и цементно-смесительных машин;
- продолжительности цементирования.

1. Определение потребного количества сухого цемента, воды, продавочной жидкости при цементировании обсадной колонны

1.1. Определение потребного количества цементного раствора, м^3:

$$V_{\text{п.р.}} = \frac{\pi}{4}\left[(k^2 \cdot D^2 - d^2) \cdot h_{\text{ц}} + h_0 \cdot d_{\text{в}}^2\right],$$

где k – коэффициент увеличения ствола скважины (k = 1,1÷1,25).

1.2. Определение удельного веса цементного раствора, г/с^3:

$$\gamma_{\text{ц.р}} = \frac{\gamma_{\text{ц}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot (1+m)}{m \cdot \gamma_{\text{ц}} + \gamma_{\text{в}}},$$

где $\gamma_{\text{ц}}$, $\gamma_{\text{в}}$ - соответственно удельный вес сухого цемента и воды ($\gamma_{\text{ц}}$ = 3,15 г/см^3, $\gamma_{\text{в}}$ =1,0 г/см^3);

m – цементное отношение.

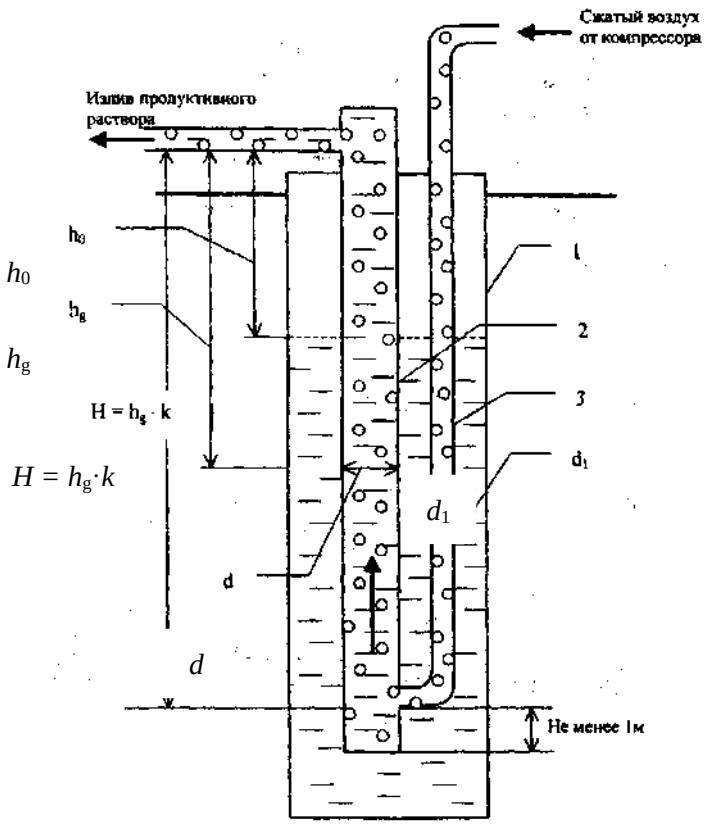


Схема эрлифта с расположением труб «рядом»:

1 – обсадные трубы; 2 – водоподъемные трубы; 3 – воздухопроводные трубы

1.3. Определение потребного количества сухого цемента, т:

$$Q_{\text{ц}} = e \cdot \frac{1}{1+m} \cdot \gamma_{\text{ц.р}} \cdot V_{\text{ц.р}} ,$$

где e – коэффициент, учитывающий потери сухого цемента при транспортировке и затворении (e = 1,03÷1,05).

1.4. Определение потребного количества воды для затворения цемента, м^3:

$$V_{\text{в}} = m \cdot Q_{\text{ц}} .$$

1.5. Определение объема продавочной жидкости, м^3:

$$V_{\text{пр}} = \Delta \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2_{\text{вн.ср}} \cdot (L - h_0) ,$$

где Δ - коэффициент, учитывающий сжатие жидкости (Δ = 1,03 ÷ 1,05).

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерений		Примечание
			от	до	
D	Диаметр долота	м	161	445	D (161, 172, 190, 214, 243, 269, 295, 320, 346, 370, 394, 445)
d	Диаметр обсадных труб	м	114	340	d (114, 127, 146, 168, 178, 194, 219, 245, 273, 299, 324, 340, 508)
δ	Толщина стенки обсадных труб	мм	6,5	12	
$d_{\text{вн.ср}}$	Средний внутренний диаметр обсадных труб	м	$(d-\delta)$		
$h_{\text{ц}}$	Высота подъема цементного раствора за колонной	м	50	4000	
h_0	Высота цементного стакана в колонне	м	20	20	
L	Глубина спуска обсадных труб	м	50	4000	

2. Определение конечного давления при цементировании

2.1 Определение давления в цементировочной головке в конце цементирования, атм:

$$P_{\max} = P_{\text{гидр}} + 0{,}1 \cdot \left[\left(L - h_{\text{ц}}\right)\gamma_{\text{г.р}} + \left(h_{\text{ц}} - h_0\right)\gamma_{\text{г.р}} - (L - h_0)\gamma_{\text{пр.ж}}\right] + (15 \div 20),$$

где $P_{\text{гидр}}$ – гидравлические сопротивления, атм.:

$$P_{\text{гидр}} = 0{,}01L + 8, (V_{\text{восх}} \leq 1 \text{ м/с и 1 агрегатом}),$$

$$P_{\text{гидр}} = 0{,}02L + 16, (V_{\text{восх}} > (1 \div 2)\text{м/с});$$

L – длина эксплуатационной колонны, м;

$h_{\text{ц}}$ - высота цементирования, м;

h_0 - высота цементного стакана, м;

$\gamma_{\text{г.р}}$ - плотность глинистого раствора, г/см^3;

$\gamma_{\text{п}}$ – плотность продавочной жидкости, г/см^3.

$(15 \div 20)$ - скачок давления на манометре в момент посадки продавочной пробки на упорное кольцо, атм.

Выбор ЦА $P_{\text{агр}} \geq P_{\max}$(выписываем характеристику ЦА – P и q).

2.2. Определение производительности цементировочного кольца агрегата в конце цементировочного агрегата в конце цементирования, м^3/с:

$$\sum q = \frac{\pi}{4} \cdot (K^2 \cdot D^2 - d^2) \cdot V_{\text{восх,}}$$

где K – коэффициент кавернозности;

$V_{\text{восх}}$ - скорость восходящего потока, м/с.

2.3. Определение необходимого количества цементировоч-ных агрегатов по скорости, шт:

$$n = \frac{\sum q}{q^{\text{v}}} + 1,$$

где $\sum q$ – необходимый расход для обеспечения заданной скорости поднятия цементного раствора за эксплуатационную колонну, м^3/с;

q^v – производительность выбранного агрегата на высшей скорости, л/с.

Характеристика 3ЦА-400

Скорость	Число двойных ходов поршня насоса в 1мин	*d* = 100 мм		*d* = 115 мм		*d* = 127 мм	
		подача, л/с	давление, атм	подача, л/с	давление, атм	подача, л/с	давление, атм
I	53,2	6,5	400	8,6	305	11,25	232
II	76,2	9,6	270	12,7	205	16,10	163
III	112,5	14,2	182	18,7	138	23,8	110
IV	156,0	19,7	131	26,0	100	33,0	79

Характеристика ЦА-320М

Режим работы	Скорость	Число двойных ходов поршня насоса в 1мин	*d* = 90 мм		*d* = 100 мм		*d* = 115 мм		*d* = 127 мм	
			подача, л/с	подача, л/с	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм
Максимальная производительность	I	28	2,4	390	3,0	305	4,1	225	5,1	182
	II	54	4,5	202	5,8	159	7,9	117	9,9	95
	III	97	8,3	113	10,4	88	14,2	65	17,6	52
	IV	125	10,6	87	13,5	69	18,3	50	22,8	40
Максимальное давление	I	27	2,3	400	2,9	320	3,9	230	4,9	185
	II	41	3,5	231	4,4	182	6,0	134	7,5	109
	III	73	6,2	130	7,8	103	10,7	75	13,3	61
	IV	94	8,0	102	10,1	80	13,8	59	17,1	47

2.4. Определение количества цементно-смесительных машин, шт:

$$i = \frac{Q_{\text{ц}}}{20},$$

где $Q_{\text{ц}}$ - количество цемента, необходимое для цементирования эксплуатационной колонны, т.

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерений	
			от	до
D	Диаметр долота	м	161	445
d	Диаметр обсадных труб	м	114	340
L	Глубина спуска обсадной колонны	м	50	4000
$h_{\text{ц}}$	Высота подъема цементного раствора за колонной	м	50	4000
h_0	Высота цементного стакана в колонне	м	20	20
$\gamma_{\text{г.р}}$	Удельный вес глинистого раствора	г/см^3	1,2÷1,25÷ 1,3	
$\gamma_{\text{ц.р}}$	Удельный вес цементного раствора	г/см^3	1,9÷ 1,85 ÷ 1,8	
$\gamma_{\text{п}}$	Удельный вес продавочной жидкости	г/см^3	1,0÷ 1,25	
$V_{\text{восх.}}$	Скорость подъема восходящего потока цементного раствора в затрубном пространстве: - для кондукторов и технических колонн - для эксплуатационных колонн	м/с	 (0,6÷ 0,8) (1,2÷1,5)	
k	Коэффициент увеличения диаметра ствола скважины	-	1,1	1,25

3. Определение продолжительности цементирования обсадной колонны

Возможность начала закачки определяется следующим условием:

$$P^V > P_г,$$

где P^V – максимальное давление, развиваемое ЦА на наивысшей скорости, атм;
$P_г$ - давление на преодоление в скважине в скважине гидравлических сопротивлений, атм.

$$P_г = 0{,}01L + 8 \text{ (при } V_{восх} \leq 1 \text{ м/с)};$$

$$P_г = 0{,}02L + 16 \text{ (при } V_{восх} \leq 2 \text{ м/с)}.$$

Если условие не выполняется, выбираем ближайшую скорость, на которой

$$P_{агр} > P_г.$$

3.1. Определяем, сколько цементного раствора будет закачано на этих скоростях:

$$h_{ц.р}^{IV} = \frac{10(P_г - P^V)}{(\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р})},$$

где $h_{ц.р}^{IV}$ - высота столба цементного раствора, который необходимо закачать на IV скорости, м;

P^V – давление, создаваемое насосом агрегата на V скорости.

Определяем объем раствора, закачанного на IV скорости, м^3:

$$V_{ц.р}^{IV} = \frac{\pi \cdot d_{вн.ср}^2}{4} \cdot h_{ц.р}^{IV},$$

Определяем объем цементного раствора, закачанного на V скорости, м^3:

$$V_{ц.р}^{V} = V_{ц.р} - V_{ц.р}^{IV}.$$

3.2. Определение высоты столба продавочной жидкости в колонне при работе агрегата на V скорости, м:

$$I_i^V == \frac{L \cdot (d_{вн}^2 + k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2) + (k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2) \cdot \frac{10(P_н^V - P_г)}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - \frac{4V_{ц.р}}{\pi}}{(k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2)\frac{\gamma_{ц.р} - \gamma_{пр.ж}}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} + d_{вн}^2}.$$

Определяем постоянные элементы для данной формулы:

$$a = L \cdot (d_{вн}^2 + k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2);$$

$$b=(k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2);$$

$$c = \frac{\gamma_{ц.р} - \gamma_{пр.ж}}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}};$$

$$Z = \frac{4V_{ц.р}}{\pi};$$

$$I_1^V = \frac{a + b \cdot \frac{10(P_н^V - P_г)}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - Z}{b \cdot c + d_{вн}^2}.$$

3.3. Определение высоты подъема цементного раствора за колонной на V скорости агрегата, м:

$$I_2^V = \frac{a + b \cdot \frac{10(P_{\text{н}}^V - P_{\text{г}})}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{\text{вн}}^2},$$

т. е.

$$I_2^v = \frac{Z - d^2(L - I_1^v)}{b}.$$

3.4. Высота столба продавочной жидкости на IV скорости агрегата, м:

$$I_1^{IV} = \frac{a + b \cdot \frac{10(P^{IV} - P^V)}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{вн}^2}.$$

3.5. Высота подъема цементного раствора за колонной на IV скорости агрегата, м:

$$I_2^{IV} = \frac{Z - d^2(L - I_1^{IV})}{b}.$$

3.6. Высота столба продавочной жидкости на III скорости агрегата, м:

$$I_2^{III} = \frac{a + b \cdot \frac{10(P^{III} - P^{IV})}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{\text{вн}}^2}.$$

3.7. Высота подъема цементного раствора за колонной, на III скорости агрегата, м:

$$I_2^{III} = \frac{Z - d^2(L - I_1^{III})}{b}.$$

3.8. Определяем количество продавочной жидкости, закачиваемой на различных скоростях агрегата, м^3:

$$V_{\text{пр}}^V = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot I_1^V;$$

$$V_{\text{пр}}^{IV} = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot (I_1^{IV} - I_1^V);$$

$$V_{\text{пр}}^{III} = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot (I_1^{III} - I_1^{IV});$$

$$V_{\text{пр}}^{II} = V_{\text{пр}} - V_{\text{пр}}^I - V_{\text{пр}}^{III} - V_{\text{пр}}^{IV} - V_{\text{пр}}^V;$$

$$V_{\text{пр}}^I = 2.$$

3.9. Определяем время работы одним агрегатом на разных скоростях, мин:

$$t^{\text{V}} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^V + V_{\text{пр}}^V)}{q^V \cdot 60};$$

$$t^{IV} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{IV} + V_{\text{пр}}^{IV})}{q^{IV} \cdot 60};$$

$$t^{III} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{III} + V_{\text{пр}}^{III})}{q^{III} \cdot 60};$$

$$t^{II} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{II} + V_{\text{пр}}^{II})}{q^{II} \cdot 60};$$

$$t^{I} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{I} + V_{\text{пр}}^{I})}{q^{I} \cdot 60}.$$

3.10. Общее время цементирования, мин:

$$T' = t^{\text{I}} + t^{\text{II}} + t^{\text{III}} + t^{\text{IV}} + t^{\text{V}}.$$

С учетом подготовительно-заключительных работ

$$T_{\text{ц}} = T' + 15 \text{ мин}.$$

3.11. Определяем температуру на забое скважины, ℃:

$$t_{\text{заб}} = t_{\text{ср}} + 0{,}025L,$$

где $t_{\text{ср}}$ – среднегодовая температура воздуха, ℃,

L – глубина скважины, м.

3.12. Определяем количество агрегатов, шт:

По времени схватывания

$$n_{ЦА} = \frac{T}{0{,}75T_{\text{скв}}} + 1,$$

по скорости

$$n = \frac{\sum q}{q^{\text{v}}} + 1,$$

где $\sum q$ – необходимый расход для обеспечения заданной скорости поднятия цементного раствора за эксплуатационную колонну, л/с;

q^{v} – производительность выбранного агрегата на высшей скорости, л/с.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Технология бурения разведочных скважин / А. Г. Калинин, В. И. Власюк, О. В. Ошкордин, Р. М. Скрябин. - М.: Техника, ТУМА ГРУПП, 2004. - 528 с.
2. Башкатов Д. Н., Кривошеев В. В., Соловьев Н. В. Бурение разведочных скважин: учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2007.
3. Гусман А. М., Порожский К. П. Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование. – Екатеринбург, 2002. - 592 с.

Дополнительная:

1. Ошкордин О. В. Технологическое проектирование в разведочном бурении на твердые полезные ископаемые: учебное пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 1994.
2. Калинин А. Г., Ошкордин О. В. Разведочное бурение. – М.: Недра, 2000.
3. Михайлова Н. Д. Техническое проектирование колонкового бурения. – М.: Недра, 1985.
4. Ганджумян Р. А. Практическое расчеты в разведочном бурении. – М.: Недра, 1986.
5. Поляков Г. Д., Булгаков Е. С. Проектирование, расчет и эксплуатация буровых установок. – М.: Недра, 1983.
6. Кирсанов А. Н., Зиненко В. П., Кардыш В. Г. Буровые машины и механизмы. –М.: Недра, 1986.
7. Элияшевский И. В., Орсуляк А. М. Типовые задачи и расчеты в бурении. – М.: Недра, 1974.
8. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду /под общей ред. В. В. Дубровского – Второе издание, перераб. и доп. – М.: Недра, 1972.
9. Справочник по бурению скважин на воду / под общей ред. Д. Н. Башкатова. – М.: Недра, 1979.
10. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин /авторский колл.; гл. ред. проф. Е. А. Козловский. – СПб, 2000.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Л. И. Кралина, Г. А. Усов, Ф. П. Сердюков

БУРОВЫЕ СТАНКИ И БУРЕНИЕ СКВАЖИН

Методические указания

по выполнению курсового проекта
по дисциплине
«Буровые станки и бурение скважин»

для студентов специальности
21.05.02 Прикладная геология

очного и заочного обучения

Екатеринбург
2018

Оглавление

1. Общие положения ……3
2. Объем курсового проекта и его оформление ……3
3. Содержание основных разделов проекта ……4
Введение……4
3.1. Гидрогеологическая характеристика разреза……..4
3.2. Выбор и характеристика средств откачки ……..……4
3.3. Выбор и расчет фильтра ……...5
3.4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины …….....5
3.5. Технология бурения скважин……...6
3.6. Выбор бурового оборудования и инструмента……...7
3.7. Вскрытие и освоение водоносного пласта …….8
3.8. Промсанитария, техника безопасности и охрана окружающей среды.....8
Рекомендуемая литература …….8
Приложение 1. Пример выполнения титульного листа курсового проекта…….9
Приложение 2. Пример бланка задания ……10
Приложение 3. Геолого-технический наряд……...12

1. Общие положения

Студенты специальности Прикладная геология выполняют курсовой проект по бурению скважин на воду после изучения дисциплины «Буровые станки и бурение скважин». Это самостоятельная работа, характеризующая умение студентам решать комплексные инженерные задачи в зависимости от конкретных технико-экономических и гидрогеологических условий производства работ.

Целью курсового проекта является закрепление и углубление знаний по дисциплине «**Буровые станки и бурение скважин**» и их практическое применение к решению конкретных инженерных задач, знакомство с методикой пользования специальной и справочной литературой. Курсовой проект можно рассматривать как важнейший этап подготовки к работе над технической частью дипломного проекта.

Курсовой проект разрабатывается на основании фактических материалов, собранных студентами на производственной практике. Эти материалы включают геологическую карту района производства работ, геологический разрез с указанием места заложения проектной скважины, гидрогеологическую характеристику разреза с подробными данными о всех водоносных горизонтах и ориентировочном проектном дебите каждого из них.

Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя кафедры технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых. Каждый студент перед началом проектирования получает у руководителя индивидуальное задание, в котором содержатся формулировка темы проекта, характеристика проектного геологического разреза, данные о проектном дебите скважины, статическом уровне подземных вод и условиях производства работ.

2. Объем курсового проекта и его оформление

Курсовой проект выполняется на бумаге формата А4 (210×297) с одной стороны листа. С левой стороны листа оставляется поле для подшивки 30 мм; с верхней – 20 мм; с правой – 15 мм; с нижней – 35 мм, на котором посередине проставляется порядковый номер страницы.

После титульного листа (приложение 1) помещается задание на курсовой проект, затем содержание, и далее следует текст. В конце проекта приводится список используемой литературы и приложения.

Текст пояснительной записки должен быть выполнен на компьютере. Общий объем записки курсового проекта – 25-30 с.

Графические приложения к тексту выполняются на плотной бумаге, кальке или миллиметровке формата 210×297 мм и подшиваются вместе с текстом записки. На отдельном листе формата А3 выполняется чертеж, на котором могут быть представлены геолого-технический наряд, схемы различных устройств, технологические схемы откачки, вскрытия, освоения водоносных пластов.

Пример оформления геолого-технического наряда представлен в приложении 3.

Текст курсового проекта включает следующие основные разделы.

Вводная часть – 5 % от всего объема.

Гидрогеологическая часть – 5-10 % объема.

Технико-технологическая часть – 85-90 % объема.

Разработка и изложение отдельных вопросов в проекте должны быть осуществлены в следующей последовательности.

Содержание курсового проекта:

Введение

1. Гидрогеологическая характеристика разреза.
2. Выбор и характеристика средства откачки.
3. Выбор и расчет фильтра.

4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины.
5. Выбор бурового оборудования и инструмента.
6. Вскрытие и освоение водоносного пласта.
7. Техника безопасности и охрана окружающей среды.

Список использованной литературы.
Приложения.

3. Содержание основных разделов проекта

Введение.

Во введении обосновывается назначение проектируемой скважины. Приводятся общие сведения о районе работ, дается его краткая физико-географическая и экономическая характеристика, оцениваются условия производства работ по бурению и оборудованию скважин, отмечается обеспеченность электроэнергией, топливом, водой, глиной и т. д.

3.1. Гидрогеологическая характеристика разреза

Приводится описание литологического состава горных пород, указываются их мощность, физические свойства, категория буримости, дается характеристика коллекторских свойств пород водоносных горизонтов (трещиноватость, гранулометрический состав, пористость, проницаемость), величина дебита каждого водоносного горизонта и статический уровень подземных вод.

Затем приводится характеристика тектонических зон и указываются возможные осложнения при их бурении.

Геологический разрез составляется в масштабе 1:200 или 1:500.

3.2. Выбор и характеристика средств откачки

В зависимости от целевого назначения скважины и ее дебита выбирается наиболее рациональный способ подъема воды из скважины. Выбор водоподъемной установки производится с учетом следующих исходных данных:

1) проектного дебита скважины;
2) глубины установки водоподъемных средств;
3) особых условий производства откачки, обусловленных повышенной температурой, минерализацией или высоким загрязнением воды. При этом фактические производительности и напор выбранного водоподъемника должны быть равны или несколько больше проектных. Особое внимание уделяется размерам водоподъемника, особенно его диаметру, который влияет на выбор размера водоподъемных труб и, следовательно, на конструкцию скважины. Обычно необходимо выбирать водоподъемники с минимально возможными размерами рабочих органов, что упрощает и удешевляет конструкцию скважины.

Водоподъемные установки выбираются по справочникам на основании данных о проектном дебите и динамическом уровне откачки.

Эрлифты применяются на стадии испытания, освоения водоносных горизонтов и при откачке из разведочных скважин. Выбранная схема эрлифта должна быть рассчитана для определения основных его параметров: глубины погружения смесителя, удельного расхода воздуха и производительности эрлифта, диаметров водоподъемных и воздухопроводных труб.

3.3. Выбор и расчет фильтра

Производительность скважины в процессе откачки зависит от правильного выбора водоприемной части скважины (типа фильтра и от его геометрических размеров).

Тип, конструкция фильтра выбираются в зависимости от характера пород (гранулометрического состава) водоносного горизонта, назначения скважины, ее производительности и глубины, агрессивности вод и ряда других факторов.

Необходимые конструктивные размеры фильтра для конкретных условий откачки определяются расчетом.

Диаметр и длина рабочей части фильтра подбираются и рассчитываются с учетом дебита скважины, коэффициента фильтрации пород водоносного горизонта и его мощности.

При этом необходимый диаметр фильтра рассчитывается исходя из диаметра выбранного водоподъемника, а точнее диаметра эксплуатационной колонны. При мощности водоносного горизонта, не превышающей 10 м, диаметр фильтра рассчитывается с учетом проектного дебита скважины, рабочей длины фильтра и коэффициента фильтрации пород. В данном случае длина рабочей части фильтра принимается равной мощности водоносного горизонта (10 м), а при мощности более 10 м рассчитывается на основании проектного дебита скважины диаметра фильтра. Скважность фильтра выбирается с учетом характеристики пород водоносного горизонта и должна обеспечивать водопропускную способность фильтра с минимальным сопротивлением движению и с допустимой скоростью движения воды, которая не приводит к переносу частиц шлама в скважину.

При правильном выборе и расчете параметров фильтра его водопропускная способность должна быть равна или более проектного дебита скважины.

3.4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины

Выбор способа бурения скважин на воду производится с учетом гидрогеологических условий, проектной глубины скважины, ее целевого назначения, экономичности и качественных показателей по вскрытию и освоению водоносного горизонта.

В настоящее время применяются следующие способы бурения скважин на воду: роторный, колонковый, ударно-вращательный и ударно-канатный.

Роторный способ применяется при бурении разведочно-эксплуатационных и эксплуатационных скважин на воду в твердых, трещиноватых породах с промывкой водой, в мягких породах, а также в тектонических зонах сильно рассланцованных, перемятых пород с промывкой глинистым раствором. В районах с затрудненным водоснабжением (Крайний Север, Средняя Азия) роторное бурение целесообразно использовать с продувкой воздухом или применять пневмоударное бурение. Роторное бурение рекомендуют использовать при вскрытии глубокозалегающих водоносных горизонтов, и оно отличается более высокой производительностью и экономичностью по сравнению с другими способами.

Канатно-ударное бурение применяется для бурения разведочно-эксплуатационных, эксплуатационных и дренажных скважин большого диаметра (свыше 500 м) при вскрытии низконапорных горизонтов. Оно отличается высокой металлоемкостью конструкции скважин и является более дорогостоящим по сравнению с роторным бурением. Канатно-ударный способ рекомендуется при бурении скважин глубиной до 150 м в породах осадочного комплекса, представленного средне- и крупнозернистыми песками, плывунами, валунно-галечными отложениями, а также сильно трещиноватыми и кавернозными породами, в которых использование роторного бурения весьма затруднительно.

Колонковый способ в основном применяется при бурении разведочных скважин на воду небольшого диаметра (до 200 мм) в породах различной крепости.

После выбора способа бурения проектируется конструкция скважины. При бурении скважин на воду выделяют следующие элементы конструкции скважин: кондуктор (направление), эксплуатационную колонну и фильтр.

При проектировании конструкции скважины необходимо учитывать специфику и возможности выбранного способа бурения. В частности, расчетные диаметры бурения обсадных труб должны быть указаны со стандартными размерами бурового инструмента конкретно для выбранного способа бурения.

3.5. Технология бурения скважин

Технология бурения разрабатывается на основании составленного ранее геологического разреза с учетом физико-механических свойств горных пород и характеристик водоносных горизонтов. При этом для каждой разновидности горных пород выбираются рациональные конструкции буровых наконечников и определяются технологические параметры режима бурения этими наконечниками.

Прежде всего необходимо выбрать типы буровых наконечников (коронки, долота) и установить их необходимые характеристики в соответствии с конструкцией скважины.

Затем для вращательных способов бурения выбирается вид промывочной жидкости и определяются необходимые параметры (например, глинистых растворов), характеризующие их качество. Параметры промывочных жидкостей (удельный вес, вязкость, водоотдача, статическое напряжение сдвига, содержание песка и др.) применяются в зависимости от возможных осложнений при бурении скважин.

После этого рассчитываются рациональные величины технологических параметров режима бурения. Для вращательных способов бурения это – осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент, частота вращения бурового снаряда и количество промывочной жидкости, нагнетаемой в скважину. Для ударно-канатного бурения определяются вес, высота сбрасывания и частота ударов бурового инструмента.

Необходимо также разработать мероприятия по борьбе с возможными осложнениями при бурении скважин (обвалы стенок скважин, поглощения промывочной жидкости и др.).

Устье скважины оборудуется направлением или кондуктором. Эксплуатационная колонна обеспечивает крепление ствола скважины, в ней обычно устанавливают насос для подъема воды.

В скважинах со сложным геологическим разрезом, в котором может встречаться несколько зон осложнений, устанавливают иногда промежуточную колонну, которая обычно следует после кондуктора. Выбор конструкции разведочно-эксплуатационной скважины необходимо начинать с определения типа водоподъемника и его диаметра, который определяет внутренний диаметр эксплуатационной колонны:

$$D_{в.эк} = D_{в} + 2\Delta ,$$

где $D_{в}$ - наружный диаметр водоподъемника, мм; Δ - зазор между водоподъемником и эксплуатационной колонной, мм.

Диаметр долота под эксплуатационную колонну определяется из условия:

$$D_{д} = D_{м} + 2\delta ,$$

где $D_{м}$ - наружный диаметр муфты, мм; δ - зазор между муфтой и скважиной, мм.

Для $D_{м}$ <250 мм δ = 25 мм; для $D_{м}$ >250 мм δ =20-50 мм.

Чем больше выход колонны из-под башмака обсадных труб, тем больше должен быть зазор δ.

Диаметр фильтра подбирают из условия обеспечения необходимого водопритока. Конечный диаметр скважины определяется необходимостью проведения комплекса гидрогеологических исследований и наблюдений.

Особое внимание уделяется технологии бурения скважин в интервалах водоносных горизонтов, направленной на сохранение естественной водопроницаемости водоносных пластов.

В случае бурения разведочных скважин устанавливаются интервалы бурения с отбором керна для составления детального геологического разреза и проведения исследований образцов горных пород. Особое внимание необходимо уделить разработке мероприятий по обеспечению получения качественного керна с интервалов водоносных горизонтов. С целью обеспечения получения качественных образцов горных пород при бурении необходимо выбрать комплекс технических средств и разработать специальные технологические и организационные мероприятия.

3.6. Выбор бурового оборудования и инструмента

Буровое оборудование выбирается с учетом целевого назначения скважины, ее конструкции, характера пород геологического разреза, способа бурения и разработанной технологии бурения.

В настоящее время буровое оборудование комплектуется в буровые агрегаты и установки, которые выпускаются отечественной промышленностью. Поэтому выбор основного бурового оборудования сводится к выбору буровой установки.

Выбор буровой установки производится по способу бурения, по проектной глубине бурения, по величине начального и конечного диаметра, которые обычно даются в ее характеристике. Также учитываются и другие данные характеристики буровой установки, такие как скорости вращения, осевое усилие, развиваемое механизмом подачи, которые обеспечивают необходимые технологические параметры режима бурения. В зависимости от наличия источников энергосбережения в районе бурения скважин буровые установки выбираются с электроприводом (от электролинии) или с автономным приводом от двигателя внутреннего сгорания (при отсутствии электролинии).

Вспомогательное буровое оборудование (труборазвороты, глиномешалки, КИП, талевая оснастка, вертлюги-сальники и др.) выбирается в зависимости от его потребности и условий производства работ.

После выбора всего комплекса бурового оборудования, необходимого для бурения проектируемой скважины, приводятся его технические характеристики.

Выбор породоразрушающего инструмента (коронок, долот) производится с учетом физико-механических свойств горных пород и их буримости.

Для вращательного бурения выбираются типы бурильных труб и их диаметры, конструкция и тип колонковой трубы для обеспечения качественного выхода керна; длина и диаметр утяжеленных труб при бурении скважин сплошным забоем большого диаметра (более 150 мм).

Для ударно-канатного бурения выбирается конструкция и размеры ударного снаряда, тип и размеры долот. Для ликвидации наиболее распространенных аварий (обрывы бурильных канатов, колонковых, обсадных труб) необходимо предусмотреть ловильный аварийный инструмент (метчики, колокола, труболовки, крючки, штопоры, овершоты).

В приложении нужно дать спецификацию всего бурового оборудования и инструмента с указанием его наименования и количества, необходимого для бурения скважины.

На основании геологического задания, выбора бурового оборудования, конструкции скважины и разработанной технологии бурения составляется геолого-технический наряд на бурение скважины, форма которого приведена в приложении 2.

3.7. Вскрытие и освоение водоносного пласта

Ответственными операциями при сооружении скважин на воду являются вскрытие и освоение водоносного пласта, которые оказывают большое влияние на производительность и долговечность скважины.

Вскрытие водоносного пласта включает комплекс технологических операций, направленных на успешное бурение горных пород водоносного пласта при обеспечении их устойчивости и сохранения естественной водопроницаемости.

Выбор технологии вскрытия водоносного пласта зависит от глубины его залегания, устойчивости и коллекторских свойств горных пород, слагающих водоносный пласт, пластового давления, мощности водоносного пласта и дебита скважины.

Неустойчивые горные породы водоносного пласта не рекомендуется вскрывать с применением глинистого раствора, так как глинистые частицы вызывают кольматацию пор и трещин и резкое снижение их водопроницаемости. В этом случае применяют специальные промывочные жидкости: малоглини-стые, меловые, полимерные, аэрированные, самораспадающиеся промывочные жидкости, пены и др.

Безнапорные пески при наличии устойчивой кровли водоносного пласта могут вскрываться гидровмывом фильтра, а также формированием каверны в водоносном пласте. Существуют и другие методы с применением различных схем промывки.

Освоение скважины обычно включает такие технологические операции, как установка фильтра в скважину, восстановление естественной водопроницаемости или ее искусственное увеличение, устройство гравийной обсыпки фильтров, откачки воды из скважины с целью формирования водоприемной части скважины и осветления воды.

При выборе способа освоения скважины необходимо учитывать его эффективность и простоту его технологического выполнения.

3.8. Промсанитария, техника безопасности и охрана окружающей среды

В этом разделе необходимо предусмотреть мероприятия по охране здоровья работающего персонала и средства по оказанию первой помощи пострадавшим.

Мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и охране окружающей среды проектируются в соответствии с действующими инструктивными указаниями при выполнении различного вида работ: монтаж установок, бурение скважины, транспорт, демонтаж установки, эксплуатация скважин.

Рекомендуемая литература

Бейсебаев А. М., Туякбаев Т. Н., Федоров Б. В. Бурение скважин и горно-разведочное бурение. – М.: Недра, 1990. – 303 с.

Соломин Б. Н. Проектирование скважин на воду. – М.: Недра, 1983. – 107 с.

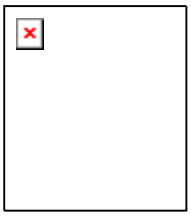
Справочник по бурению скважин на воду / Д. Н. Башкатов, С. С. Сулакшин, С. Л. Драхлис, Г. П. Квашнин. – М.: Недра, 1979. –560 с.

Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду / В. В. Дубровский [и др.]. – М.: Недра, 1972. – 512 с.

Разведочное бурение / О. В. Ошкордин [и др.] – М.: Недра, 2000. – 748 с.

Приложение 1

Пример выполнения титульного листа курсового проекта



МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО

«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ РАЗВЕДКИ МПИ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

НА ТЕМУ: «Сооружение разведочно-эксплуатационной скважины на воду»

Руководитель_____
Студент_____
Группа _____

Екатеринбург 201__г.

Приложение 2

Пример бланка задания

З А Д А Н И Е

по курсовому проекту на бурение гидрогеологической скважины

Студенту _____ группы _____

Тема проекта _____
_____

Содержание проекта

I. Исходные данные
1. Геологический разрез скважины.

№ п/п	Наименование пород и горизонты	Интервалы, м	Примечание
1			
2			
3			
4			
5			

2. Проектная глубина скважины _____
3. Проектный дебит скважины __$м^3$/час из горизонта_____
4. Статический уровень _____
5. Проектный динамический уровень _____
6. Период работы _____
7 . Особые условия (обеспеченность электроэнергией, водой, глиной и т. п.)_____

II. Задачи проектирования
1) выбрать и обосновать тип и размеры откачных средств;
2) обосновать выбор типа фильтра и произвести его расчет;
3) выбрать и обосновать способ бурения скважины;
4) составить и обосновать конструкцию скважины;
5) разработать рациональную технологию бурения для каждого горизонта:
   а) выбрать породоразрушающий инструмент;
   б) выбрать промывочную жидкость и обосновать ее качественные параметры;
   в) рассчитать технологические параметры режима бурения.
6. Выбрать буровое оборудование:
   а) буровой агрегат (буровой станок, насос, привод);
   б) буровой копер или мачту.
7. Разработать конструкцию бурового снаряда:
   а) колонкового набора;
   б) колонны бурильных труб;
   в) колонны обсадных труб.

Примечание: для выбранного оборудования приводится краткая техническая характеристика.

8. Уточнить режим бурения с учетом технических характеристик выбранного оборудования.

9. Произвести проверочный расчет выбранного бурового оборудования:

а) насоса (по производительности и рабочему давлению);

б) привода бурового станка и насоса;

в) бурового копра или мачты (по грузоподъемности);

г) колонны бурильных труб.

10. Запроектировать способ вскрытия водоносного горизонта и опробования.

11. Предусмотреть мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и промсанитарии.

12. Составить спецификации основного оборудования, инструмента и материалов, необходимых для бурения скважин.

III. Графические приложения

1. Геолого-технический наряд.
2. Схема конструкции скважины.
3. Схема бурового снаряда.
4. Схема фильтра.
5. Схема оборудования скважины для откачки.

Дата сдачи проекта на кафедру _____

Руководитель проекта _____

Приложение 3

Геолого-технический наряд

ГРО, ГРЭ _____
Проектная глубина, м _____
Начало бурения _____
Окончание бурения _____

Буровой станок_____
Буровой насос _____
Двигатель _____
Мачта_____
Буровые трубы _____

Скважина _____

Геологическая часть							Техническая часть										
Масштаб глубин	Наименование горных пород	Категория пород по буримости	Литология	Интервал и вид отложений	Статический уровень Динамический уровень	Мощность слоев, м	Конструкция скважины	Тип и диаметр ПРИ, мм	Длина и диаметр УБТ	Режимы бурения			Качество бурового раствора	Способы борьбы с осложнениями	Способ вскрытия водоносного пласта	Тип фильтра	Примечание
										Осевая нагрузка, кН	Частота вращения, об/мин.	Расход промывочной жидкости, л/мин.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Л. И. Кралина, Г. А. Усов, Ф. П. Сердюков

Исследование процессов разрушения и физико-механических свойств горных пород

Методическое пособие
к комплексу практических занятий
по дисциплине

«Буровые станки и бурение скважин»

для студентов специальности
21.05.02 Прикладная геология
Очного и заочного обучения

Часть 1

Екатеринбург
2018

Оглавление

Введение…….3
Лабораторная работа № 1. Определение абразивности образцов горной породы методом Барона……4
Лабораторная работа № 2. Определение физико-механических параметров скальных горных пород……..6
Лабораторная работа № 3. Определение энергоемкости процесса распиловки горных пород алмазным диском…….....10
Лабораторная работа № 4. Исследование акустического спектра резания горной породы алмазным диском…….....15
Библиографический список…….....18

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ по профилирующим дисциплинам для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология. Предложенные в учебно-методическом пособии лабораторные работы выполняются с целью закрепления теоретических знаний, приобретения практических навыков в выполнении работ лабораторного характера, в том числе с элементами НИРС, расчетов, необходимых при изучении студентами профилирующих дисциплин, курсовом и дипломном проектировании. При выполнении работ используются справочные материалы, приведенные в приложении. Большинство работ рассчитано на выполнение и оформление непосредственно на занятиях. Если работа не закончена, то с разрешения преподавателя она может быть оформлена и сдана к следующему занятию.

Структурно, в зависимости от теоретического характера лабораторных исследований, учебно-методическое пособие состоит из трех частей:

Часть 1. Исследование процессов разрушения и физико-механических свойств горных пород;

Часть 2. Исследование буровых промывочных жидкостей и тампонажных растворов;

Часть 3. Методика обработки результатов исследования при выполнении лабораторных работ и справочные материалы.

Список литературы, использованной при написании учебно-методического пособия, приведен в конце каждой части.

Предлагаемые в настоящем методическом пособии лабораторные работы студентами выполняются побригадно по 2-3 человека. Объем данных работ рассчитан в основном на 2-4 часа, реже - на 6-8 часов в случае проведения студентами комплексных исследований повышенной сложности и детальности.

Полученные результаты лабораторных исследований оформляются студентами в виде отчета, содержащего следующие данные и разделы:

1. Полное наименование работы.
2. Состав исполнителей.
3. Руководитель работы.
4. Задание, дата.
5. Исходные данные.
6. Порядок выполнения работы.
7. Выводы и рекомендации по результатам исследований.

Лабораторная работа № 1

Определение абразивности образцов горной породы методом Барона

Настоящие методики определения абразивности горных пород разработаны в Институте горного дела им. А. А. Скочинского, Л. И. Бароном и А. В. Кузнецовым. Сущность ее заключается в истирании о поверхность образца горной породы торца вращающегося стержня из незакаленной стали -серебрянки с последующим определением весового износа стержня во время опыта. За критерий абразивности принимается суммарная потеря в весе стержня за стандартное время опыта 10 минут. Опытное потирание стержня производится при осевой нагрузке 150 Н и скорости вращения 400 об/мин.

Испытания производятся на установке, выполненной на базе обычного сверлильного станка типа НС - 1 2 А.

Образец горной породы устанавливается в зажимном приспособлении таким образом, чтобы истираемая поверхность была перпендикулярна шпинделю станка. В патроне станка закрепляется эталонный стержень из инструментальной калиброванной стали-серебрянки У8А диаметром 8 мм. Изготовление стержней производится на токарном станке, где пруток разрезается на части длиной 70 мм. В одном из торцов каждого стержня высверливается центральное отверстие диаметром 4 мм и глубиной 12 мм.

Определение абразивности породы производят сверлением образца породы эталонным стержнем, предварительно взвешенным на аналитических весах с точностью до 0,1 мг. Исследования производят по схеме парных опытов: сначала сверление осуществляется в течение 10 мин одним концом стержня, затем в течение 10 мин – другим.

После опыта стержень очищается и снова взвешивается на аналитических весах с точностью до 0,1 мг.

Коэффициент абразивности породы вычисляется на основании результатов исследований по формуле

$$A = \frac{\sum q_i}{2n_{\text{п}}}, \tag{1.1}$$

где A - коэффициент абразивности, мг,

q_i - потеря массы эталонного стержня за каждый парный опыт, мг;

$n_{\text{п}}$ - число парных опытов.

На каждом образце горной породы проводится 3-5 парных опытов, а в целом по пробе необходимо провести 9-15 таких опытов

Необходимое число единичных опытов определяется с учетом коэффициента вариации, зависящего от структуры горных пород, на основании величины отношения

$$a = \frac{K_{\text{доп}}}{K_{\text{вар}}} \tag{1.2}$$

где $K_{\text{доп}}$ - допускаемое отклонение точности определения коэффициента абразивности;

$K_{\text{вар}}$ - коэффициент вариации, принимаемый согласно табл. 1.1.

Согласно абсолютной величине a, необходимо определить минимальное число единичных опытов, руководствуясь табл. 1.2.

Таблица 1.1

Определение коэффициента вариации $K_{\text{вар}}$

Структура пород	Размер зерен, мм	$K_{\text{вар}}$, %
Крупнозернистая	5	30
Среднезернистая	3-5	22
Мелкозернистая	0,3-0,2	19
Тонкозернистая с включениями	0,2	34

Таблица 1.2

Определение минимального числа единичных опытов

a	2,0	0,98	0,69	0,57	0,49	0,48
n	1	4	8	12	16	20

Запись результатов измерений и вычислений производится в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Определение абразивности горных пород

№ п.п	Порода		Номер образца опыта	Масса стержня. $G_{1,2}$, мг		Потеря массы, мг	Абразивность А, мг				Примечание
	шифр	название		до опыта	после опыта		по опыту	по образцу	среднее по пробе	коэф. вариац, %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Построение графиков и выводы результатов работы

Построение графиков по результатам измерений и вычислений настоящей лабораторной работы. УП1, УП2 - предварительные усилители;

Количественный и качественный анализ зависимостей

$A = f\left(\frac{H_{м,\max}}{H_{м,\min}}\right)$ и $A = f\left(H_{м,\max}\right)$, а также степени зернистости

(крупно-, средне-, мелко-, микрозернистости) исследуемых образцов горных пород.

Обосновать практическое значение полученных результатов лабораторных исследований и дать практические рекомендации.

Лабораторная работа № 2.

Определение физико-механических параметров скальных горных пород

Для оценки прочностных свойств горных пород определяются коэффициент динамической прочности (крепости и дробимости) $F_д$, а для оценки абразивных свойств - коэффициент абразивности $K_{абр}$.

Методика разработана в ЦНИГРИ под руководством Н. И. Любимова и рекомендована для исследований ФМС скальных горных пород.

Отбор н подготовка образцов горных пород

Отбор образцов горных пород производится, как правило, из керна. Можно также отбирать образцы произвольной формы соответствующего размера.

Размеры образцов из керна: длина 20-25 см при бурении коронками диаметром 46-59 мм и 15-18 см при бурении коронками диаметром 76-92 мм.

Подготовка проб из образцов осуществляется в следующем порядке:

- исследуемый образец породы разбивается на куски изометрической формы без острых углов размером 1,5-2,0 см в поперечнике;
- набираются две пробы: каждая проба состоит из 25 кусков и разделяется на пять частей по пять кусков.

Оборудование и материалы, необходимые для исследований

При определении прочностных и абразивных свойств горных пород по методике ЦНИГРИ применяются:

- прибор ПОК для определения динамической прочности (крепости) горных пород;
- прибор ПОАП-2М для определения абразивности горных пород;
- весы типа ВЛКТ-100 г / 5-3.

Прибор ПОК состоит из трубчатой ступы (рис. 2.1, а) и объемомера (рис. 2.1, б). Составными частями трубчатой ступы являются: загрузочный стакан *1*, направляющая труба *2*, удерживающий шплинт *3*, гиря *4*, упор *5*, шнур *6* и рукоятка *7*.

Объемомер состоит из стакана *1* и поршня со шкалой *2*.

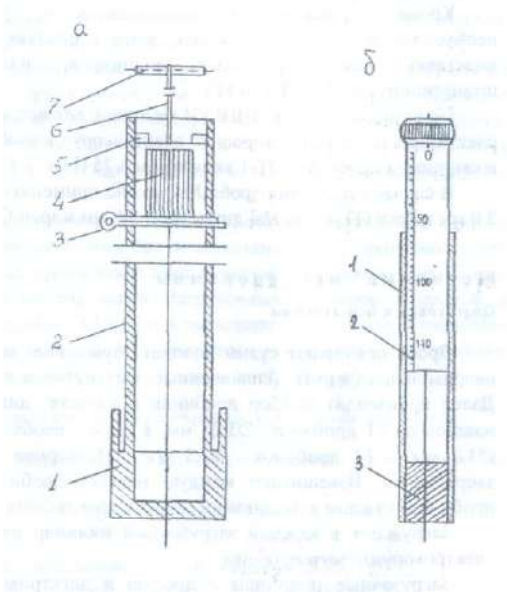


Рис. 2.1. Прибор ПОК для определения динамической прочности горных пород:

а – трубчатая ступа: *1* – загрузочный стакан; *2* – направляющая труба; *3* – шплинт удерживающий; *4* – гиря; *5* – упор; *6* – шнур; *7* – рукоятка; *б* – объемомер: *1* – стакан; *2* – поршень со шкалой; *3* – дно

Прибор ПОАП-2м, схема которого приведена на рис. 2.2, состоит из электродвигателя АОЛБ 22-4 мощностью 0,18 кВт с числом оборотов 1420 об/мин, двух рабочих органов с загрузочными камерами и пульта управления со счетчиком оборотов двигателя.

В приборе ПОАП-2м рабочий орган представляет собой жесткое сварное соединение *8* трех загрузочных камер *4*, шатуна *7* и эксцентрикового вала *2*, совершающего колебательно-вращательное движение в шариковых подшипниках *10*.

Опорой рабочего органа служат маятниковые шатуны *3*, которые с помощью шариковых подшипников *6* шарнирно связывают рабочий орган с плитой прибора.

Загрузочные цилиндры вставляются в камеры *4* прямоугольной формы и закрываются крышками *5* при помощи натяжных замков.

Привод рабочего органа прибора осуществляется от электродвигателя *1* через эксцентриковый вал *2* с насаженным на него маховиком *9*. При помощи вала 2 загрузочные камеры совершают возвратно-поступательное движение, обеспечивающее интенсивное перемешивание помещенного в них материала.

Механический редуктор-счетчик оборотов *12,* который присоединяется к валу электромотора при помощи двух шкивов и приводного ремня, позволяет контролировать число колебаний рабочего органа.

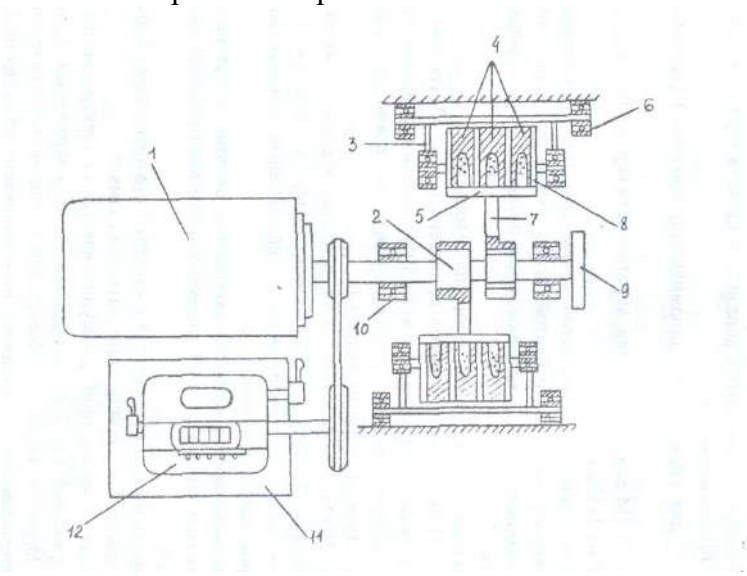


Рис. 2.2. Схема прибора ПОАП-2М для определения абразивности горных пород:
1 – электродвигатель; *2* – эксцентриковый вал; *3* – шатуны; *4* – загрузочные цилиндры; *5* – крышка; *6* – опоры; *7* – шатун; *8* – рабочие органы; *9* – маховик; *10* – подшипники; *11* – пульт управления; *12* – счетчик.

Весы типа ВЛКТ-100 г/5-3 предназначены для определения потери веса эталонного материала при определении абразивности пород с требуемой точностью

Для исследований на приборах ПОК и ПОАП-2м используются:

- загрузочные цилиндры из стекла органического СОЛ (ГОСТ 15809-70) - 18 шт. (6 - для проведения опыта, 6 - для промывки дроби после опыта, 6 - запасные);
- сито из сетки №5 (ГОСТ 3826-66);
- мерка емкостью l $см^3$.

Кроме перечисленных принадлежностей, учтенных в ОСТе, необходимо иметь молоток, совок, лоток с шестью
ячейками для дроби, подставку для загрузочных цилиндров, пластинку, лопаточку, штангенциркуль (ГОСТ 166-80).

По разработанной в ЦНИГРИ методике для исследований необходимы следующие материалы: порошок электрокорундовый №12 (ГОСТ 3647-80) и свинцовая дробь №4 ОТ-1 диаметром 3.25 (ГОСТ 7837-76).

В случае отсутствия дроби №4 можно применять дробь №5 диаметром 3,0 мм марки ОТ-1 или №3 диаметром 3,5 мм марки ОТ-П.

Методика исследований
Подготовка к испытаниям

Дробь протирают сухим хлопчатобумажным материалом. Дробинки неправильной формы (сплющенные, вытянутые и т. п.) отбраковываются. Далее производят подбор дробинок в навеске, для чего заготовляют 6 навесок по 21 дробинке Ø 3,25 мм; в случае необходимости 26 дробинок Ø 3,0 мм и 14 дробинок Ø 3,5 мм. Повторное использование дроби запрещается. Взвешивают каждую навеску дроби. Определение массы дроби при каждом взвешивании следует производить с точностью до 5 мг.

Загружают в каждый загрузочный цилиндр навеску дроби и 1 см электрокорундового порошка.

Загрузочные цилиндры с дробью и электрокорундовым порошком помещают в прибор и включают его на 20 минут. При этом электродвигатель должен совершить 28 тыс. оборотов, которые контролируются счетчиком прибора.

Каждую навеску дроби после указанного опыта помещают в сосуд с водой и после перемешивания (всполаскивания) извлекают и протирают насухо чистым хлопчатобумажным материалом.

Промытую дробь взвешивают. Потеря массы дроби в каждой пробирке должна быть 200±10 мг. В случае отклонения потери массы дроби от указанного необходимо изменить количество дробинок в навеске и повторить тарировочные работы вновь.

Проведение испытаний

Каждую часть пробы, состоящую из 5 кусков, помещают в стакан прибора ПОК и производят 10 сбрасываний гири массой 2,4 кг с высоты 600 мм (груз поднимается до упора). Продукт разрушения всех пяти частей каждой пробы породы просеивается через сито с размером стороны ячейки а свету 0,5 мм. Прошедшую через сито фракцию 0,5 мм и менее ссыпают в трубу объемомера (рис. 4.2). В трубу свободно вставляют до упора цилиндр и снимают отсчет "h" по шкале цилиндра в миллиметрах.

Раздробленную горную породу фракции 0,5 мм и менее высыпают из объемомера на лист чистой бумаги в виде конуса, затем конус с помощью пластинки развертывают в диск, который снова пересыпают в конус. Процесс перемешивания повторяют 2 - 3 раза для получения однородной среды. Из противоположных частей диска отбирают пробы объемом 1 см^3 каждая.

Загрузочные цилиндры с дробью и пробами помещают в прибор ПОАП-2м и включают на 20 мин. После испытания дробь промывают. Для этого каждую навеску дроби помещают в чистые загрузочные цилиндры, заполненные на 2/3 объема водой. Загрузочные цилиндры с дробью и водой помещают в прибор ПОАП-2м и включают его на 3 мин. Промытую дробь протирают сухим хлопчатобумажным материалом, взвешивают каждую навеску и определяют потерю массы дроби ΔQ (мг).

Определение физико-механических параметров по результатам испытаний

Коэффициент динамической прочности породы определяет по формуле:

$$F_{д} = \frac{20n}{h} = \frac{200}{h}, \qquad (2.1)$$

где n=10 - число сбрасываний гири на приборе ПОК;

h - отсчет по шкале цилиндра объемомера, мм.

Коэффициент абразивности исследуемой породы определяют по формуле:

$$K_{\text{абр}} = \frac{\Delta Q}{100}\ , \tag{2.2}$$

где ΔQ - потеря массы дроби, мг.

Коэффициенты динамической прочности и абразивности определяются по двум пробам.

За средние значения $F_{\text{д}}$ или $K_{\text{абр}}$ принимаются среднеарифметические двух определений при условии:

$$Z = \frac{X_1 - X_2}{(X_1 + X_2)/2} \cdot 100 \langle 25\ \%, \tag{2.3}$$

где X_1 и X_2 - значения двух определений $F_{\text{д}}$ и $K_{\text{абр}}$.

В случае отклонения от приведенного условия проводятся дополнительные определения. Из полученных значений $F_{\text{д}}$ и $K_{\text{абр}}$ выбираются те два, для которых выполняется условие (2.3).

На основании определенных опытным путем значений динамической прочности $F_{\text{д}}$ и коэффициента абразивности $K_{\text{абр}}$ можно определить объединенный комплексный показатель бурности $\rho_{\text{м}}$ по формуле:

$$\rho_{\text{м}} = 3F_{\text{д}}^{0.8} \cdot K_{\text{абр}} \tag{2.4}$$

Лабораторная работа № 3.
Определение энергоемкости процесса распиловки горных пород алмазным диском

Распиловка является начальной операцией в обработке каменного сырья. Для распиловки горных пород используют несколько типов алмазных пил и станков, конструкция которых зависит от размеров камней и конкретной цели распиловки.

Процесс распиловки можно контролировать по показаниям электроприборов, которые устанавливаются в системе электропривода для измерения силы тока, напряжения и потребляемой мощности.

Оценка процесса распиловки возможна по удельным затратам электроэнергии на единицу площади распиливания, которая зависит от ФМС горных пород, параметров режущего инструмента и технологических параметров распиливания.

Задачей исследования является определение энергоемкости процесса распиливания горных пород с различными ФМС на камнерезном станке.

Технические средства для определения энергоемкости процесса распиловки

В качестве распиловочного механизма используется серийный камнерезный станок ПТ-44, оснащенный алмазным отрезным диском:

Техническая характеристика камнерезного полуавтомата ПТ-44

Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм ….	150
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм …..	160
Частота вращения шпинделя, об/мин ……..	1500
Инструмент: круг отрезной, 2726-0272 ГОСТ 10110-78	1000
диаметр, мм ……	450
толщина, мм……	2,4
Скорость подачи (продольное перемещение салазок), мм/мин	
при модуле червячной передачи m = 1……..	5,4-31,5
m = 2……..	10,8-63
Питающая эл. сеть:	
род тока…….	Переменный
частота тока, Гц……	50
напряжение, В……..	220, 380
Электродвигатель	
Тип…….	4А80В (АИР90В)
мощность, кВт……..	1,5 (2,2)
частота вращения, об/мин……..	1500
габариты, мм, не более……	1240 890 940
масса, кг, не более……..	350

Принцип работы камнерезного полуавтомата ПТ-44

Привод станка осуществляется от электродвигателя *1* (рис. 3.1) Вращение от двигателя передается через клиноременную передачу на шпиндель *2*, на котором закреплен алмазный круг *10*. Вращение шпинделя двухскоростное, так как шкив шпинделя имеет два ручья с разными диаметрами.

При распиловке заготовок продольная подача заготовки *11* производится механически от двигателя *1* через клиноременную передачу, червячную передачу *7*, передачу "винт-гайка", гайка *8* которой является разъемной. При разомкнутом положении

гайки механическая подача на заготовку не происходит. Заготовка при распиловке надежно закрепляется в зажимном устройстве *9*, которое имеет возможность продольного перемещения по направляющим *4*. Скорость продольной подачи во время распиловки регулируется бесступенчатым вариатором *6*. При переводе рычага влево подача замедляется, вправо - ускоряется

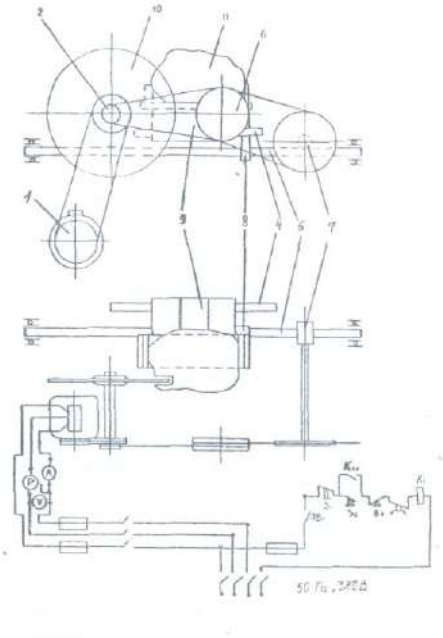


Рис. 3.1. Электромеханическая схема ПТ-44

Приборы для контроля процесса распиловки

Для контроля процесса распиловки камнерезный полуавтомат ПТ-44 имеет электрический щит, оборудованный вольтметром с ценой деления 20 В в диапазоне 500 В, амперметром с ценой деления 0,5 А в диапазоне ЮЛ и ваттметром с ценой деления 0,5 кВт в диапазоне 1,4 кВт.

Для проведения исследований необходимо иметь секундомер.

Методика определения процесса распиловки
Подготовка образцов для распиловки

Для распиловки используются образцы скальных горных пород произвольной формы. Размеры образца следует подбирать из расчета затрат времени на отрезание одной пластины в пределах 4-6 мин. и возможности получения из образца двух пластин толщиной 30 мм и длиной не менее 100 мм. Каждый образец должен быть промаркирован. Полученные при распиловке пластины используются в следующей лабораторной работе.

Подготовка камнерезного полуавтомата ПТ-44

Исследуемый образец закрепляется в зажимном устройстве станка. Для распиловки следует использовать червячное колесо с модулем m=1. Рычагом вариатора устанавливается нужная скорость резания. Рекомендуемая скорость резания при распиловке твердых пород (яшма) -23,4 мм/мин., при распиловке мягких пород (змеевик) – 33,4 мм/мин.

Организация наблюдений за процессом распиловки

В процессе исследований по показаниям ваттметра измеряется потребляемая мощность на холостое вращение алмазного диска и суммарная потребляемая мощность в процессе распиловки. Потребляемая мощность на распиливание определяется по формуле:

$$P_p = \sum P - P_{xx} \quad (3.1)$$

где P_p - потребляемая мощность на распиливание, Вт;

$\sum P$ - суммарная потребляемая мощность, Вт;

P_{xx} - потребляемая мощность на холостое вращение алмазного диска, Вт.

Для получения достоверной информации необходимо провести 3 опыта - параллельные распиловки образца, обеспечивающие получение двух пластин.

Каждый опыт начинается с регистрации потребляемой суммарной мощности в момент начала распиловки. Затем суммарная потребляемая мощность регистрируется с помощью секундомера через каждые 30 с до окончания распиловки.

Результаты наблюдений и обработки заносятся в таблицу.

Регистрация результатов наблюдения и расчетов

Номер парал. набл.	P_{xx}	Суммарная потребляемая Мощность ΣP, Вт										Площадь распила S,м^2	Работа A, Втс	Удельная энергоемкость W, Вт·с/м^2
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270			
Образец №1														
1														
2														
3														
Образец №2														
1														
2														
3														

На основании наблюдений при распиловке каждого образца строятся графики, характеризующие изменение P_P во времени. Форма графика приведена на рис. 3.2.

Определение произведенной работы для распиливания образца

Работа распиливания характеризуется площадью фигуры 5 (рис. 3.2), ограниченной кривой, характеризующей изменение суммарной потребляемой мощности $\sum P$ во времени, и линией, ограничивающей мощность холостого вращения P_{xx}.

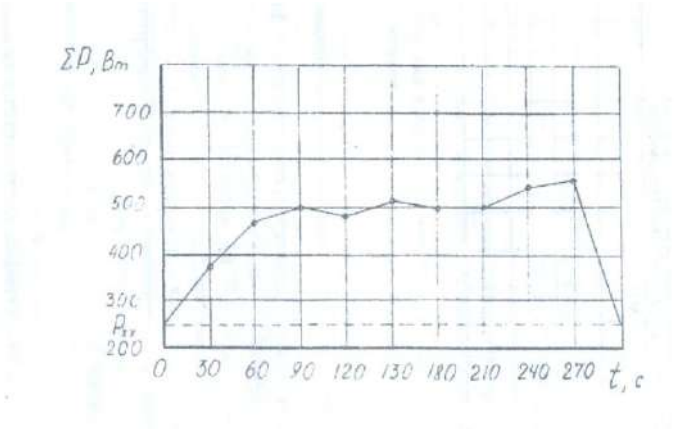


Рис. 3.2. График изменения потребляемой мощности во времени при распиловке яшмы технической.

Площадь *S* определяется с помощью палетки. Масштаб одной клетки палетки определяется в соответствии с масштабом координат графика:

$$M = P_p t_н, \tag{3.2}$$

где M - масштаб одной клетки, Вт·с;

P_p - масштаб мощности на графике, Вт;

$t_н$ - масштаб времени, с. Приведенный на рис. 4.6 график имеет следующий масштаб:

$M = 100 \cdot 30 = 3000$, Вт·с.

Тогда работа распиливания образца определяется из условия, Вт/с:

$$A = Mm, \tag{3.3}$$

где M - масштаб одной клетки, 3000 Вт·с;

m - количество расчетных клеток палетки в пределах площади, ограниченной кривой изменения $P_Р$ во времени, шт.

Для определения количества расчетных клеток под кривой методом палетки подсчитывается количество полных клеток n_1 и количество неполных клеток n_2. Затем приближенно определяется общее количество расчетных клеток из условия:

$$M=(n_1+n_2)/2. \tag{3.4}$$

Определение площади распила

Площадь поверхности распила образца горной породы определяется также по палетке. В качестве палетки может быть использован лист миллиметровки или разлинованный в клетку тетрадный лист. На палетку накладывается распиленный образец горной породы, и фиксируется площадь распила. Масштаб палетки принимается

$$M= 1 \text{ см}^2 = 0{,}0001 \text{ м}^2.$$

Площадь распила рассчитывается из условия:

$$S=Mm, \tag{3.5}$$

где S - площадь распила, м^2;

M - масштаб палетки, м^2;

m - количество расчетных клеток палетки, шт.

Определение удельной энергоемкости процесса распиливания

Удельная энергоемкость распиливания на единицу площади горной породы рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{A}{S}. \tag{3.6}$$

где W - удельная энергоемкость распиливания, Вт·с/м^2;

A - работа, Вт·с;

S - площадь распила, м^2.

Методика статистической обработки результатов наблюдений

Обобщающими результатами наблюдений, характеризующих энергоемкость процесса распиловки, являются удельные затраты мощности на единицу площади распиловки W_1, W_2, W_3, …, W_n, которые получены при проведении параллельных опытов при распиловке образца определенной горной породы.

Энергоемкость процесса распиловки образца горной породы характеризуется удельными затратами мощности, которые определяются как среднее арифметическое значение удельных затрат мощности при проведении параллельных опытов по формуле:

$$\overline{W} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} W_i \quad . \tag{3.7}$$

Дисперсия удельных затрат мощности параллельных опытов, характеризующих степень разброса вокруг среднего значения, рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{1}{1-n}\sum_{i=1}^{n} (W_i - \overline{W})^2 . \tag{3.8}$$

Среднее квадратическое отклонение результата каждого опыта как абсолютный показатель изменчивости удельных затрат мощности определяется из выражения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{1-n}}\sum_{i=1}^{n} (W_i - \overline{W})^2 \quad . \tag{3.9}$$

Отдельным показателем изменчивости удельных затрат мощности параллельных опытов является коэффициент вариации, который рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{вар}} = \frac{S}{W} 100 \ \% \tag{3.10}$$

Лабораторная работа № 4.

Исследование акустического спектра резания горной породы алмазным диском

Отбор и подготовка образцов

Для исследований необходимо использовать образцы горных пород с известными параметрами динамической прочности, абразивности и модуля продольной упругости. Образец должен иметь форму пластины толщиной 30 мм. Рекомендуется использовать пластины, полученные при выполнении лабораторной работы № 3 данного раздела. Каждый образец должен иметь свою маркировку.

Технические средства для регистрации акустического спектра

Для исследования акустического спектра резания горных пород алмазным диском используется анализатор спектра АС-1.

Акустический спектр регистрируется анализатором спектра АС-1 в пределах звуковых колебаний 16 Гц – 20 кГц при распиловке образца горной породы на камнерезном станке ПТ-44, оснащенном алмазным отрезным диском АС-50 315/250 50 М. Для контроля процесса резания станок оснащен ваттметром, вольтметром и амперметром.

Техническая характеристика анализатора спектра АС-1

Прибор состоит из измерительного блока и двух микрофонов МД 52. Измерительный блок предназначен:

- для усиления сигналов, поступающих от микрофонов;
- выделения из шумового спектра основных гармонических составляющих;
- измерения частоты звуковых колебаний в трех диапазонах (I–20-200 Гц, II - 200-2000 Гц, III - 2-16 кГц);
- измерения уровня звукового давления акустического спектра с помощью микроамперметра.

Функциональная схема АС-1 представлена на рис. 4.2. На схеме показаны:

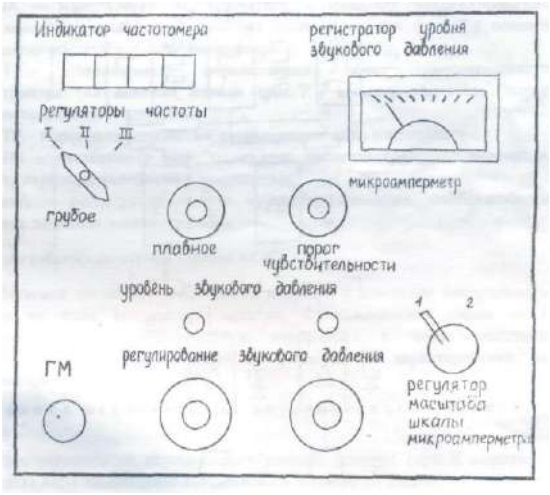


Рис. 4.1. Схема лицевой панели АС-1

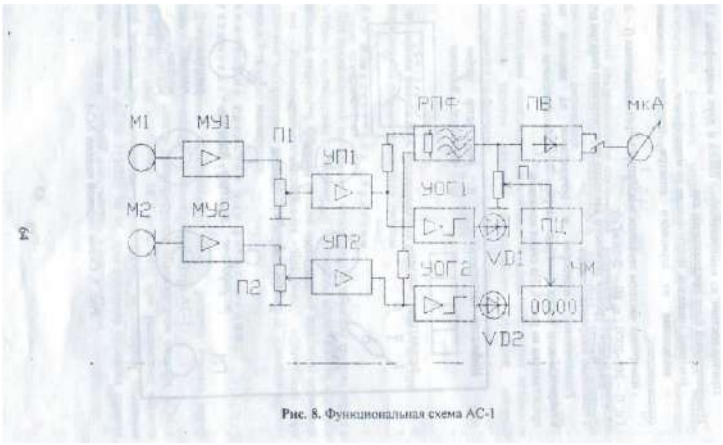


Рис. 8. Функциональная схема АС-1

Рис. 4.2. Функциональная схема АС-1

МУ1, МУ2 -микрофонные усилители 1 и 2 каналов;

П1, П2 - потенциометры установки уровня сигналов с микрофонных усилителей (ручки потенциометров П1 и П2 выведены на лицевую панель (см. рис. 4.2) и обозначены "регулирование звукового давления 1-й канал и 2-й канал");

УОГ1, УОГ2 - усилители-ограничители шумового сигнала с выходом на светоиды VD1, VD2 (на лицевой панели (см. рис. 4.2) светоиды обозначены "уровень звукового давления");

РПФ - режекторный полосовой фильтр с высокой добротностью, (перестройка частоты фильтра осуществляется ручками (см. рис. 4.2) "регуляторы частоты грубое, плавное", расположенными на лицевой панели);

ПВ - прецезионный выпрямитель выделяет положительную полуволну первой гармоники шумового сигнала;

SA - масштабный переключатель - изменяет чувствительность микроамперметра мкА в 2 раза (на лицевой панели (см. рис. 4.2) показан "регулятор масштаба шкалы амперметра");

П - потенциометр, определяющий порог чувствительности частотометра (на лицевой панели (см. рис. 4.2) имеется указатель "порог чувствительности");

ПУ - пороговое устройство, открывающее вход частотометра;

ЧМ - частотометр или "индикатор частотометра", отображающий частоту звуковых колебаний в килогерцах;

мкА - регистратор уровня звукового давления, отображающий звуковое давление в микроамперах.

Принцип работы анализатора спектра АС-1

Звуковой сигнал от микрофонов подается с помощью специального кабеля на вход анализатора спектра. Функциональная схема АС-1 усиливает сигнал, фильтрует и отображает в виде частотной характеристики на частотометре и амплитудной характеристики на амперметре.

Методика исследования акустического спектра на АС-1

Для регистрации акустического спектра резания горной породы с помощью АС-1 необходимо выполнить следующие операции:

Расположение приборов и регуляторов на лицевой панели измерительного блока показано на рис. 4.1,

1. Установить микрофоны в непосредственной близости от режущего инструмента, обеспечив условия предотвращения попадания влаги на микрофоны.
2. Подключить микрофоны к гнезду ГМ прибора.
3. Подключить прибор к сети 220 В.
4. Установить ручки управления прибора в положение, соответствующее готовности прибора к работе. Для этого необходимо выполнить следующие операции.

4.1. Ручки потенциометров "регулирование звукового давления" (П1 и П2) установить в крайнее левое положение (повернуть против часовой стрелки до упора).

4.2. Переключатель "регуляторы частоты грубое, плавное" установить в крайнее левое положение.

4.3. Ручку "порог чувствительности" установить в крайнее левое положение, при этом индикатор частотометра должен показывать 00.00.

4.4. Переключатель ЗА "регулятор масштаба шкалы микроамперметра" установить в крайнее левое положение, при этом стрелочный индикатор мкА должен быть на нуле.

5. Включить камнерезный станок, установить режим подачи с помощью вариатора в зависимости от физико-механических свойств распиливаемого образца и обеспечить работу станка в установившемся режиме резания горной породы.

6. Медленно поворачивать ручки потенциометров П1 и П2 "регулирование звукового давления" по часовой стрелке до включения светоидов УВ1 и УО2. После включения светоидов повернуть ручки П1 и П2 против часовой стрелки, стараясь уловить положение регуляторов уровня сигнала, соответствующее моменту затухания светоидов.

7. Произвести измерения параметров акустического спектра, выполняя последовательно следующие операции.

7.1. Поворачивая ручку "регуляторы частоты плавное" по часовой стрелке, установить по микроамперметру на положение ручки, соответствующее максимальному уровню сигнала в выбранном частотном диапазоне. Точнее можно найти положение ручки, поворачивая ее по или против часовой стрелки.

7.2. Повернуть ручку "порог чувствительности" до включения частотометра в режим счета частоты. Рекомендуется поворачивать ручку не плавно, а дискретно, изменяя угол поворота в связи с некоторым запаздыванием включения счетного устройства.

7.3. Показания частотометра и стрелочного индикатора занести в таблицу. При необходимости взять еще 1-2 отсчета на этом же частотном диапазоне, стремясь отыскать локальный максимум.

7.4. Повернуть ручку "порог чувствительности" против часовой стрелки до сброса показаний индикатора частотометра (до установки 00.00).

7.5. Повернуть ручку "регуляторы частоты плавное" в крайнее левое положение и перейти на следующий частотный диапазон, переключив переключатель «регуляторы частоты грубое» по часовой стрелке в следующее положение.

7.6. Повторить измерения на вновь избранном диапазоне частоты, выполнив пункты 7.1-7.3 Результаты измерений занести в таблицу.

7.7. Выполнив пункты 7.4 и 7.5, перейти на третий диапазон частот, установив переключатель "регуляторы частоты грубое" в положение III (крайнее правое).

7.8. Повторить измерения на III диапазоне частот, выполнив пункты 7.1. - 7.3. Результаты измерений занести в таблицу.

Результаты измерений исследования акустического спектра резания горной породы алмазным диском

Диапазон	I			II			III		
Уровень звукового давления, мкА									
Частота звуковых колебаний, кГц									

Примечания.

1. После выполнения пункта 7.3 положение ручки "регулирование звукового давления" нельзя изменять до окончания работы, в противном случае достоверность характера спектрограммы будет нарушена.

2. В некоторых случаях на одном или двух диапазонах частот могут отсутствовать ярко выраженные основные максимумы, в этом случае рекомендуется ограничиться регистрацией локальных максимумов, стараясь как можно точнее устанавливать порог чувствительности порогового устройства частотомера ручкой "порог чувствительности".

3. Если при измерении локальных максимумов показания стрелочного измерительного прибора весьма малы и отсчет взять затруднительно, можно перевести переключатель SA "регулятор масштаба шкалы микроамперметра" в крайнее правое положение. В этом случае в таблицу следует заносить численное значение, равное 1/2 от показания прибора.

Методика обработки результатов наблюдения

Графическое построение измеренных спектров производится на полулогарифмической бумаге, для того, чтобы весь диапазон измеряемых частот умещался в размерах одного листа формата А4 и при этом масштаб был бы читаемым. Построение спектрограммы (рис. 4.3), характеризующей процесс резания, производится по следующей методике.

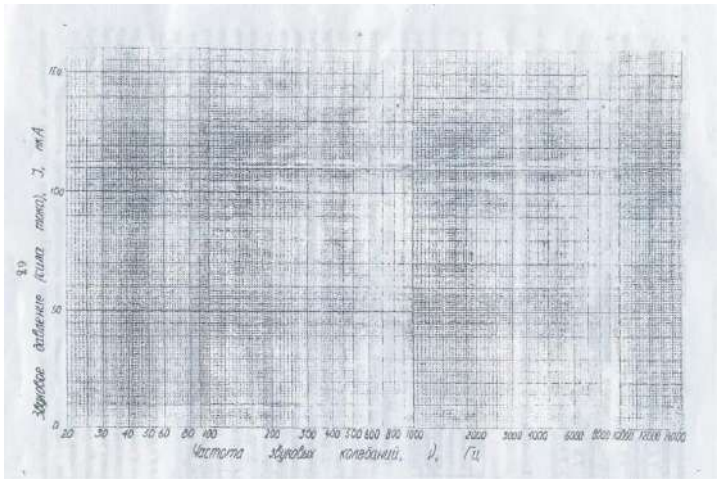


Рис. 4.3. Спектрограмма звуковых колебаний процесса резания

1. На логарифмической шкале абсцисс, соответствующей трем диапазонам АС-1, откладываются частоты в герцах, на линейной шкале ординат – уровни звукового давления акустического спектра резания в микроамперах.
2. На спектрограмме находится уровень звукового давления, соответствующий зарегистрированному максимуму длины полуволны акустического спектра.

Библиографический список

1. Инструкция по применению прибора ПСХ-4 для определения удельной поверхности измельченных материалов/ Госкомитет по промышленности строительных материалов при Госстрое СССР. – М.: 1964. - 14 с.
2. Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород: учебник для вузов. – 5-е изд, перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. - 359 с.
3. Спивак А. И., Попов А. Н. Разрушение горных пород при бурении скважин: учебник для вузов. – 4-е изд. Перераб. и доп. – М.: Недра, 1986. - 208 с.
4. Ямщиков В. С. Методы и средства исследования и контроля горных пород и процессов. – М.: Недра, 1982.

Министерство образования и науки
Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Г. А. Усов, Ф. П. Сердюков, С. В. Холкин

Методическое пособие
к комплексу практических работ
по дисциплине «Буровые станки и бурение скважин»

для студентов специальности
21.05.02 Прикладная геология

очного и заочного обучения

Приборы, методика оценки параметров

Екатеринбург
2018

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы в разведочном колонковом бурении достигнуты значительные успехи по улучшению качества и совершенствовании составов промывочных жидкостей. Этому в большой степени способствовало применение прогрессивных способов бурения малыми диаметрами и увеличение глубин скважин.

При бурении разведочных скважин стали широко применяться малоглинистые и безглинистые промывочные жидкости, аэрированные растворы, активные промывочные жидкости с улучшенными смазочными свойствами. Значительное внимание стало уделяться реологии промывочных жидкостей.

В связи с этим расширился ассортимент приборов для оценки качества промывочных жидкостей и были разработаны новые методы их определения.

Настоящие методические разработки имеют цель ознакомить студентов со всеми приборами и методами оценки структурно-механических, реологических и смазочных свойств промывочных жидкостей, применяемых в разведочном бурении.

В соответствии с ГОСТ 8.002-71 все средства измерений должны пройти государственную или ведомственную поверку. На пригодный к измерениям прибор выдается свидетельство или наносится клеймо с указанием даты поверки.

Приборы и методы оценки структурно-механических свойств промывочных жидкостей

Основными структурно-механическими свойствами промывочных жидкостей являются:

1) удельный вес, г/см^3;
2) условная вязкость, с ;
3) водоотдача, см3 за 30 мин;
4)содержание песка, %;
5)стабильность, г/см3;
6)суточный отстой, %;
7) статическое напряжение сдвига, Па ;
8)динамическое напряжение сдвига, Па ;
9)пластическая или структурная вязкость, Па . с;
10) эффективная вязкость, Па · с;

Первые шесть параметров определяются непосредственно на буровых вышках с помощью приборов и лабораторной посуды, входящих в комплект переносной лаборатории ЛРГ-3. Приборы и лабораторная посуда размещены в специальном деревянном ящике с гнездами и креплениями для каждого предмета, входящего в комплект лаборатории.

Статическое и динамическое напряжение сдвига, а также пластическая и эффективная вязкость определяются в стационарных лабораториях геологоразведочных партий и экспедиций с помощью приборов СНС-2 и ВСН-3.

АРЕОМЕТР АГ-2
НАЗНАЧЕНИЕ

Ареометр АГ-2 предназначен для измерения удельного веса глинистых и цементных растворов, применяющихся при бурении скважин.

ОПИСАНИЕ АРЕОМЕТРА

Ареометр АГ-2 (рис. 1) состоит из поплавка 3 со шкалой 2, соединяющегося на байонете 4 с мерным стаканом 5, и съемного груза 6, крепящегося к стакану. В комплекте с ареометром поставляется ведро-футляр 1 с крышкой, в котором он укладывается между резиновыми гнездами.

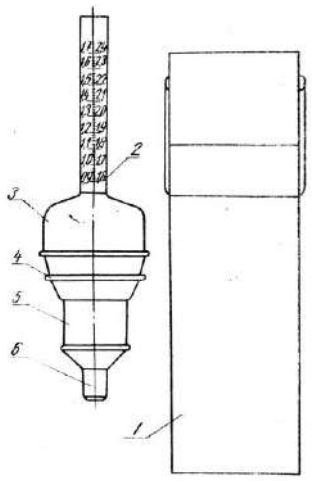


Рис. 1. Ареометр АГ-2 в сборе и ведро-футляр

Техническая характеристика

Ареометр АГ-2 имеет два предела измерения: от 0,90 до 1,70 г/см^3 - при навернутом съемном грузе, от 1,60 до 2,40 г/см^3 - при снятом съемном грузе.

Цена деления ареометра на шкале.....0,02
Точность измерения,
г/см^3……...…….....……...…. ±0,01
Габаритные размеры, мм:
ареометра.....100х450
ведра-футляра.....120х480
Вес комплекта, кг.....2

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗМЕРЕНИЯ

Подготовка прибора к измерению

Подготовку прибора к измерению следует производить в следующей последовательности:

открыть крышку ведра и вынуть ареометр, налить воду в ведро (рекомендуется применять чистую пресную воду, так как в этом случае получаются наиболее точные результаты измерения и не требуется вносить поправку на удельный вес воды), поворотом поплавка относительно мерного стакана открыть байонетный затвор и отделить стакан от затвора,

проверить чистоту мерного стакана и поплавка и при надобности вымыть их водой.

Проверка прибора

Проверку прибора следует производить в следующей последовательности:

налить в мерный стакан ареометра воду до края гофра, соединить поплавок с мерным стаканом, выдавив при этом избыток воды из него, и погрузить собранный ареометр в воду. Стакан заполняется той же водой, что и ведро.

При пресной воде ареометр должен погрузиться под уровень воды в ведре до деления на шкале поплавка, обозначенного "1,0", при навернутом съемном грузе, с точностью >0,005 г/см^3 (четверть деления).

Если удельный вес воды больше 1,00 г/см^3 (морская вода, соленая, буровая), то ареометр погрузится на несколько делений ниже деления, обозначенного "1,0". В этом случае к результатам измерений удельного веса глинистых растворов необходимо прибавить поправку, определяемую как разность между 1,00 и показанием ареометра, заполненного водой.

Ниже приводится пример измерения.

Измерение производится погружением ареометра в морскую воду. Ареометр, заполненный морской водой, при погружении в эту же воду показал на шкале 0,96. Поправка составляет 1,00-0,96=0,04г/см^3

При измерении удельного веса глинистого раствора при погружении в эту же морскую воду показание было 1,41. Истинный удельный вес раствора получается прибавлением поправки, а именно:

$$1{,}41 + 0{,}04 = 1{,}45 \text{ г/см}^3$$

Измерение удельного веса

Измерение удельного веса при помощи ареометра АГ-2 следует производить в следующей последовательности.

Принести в вымытой крышке ведра пробу раствора и перемешать её.

Налить в мерный стакан ареометра раствор до края гофра. Стакан держать в вертикальном положении.

Соединить поплавок со стаканом - вставить штифты на нижней части поплавка в байонетные прорези мерного стакана и повернуть поплавок относительно стакана слева направо до упора. При этом из стакана выдавить избыток раствора. Таким образом отмерится объем пробы.

Смыть водой выдавленный раствор с поверхности мерного стакана, удерживая ареометр в вертикальном положении.

Погрузить ареометр в ведро с водой, дать ему успокоиться и прочесть показание по шкале ареометра на уровне воды в ведре

При навернутом съемном грузе отсчет вести по левой шкале с оцифровкой от 0,9 до 1,7 г/см^3. Если ареометр при навернутом съемном грузе погрузился выше последнего оцифрованного деления на шкале - 1,7 г/см^3, то следует снять груз и отсчет вести по правой шкале с оцифровкой от 1,6 до 2,4 г/см^3.

При погружении ареометра в соленую, морскую или буровую воду обязательно вносить поправку, как указано выше.

После окончания измерения ареометр следует вымыть, насухо вытереть и положить в тумбочку.

Крышку ведра вымыть и закрыть её ведром с водой. При частых намерениях воду из ведра можно не выливать, но обязательно следует следить за её чистотой.

2. ВИСКОЗИМЕТР СПВ-5

Назначение:

Стандартный полевой вискозиметр СПВ-5 предназначен для определения условной вязкости глинистого раствора. Вязкость определяется в секундах времени истечения 500 см^3 раствора из стандартной воронки через трубку диаметром проходного сечения 5 мм и длиной 100 мм при заполнении воронки 700 см^3 раствора.

Комплект вискозиметра (рис. 2) состоит из стандартной воронки и мерной кружки.

В верхнюю часть воронки встроена сетка для очистки раствора от крупных твердых частиц. Воронка заканчивается латунной трубкой с калиброванным отверстием.

Мерная кружка имеет два отделения.

Техническая характеристика

Размеры воронки, мм:
Высота.....400
верхний диаметр.....150
время истечения из воронки 5ООсм3 воды, с.....15-+0,4
Объем мерной кружки, $см^3$:
первого отделения.....500
второго отделения.....200
Размеры кружки, мм.....70х190

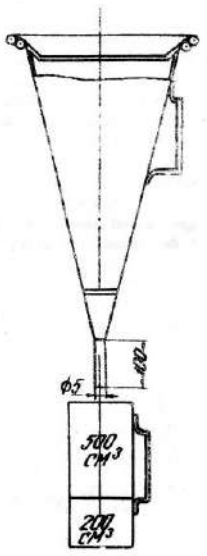


Рис. 2. Вискозиметр СПВ – 5 с кружкой

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗМЕРЕНИЙ

Определение условной вязкости глинистых растворов при помощи вискозиметра СПВ-5 следует производить в следующей последовательности:

a) промыть воронку вискозиметра и кружку водой и подготовить пробу раствора;

b) закрыть отверстие трубки пальцем правой руки и налить в воронку через сито 700 $см^3$ испытуемого раствора мерной кружкой - 500 $см^3$ и 200 $см^3$

c) подставить кружку объемом 500 $см^3$ под трубку вискозиметра, слить в нее часть раствора и влить обратно его в воронку. Повторить эту операции два-три раза;

d) подставить кружку объемом 300 $см^3$ под трубку вискозиметра и одновременно открыть отверстие трубки, убрать палец, и пустить левой рукой секундомер;

e) в момент заполнения кружки до края остановить секундомер, закрыть отверстие трубки пальцем и прочесть показание секундомера;

f) для определения условной вязкости испытуемого раствора провести 10-15 замеров и, применяя распределение Стьюдента, определить среднее значение /Ā/ и доверительный интервал /6/ при выбранной вероятности /Р/;

g) вымыть и вытереть воронку и кружку и вложить их в ящик лаборатории в соответствующие гнезда.

3. ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ВОДООТДАЧИ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ ТИПА ВМ-6

Назначение:

Прибор ВМ-6 предназначен для определения фильтруемости водоотдачи глинистых растворов в производственных условиях бурения.

Показатель водоотдачи глинистых растворов представляет собой количество фильтрата в см3, выделяющегося в течение 30 мин под избыточным давлением в 1 кг/см3 при диаметре фильтра 75 мм.

Показатель водоотдачи характеризует способность глинистого раствора отдавать свободную воду под давлением через пористую перегородку в пласт и образовывать на этих перегородках глинистую корку.

Прибор градуирован в кубических сантиметрах при диаметре фильтра 75 мм.

При измерении водоотдачи раствора одновременно определяют толщину образующейся на фильтре глинистой корки.

Описание конструкции

Прибор ВМ-6 (рис. 3.) состоит из трех основных узлов; фильтрационного стакана 6 с принадлежностями, напорного цилиндра 4 и Кронштейна 13.

Фильтрационный стакан 6 на верхнем конце имеет горловину с наружной резьбой и отверстием. Нижний конец его имеет расточку

диаметром 53 мм, выточку под решетку фильтра и наружную резьбу М68х3 под поддон 10, которым крепится решетка 7.

Для предупреждения проворачивания решетки и поддержания в связи с этим фильтровальной бумаги на решетке сделан пав под выступ, имеющийся в выточке фильтрационного стакана. В нижней части поддона 10 имеется резьба, в которую ввернут винт 11 с перекидной ручкой 12. В поддон вложен клапан 9 с резиновой прокладкой, который винтом 11 прижимается к решетке 7 и таким образом запирает отверстие.

При определенной водоотдачи раствор наливается в стакан с закрытой клапаном решеткой и вложенной фильтровальной бумагой.

Узел напорного цилиндра состоит из собственно цилиндра 4 в ввернутой в него на красно-медной прокладке втулкой и напрессованной в горячем виде чашкой, плунжера 1, притертого по втулке, и груза-шкалы 3, укрепленного на плунжере. Шкала нанесена на прозрачную пластмассу (оргстекло) и прикреплена к грузу винтами; шкала прикрывает сквозную прорезь на снятой вдоль груза лыске. Сквозь эту прорезь видна отсчетная риска 2 на верхнем конце втулки цилиндра.

Для установки шкалы прибора на ноль и для спуска масла из цилиндра в нижней части цилиндра имеется отверстие, перекрываемое иглой 5. Масло из этого отверстия сливается в чашку.

Нижний конец цилиндра имеет внутреннюю резьбу для соединения с фильтрационным станком. Для уплотнения места соединения цилиндра со стаканом предусмотрена прокладка из маслостойкой резины, которая меняется по мере износа. Размеры прокладки: наружный диаметр - 35 мм, диаметр отверстия - 20 мм, толщина 3 * 4 мм.

Кронштейн 13 литой, в нижней части его предусмотрено место для чашки, в которую стекает фильтрат. Кронштейн стоит на трех резиновых ножках 14. В кольцо 10 кронштейна вставляется прибор в собранном виде.

Техническая характеристика

Предел измерения за 30 мин при диаметре фильтра 75 мм, $см^3$..... 40
Цена деления шкалы при диаметре фильтра 75 мм, $см^3$..... 1
Точность измерения, $см^3$.....±0,5
Давление фильтрации, Па 9,81*104
фактический диаметр фильтра, мм …….....53
Габаритные размеры, мм……..…….....120x160x360
Вес (без упаковки),
кг…….....……..0,7

Принцип действия:

Испытуемый раствор наливается в фильтрационный стакан 6, (рис. 3) с фильтром на решетке 7; закрытым клапаном 9, впредь до открытия которого фильтрация не начинается. На фильтрационный стакан навернут цилиндр 4, заполненный поверх раствора маслом. В этот цилиндр входит плунжер 1 с грузом-шкалой 3, создающий давление фильтрации 98066,5 Па фильтрация начинается после открытия клапана 9.

По мере фильтрации объем пробы раствора в фильтрационном стакане уменьшается на количество выделившегося фильтрата и плунжер под действием груза соответственно опускается. Количество выделившегося фильтрата определяется по перемещениям плунжера, градуированным на шкале в см3.

В притертой паре плунжер-втулка возникает трение, влияющее на постоянство давления фильтрации. Для устранения трения плунжер необходимо периодически вращать рукой. С целью уменьшения этих вращений в плунжере имеется глухое сверление - воздушный буфер.

Принцип действия прибора обеспечивает:

a) точное определение момента, начала фильтрации при помощи запорного клапана на решетке фильтра;
b) точное измерение количества фильтрата, которое выделяется за любой промежуток времени;
c) постоянство давления с момента начала фильтрации.

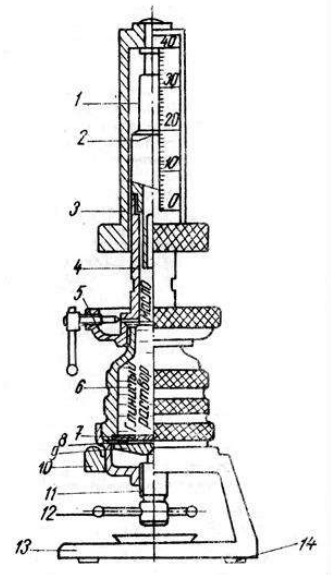


Рис. 3. Прибор ВМ-6 в сборе

Подготовка прибора к работе

Для предупреждения ржавления прибор ВМ-6 при упаковке на заводе смазывается снаружи и внутри вазелином. При длительном хранении в неблагоприятных условиях вазелин может загустеть и частично окислиться, в результате чего плунжер

будет трудно вынуть из цилиндра. Поэтому по получении со склада прибор следует разобрать в следующем порядке:

a) отвернуть цилиндр от стакана;

вынуть плунжер из цилиндра (при необходимости плунжер можно извлечь осторожными ударами деревянного молотка по его нижнему концу);

b) вывернуть винт из поддона;
c) вывернуть стакан из поддона и извлечь решетку и клапан.

Все детали прибора вымыть бензином или горячей водой и насухо вытереть, а плунжерную пару вымять керосином и смазать маслом. Не смазанный маслом плунжер во втулку не вставлять.

Чтобы убедиться в исправности прибора, необходимо проверить:

a) резьбовые соединения (при надобности их следует расходить, чтобы они легко заворачивались от руки);
b) герметичность плунжерной пары и места соединения цилиндра со стаканом;
c) плавность движения плунжера.

Проверка герметичности производится следующим образом:

a) в собранный фильтрационный стакан с вложенной в него фильтровальной бумагой и закрытым на решетке фильтра клапаном наливается густой глинистый раствор;
b) стакан устанавливается в кронштейне и на него навертывается цилиндр без плунжера;
c) цилиндр заполняется маслом до верха, после чего в него вставляется плунжер;
d) с помощью иглы из цилиндра спускается масло, и нулевое деление на шкале подводится к риске на цилиндре. При такой операции плунжер следует вращать рукой;
e) места резьбовых соединений и поверхность цилиндра должны быть насухо вытерты, чтобы можно было обнаружить места утечки;
f) периодически вращая плунжер, в течение 30 минут наблюдают за его показаниями, В исправном приборе заметного изменения показаний не должно быть; максимальное изменение может быть не более 1/2 деления.

Если утечка больше 1/2 деления, то необходимо выявить место утечки. Утечка может быть в плунжерной паре, местах крепления втулки к цилиндру и соединения цилиндра со стаканом, в местах неплотного прилегания клапана, в месте прижатия решетки к стакану.

Об утечке в плунжерной паре и в месте крепления втулки к цилиндру свидетельствуют подтеки, появляющиеся в верхней части цилиндра, который до пуска прибора в работу должен быть чисто вытерт.

Утечки в месте соединения цилиндра со стаканом легко обнаруживается по появлению масла под резьбой. Это место также должно быть тщательно вытерто. Ликвидировать утечку можно сменой прокладки

или подтягиванием резьбы. Слишком туго затягивать резьбу не следует, так как при этом прокладка может иногда выворачиваться.

Утечки через клапан в месте прижатия решетки к стакану не оказывают влияния на работу прибора, но при проверке на герметичность их необходимо устранять, для этого клапан следует туго прижать.

Утечки через место прижатия решетки к стакану обнаруживается по появлению раствора или фильтрата на выходе резьбы.

Плавность движения плунжера проверяется при промытой и смазанной машинным маслом плунжерной паре и заключается в том, что плунжер с любого положения должен свободно и равномерно опускаться без поворачивания. Если плунжер задерживается или движется очень медленно, его следует вновь промыть керосином и смазать маслом, после чего расходить во втулке.

ПРОМЫВАТЬ ПЛУНЖЕРНУЮ ПАРУ БЕНЗИНОМ НЕЛЬЗЯ - ЭТО МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ ЗАЕДАНИЕ!

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерения водоотдачи должно быть произведено при температуре не ниже 10 °С , так как при более низких температурах водоотдача раствора уменьшается.

Работу по определению водоотдачи глинистых растворов следует вести в следующей последовательности:

1. Установить прибор на ровной поверхности.
2. Вынуть плунжер из цилиндра и положить рядом с кронштейном.
3. Отвернуть цилиндр, проверить, закрыта ли игла, и положить цилиндр на тумбочку.
4. Разобрать стакан - вывернуть из поддона, вынуть решетку и клапан - вытереть насухо все детали.
5. Взять заготовленный кружок фильтровальной бумаги, смочить его водой и наложить на решетку, после чего удалить избыток воды с поверхности бумаги, промокнув её сухим кружком. При непрочной фильтровальной бумаге следует положить на решетку два кружка.
6. Решетку с фильтровальной бумагой вложить в выточку стакана, бумагой внутрь так, чтобы паз на решетке попал на штифт в выточке стакана. Наложить на решетку клапан и навернуть поддон на стакан. Винт, крепящий клапан, должен быть вывернут. Вставить собранный стакан в кронштейн и прочно затянуть руками резьбу, после

чего клапан закрыть винтом.

7. Подготовить секундомер и положить его рядом с прибором.
8. Взять ведро с пробой раствора, последнюю тщательно пере-мешать и налить в стакан кружкой от вискозиметра (стороной объемом 200 $см^3$). После окончания вытереть резьбу стакана. Стакан следует заполнить на 3-4 мм ниже края горлышка.
9. Навернуть цилиндр на стакан, предварительно проверить исправность прокладки.
10. Налить в цилиндр машинное масло (масло должно быть не очень густым; слишком густое масло разбавляется керосином). Масло наливается на внутренний край цилиндра так, чтобы оно стекало по стенкам цилиндра. Масло следует наливать до такого уровня, чтобы до верхнего края втулки оставался 1 см.
11. Вставить плунжер в цилиндр. При этом плунжер за счет сжатия воздуха в его плотности просядет на 2-3 см.
12. Приоткрыть спускную иглу и, вращая плунжер рукой за накатку на грузе, подвести нулевое деление на шкале к отсчетной риске на верхнем крае втулки цилиндра.

Неопытному исполнителю это не всегда удается, и нулевое деление опускается ниже риски. В этом случае надо записать показание по шкале против риски, принять его за нуль и из всех следующих показаний вычитать нулевое показание (например: нулевое показание 1,5 $см^3$, показание за 30 минут - 23 $см^3$. Вычитая из 23см3 1,5 $см^3$, получаем 21,5 $см^3$).

Нулевое деление может опускаться ниже риски и в случае определения водоотдачи раствора, насыщенного газом (из-за сжатия газа в растворе под давлением). Если в этом случае нулевое деление опустится ниже риски не более чем на шесть делений и водоотдача у раствора будет небольшая, то следует пользоваться тем же приемом, что и в первом случае, т.е. из показаний вычитать нулевое показание.

Если же нулевое деление опустится ниже, чем на десять делений, то следует вынуть плунжер, перевернуть его, залить его полость маслом, прикрыть отверстие пальцем и вновь вставить в цилиндр. В этом случае шкала остановится на 6-8 делений выше, чем при незаполненной полости плунжера.

Примечание. Операции, перечисленные в пунктах 7, 8, 9, 10 и 11 следует производить быстро, так как при нестабильных растворах за время от момента налива раствора в стакан до момента начала фильтрации может образоваться осадок, из-за чего исказится результат измерения.

13. Взять в левую руку секундомер, а правой открыть клапан, вывернув винт на один - два оборота. В момент открытия клапана пустить секундомер.

14. При производственных измерениях достаточно веять один отсчет через 30 минут. В течение этого времени периодически вначале чаще, вращать плунжер за накатку на грузе.

При взятии отсчетов глаз исполнителя должен находиться на уровне отсчетной риски на втулке цилиндра и на расстоянии от нее около 30-40 см.

15. После взятия отсчета открыть спускную иглу, выпустив масло из цилиндра и опустить плунжер с грузом. После этого при открытой игле вынуть плунжер с грузом. После этого при открытой игле вынуть плунжер из цилиндра и, если его конец запачкан раствором, смыть последний.

16. Закрыть иглу, отвернуть цилиндр со стакана и слить масло из чашки цилиндра в бачок для масла.

17. Промыть фильтрационный стакан, не разбирая его. Для этого подставить его горлышко под слабую струю воды; масло при этом всплывет и уйдет ив стакана вместе с водой и раствором. Затем вылить воду и остаток раствора из стакана и разобрать его.

18. Поставить стакан на ладонь левой руки так, чтобы он опирался на нее краями, а не решеткой, и легкими ударами правой ладони по горлышку выбить корку с решеткой.

Если корка прочно прилипла к стенкам стакана, её следует выдуть ртом.

19. Смерить толщину корки и записать.

20. Вымыть и вытереть детали фильтрационного стакана и собрать их.

Вымыть и вытереть цилиндр; проверить, не загрязнена ли внутренняя поверхность втулки цилиндра глинистым раствором, прочистить втулку, смазать её маслом и навернуть цилиндр на стакан.

Вставить смазанный маслом плунжер в цилиндр и установить прибор на кронштейн.

21. Прибор следует хранить в собранном виде, в защищенном от пыли месте - в ящике переносной лаборатории или в шкафу.

Примечание: 1. Так как прибор точно воспроизводит кинетику процесса фильтрации, т.е. зависимость количества выделившегося фильтрата по времени, и так как эта зависимость, изображенная в логарифмических координатах, представляет собой прямую линию, то на приборе ВМ-6 можно производить фильтрацию в течение 10-15 минут с последующей экстерполяцией по графику. Для этого в комплекте прибора поставляются бланки со специальной логарифмической сеткой.

В этом случае за время определения следует взять не менее двух отсчетов - один за 2 или 3 минуты фильтрации и второй за 10 или 15 минут. Полученные отсчеты наносятся на бланк, который разграфлен девятью вертикальными линиями на минуты (левая крайняя линия соответствует 1-ой минуте, следующие - 2-ой, 3-ей, 4-ой, 5-ой, 10-ой, 15-оР, 20-ой и 30 минутам), горизонтальными линиями на кубические сантиметры (от 1 до 100 $см^3$). Часть этих линий обозначена цифрами, соответствующими числу кубических сантиметров.

На вертикальной линии, соответствующей 2-ой минуте, в месте её пересечения с горизонтальной линией, соответствующей отсчитанному числу кубических сантиметров, ставится точка. Таким же образом наносится точка, соответствующая отсчету за 10 и 15 минут. Через полученные две точки карандашом проводится прямая линия до пересечения с правой крайней вертикальной линией, соответствующей 30-ти минутам

фильтрации.

По шкале горизонтальных линий отсчитывается величина водоотдач в кубических сантиметрах за 30 минут фильтрации, поскольку за единицу водоотдачи глинистых растворов принято количество фильтрата, выделяющегося из раствора за 30 минут через фильтр диаметром 75 мм.

Пользуясь этим приемом, можно сократить время фильтрации до 10 минут и, кроме того, определять водоотдачу раствора большую, чем 40 $см^3$ за 30 минут.

Ошибка в определении водоотдачи за 30 минут по 10-минутному замеру не превышает 0,5 $см^3$ при водоотдачах до 20 $см^3$ и не больше 2 $см^3$ при больших водоотдачах.

Для сопоставления результатов измерения водоотдачи прибором ВМ-6 с другими приборами, градуированными в кубических сантиметрах, при фильтре диаметром 75 мм, необходимо применять нерасчетный коэффициент. Последний определяется как отношение площадей фильтрации, так как количество фильтрата прямо пропорционально площади фильтрации.

4. ОТСТОЙНИК - ОМ

Назначение:

Металлический отстойник ОМ-2 предназначен для определения процента содержания песка в глинистом растворе.

Содержание в глинистом растворе твердых частиц разбуренных пород и нерастворенных комков глины определяется процентом песка в пробе раствора, отстоенного за одну минуту покоя в отстойнике из пробы разжиженной водой в отношении 1:9.

Описание прибора:

Отстойник ОМ-2 (рис.4) представляет собой цилиндрический сосуд 2 с плотной крышкой 1, в нижней части которого укреплена сменная бюретка 3, защищенная чехлом. В верхней части цилиндра на уровне объема 500 $см^3$ имеется отверстие Ø 3 мм.
Крышка отстойника служит для отмеривания раствора.
Крепление бюретки 3 осуществляется при помощи винта 4, черев перекладину 5 и шайбу 6 с резиновой прокладкой 7.

Герметизация крепления бюретки обеспечивается резиновой прикладкой 8.

Техническая характеристика

Объем отстойника, $см^3$..... 600
Объем крышки, $см^3$..... 50
Объем бюретки, $см^3$..... 10
Габаритные размеры, мм:
Диаметр.....60
Высота.....345
Вес.....0,3
Бюретка градуирована через 0,1 $см^3$, каждое десятое деление шкалы обозначено цифрой.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определение процента содержания песка в глинистом растворе при помощи отстойника ОМ-2 следует производить в следующей последовательности:

a) промыть отстойник и вытереть его;
b) снять крышку отстойника, отмерить ею 50 $см^3$ раствора и влить его в отстойник через горлышко;
c) не вынимая крышки, зачерпнуть ею воду, растворить в ней оставшийся на её внутренних стенках раствор и влить в отстойник.

С помощью крышки наполнить отстойник водой до уровня трехмиллиметрового отверстия на его боковой поверхности, держа отстойник вертикально. Подождать, пока вода прекратит вытекать из этого отверстия;

d) плотно закрыть отстойник крышкой и повернуть его в горизонтальное положение трехмиллиметровым отверстием вверх.
Прижимая крышку ладонью правой руки и прикрывая отверстие пальцем той же руки, интенсивно взболтать содержимое отстойника

e) повернуть отстойник в вертикальное положение, выждать одну минуту по часам или секундомеру и прочесть показание по шкале бюретки против уровня осевшего песка
ПРОЧИТАННОЕ ПОКАЗАНИЕ, УМНОЖЕННОЕ НА ДВА, БУДЕТ ПОКАЗАТЕЛЕМ СОДЕРЖАНИЯ ПЕСКА В РАСТВОРЕ, ВЫРАЖЕННОМ В ПРОЦЕНТАХ.

f) вылить из отстойника содержимое, промыть его водой, вытереть и вложить на место в ящик лаборатории.

СМЕНА БЮРЕТКИ

При поломке бюретки или необходимости извлечь её для чистки следует вывернуть винт 4 (рис. 4), извлечь перекладину 5 и шайбу 6 с резиновой прокладкой 7, а за ними - бюретку 3.

Перед тем как вставить бюретку, следует проверить исправность верхней прокладки 8 и при надобности сменить её.

Сборка ведется в следующем порядке: вставить бюретку, плотно уперев её в верхнюю прокладку, вложить шайбу 6 с резиновой прокладкой 7, вставить перекладину 5 в овальные отверстия чехла, ввернуть винт 4 и прижать им бюретку.

5. ЦИЛИНДР ЦС-2

Назначение:

Цилиндр ЦС-2 предназначен для определения стабильности глинистых растворов.

Показатель стабильности глинистого раствора определяется как разность удельных весов верхней и нижней половины пробы раствора отстоенной в течение суток в цилиндре высотой 200 мм.

ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

Цилиндр ЦС-2 (рис. 5) выполнен из тонкого листового железа и окрашен нитроэмалью. Посредине высоты цилиндра имеется отвод с резиновой пробкой для слива верхней половины раствора.

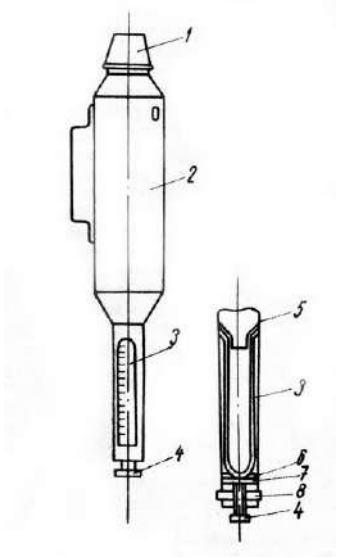


Рис. 4 Отстойник ОМ-2

Техническая характеристика

Высота столба раствора в цилиндре..... 200
Объем цилиндра, $см^3$..... 800
Габаритные размеры, мм..... 100x210x110
Вес, кг..... 0,5

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определение стабильности глинистых растворов при помощи цилиндра ЦС-2 следует производить в следующей последовательности:

a) Вымыть цилиндр водой и вытереть насухо снаружи и внутри;

b) Влить пробу раствора в цилиндр до края, предварительно тщательно перемешать её;

c) Установить заполненный цилиндр в спокойном месте на сутки, отметив время по часам;

d) Через 24 часа открыть пробку, слить верхнюю часть пробы раствора вместе с отстоявшейся водой в кружку, тщательно перемешать слитый раствор и определить его удельный вес ареометром АГ-2, закрыть отвод пробкой, тщательно перемешать в цилиндре отстоявшуюся нижнюю половину раствора и определить её удельный вес.1

e) При определении удельного веса ареометром АГ-2 обязательно погружать его при обоих измерениях в одну и ту же воду;

f) Определить показатель стабильности глинистого раствора вычитанием первого показания ареометра из второго;

g) Вымыть цилиндр, вытереть насухо и вложить на место в ящик лаборатории.

6 . ИНСТРУКЦИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СУТОЧНОГО ОТСТОЯ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ МЕРНЫМ ЦИЛИНДРОМ

Показатель суточного отстоя глинистого раствора определяется как процент воды, отстоявшейся за сутки на пробы раствора.

Определение суточного отстоя глинистых растворов производится стандартным мерным цилиндром объемом 100 см3 с ценой деления 1 см. Для этих определений также необходимы часы.

Определения следует производить в следующей последовательности:

a) вымыть мерный цилиндр водой и вытереть насухо снаружи и внутри;
b) тщательно перемешанную пробу раствора налить в цилиндр до сотого деления на шкале;
c) поставить цилиндр с раствором в спокойное место, отметить время и оставить на 24 часа;
d) черев 24 часа прочесть на шкале цилиндра отсчет положения уровня раздела раствора и отстоявшейся воды и вычесть полученное показание из 100. Результат вычитания является показателем суточного отстоя в .процентах;
e) вымыть цилиндр и вложить его в ящик лаборатории.

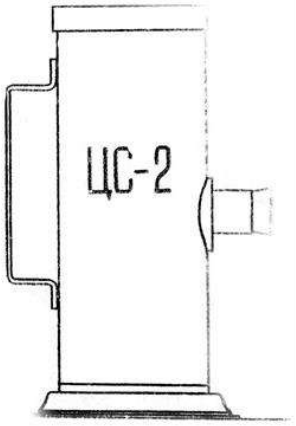


Рис.5. Цилиндр ЦС-2

7. ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ ТИПА СНС-2

Прибор СНС-2 предназначен для измерения статического напряжения сдвига глинистых растворов и применяется в условиях лабораторий геологоразведочных партий и экспедиций.

Прибор переносной и может быть использован в полевых условиях на буровой вышке.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Прибор для определения статического напряжения сдвига основан на принципе вискозиметра с соосными цилиндрами.

На тонкой упругой нити подвешен цилиндр, погруженный в соосный полый цилиндр, заполненный испытуемой жидкостью, при вращении внешнего цилиндра жидкость, находящаяся в нем, увлекает за собой подвешенный цилиндр до тех пор, пока момент закрученной нити не станет равным крутящему моменту, определяемому вязкостью испытуемой жидкости и размерами подвешенного цилиндра.

Измерение статического напряжения сдвига глинистых растворов является частным случаем применения вискозиметра с соосными цилиндрами и производится при весьма малых скоростях вращения внешнего цилиндра, й данном приборе принята скорость вращения внешнего цилиндра 0,0032 с-1, что соответствует линейной скорости 4 . 10-6 м/с; эта скорость несколько превышает предел скорости так называемой вариантной зоны, в которой определяемая величина строго соответствует понятию статического напряжения сдвига любых известных глинистых растворов. Однако уменьшение скорости влечет за собой либо снижение точности отсчета и измерении либо увеличение производства измерений.

Время для производства измерений при наличии тиксотропии растворов должно быть как можно меньше и в соответствии с принятой методикой измерения не должно превосходить 60 секунд, чему соответствует поворот внешнего цилиндра прибора на 72°, а шкалы прибора - на несколько меньшую величину.

Нити для различных пределов измерения подбираются из этих соображений, а именно: закручивание нити на угол 65-70° должно соответствовать крутящему моменту, определяемо ну по предельному значению измеряемого статического напряжения сдвига.

В приборах с соосными цилиндрами на результаты измерения оказывает влияние момент, возникающий на донной части подвешенного внутреннего цилиндра. С целью уменьшения этого влияния нижняя часть внутреннего цилиндра расточена,

благодаря чему при погружении цилиндра в испытуемую жидкость в расточке остается воздух. Таким образом, дно цилиндра не имеет контакта с испытуемой жидкостью.

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Прибор для измерения статического напряжения сдвига глинистых растворов (рис. 8) состоит из измерительной части и привода, смонтированных на прямоугольной плите 1 . Для регулировки положения прибора плита снабжена двумя регулируемыми опорами 2 и одной неподвижной 11. Измерительная часть состоит из двух узлов: узла внешнего подвижного цилиндра и уела подвесного цилиндра с упругой измерительной системой.

Узел внешнего цилиндра состоит из корпуса 10, расположенном на стояке 12, имеющем строго концентрическую расточку под внешний цилиндр и канавку под спиральную бесконечную пружину.

Узел подвесного цилиндра, монтирующийся на вертикальном кронштейне 3, состоит из:

1. Цилиндра 9 с расточкой под конус Морзе № 1 и расточка в донной части для защитного пузыря. Цилиндр имеет накатанную наружную поверхность, обеспечивающую прочную связь с испытуемым раствором.

Выполнен цилиндр из латуни с матовым никелевым покрытием.

2, Трубки 6, один конец которой имеет конусную поверхность и резьбу под винт соосного соединения с цилиндром, а второй конец выполнен открытым для размещения в нем упругой нити 5. Крепление нити в трубке и регулирование соосности нити с трубкой осуществляется тремя винтами в утолщении трубки над конусом. Средняя часть трубки имеет концентричную площадку с уступом для установки шкалы 7.

3. Шкала 7 с делениями, нанесенными через 1° на её конической поверхности. Для грубой установки шкалы на нуль предусмотрены 8 отверстий, одним из которых она надевается на штифт, имеющийся на соответствующей площадке трубки.

4 Стрелки 3, укрепленной на кронштейне и имеющей наконечник из прозрачного оргстекла и нанесенными на нем с обеих сторон рисками, исключающими ошибку параллакса при отсчете.

5 . Нити 5, изготавливаемой из стальной пружинной проволоки и имеющей 2 наконечника: нижний в виде втулки, входящий в трубку с зазором в 1 мм на сторону, и верхний в виде диска с фаской, на которой выгравирован номер нити.

Весь узел подвешивается на конусной пробке 13, которая в свою очередь плотно устанавливается в конусной втулке, запрессованной в кронштейн. Поворотом пробки шкала прибора устанавливается на нуль по стрелке.

Привод внешнего цилиндра осуществлен от синхронного электрического двигателя СД-2 (2 позиции 4) через редуктор и гибкую передачу 1:2.

Привод прикреплен к плите прибора через амортизатор из губчатой резины, предназначенный для защиты измерительной части прибора от вибраций двигателя.

Для включения двигателя предусмотрены тумблер, укрепленный на кронштейне прибора, и шнур с вилкой для подключения к сети.

Для заполнения внешнего цилиндра испытуемым глинистым раствором предусмотрена специальная мерная кружка объемом 120 мл.

Прибор поставляется в специальном ящике.

ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

Лабораторные занятия выполняются на уже отградуированном приборе; данные градуировки приводятся в паспорте для каждой поставляемой нити.

Для работы прибор должен быть установлен на устойчивом и прочном столе. Подвесная система подвешивается за верхний конец нити в пробке кронштейна и прибор устанавливается регулировочными нитями так, чтобы подвесной цилиндр встал соосно с вращающимся столиком прибора (регулировка соосности нити с трубкой подвесной

системы выполнена при сборке прибора).

Устанавливают "О" шкалы против риски на стрелке указателя. Установку нуля можно производить грубо путем поворота шкалы на трубке и точно: путем осторожного и плавного поворота в гнезде кронштейна. Чтобы убедиться, что установка на ноль произведена правильно, следует выждать, пока подвесная система успокоится. Затем следует снять подвесную систему, не трогая и не сдвигая пробку в гнезде кронштейна, и установить на вращающийся столик внешний цилиндр.

Подготовленный для работы прибор подключить к сети напряжением 220 вольт и, включая тумблер, проверить работу электродвигателя.

ПРОИЗВОДСТВО ИЗМЕРЕНИЙ

При производстве измерений следует:

1. Пробу раствора сильно взболтать.
2. Снять подвесной цилиндр.
3. Взболтанный раствор зачерпнуть меркой объемом 120 мл, прилагаемой к прибору, и валить установленный на вращающемся столике прибора внешний цилиндр.
4. Погрузить подвесной цилиндр во внешний цилиндр и подвесить нить на пробку. При погружении подвесного цилиндра нужно следить за тем, чтобы его верхний конец не погрузился под уровень раствора. Если раствор не достигает верхнего края подвесного цилиндра, следует осторожно долить раствор. Подвесной цилиндр должен быть погружен в раствор точно до верхнего края.
5. Взять в левую руку секундомер, а правой осторожно поворачивать подвесную систему и перемешивать раствор. После окончания перемешивания раствора поставить на "О" шкалу против риски на стрелке прибора и одновременно включить секундомер. Во время этой операции следует следить за тем, чтобы подвесной цилиндр был в центре внешнего цилиндра.
6. По истечении одной минуты нажатием тумблера в клочить

электродвигатель и наблюдать за движением подвесного цилиндра по шкале прибора. Увлекаемый глинистым раствором, подвесной цилиндр вращается вместе с внешним цилиндром до тех пор, пока момент в закручивающейся нити не станет равным моменту, обусловленному статическому напряжению сдвига раствора на подвесном цилиндре. Когда подвесной цилиндр остановится, произвести отсчет по шкале в градусах.

7. Включить электродвигатель.

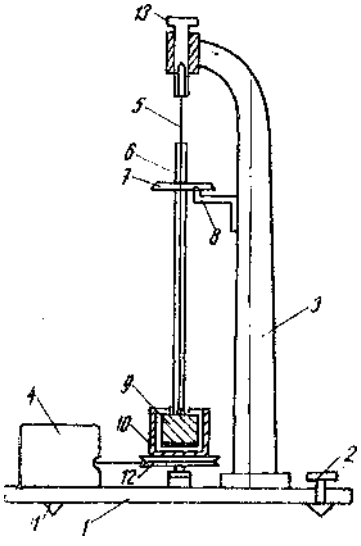


Рис. 6. Прибор СНГ-2

Для определения тиксотропии раствора выполняется повторное измерение, но уже по истечении 10 минут по секундомеру. С этой целью сразу же после первого измерения осторожно внутренним цилиндром размешать раствор, установить "0" шкалы против риски и дать глинистому раствору стабилизироваться в течение 10 минут и выполнить измерение.

При работе и установке шкалы "0" наблюдающий должен следить за совпадением рисок, нанесенных с обеих сторон, чтобы исключить ошибку параллакса при отсчете.

Производство каждого замера от момента пуска электродвигателя до момента остановки подвесного цилиндра не должно продолжаться более 1 минуты, чему соответствует максимальный отсчет 70°.

Если замер продолжался более 1 минуты, его следует признать некачественным, а выбранный предел измерения недостаточным. В этом случае следует заменить нить на более толстую с большим пределом измерения.

Если показания прибора было в пределах 10°, замер следует признать неточным, а выбранный предел измерения слишком большим.

В этом случае следует заменить нить на более тонкую с меньшим пределом измерения.

Полученное в результате измерения показание в градусах следует пересчитать в мг/см^2 путем умножения на коэффициент, соответствующий данной нити и приведенный в паспорте.

Например, в процессе измерения статического напряжения сдвига глинистого раствора внутренний цилиндр, подвешенный на упругой нити 5 с коэффициентом 2,725 м г/см · град. повернулся на 21°. Статическое напряжение сдвига в этом случае будет 2,725 мг/см · град · 21 = 57 мг/см^2 = 5,7 Па.

После измерений все детали, испачканные глинистым раствором, следует вымыть и насухо вытереть.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ВСН – 3

К реологическим параметрам относятся:

а) предельное напряжение сдвига – θ_1 и θ_{10} Па, характеризующее прочность структуры, образующейся в промывочной жидкости после 1 и 10 минут ;

б) эффективная вязкость $\eta_{эф}$, спз характеризующая вязкое сопротивление промывочной жидкости при данной скорости сдвига;

в) пластическая вязкость $\eta_{пл}$, спз - условная величина, являющаяся долей эффективной вязкости, которая возникает вследствие структурообразования в потоке промывочной жидкости;

г) предельное динамическое напряжение сдвига τ_0 , условная величина, характеризующая предел текучести в потоке промывочной жидкости.

Реологические показатели измеряются с помощью ВСН-3 по величине усилия, возникающего на подвесном цилиндре, погруженном в буровой раствор, при заданной скорости вращения наружного цилиндра.

Прибор ВСН-3 (рис. 7) состоит из корпуса 15, измерительного механизма 7-12, привода к нему 1,2 и подвесного кронштейна 14, на который ставится стакан с буровым раствором 13. Измерительный механизм имеет два коаксиально расположенных цилиндра, наружный (ротор) 11 и внутренний 12, укрепленный на оси, в верхней части которой расположен манометр 9 и измерительная шкала с делениями в градусах. Установка шкалы на "0" производится с помощью крутильной головки 8. Привод ротора осуществляется двигателями через многоступенчатую коробку передач. Прибор работает от сети переменного тока.

ИЗМЕРЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЙ СДВИГА

Перед измерением чистый сухой стакан заполняют буровым раствором и ставят на кронштейн. Прибор включают и размешивают раствор при 9,600 $с^{-1}$ в течение 0,5 мин. По окончании перемешивания устанавливают шкалу на ”0" и раствор оставляют на 1 минуту. Одновременно переключают скорость вращения ротора на 0,0032 $с^{-1}$, снова включают прибор и отмечают угол максимального закручивания нити в градусах ($У_1$). Замер $У_{10}$ производят аналогично после 10 минут покоя. Статическое напряжение сдвига определяется по формуле:

$$Q_1 = k \cdot y_1$$
$$Q_{10} = k \cdot y_{10}$$

где: k- коэффициент прибора.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ, ДИНАМИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЙ СДВИГА

Стакан прибора заполняют буровым раствором до метки и устанавливают на кронштейн. Включают прибор со скоростью вращения ротора 9,600 $с^{-1}$ и замеряют угол поворота (У) по установившимся показателям шкалы. Замер повторяют последовательно при 6,400; 4,800 и 3,200 $с^{-1}$. По окончании измерения прибор выключают, цилиндры моют и вытирают насухо.

По результатам измерений, полученных на приборе ВСН-3, рассчитывают реологические показатели - эффективную и пластическую вязкости, а также динамическое напряжение сдвига. Для расчета необходимо сделать графическое построение в координатах n – $У_1$, аналогичное изображенному на рис. 3.

Через точки, соответствующие значениям У при различных n проводят плавную линию 1 - реологическую кривую течения. Прямолинейный участок кривой продолжают до пересечения с осью абсцисс в точке $У_1$, и получают прямую 2.

Опустив перпендикуляр на ось абсцисс от точки прямой 2, соответствующей 9,600 $с^{-1}$ получают точку $ф_2$.

Реологические показатели рассчитывают по формулам:

$$\eta_{эф(n)} = \beta \frac{y_2}{n};$$
$$\eta_{пл} = \beta \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{n};$$
$$\tau_0 = A \cdot y_1$$

где:

η эф - эффективная вязкость, спз;

$\eta_{пл}$ - пластическая вязкость, спз;

$Ъ_0$ – предельное динамическое напряжение сдвига, Па ;

А и В – коэффициенты приборов (указываются в паспортах);

$У_1$ и $У_2$ - углы в градусах (определяются по графику и соответствуют отрезкам ОУ1 и ОУ2).

Примечание: Если реологическая кривая имеет обратный наклон или не содержит прямолинейного участка (аналогично кривой 3 на рис.8) определяют только эффективную вязкость по формуле (1) с углом

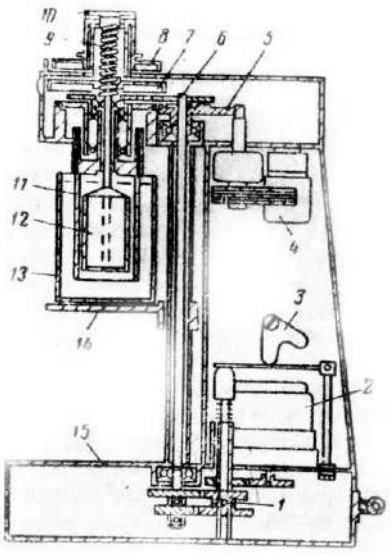


Рис. 7. Вискозиметр ВСН-3
1 - двухскоростной редуктор;
2 - синхронный двигатель СД-54;
3 - переключатель редуктора; 4 - синхронный двигатель СД-2;
5 - шестерня обгонной муфты; 6 - трансмиссионный вал; 7 - шкала измерительная; 3 - шкала крутильной головки; 9 - пружинный динамометр; 10 - наружный цилиндр; 11 - внутренний цилиндр, 13 - стакан с раствором; 14 - кронштейн; 15 - корпус.

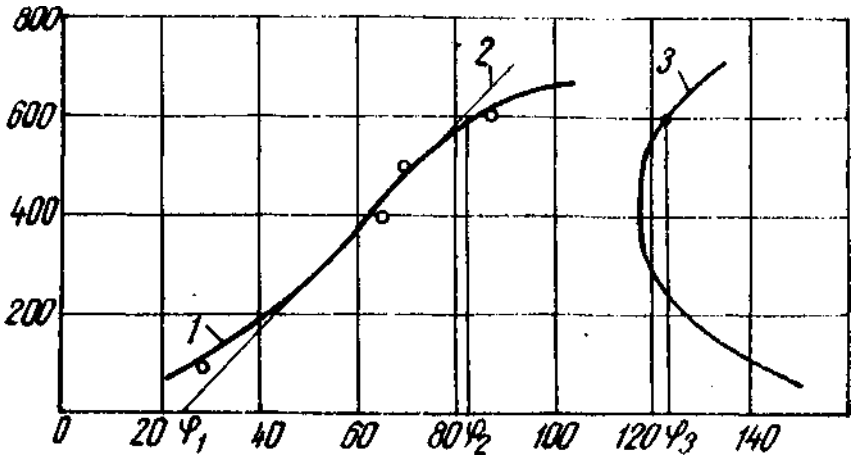


Рис. 8. Типы реологических кривых
1 - кривая, построенная по опытным точкам; 2 - прямая для расчета η пл и Ʈ0 ; 3 – кривая с обратным наклоном.

2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ АКТИВНОСТИ И СМАЗОЧНЫХ СВОЙСТВ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Смазочные свойства промывочных жидкостей проявляются при введении в них активных добавок и эмульсолов.

Смазочные свойства в основном связаны с формированием смазочных пленок, в результате адсорбции поверхностно-активных веществ на трущихся поверхностях (бурильных трубах, стенках скважин, буровых наконечниках). Вольную роль на смазочные свойства оказывает pH среды.

Оценку адсорбционной активности ПАВ и их смазочных свойств можно осуществить по следующим параметрам:

1) поверхностное натяжение, Н/м ;
2) смачиваемость, В = Cos θ ;
3) стабильность, %;
4) порог быстрой коагуляции Пб·к, к/л;
5) водородный показатель, pH;
6) коэффициент трения, Кт;
7) предельная прочность смазочной пленки, $p_{кр}$ Па

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ (pH)

Водородный показатель определяет концентрацию ионов водорода в промывочной жидкости, которые оказывают существенные влияния на физико-химические процесса, протекающие в жидкости и на эффективность химической обработки.

Для различных промывочных жидкостей существует своя оптимальная концентрация водородных ионов, при которой они более полно удовлетворяют требованиям технологии бурения в конкретных геолого - технических условиях. Контроль за концентрацией водородных ионов позволяет определить причины изменения свойств промывочной жидкости в процессе бурения и принять меры по восстановлению её качества.

Вода является слабо диссоциирующим веществом, в 1 л при 22 °С диссоциирует одна десятимиллионная часть грамм-молекулы с образованием $1 \cdot 10^{-7}$г. ион водорода H^+ и $1 \cdot 10^{-7}$ г. ион гидроксильной группы ОН. Концентрация диссоциированных молекул H_2O в воде и разбавленных водных растворов является величиной постоянной, постоянным является и произведение концентраций водородных и гидроксильных ионов - так называемое ионное произведение воды (численное значение равно $1 \cdot 10^{-14}$).

Кислотность и щелочность раствора можно выражать через концентрации ионов H^+. Чтобы избежать неудобств, связанных с применением степенных отрицательных чисел, концентрацию водородных ионов принято выражать и логарифмом с обратным знаком и называть водородным показателем pH.

$pH = - \lg H^+$

В нейтральных растворах pH = 7 и уменьшается с ростом кислотности. В щелочных растворах pH>7 и повышается с ростом щелочности.

При повышении щелочности АГЖ ухудшаются щелочные свойства, происходит быстрое удаление адсорбционных пленок ПАВ с трущихся поверхностей, а у глинистого раствора наблюдается коагуляция, растет вязкость.

Для измерения pH в лабораторных условиях применяют специальные приборы pH-метры. Для измерения величины pH в этих приборах используется система со стеклянным электродом, электродвижущая сила которой зависит от активности ионов водорода в растворе.

Схема для измерения величины pH приведена на рис. 13. Стеклянный электрод 2

представляет собой трубку с пожни шариком 1 из специального стекла на конце. При погружении электрода в раствор между поверхностью шарика электрода и раствором происходит обмен ионами, в результате которого ионы лития в поверхностных слоях замещаются ионами водорода, и стеклянный электрод приобретает свойства водородного электрода.

Между поверхностью стекла и контролирующим раствором возникает разность потенциалов, величина которой определяется активностью ионов водорода в растворе.

Для создания электрической цепи при измерении применяются контактные электроды: внутренний контактный электрод, осуществляющий электрический контакт с раствором, заполняющим внутреннюю полость стеклянного электрода, и внешний контактный электрод (вспомогательный электрод), осуществляющий электрический контакт с контролируемым раствором. Для защиты от воздействия высоких температур (при измерении pH растворов, температуры которых выше температуры окружающей среды) вспомогательный электрод помещают вне контролируемого раствора и соединяют с ним при помощи электролитического ключа трубки, наполненной раствором хлористого калия и заканчивающейся пористой перегородкой

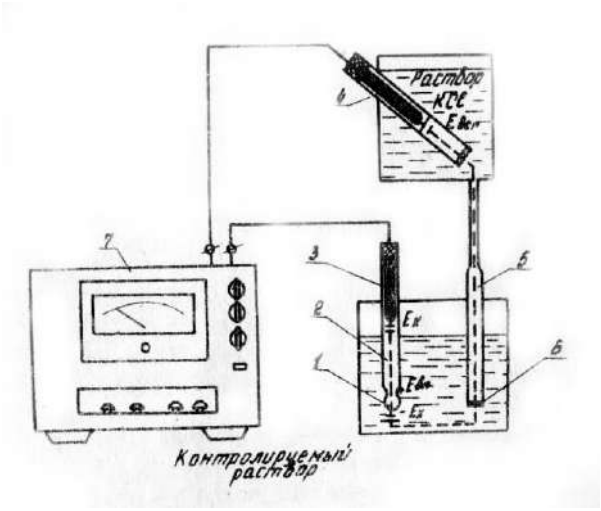


Рис. 9. Схема измерения pH раствора
1- полый шарик ив электродного стекла; 2- стеклянный электрод; 3- внутренне контактный электрод; 4- вспомогательный электрод; 5- электролитический ключ; 6- пористая перегородка; 7- pH-метр - pH-262 (измерительный прибор).

Раствор хлористого калия непрерывно просачивается через пористую перегородку, предотвращая проникновение из контролируемого раствора в систему электрода посторонних ионов, которые могли бы изменить величину ЭДС электрода.
Для измерения ЭДС электродной системы применяется компенсационная схема, позволяющая существенно уменьшить потребляемый ток электродной системы при измерении. При намерении электродвижущая сила Е электродной системы сравнивается с падением напряжения на сопротивлении, через которое протекает ток конечного каскада усилителя pH-метра. Этот ток пропорционален ЭДС электродвижущей системы, а следовательно, и величине pH контролируемого раствора.

Измерение поверхностного натяжения

Поверхностное натяжение - это величина удельной работы, которую нужно затратить, чтобы образовать единицу свободной поверхности (капли).

Измерение поверхностного натяжения в лабораторных условиях наиболее удобно производить на сталагмометре БашНИИнефть (рис.14). Определяется число капель в единице объема, формирующихся на границе раздела: водный раствор ПАВ -

воздух.

Основными частями прибора являются: 1 - микрометр, определяющий объем выдавливаемого раствора ; 2 - медицинский шприц, куда заливается исследуемый раствор ПАВ; 3 - капилляр с внутренним диаметром 0,8 мм и 4 - кронштейн.

Перед началом опыта внутреннюю поверхность шприца и капилляр обезжиривают хромовой смесью (5% порошка двухромового калия, растворенного в концентрированной серной кислоте) или ацетоном, а потом промывают дистиллированной водой.

Перед началом замеров необходимо определить постоянную капиляра. Для этого берут дистиллированную воду, поверхностное натяжение которой известно, и замеряют количество капель, появляющихся при выдвижении микрометренного винта на 1 см. Поверхностное натяжение води при данной температуре берется из табл.

Постоянная капилляра определяется по формуле:

$$K = б_в \cdot n_в$$

где: $б_в$ - поверхностное натяжение воды при данной температуре Н/м

$n_в$ - число капель воды при выдвижении шприца на 1 см.

Затем 50 $см^3$ активной промывочной жидкости профильтровывают через складчатый фильтр < менее 50 $см^3$ фильтрата брать не рекомендуется, так как в этом случае концентрация ПАВ существенно изменится вследствие адсорбции на фильтровальной бумаге).

При работе с глинистым раствором можно использовать для получения фильтра прибор ВМ-6.

Определяют температуру фильтрата, После получения равенства температур воды и фильтрата приступают к измерению. Подсчитывают число капель фильтрата при выдвижении микрометренного винта на 1 см. Замеры проводят три раза и находят среднее количество капель.

Поверхностное натяжение фильтрата определяется по формуле:

$$\sigma_и = \frac{\sigma_В \cdot n_{в}}{n_и} = \frac{K}{n_и}$$

где: $П_и$- число капель исследуемой жидкости;
K - постоянная капилляра.

Рис. 10. Сталагмометр
1- микрометр, 2-медицинский шприц;
3-капилляр; 4 - кронштейн

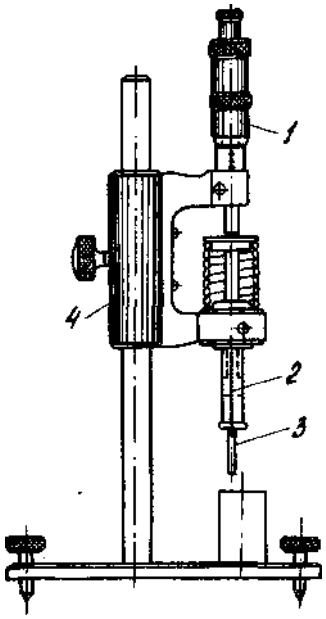


Таблица 1

Изменение поверхностного натяжения воды в зависимости от температуры

Температура воды, °С	Поверхностное натяжение, Н/м	Температура воды, °С	Поверхностное натяжение, Н/м
15	73.49	22	72,44
16	73,34	23	72,28
17	73,19	24	72,12
18	73,05	25	71,96
19	72,90	26	71,80
20	72,75	27	71,64
21	72,59	28	71,47

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ АПЖ

Способность АПЖ смачивать твердые поверхности характеризуется косинусом краевого угла смачивания, которая навивается смачиваемостью (В = Cos *в*)

Краевой угол смачивания на исследуемой поверхности (бурильная труба, горная порода) измеряется по форме капли, сфотографированной на пластинке.

Для снятия капли на пластинку применяется установка, схема которой приведена на рис. 11.

Установка состоит ив источника света 1, испытуемой поверхности 2, увеличителя с длинно-фокусной линзой 3, экрана 4, рамки 6.

Для измерения краевого угла смачивания исследуемых поверхностей готовится АШ с концентрациями ПАВ 0,5; 1; 2; 3; 4%. Перед нанесением капли на исследуемую поверхность её нужно обезжирить ацетоном или хромовой смесью, промыть дистиллированной водой и хорошо просушить. Для нанесения капель на поверхность дается выдержка 4 минуты с целью придания каппе равновесного кривого угла.

В течение данного времени капля проектируется на экран путем установки максимальной резкости в изображении контура капли перемещением увеличителя 3 по направляющей рамки 5.

После снятия капли на пластинку и её проявления, замеряется краевой угол. Для этого измеряется высота капли h и радиус площади контакта с поверхностью $r_к$. Зная эти размеры, рассчитывается смачиваемость по формулам:

при $\theta < 90°$ $$C_{о\theta}\theta = \frac{r_k^2 - h^2}{r_k^2 + h^2}$$

при $\theta > 90°$ $$C_{о\theta}\theta = 1 - \frac{h}{r_k}$$

Полученные расчетные данные заносятся в таблицу, на основании которых строятся графики *CosΘ=f(c).* Данные графики позволяют оценить смачиваемость АПК поверхности горных пород и бурильных труб в зависимости от концентрации ПАВ. На основании полученных данных вычисляется работа адгезии, которая характеризует энергию сцепления смазочной пленки с трущимися поверхностями.

$$C_{о\theta}\theta = 1 - \frac{h}{r_k}$$

$$W_a = \sigma_{жг}(1 + C_{о\theta}\theta)$$

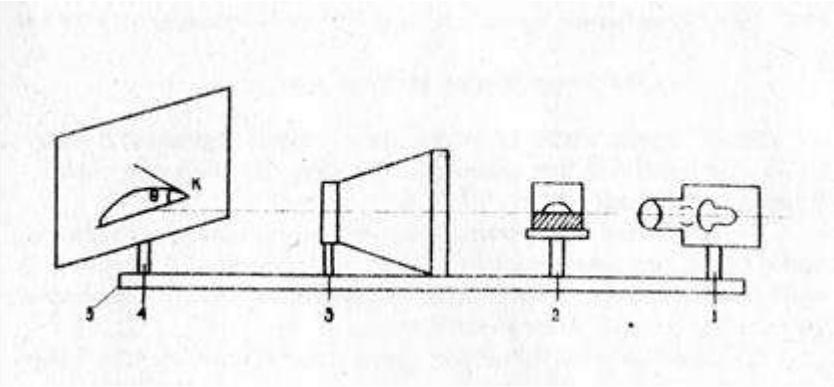


Рис.11. Установка для определения краевого угла смачивания.
источник света; 2 - испытуемая поверхность; 3 - увеличитель экран-пластинка; 5 - рама.

W_a - работа адгезии, Н/м ;
$6_{ж.г}$ - поверхностное натяжение на границе раздела жидкость-газ, *Н/м ;*
Cos θ - смачиваемость.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ АПЖ

Под стабильностью, или устойчивостью понимается способность АПЖ сохранить свое агрегативное состояние, не расслаиваться в течение продолжительного времени.

Проба АПК заливается в мерный цилиндр, который оставляют в покое в течение трех часов при комнатной температуре. Если за это время расслоение жидкости не произойдет, то она считается стабильной. Расслоение может произойти в результате повышенной жесткости воды.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА БЫСТРОЙ КОАГУЛЯЦИИ

Мерой агрегативной устойчивости активной промывочной жидкости по отношении к солям поливалентных металлов является порог быстрой коагуляции (Пб· К).

Порог быстрой коагуляции - это та наименьшая концентрация электролита, которая вызывает снятие энергетического барьера электростатического отталкивания сближающихся коллоидных частиц и быстрое расслоение дисперсной системы.

Определение порога быстрой коагуляции осуществляется следующим образом. В начале готовятся растворы активной промывочной жидкости с концентрациями эмульсолов или ПАВ 0,5; 1; 2; 3; 4%. Затем приготовляются растворы с концентрациями электролитов ($CaCl_2$, $MgCl_2$) от О ,25 до 10/Ь в зависимости от коагулирующей активности электролита.

Раствор электролита заливается в бюретки объемом 10 мл с ценой деления 0,1 мл. Для проведения наблюдений берется пробирка и заполняется 2 мл активной промывочной жидкости. Потом исследуется раствор с помощью бюретки вводится электролит небольшими дозами (по 0,1 мл). После каждой добавки раствор интенсивно встряхивается и просматривается при просвечивании электрической лампой. Интенсивное помутнение раствора и выделение коагулированных хлопьев ПАВ свидетельствует о начале быстрой коагуляции раствора. Концентрация электролита, выраженная в г/л, которая вызывает быструю коагуляцию АПЖ, применяется за порог быстрой коагуляции.

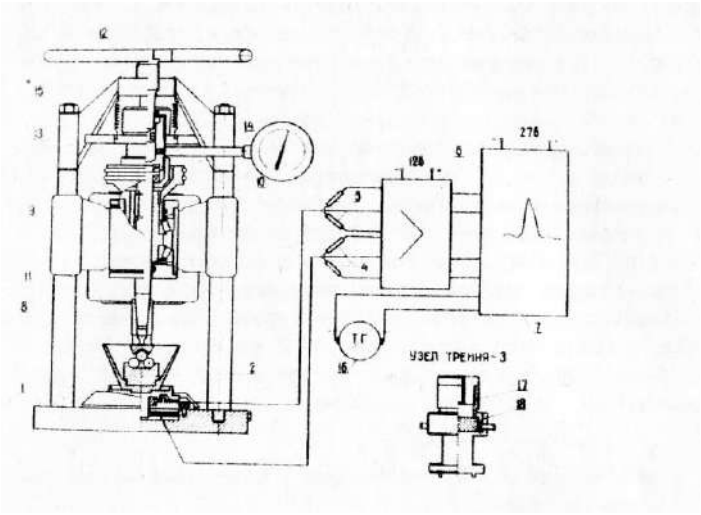


Рис. 12. Установка трения 1 - опорная станина; 2,3 - узлы трения; 4,5 - тенаодатчик; 6 - тензоусилитель; 7 - осциллограф; 8 - шпиндель; 0 - корпус шпинделя; 10 - шкив; 11 - электродвигатель; 12 - нагрузочный винт; 13 - гидропресс; 14 - манометр, 15 - нагрузочная траверса; - тахогвнератор

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ

Коэффициент трения определяется на установке трения, которая монтируются узлы трения 2 и 3. Узел 2 служит для измерения коэффициента трения на контакте металл-металл, и узел 3 - на контакте металл-горная порода. Узел 2 представляет собой четырехшариковую пирамиду, установленную на поверхности стола, который связан с измерительной пружиной, с наклеенными на ней тензодатчиками 4. К тензодатчику подсоединяется тензоусилитель 8, и осциллограф 7. Давление на узел трения осуществляется шпинделем 8, смонтированным в корпусе 9. Вращение шпинделя передается черев шкив 10 от двигателя 11. Нагрузка на шпиндель создается винтом 12 гидропресса 13, которая регистрируется по манометру 14. Винт 12 перемещается по резьбе в нагрузочной траверсе 15.

Замеры производятся по следующей методике. Стальные шары диаметром 8,5 мм из стали IX, предварительно обезжиривается ацетоном, устанавливаются в узел трения, в который заливается исследуемая АПЖ. С помощью гидропресса создается нагрузка, которая регистрируется по манометру. Латером плавно включается мотор до полных оборотов, которые регистрируется счетчиком 16. В этот момент включается записывающее устройство осциллографа. После обработки осциллограмм определяется крутящий момент М кр. По аналогичной методике производятся замеры на узле трения металл- горная порода Коэффициент трения определяется по формуле:

$$K_T = \frac{F_{\text{ТР}} \cdot R}{P \cdot r} = \frac{M_{\text{кр}}}{P \cdot r}$$

где: $F_{тр}$ - сила трения или горизонтальное усилие, вызывающее движение стола, Н;
R - радиус подвижного стола, и ;
Р - осевая нагрузка на шпиндель, Н ;
r - радиус четырехшариковой пирамиды, м ;
М кр - крутящий момент на подвижном столе, кг · м^2;

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ СМАЗОЧНОЙ ПЛЕНКИ

Под предельной прочностью смазочной пленки подразумевается критическое. давление на площадь контакта, при котором происходит выдавливание (разрушение) смазочной пленки.

Определение предельной прочности смазочной пленки производится на установке трения в следующей последовательности.

Исследуемая активная промывочная жидкость заливается в узел трения, создается последовательно нагрузка на шпиндель, ступенями включается вращение и замеряется величина крутящего момента при каждом нагружении.

Затем строится график в логарифмических координатах, М кр =f (Р). На графике находится точка резкого возрастания величины крутящего момента. Нагрузка, соответствующая этой точке принимается за P_{max}.

Величина предельной прочности смазочной пленки в месте контакта определяется по формуле Герца-Беляева:

$$P_{кр} = 0{,}388\sqrt{\frac{1{,}64P_k E^2}{r^2}}$$

Где $P_{кр}$ – критическое давление на площадь контакта, кг · м^2 ,

$P_к$ - контактная нагрузка, Н;

Е – модуль упругости, кг/мм^2 (для стали Е = 2,1х10^{-4} кг/м^2);

r - радиус шара, м;

$P_к$ = 0,41 Р;

где P_{max} - осевая нагрузка в момент выдавливания пленки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Контроль параметров промывочных жидкостей в процессе бурения является важным условием сохранения качества промывочной жидкости и поддержания устойчивости ствола скважины.

В методических разработках приведено описание основных приборов для измерения структурно-механических и антифрикционных параметров промывочных жидкостей и изложена методика их определения.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СТРКУТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

ДЛЯСТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Автор: Бутин В.В., к.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 24.09.2021
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 07.10.2021
(Дата)

Екатеринбург

КРАТКАЯ МЕТОДИКА
составления курсовой работы
по теме ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УРАЛА

1. **Задача курсовой работы.**
   Основной задачей курсовой работы по структурной геологии является получение студентами навыков обработки имеющихся геологических материалов по конкретной площади и подготовка комплекса картографических и текстовых материалов по площади. Обязательными компонентами работы являются – Геологическая Карта и текст Проекта (Объяснительная Записка к геологической карте). В тексте работы должны быть отражены основные черты геологического строения рассматриваемой территории (только в пределах проектного листа) – Введение, Географическое положение, Стратиграфия, Магматизм, Тектоника, Полезные ископаемые.

2. **Исходные материалы.**

Для подготовки материалов к курсовой работе студентам выдаются в электронном компьютерном виде (на индивидуальные флеш-носители) следующие материалы:

а. Геологическая карта масштаба 1:200 000 района проектной площади с легендой (условные обозначения), стратиграфической колонкой, геологическими разрезами (1-3 разреза). Материалы даются в растровом виде (jpg., tif., bmp….).

б. Топографическая карта масштаба 1:500 000 – 1:1 000 000 (растр) с нанесенной координатной сеткой и номенклатурой планшетов масштаба 1:200 000.

в. Тектоническая схема района (растр, часть тектонической карты Урала масштаба 1:1 000 000) с координатной сеткой и номенклатурой планшетов масштаба 1:200 000.

г. Текст геологического строения листа масштаба 1:200 000 (Word, pdf, ….). Он содержит сокращенную геологическую характеристику района из Объяснительной Записки к Карте или из Геологического отчета.

д. Текстовое приложение (Word) СПИСОК ИНТРУЗИЙ. Отмечены номера и названия интрузивных массивов, выделенные на тектонической схеме.

3. **Требуется:**

А. Подготовка геологической карты.

а. Из геологической карты масштаба 1:200 000 «вырезать» намеченную ¼ часть планшета, соответствующую стандартному листу масштаба 1:100 000 и обозначить его номенклатуру. Необходимо помнить, что номенклатуры листов масштаба 1:200 000 и 1:100 000 обозначаются по-разному. Например, лист О-41-XIII (1:200 000) содержит листы О-41-49, 50, 61, 62 (1:100 000).

б. Из общей легенды карты масштаба 1:200 000 выделить («вырезать») только те условные обозначения, которые имеют отношение к выбранному листу масштаба 1:100 000.

в. «Обработать» стратиграфическую колонку. В стратиграфической колонке оставить только те подразделения, который имеют распространение на территории описываемого листа масштаба 1:100 000, остальные подразделения из колонки убрать («вырезать»).

г. Использование геологического разреза (разрезов). Если линия приведенного к карте масштаба 1:200 000 геологического разреза проходит через описываемую площадь листа 1:100 000, то этот разрез (или его часть) можно в неизмененном виде приложить к

описываемой карте. Если линия разреза находится за пределами выбранного планшета, то геологический разрез к этому планшету необходимо построить самостоятельно, ориентируясь на структурное положение комплексов и их взаимоотношения, показанные на имеющемся разрезе.

д. Оформить геологическую карту масштаба 1:100 000.

- Заголовок - аналогичный исходной карте 1:200 000. Здесь необходимо выделить «собственную» номенклатуру, например О-41-62.
- Показать планшет геологической карты масштаба 1:100 000. Форма планшета не должна быть искажена, пропорциональна, для этого масштаба размер планшета (по меридиану) должен составлять 37 см.
- К геологической карте добавить условные обозначения, стратиграфическую колонку, геологический разрез.
- Оформленная геологическая карта предоставляется в бумажном варианте, подготовленном и отпечатанном электронным способом. В виде исключения Геологическая карта проекта может быть подготовлена и раскрашена ручным способом.

Б. Подготовка текста Объяснительной записки.

В тексте Объяснительной записки приводится характеристика геологического строения и полезных ископаемых (перечень разделов указан выше), имеющих распространение только в пределах описываемого планшета масштаба 1:100 000. Для этого в тексте оставить только ту информацию, которая имеет отношение к описываемому планшету, удалив все остальное. Общий объем текста 25 – 40 стр.

4. Защита курсовой работы.

На защите курсовой работы необходимо показать знание основных черт геологического строения описываемой площади и полезных ископаемых. Наличие структурных этажей, ярусов, стратиграфических комплексов, магматических комплексов, складчатых, блоковых и разрывных структур, генетических типов месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых. Знать состав и условия образования основных разновидностей пород, распространенных на площади, и отраженных в легенде и стратиграфической колонке.

На защите можно пользоваться текстом работы, геологической картой и приложениями.

5. Оценка курсовой работы.

Общая оценка складывается из оценки качества и полноты текста и геологической карты и оценки защиты работы.

6. Примерные темы курсовых работ:

Название курсовой работы
Геологическое строение листа О-41-111 (Белоярский)
Геологическое строение листа О-41-99 (Малышева)
Геологическое строение листа N-41-45 (Куртамыш)
Геологическое строение листа О-41-112 (Богданович)
Геологическое строение листа О-40-131 (Нижние Серги)

Геологическое строение листа O-40-120 (Первоуральск)
Геологическое строение листа O-40-108 (Починок)
Геологическое строение листа O-40-107 (Новоуральск)
Геологическое строение листа O-40-119 (Бисерть)
Геологическое строение листа O-40-144 (Верхний Уфалей)
Геологическое строение листа O-41-143 (Шемаха)
Геологическое строение листа O-40-100 (Артемовский)
Геологическое строение листа N-41-34 (Красный Уралец)
Геологическое строение листа O-40-132 (Верхние Серги)

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

ДЛЯСТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Автор: Бутин В.В., к.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 24.09.2021
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 07.10.2021
(Дата)

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5
1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РЕЛЬЕФА 6
2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ 9
3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ 14
Рекомендуемая литература 27

Введение

Практические занятия студентов геологических специальностей по дисциплине «Структурная геология, геоморфология и четвертичная геология» включают в себя работы по стереоскопическому дешифрированию аэрофотоснимков крупного и детального масштаба. В результате этих работ составляется «Карта четвертичных образований» (приложение 1).

Подготовленные для выполнения практических работ аэрофотоснимки отображают конкретные участки рельефа различных климатических зон, характеризующихся формированием определенных генетических типов четвертичных пород и имеющих различный характер соотношения эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов.

Эндогенные рельефообразующие силы складчатого, дизъюнктивного, магматического типов реализуются в верхней части литосферы обычно в виде вертикальных положительных или отрицательных перемещений блоков земной коры, приводящих к возрастанию контрастности рельефа. Экзогенные силы имеют противоположную направленность по отношению к эндогенным движениям, стремятся компенсировать их и снизить контрастность рельефа путем проявления и сочетания денудационных и аккумулятивных процессов. В связи с этим каждой конкретный тип рельефа представляет собой результат взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, фиксируя определенную стадию экзогенной переработки эндогенного рельефа.

1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РЕЛЬЕФА

В морфологическом отношении на аэрофотоснимках представлены следующие основные типы рельефа: высокогорный, низкогорный, холмистый и равнинный.

Высокогорный рельеф развит в областях тектонической активизации, с проявлением интенсивных вертикальных движений, определивших высокую контрастность элементов рельефа и его эрозионную расчлененность. На аэрофотоснимках горного рельефа дешифрируются островершинные хребты, скалистые гребни и склоны, глубоко врезанные ущелья, и V-образные долины рек и их притоков, долинные линейные ледники. Эрозионные формы высокогорного рельефа представлены отпрепарированными участками выходов коренных пород, реликтовыми эрозионными останцами и уступами, эрозионными склонами флювиального, ледникового, криогенного типов. Аккумулятивные формы рельефа сложены делювиальными и коллювиальными площадными развалами и осыпями на склонах, гляциальными, пролювиальными и аллювиальными отложениями речных долин, ручьев, логов.

Низкогорный рельеф характеризуется менее контрастными, сглаженными формами вершин и склонов, что обусловлено активным и длительным развитием денудационных процессов и обычно развитием менее устойчивых и контрастных в эрозионном отношении горных пород. Эрозионные элементы рельефа приурочены к локальным площадям развития относительно более устойчивых к выветриванию горных пород, в пределах которых сохраняются эрозионные останцы на водоразделах, склонах, в бортах речных долин. Рыхлые отложения склонов чаще всего представлены делювиальными или солифлюкционными отложениями.

В формировании речных долин значительную роль играют процессы боковой эрозии. Речные формы рельефа характеризуются сочетанием эрозионных и аккумулятивных элементов рельефа, дешифрируются русловые и пойменные фации аллювия, речные террасы цокольного и аккумулятивного типов.

Холмистый рельеф представляет собой сочетание реликтовых останцовых эрозионных форм с разделяющими их денудационными депрессиями. Эрозионные останцы приурочены к выходам более устойчивых к выветриванию горных пород, образующих отпрепарированные положительные формы различной конфигурации. Коренные выходы пород приурочены к бровкам, уступам эрозионных склонов, реже к нижним частям этих склонов, к эрозионным бортам речных долин. Элювиальные образования развиты на вершинах и уплощенных водоразделах, рыхлые породы склонов представлены делювиальными или солифлюкционными отложениями. У подножий этих склонов и в их основании нередко отмечается образование пролювиальных шлейфов за счет слияния конусов выноса временных потоков. Речные долины характеризуется ящикообразным поперечным профилем с плоским днищем, эрозионными бортами, преобладанием аккумулятивных флювиальных форм и широким развитием русловых, пойменных и террасовых фаций аллювиальных отложений.

Равнины на аэрофотоснимках представлены денудационными и аккумулятивными типами. Аккумулятивные формы рельефа сложены отложениями флювиального, пролювиального, гляциального, флювиогляциального и эолового генезиса. Коренные выходы пород на аккумулятивных равнинах отсутствуют. Элювиальные породы в небольшом объеме могут присутствовать на уплощенных реликтовых положитель-

ных формах рельефа. Более широкое распространение имеют делювиальные отложения по привершинным и склоновым участкам рельефа. Речные формы рельефа представлены аллювиальными осадками русловых, старичных и пойменных фаций, аккумулятивными надпойменными террасами, расположенными в пределах широких разработанных речных долин с меандрирующими или ветвящимися руслами рек.

Пролювиальные равнины слагают относительно ровные или слабоволнистые участки предгорного рельефа, имеющего общий пологий наклон к предгорным равнинам. В строении пролювиальных равнин принимают участие мощные пролювиальные отложения временных горных потоков и слияние конусов выноса в предгорной равнине.

Гляциальные равнинные формы рельефа сложены моренными отложениями донной морены, образующей площадной покров и перекрывающей выходы более древних четвертичных отложений и дочетвертичных коренных пород. Морфологически покров характеризуется относительно ровной поверхностью с образованием небольших холмистых возвышений и впадин, развитием в отрицательных формах рельефа озер, болот. В периферических частях ледников выделяются конечные и боковые морены, образующие линейные валообразные формы рельефа, оконтуривающие ледники, на перигляциальных участках за пределами ледников формируются флювиогляциальные и зандровые аккумулятивные отложения.

Криогенный тип равнинного рельефа, помимо солифлюкционных аккумулятивных форм, в небольшом объеме представлен термокарстовыми и полигональными элементами рельефа, образование которых приурочено к участкам развития многолетнемерзлых аккумулятивных

отложений флювиального, озерно-речного, морского, гляциального и флювиогляциального происхождения.

Эоловый тип рельефа имеет ограниченное распространение и представлен песчаными аккумулятивными формами аридной климатической зоны. Положительные формы рельефа сложены барханами и продольно-грядовыми песками, разделенными дефляционными и глинисто-солончаковыми ложбинами и такырами**.**

2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Из всей обширной группы различных по генезису четвертичных образований остановимся лишь на осадочных четвертичных отложениях, получивших распространение на имеющихся аэрофотоснимках.

Элювиальные образования **(e)** включают в себя продукты физического и химического выветривания, не перемещенные с места своего образования. В зависимости от климатических условий, длительности процессов выветривания и типа субстрата, элювий может быть представлен различными типами обломочных и глинистых кор выветривания. Элювий приурочен к выходам дочетвертичных пород на дневную поверхность и располагается на горизонтальных участках рельефа с углом наклона склона менее 5°. На аэрофотоснимках элювиальные отложения выделяются на уплощенных водоразделах, пологих вершинах, на горизонтальных поверхностях ступенчатого денудационного рельефа.

Делювиальные отложения **(d)** представляют собой разрушенные коренные породы, перемещенные с места своего образования по склону под действием временных безрусловых плоскостных потоков. Состав

пород обусловлен составом исходного субстрата и типом коры выветривания, размер обломков и сортировка могут быть разными. Делювиальные отложения приурочены к склонам с углом наклона до 15° и распространены в верхних привершинных частях положительных форм рельефа и на пологих склонах. Реже, в условиях холмистого рельефа, делювий выделяется также в нижней части и в основании склонов.

Коллювиальные отложения **(c)** представлены продуктами физического выветривания, смещенными по склону под действием гравитационных сил. Наиболее широкое распространение получили осыпи глыбово-щебенчатого материала на склонах с крутизной более 30°. Выделяются также крупноглыбовые и глыбовые обвальные накопления на склонах при угле более 40° и у подножий крутых склонов.

Солифлюкционные отложения **(s)** развиты в районах распространения многолетней мерзлоты. Образуются в результате накопления рыхлого обломочного или глинистого материала, перешедшего в мобильное пластическое состояние вследствие вытаивания подземных льдов и перемещающегося по склонам под действием гравитационных сил. Мелкоземистым материалом на пологих склонах сложены оплывные формы рельефа в виде натечных террас, ступеней высотой до нескольких метров. Грубообломочный материал образует площадные глыбовые развалы на горизонтальных участках, «каменные моря», площадные курумы, линейные скопления на склонах, «каменные реки», приуроченные к отрицательным элементам рельефа. На аэрофотоснимках солифлюкционные отложения, помимо оплывных форм, распознаются также по полосчатым «расчесанным склонам», представляющим результат плоскостно-струйчатого перемещения рыхлого материала («делли»).

Пролювиальные отложения **(р)** представляют собой отложения временных потоков, в разной степени сортированных. Для временных потоков равнинных областей характерно формирование тонкосортированного слоистого овражного аллювия. Отложения временных потоков горного рельефа характеризуются плохой сортировкой и грубообломочным составом. На аэрофотоснимках выделяются три разновидности пролювия. Первую из них составляют отложения, локализованные непосредственно в руслах и тальвегах водотоков и образующие линейные аккумулятивные полосы по дну долин временных потоков. Вторая разновидность пролювия представлена рыхлыми отложениями конусов выноса временных потоков и ручьев при резком выполаживании продольных профилей водотоков в местах их выхода в основную речную долину или на предгорную равнину («сухие дельты»). Третья разновидность представляет собой пролювиальную пологонаклонную равнину, образовавшуюся за счет слияния конусов выноса в предгорных участках.

Аллювиальные отложения **(а)** имеют широкое распространение и присутствуют практически на всех аэрофотоснимках. Из всей группы аллювия наиболее распространенными являются русловые, пойменные и террасовые фации аллювиальных отложений.

Русловые отложения сложены грубообломочным валунно-галечно-песчаным материалом, распределенным по дну узких врезающихся речных долин или локализованным на участках современного русла разработанных долин. Эти отложения хорошо распознаются на аэрофотоснимках по отсутствию растительности и светлому фототону, отражающему состав обломочного аллювиального материала.

Отложения пойменных фаций приурочены к днищам речных долин, находящихся на стадии расширения долин и сочетания процессов боковой эрозии и аккумуляции. Чаще всего для поймы является характерным темный фототон черно-белых аэрофотоснимков, вследствие широкого развития растительности, сравнительно ровная поверхность, меандрирующий характер русла, наличие стариц, озер, болот. Пойменные отложения имеют более тонкий песчано-глинистый или глинисто-илистый терригенно-биогенный состав.

Речные террасы представлены двумя генетическими типами – аккумулятивными и эрозионно-аккумулятивными. В рельефе, в пределах речных долин, речные террасы в виде реликтовых форм отчетливо выделяются по более высокому гипсометрическому положению, ровной поверхностью террасы, они отделяются уступами от поймы и от борта речной долины. Количество надпойменных террас составляет одну-две, достигая на отдельных снимках до трех. Поверхность террас обычно ровная, характеризуется однородным фототоном, наличием бровки и тылового шва, в цоколе эрозионно-аккумулятивных террас выходят коренные дочетвертичные породы.

Ледниковые (гляциальные) отложения **(g)** представлены моренными породами, образующими аккумулятивные формы рельефа. Моренные отложения характеризуются смешанным несортированным глыбово-щебенчатым, валунным, галечным, песчаным и глинистым материалом, образовавшимся в результате накопления на месте ледника и по периферии ледника после его деградации. На аэрофотоснимках отложения донной (основной) морены занимают днища и нижние части бортов ледниковых трогов, каров, образуя покровы, шлейфы, бугристые и холмистые аккумулятивные формы рель-

ефа. В периферических частях ледников моренные отложения слагают линейные валообразные формы боковых и конечных морен.

Водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения **(f)** образуются в результате накопления донных обломочных отложений поверхностных водных потоков внутри ледника и за его пределами на этапе деградации и таяния ледника. Выделяется три основных типа отложений, различающихся по условиям образования, – озы, камы, зандры.

Озы представляют собой протяженные положительные аккумулятивные формы рельефа, сложенные песчано-галечным сортированным материалом, аккумулированным водными потоками внутри ледников покровного площадного типа. После отступления ледника эти отложения образуют «насаженные» протяженные линейные аккумулятивные формы рельефа, наложенные на осадки основной морены.

Камовые образования формируются в результате аккумуляции рыхлых отложений в озерах, расположенных внутри ледника. Породы характеризуются хорошей сортировкой, слоистостью и образуют холмообразные аккумулятивные формы рельефа, также наложенные на отложения донной морены.

Зандровые отложения образуются за пределами ледников и характеризуются площадным зональным распределением терригенного материала, вынесенного талыми водами с ледника. Наиболее удаленные от края ледника участки зандровых полей отличаются мелкообломочным песчано-глинистым составом и пониженной общей мощностью флювиогляциальных отложений.

Эоловые отложения **(v)** на имеющихся аэрофотоснимках представлены лишь одной разновидностью – барханными песками. Барханы

дешифрируются по характерному извилистому полосчатому фоторисунку и однородному светлому фототону слагающих их песчаных отложений.

Из ***техногенных образований*** **(t)** на аэрофотоснимках выделяются рыхлые отложения, перемещенные при хозяйственном освоении территорий. Сюда относятся дамбы, дорожные насыпи, распаханные поля и огороды, застроенные участки, отличающиеся, обычно светлым однородным фототоном.

Дочетвертичные породы **(D'Q)** приурочены к реликтовым денудационным формам и эрозионным элементам рельефа. Выходы дочетвертичных пород фиксируются в крутых эрозионных бортах временных и постоянных водотоков, в цоколе речных террас, в эрозионных уступах на склонах гор. Кроме того, выходы коренных пород приурочены к водораздельным хребтам, бровкам эрозионных склонов, этими породами сложены отпрепарированные эрозионные останцовые формы рельефа. Реже, в условиях литоморфного рельефа, коренные породы слагают более значительные площадные выходы дочетвертичных отложений в современном рельефе, в отдельных случаях представленных структурно-денудационными формами на участках аридного климата или выходами кайнозойских вулканических пород.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Для практических работ по геоморфологическому дешифрированию подготовлено 30 комплектов черно-белых плановых аэрофотоснимков **(АФС)** масштаба 1:10 000 – 1:43 000. В комплекте имеются 2 или 3 снимка, составляющие стереопары или стереотройки на определенную площадь. Два смежных снимка дают возможность получе-

ния стереоскопической модели местности на перекрывающейся части снимков. Площадь перекрытия на АФС составляет 60-80 % каждого снимка.

Работы по геоморфологическому дешифрированию АФС выполняются в следующей последовательности.

1. ***Определение масштаба АФС***. Масштаб снимка рассчитывается по формуле m = f / H, где f – фокусное расстояние аэрофотокамеры, мм; H – высота фотографирования, м (рис. 1). Оба параметра берутся из текста, приложенного к аэрофотоснимкам и переводятся для расчета в одни единицы (метры или миллиметры). Расчет масштаба АФС проводится с округлением, кратным 1 000 (например, 1:17 000, 1:23 000 и др.).

2. ***Определение границ участка*** для составления карты. Для этого на одном из снимков стереопары определяются и наносятся на кальку границы участка, отображенного на обоих снимках и составляющего стереоскопическую модель рельефа.

3. ***Определение центров аэрофотоснимков***. Центр снимка (главная точка АФС) фиксирует положение оптической оси аэрофотокамеры в момент фотографирования. Положение центра снимка определяется геометрическим путем несколькими методами.

Наиболее точно центр снимка определяется как точка пересечения линий, соединяющих марки противоположных сторон снимка или как точка пересечения диагоналей, соединяющих противоположные углы рамки снимка (рис. 2). Менее точным методом, используемым лишь в учебных целях, является построение центра снимка как точки пересечения линий, соединяющих противоположные углы снимка.

Кроме того, на каждый снимок выносится проекция центра соседнего снимка, составляющего стереопару. Если в комплекте имеется три

снимка, то на среднем из них отображаются центры соседних с ним левого и правого снимков. Вынос центров-проекций с соседних снимков осуществляется под стереоскопом после того, как будут нанесены на каждом снимке собственные центры фотографирования.

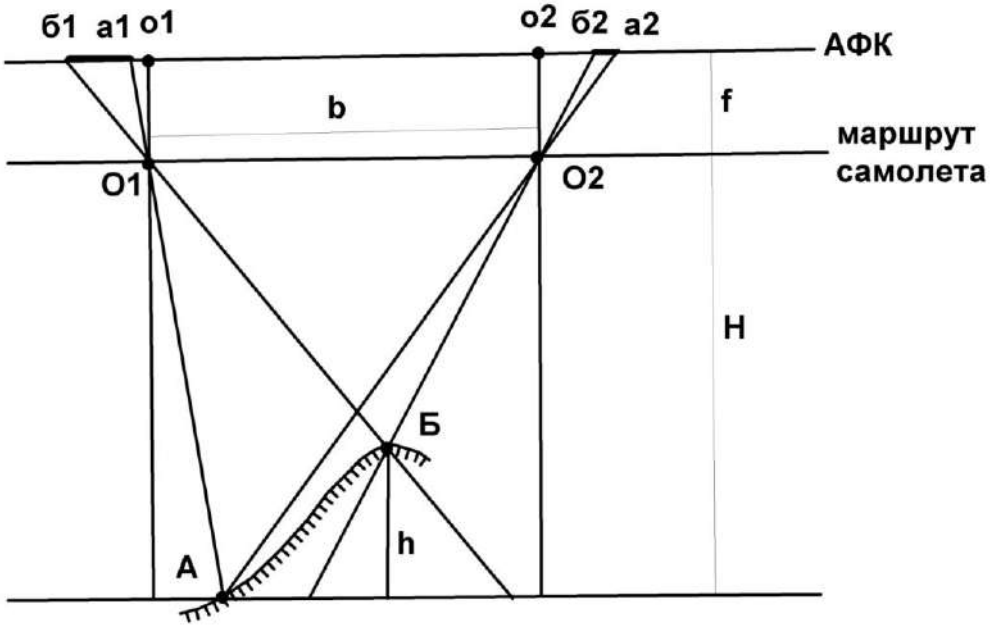


Рис. 1. Основные параметры при фотографировании рельефа:
А, Б – нижняя и верхняя точки участка рельефа (склон горы);
АФК – условное положение плоскости фотографии аэрофотокамеры;
h – относительное превышение точки Б над точкой А;
О1, О2 – центры фотографирования для стереопары снимков на линии маршрута самолета; о1, о2 – проекции центров фотографирования на фотоснимках;
Н – высота фотографирования; f – фокусное расстояние аэрофотокамеры;
b – базис фотографирования; а1б1, а2б2 – горизонтальные проекции отображения склона АБ на фотоснимках

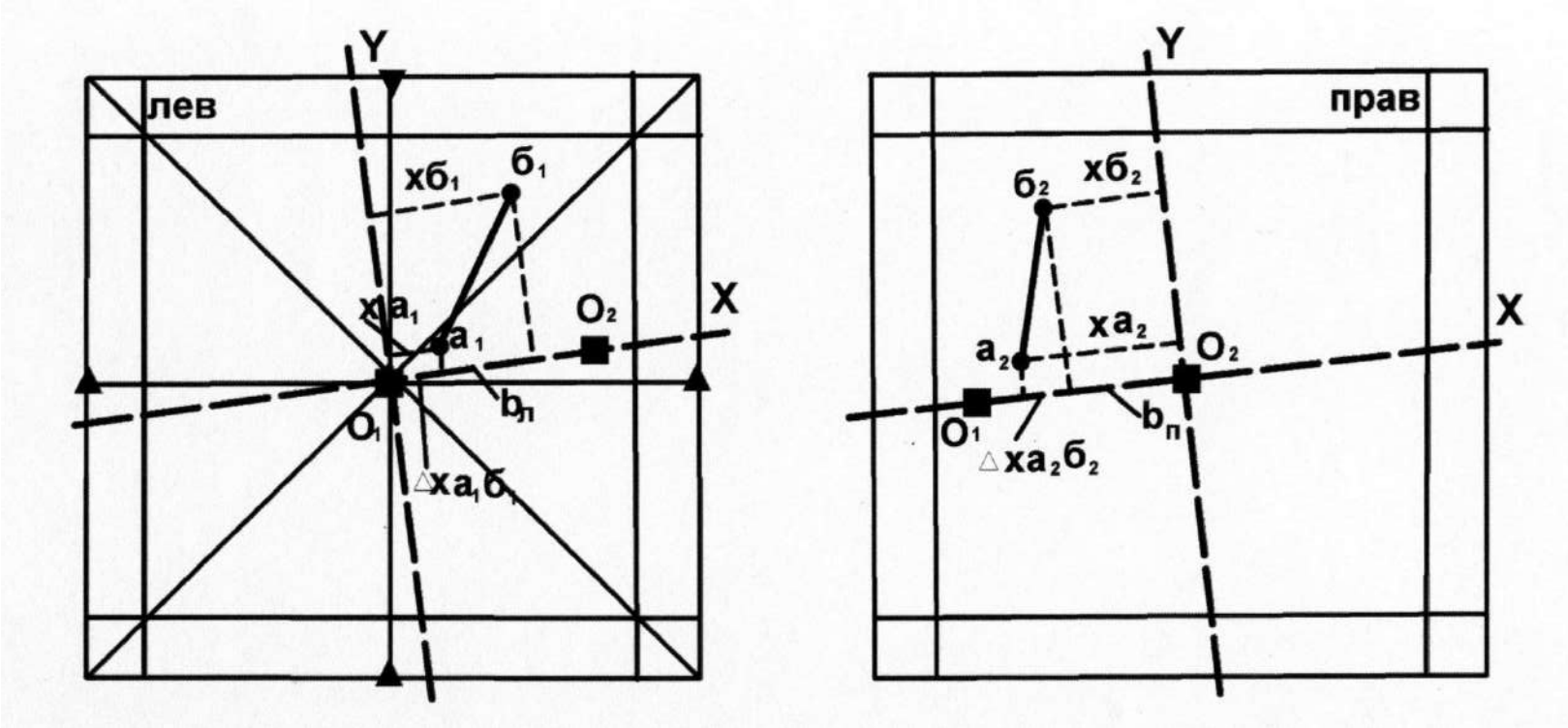


Рис. 2. Определение координат (**ха, хб**) и разностей координат (**Δх**) точек **а** и **б** на левом (**лев**) и правом (**прав**) снимках стереопары:

O_1O_2 = $b_л$, $b_п$ – базисы фотографирования на левом ($b_л$) и правом ($b_п$) снимках;

$\Delta xa_1б_1$, $\Delta xa_2б_2$ – разности координат точек **а** и **б** в проекции на ось **Х**

4. ***Определение базиса фотографирования***. Линии, соединяющие на каждом снимке центры снимков с центрами-проекциями соседних снимков стереопар, фиксируют маршрут самолета. Расстояние между этими точками (O_1-O_2, см. рис. 1, 2) составляет базис фотографирования. Необходимо вычислить средний базис фотографирования. Для этого замеряют линейкой или палеткой базисы на левом и правом снимках и определяют средний базис фотографирования (с точностью до 0,1 мм), мм: $b_{ср} = (b_{лев} + b_{прав}) / 2$, мм.

5. ***Определение относительных превышений точек рельефа***. Для определения относительных превышений элементов рельефа, крутизны склонов, высоты уступов, уклона речных долин и др. необходимо определить разницу высотных отметок рельефа. С этой целью на снимках нанесены профили, пересекающие основные геоморфологические формы и включающие в себя 7-15 точек, располагающихся на перегибах наиболее характерных элементов рельефа. Вычисленные относительные превышения этих точек дают возможность определить конфигурацию поперечного строения форм рельефа и характера условий образования рыхлых четвертичных отложений склонов.

В основе метода измерительного дешифрирования для определения относительных превышений лежит количественная оценка разности линейных величин аб (см. рис. 1, 2), представляющей собой проекцию части рельефа АБ на аэрофотоснимках стереопары. Линейные размеры аб зависят от параметров АФС (высота фотографирования – H, базис фотографирования – b, фокусное расстояние аэрофотокамеры – f) и от относительного превышения точек между собой ($\Delta h_{АБ}$).

Параметры АФС постоянны для любых участков стереопары и даны в объяснительной записке к снимкам (H, f) или уже определены ($b_{ср}$). В связи с этим, исходя из пропорциональной зависимости величин аб и Δh, работа сводится к измерению на обоих снимках для любой пары точек величин аб; определения их разности и расчета Δh для этих точек. С этой целью на левом и правом снимках стереопары необходимо определить положение точки на снимке и разность координат точек в системе координат XY, лежащих в плоскости снимка. За ось X принимается направление O_1-O_2, ось Y располагается перпендикулярно оси X и проходит через центральную точку снимка. Расчет относительных превышений точек рельефа выполняем по упрощенной схеме без учета поправок на колебание высоты полета, наклон снимков, приращение координат по оси Y и др. В связи с этим изменение положения точек на снимках и определение разности их координат проводим только относительно оси X. Разность координат какой-либо точки по оси абсцисс называется продольным параллаксом этой точки (продольные по отношению к маршруту самолета, по оси X).

Определение продольных параллаксов точек на АФС можно выполнять несколькими методами (параллаксометрами, параллактическими линейками, палетками). Простейшим методом является определение с помощью палетки геолога-дешифровщика (Михайлов, Рамм, 1975), которая дает возможность расчета величины Δx для любой пары точек на каждом снимке.

Палетка геолога-дешифровщика (рис. 3) представляет собой поперечный масштаб, позволяющий измерять линейные величины с точностью до 0,1 мм. Для удобства работы шкала палетки нанесена на прозрачную пленку, и при измерениях ее можно накладывать непосред-

ственно на снимок. Разность координат точек Δx палеткой определяется без стереоскопа на каждом снимке отдельно, сначала на левом, а затем на правом. Для этого палетку помещают на снимок таким образом, чтобы левая точка располагалась на левой рамке шкалы палетки (точка а, см. рис. 3).

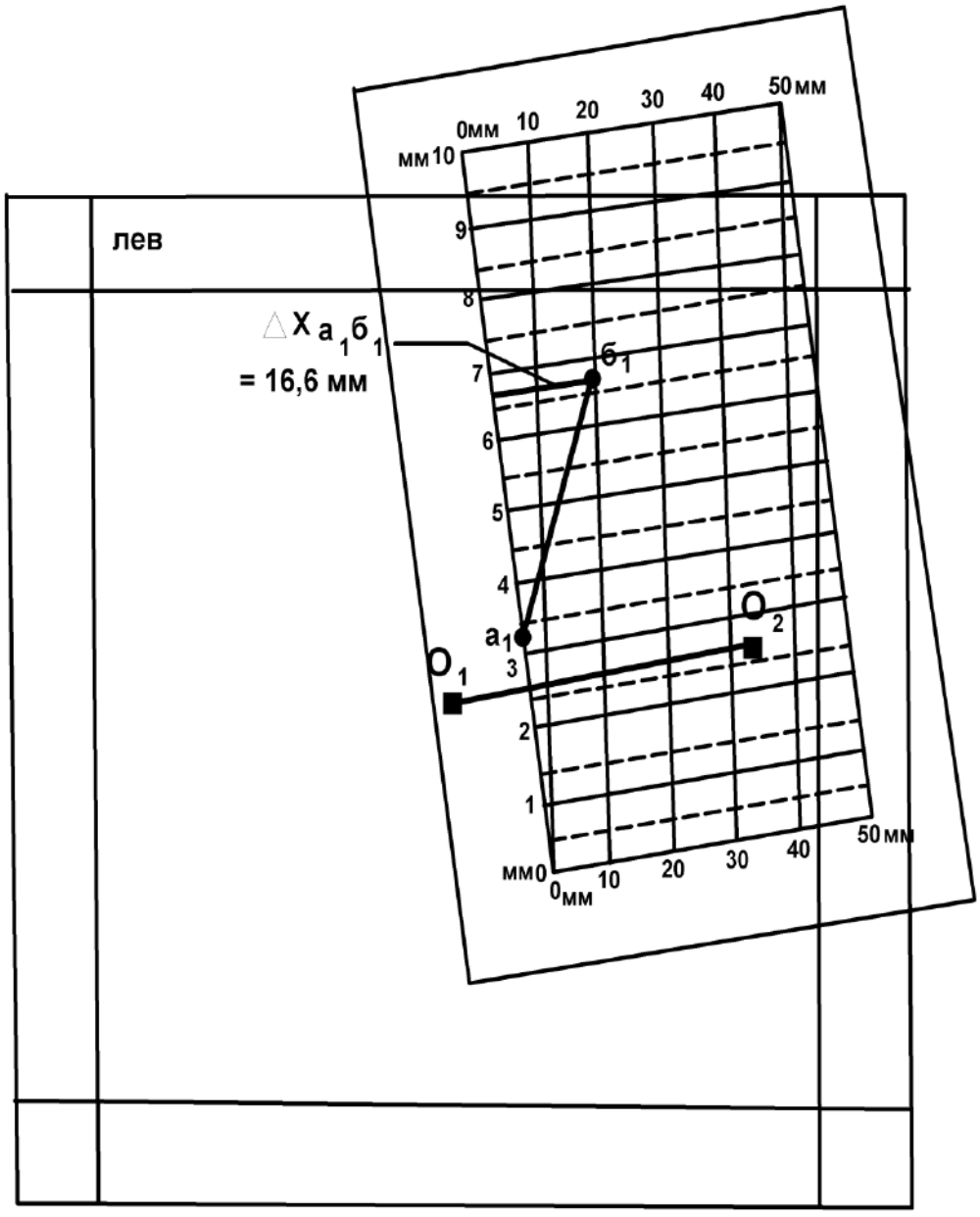


Рис. 3. Определение разности координат точек а и б
с помощью палетки геолога-дешифровщика ($\Delta x a_1 б_1$ = 16,6 мм)

Перемещая палетку по снимку, добиваются такого положения, чтобы точка б разместилась на одной из наклонных линий шкалы. Обязательным условием при этом должно быть ориентированное расположение палетки перпендикулярно линии O_1-O_2 (рис. 3). При определении $\Delta x_{а1б1}$ измеряется расстояние от точки б до левой части шкалы палетки. Непосредственный отсчет Δx определяется следующим образом. Десятки миллиметров надо брать по отметке наклонной линии (на которой расположена точка b_1) на нижней части шкалы (10 мм), целые миллиметры считываются по левой шкале палетки (6 мм), доли миллиметра рассчитываются интерполяцией положения точки (0,6 мм). Величина $\Delta x_{а1б1} = 10 + 6 + 0{,}6 = 16{,}6$ мм. Аналогично выполняется измерение $\Delta x_{а2б2}$ на правом снимке.

После определения разностей координат пары точек на обоих снимках рассчитывается разность продольных параллаксов **(**Δp**)** этих точек, мм: $\Delta p_{аб} = \Delta x_{а1б1} - \Delta x_{а2б2}$.

Расчет относительных превышений двух точек выполняется по формуле $\Delta h_{аб} = (H \times \Delta p_{аб}) / b_{ср}$, где $\Delta h_{аб}$ – относительное превышение точек а и б, м; H – высота фотографирования, м; $\Delta p_{аб}$ – разность продольных параллаксов, мм; $b_{ср}$ – средний базис фотографирования, мм.

При определении относительных превышений точек рельефа по геоморфологическому профилю, нанесенному на АФС, работы выполняются последовательно на левом и правом снимках для каждой пары точек (1-2, 2-3, 3-4 и т. д., рис. 4), все результаты замеров заносятся в таблицу. При этом, кроме расчета непосредственных значений относительных превышений точек, необходимо определить знак превышений, т. е. повышение или понижение рельефа от одной точки до другой. Для определения знака превышений приняты следующие условия. В таблицу

каждая пара точек заносится в порядке возрастания их номеров по профилю. Если при измерении Δx точка с меньшим порядковым номером располагается на снимке левее точки с большим номером (см. рис. 4, таблицу, пары 1-2, 2-3), то величина принимается с положительным знаком. В других случаях, когда точка с более высоким порядковым номером находится левее, ее располагают на левой рамке палетки, а величина Δx принимается с отрицательным знаком (см. рис. 4, таблицу, –Δx 3-4, –Δx 4-5).

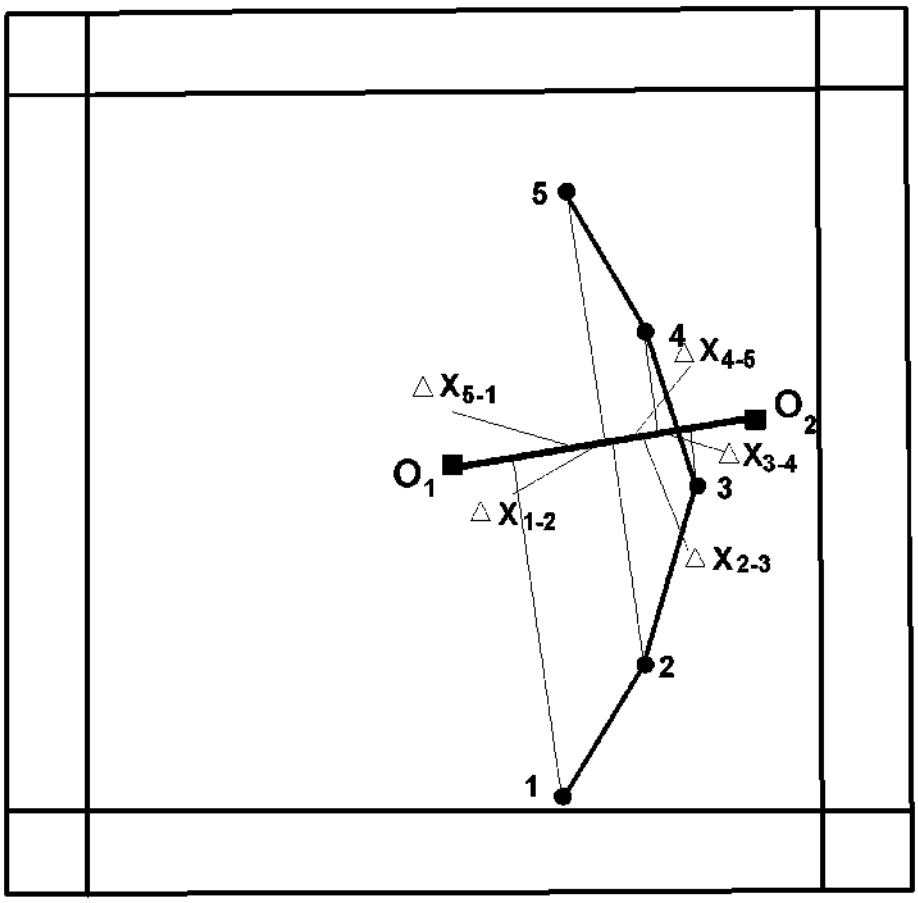


Рис. 4. Определение разностей координат (Δx) пар точек рельефа в проекции на ось X по профилю 1-5 (см. таблицу)

Расчет относительных превышений точек рельефа, м, по профилю 1-5 на аэрофотоснимках по разности координат точек в проекции на ось X

Точки профиля	$\Delta X_{лев}$, мм	$\Delta X_{прав}$, мм	Δp, мм	Δh, м
1-2	8,9	9,2	-0,3	-60
2-3	6,1	5,4	0,7	140
3-4	-2,3	-3,4	1,1	220
4-5	-4,6	-3,2	-1,4	-280
5-1	-8,2	-7,9	-0,3	-60
$\sum$	-0,1	0,1		

При расчете разностей продольных параллаксов (Δp) пар точек по профилю определяется алгебраическая разность величин Δx с учетом их знака: $\Delta p = \Delta x_{лев} - \Delta x_{прав}$, где $\Delta x_{лев}$ и $\Delta x_{прав}$ – разности координат точек на левом и правом снимках с их знаком. Положительные значения Δp указывают на то, что в измеренной паре точек точка с большим порядковым номером имеет положительное превышение по отношению к точке с меньшим номером, т. е. точка с большим номером располагается гипсометрически выше. Отрицательные значения Δp свидетельствуют о более низком положении в рельефе точки с большим порядковым номером. При $\Delta p = 0$, независимо от абсолютных значений Δx пар точек, эти точки не имеют между собой превышений, т. е. они располагаются на одной высоте.

Вычисленные относительные превышения (Δh) пар точек рельефа по профилю также имеют положительные и отрицательные значения и отражают высотное положение точки с более высоким порядковым номером по отношению к точке с меньшим номером. Полученные значения Δh заносятся в таблицу с округлением до целых значений метров.

Кроме рассчитанных относительных превышений пар точек рельефа в таблице должны быть определены абсолютные гипсометрические высоты этих точек. Для этого преподавателем для каждого комплекта аэрофотоснимков должна быть определена и выдана студенту гипсометрическая отметка какой-либо базисной точки профиля. Конкретное расположение и абсолютная высота базисной точки различны для каждого комплекта АФС. Наиболее благоприятным является определение высоты начальной точки профиля (например, отметка точки 1 = 680 м, см. приложение 1), по отношению к которой должны быть определены отметки других точек профиля по величинам Δh между точками замера.

6. ***Построение линии профиля.*** На основе вычисленных относительных превышений точек рельефа отстраивается линия рельефа по профилю (см. приложение 1). Вертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным и соответствует масштабу карты. По результатам стереоскопического изучения площади отрисовывается поверхность рельефа по профилю с учетом конфигурации его элементов: плоские, выпуклые, вогнутые, неравномерные или ступенчатые вершины, склоны и впадины рельефа. Анализ характера водоразделов, вершин, впадин, типа и крутизны склонов дает возможность предполагать и обосновать выделение генетических типов рыхлых отложений четвертичного возраста с учетом особенностей форм и элементов рельефа и климатических условий района.

7. ***Составление геоморфологического разреза*** по линии профиля (см. приложение 1). Горизонтальный масштаб соответствует масштабу АФС и карты. Вертикальный масштаб с округлением до стандартных значений (1:20 000, 1:10 000, 1:5 000 и др.) выбирается с таким расчетом, чтобы относительные превышения между минимальной и максимальной точками по профилю в этом масштабе составляли 3-5 см. На некоторых,

наиболее контрастных по рельефу АФС вертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным.

Мощность рыхлых отложений по разрезу принимается условной, равной 1-2 мм для склоновых образований и до 6-7 мм – в участках максимального развития аккумулятивных форм (аккумулятивные речные долины, предгорные пролювиальные равнины, эоловые отложения и др.). На разрезе должны быть отражены возрастные взаимоотношения четвертичных пород (Q_{IV}, Q_{III}, Q_{II}) и показаны контакты фациальных переходов одновозрастных рыхлых образований.

В пределах изученного участка аэрофотоснимка выделяются и прослеживаются основные элементы рельефа, отмеченные в тексте к снимкам: речные долины, русла рек и ручьев, озера, болота, границы русловых, пойменных и террасовых форм, конусы выноса, водоразделы, гребни, кары, бровки уступов, эрозионные останцы, оси барханных цепей и др. (см. приложение 1).

Выделяются и оконтуриваются поля развития основных генетических типов рыхлых отложений согласно их типизации и приуроченности к определенным типам и формам рельефа и с учетом количественных показателей рельефа (относительные превышения, высота уступов, крутизна и конфигурация склонов и др.). Выделяются участки выхода на поверхность коренных дочетвертичных пород, приуроченных к определенным формам и элементам рельефа.

8. ***Оформление практической работы.*** Карта четвертичных образований выполняется на кальке тушью и включает собственно геологическую карту, легенду с условными обозначениями пород и элементов рельефа (приложение 3), геоморфологический разрез, таблицу с результатами измерительного дешифрирования. Размещение этой информации и оформление карты показано в приложении 1.

Геологическая карта ориентирована длинной стороной в меридиональном направлении. Выделенные на карте генетические типы четвертичных пород раскрашиваются в соответствии с легендой (приложение 2). В условных обозначениях легенды четвертичные образования обозначены индексами и размещены сверху вниз в порядке возрастания их возраста (Q_{IV}, Q_{III}, Q_{II}). Дочетвертичные породы независимо от возраста и состава пород обозначаются одним обобщенным знаком и цветом (D′Q). Кроме того, в легенде показаны элементы рельефа (уступы, конусы выноса, хребты и др.).

Ниже карты четвертичных образований располагаются два профиля земной поверхности.

Один профиль отстраивается с сохранением идентичности горизонтального и вертикального масштабов, равным масштабу карты. Он дает возможность установления реального характера земной поверхности с определением крутизны склонов, типов горных вершин, речных долин и интерпретации распределения выявленных геоморфологических элементов по всей площади карты.

Геоморфологический разрез строится по этой же линии профиля с увеличением вертикального масштаба, что дает возможность отображения условий залегания и характера взаимоотношений маломощных и разновозрастных покровных четвертичных образований. На профиле и разрезе должны быть показаны пункты замера превышений рельефа.

Слева от карты помещается таблица с результатами измерительного дешифрирования по определению относительных превышений точек профиля и их абсолютных отметок.

В правом верхнем углу кальки указывается фамилия и группа студента – автора лабораторной работы, номер и параметры аэрофотоснимка.

Рекомендуемая литература

Основная литература

Макарова Н. В., Суханова Т. В. Геоморфология: учебное пособие. М.: КДУ, 2007.

Костенко Н. П. Геоморфология: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1999.

Дополнительная литература

Бекшенев О. Г., Бутин В. В., Севальнева Н. М. Геоморфология с основами четвертичной геологии: словарь-справочник. Ханты-Мансийск: ПЦ «Лайн-Арт», 2006. 178 с.

Панов Д. Г. Общая геоморфология: учебник. М.: Высшая школа, 1966. 427с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.27 ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Устьянцева Н.В., ст. преп., Кororова Е. В., ст. преп.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Литологии и геологии горючих ископаемых	геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зам. зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
С. А. Рыльков	Бондарев В. И.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 07.09.2021	Протокол № 2 от 07. 10. 2021
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Введение

Учебным планом специальности 21.05.02 Прикладная геология по дисциплине «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии» предусматривается написание контрольной работы на тему «Определение систематической принадлежности фоссилий из основных групп руководящих ископаемых». Это – самостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

Задания контрольной работы, направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию:

ОПК-5: Способность применять навыки анализа горно-геологических условий при поисках, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых, а также при гражданском строительстве

Результаты обучения, достижение которых свидетельствует об освоении компетенции:

Знания: основные группы руководящих ископаемых; общие, региональные и местные стратиграфические подразделения; принципы и методы основных стратиграфических исследований

Умения: проводить описание ископаемых остатков основных руководящих групп фауны; проводить геологические наблюдения на объекте изучения

Владения: навыками документации геологических объектов; навыками построения стратиграфических колонок и геологических разрезов; навыками определения относительного геологического возраста горных пород при помощи палеонтологического метода стратиграфических исследований.

Порядок выполнения контрольной работы

Контрольная работа по теме «Основы палеонтологии».

Пользуясь «Атласом беспозвоночных животных», оформленном студентом процессе самостоятельной работы, определить систематическую принадлежность палеонтологических образцов беспозвоночных животных. Опишите основные морфологические признаки. Проанализируйте условия обитания и установите геологическое значение исследуемых фоссилий.

Каждый вариант контрольной работы составлен из каменного материала в виде пяти палеонтологических образцов беспозвоночных животных.

Цель выполняемой работы: получить специальные знания по заданной теме.

Основные задачи выполняемой работы:

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2) выработка навыков самостоятельной работы;
3) оценка уровня подготовленности студента к будущей практической работе.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

После выбора темы необходимо внимательно изучить методические рекомендации по подготовке контрольной работы, составить план работы, который должен включать основные вопросы, охватывающие в целом всю прорабатываемую тему.

Порядок описания ископаемых органических остатков

1. Определение формы сохранности ископаемых остатков.
2. Общие закономерности строения скелета) ископаемого организма (внутреннее ядро, левая(правая) створка, две створки, панцирь, перистая форма; одиночная или колониальная форма; отчётливо заметны, трудно различимы или неразличимы в лупу внутренние элементы строения скелета).
3. Зарисовать ископаемое, на рисунке указать линейный масштаб. Выделить стрелками и подписать названия всех выявленных элементов строения скелета ископаемого (или следов его жизнедеятельности).
4. Определить и доказать систематическую принадлежность ископаемого, выявляя его *сходство* и *различие* с близкими по строению ископаемыми.
5. Определить условия обитания и образ жизни представителей определенного таксона.
6. Охарактеризовать геологическое значение таксона: стратиграфическое значение, породообразующую роль, использование при проведении палеогеографических реконструкций. Определить возраст горной породы.

Для удобства работы использовать табличную форму записи.

Фамилия_____Группа_____

	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Тип					
Класс					
Отряд					
Род					
Экология (условия обитания), образ жизни					
Морфология (характерные черты строения)					
Геологическое значение					

Оценивание результатов контрольной работы

Оценивание результатов контрольной работы должно быть проведено до начала промежуточной аттестации и проводится по традиционной шкале: «зачтено», «не зачтено. Решение об оценке контрольной работы принимается по результатам проверки предъявленной работы и ответов студента на вопросы в случае неполного описания ископаемых органических остатков.

Критерии оценивания контрольной работы	*Количество баллов*
Правильность определения систематической принадлежности фоссилий	0-1
Полнота описания морфологического строения фоссилий	0-2
Логичность и аргументированность выводов по работе	0-1
Использование профессиональной терминологии	0-1

Итого	0-5

5 баллов (90-100%) - оценка «зачтено»
4 балла (70-89%) - оценка «зачтено»
3 балла (50-69%) - оценка «зачтено»
0-2 балла (0-49%) - оценка «не зачтено».

Критерии оценки:

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся:

- если у всех пяти образцов правильно определена систематическая принадлежность; дано полное описание морфологического строения; выводы по работе логичные и аргументированные, материал изложен профессиональным языком;

- если правильно определена систематическая принадлежность четырех образцов из пяти; дано полное описание морфологического строения; имеется вывод по работе или его нет, материал изложен профессиональным языком;

- если правильно определена систематическая принадлежность трех образцов из пяти; описание морфологического строения с существенными замечаниями; выводы по работе нелогичны или отсутствуют, материал изложен без использования профессиональной терминологии;

Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если правильно определена систематическая принадлежность двух образцов из пяти; описание морфологического строения неполно или неверно; выводы по работе нелогичны или отсутствуют, материал изложен без использования профессиональной терминологии.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.27 ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ

Специальность:

21.05.02 Прикладная геология

Специализация

Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Устьянцева Н.В., Коровова Е.В.

Одобрены на заседании кафедры

Литологии и геологии горючих ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой _____

(подпись)

к.г.-м.н., доц. Рыльков С.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.01.2021

(Дата)

Екатеринбург

Рабочая программа дисциплины «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии» согласована с выпускающей кафедрой ГИГГ

Зав. кафедрой  С.Н. Тагильцев

подпись *И.О. Фамилия*

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- ✓ выполнение домашних заданий;
- ✓ освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [9];
- ✓ подготовка к экзамену;
- ✓ изучение коллекций ископаемых остатков основных систематических групп.

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по основным группам руководящих ископаемых и основным методам стратиграфических исследований.

– исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с Учебной программой курса [9]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1,3,4,7,8]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [2, 5, 6]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1,3,4,7,8] 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.

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.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

Содержание курса

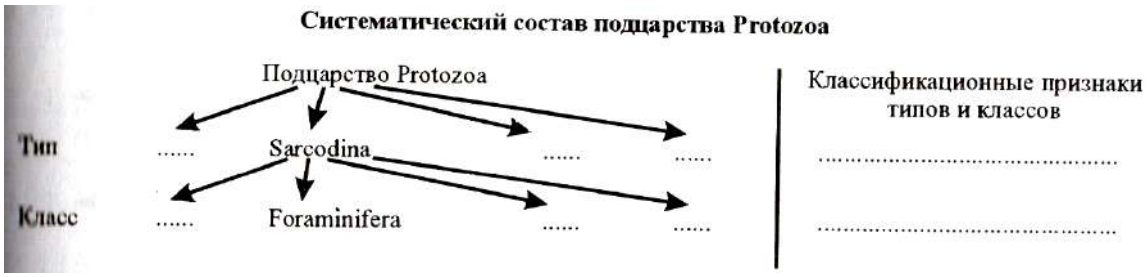
Тема 1: Основы палеонтологии. [1,3]

Формы сохранности ископаемых остатков. Среда обитания и образ жизни организмов. Руководящие ископаемые. Царство животных: типы Sarcodina, Spongiata, Cnidaria, Arthropoda, Mollusca, Briozoa, Brachiopoda, Echinodermata, Hemichordata, Chordata. Общая характеристика, геологическое значение. Царство растений.

Дополнительная литература: [2, 6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Перечислите предмет, задачи и методы палеонтологии.
2. Каково значение палеонтологии для геологии?
3. При каких условиях организмы сохраняются в ископаемом состоянии?
4. По каким критериям проводится классификация ископаемых организмов?
5. Как проводится реконструкция образа жизни и условий существования ископаемых организмов?
6. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, цианобионты, строматолиты, онколиты. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы.
7. Составьте схему систематического состава подцарства Protozoa, вписав названия недостающих таксонов (тип, класс) согласно схеме. Справа укажите классификационные признаки.



8. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, представителей родов Fusulina, Schwagerina, Nummulites; приведите их систематику и время жизни. Отметьте породообразующую роль фузулинид и нуммулитид.
9. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, губки и археоциаты. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы.
10. С чем связано наличие у ругоз пережимов стенки кораллита (rugae-морщины)?
11. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, схемы строения днищевиков, четырехлучевых и шестилучевых кораллов. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы (днища, септы, столбик, пузырчатую ткань). Составить атлас (систематика, диагноз, изображение, время жизни) представителей родов Stromatopora, Amphipora, Chaetetes, Conularia, Favosites, Syringopora, Halysites, Heliolites; Caninia, Cystiphyllum, Lithostrotion? Lithostrotionella, Lonsdaleia.

12. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов Agnostus, Paradoxides, Asaphus, Scutellum, Phillipsia.

13. Геологическое и стратиграфическое значение двустврчатых моллюсков рудистов.

14. Что такое голостомное и сифоностомное устья у гастропод и как они связаны с образом жизни гастропод?

15. Как распределяются во времени типы перегородочных линий у аммонитов?

16. Зарисуйте в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, схемы строения двустворок, гастропод, аммоноидей и колеоидей. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы [4, рис. 5-8].

17. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов: **Двустворок** (Trigonia, Pecten, Inoceramus, Gryphaea, Ostrea, Exogyra, Aucella, Cardium, Hippuritella; **Гастропод** (Bellerophon, Pleurotomaria, Eoumphalus, Patella, Turritella, Natica); **Головоногих моллюсков** (Nautilus, Endoceras, Orthoceras, Manticoceras, Tornoceras, Paragastrioceras, Ceratites, Cadoceras, Virgatites, Craspedites, Belemnitella). Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

18. Участвуют ли мшанки в породообразовании и каким образом?

19. С какого времени мшанки известны в палеонтологической летописи.

20. Используются ли мшанки для восстановления палеоэкологической и палеогеографической обстановок древних морских бассейнов?

21. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов: Fenestella, Polypora). Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

22. Указать наиболее важные в стратиграфическом отношении отряды замковых брахиопод и указать время их существования.

23. Что значит “обратное положение” седла и синуса у одного из представителей (рода) отряда Pentamerida?

24. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов, указанных в Практикуме [4, с.64-69]. Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни

25. С какого времени появляются Морские лилии и в чем состоит их породобразующая роль?

26. Каковы особенности морфологии морских пузырей отряда Rhombifera? За что они получили свое название?

27. Из скольких табличек состоит панцирь у большинства представителей класса Морские бутоны?

28. Чем отличается строение панциря у древних палеозойских и новых мезокайнозойских ежей?

29. Что такое “правильные” и “неправильные” морские ежи? Какие две группы выделяются в составе неправильных морских ежей?

30. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов, указанных в Практикуме [4, с.64-69]. Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

31. В течение какого времени и в каких условиях существовали панцирные рыбы?

32. К какому подклассу относятся представители рода Helicoprion? Время их существования?

33. Каковы основные черты строения лабиринтодонтов?

34. Охарактеризовать основные типы черепа пресмыкающихся.

35. Назвать основные подклассы пресмыкающихся и указать их типичных представителей.

36. Каковы характерные особенности анатомического строения древних птиц?

37. Основные экологические группы ископаемых представителей млекопитающих (наземные, плавающие, летающие). Указать типичных представителей, дать их краткую характеристику.

38. Укажите представители каких типов водорослей участвуют в рифообразовании и в породообразовании.

39. Каковы основные черты строения псилофитов и в какое время они заселили наземные пространства?

40. К какому типу растений относятся лепидодендроны и каковы основные черты их строения? Их геологическое значение.

41. К какому типу растений относятся каламитовые и каковы основные черты их строения? Их геологическое значение.

42. Каковы основные различия анатомического строения представителей классов Бессемянные, Голосеменные и Покрытосеменные растения? Каково их геологическое значение?

Тема 2: Основы стратиграфии. [4]

Предмет, задачи и принципы стратиграфии. Общая геохронологическая и стратиграфическая шкала. Биостратиграфические и литостратиграфические методы расчленения и корреляции. Событийная стратиграфия. Секвентная стратиграфия. Геофизические методы расчленения и корреляции. Радиохронологические методы определения возраста. Документация геологических объектов.

Дополнительная литература: [6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Перечислить задачи стратиграфии в логической их последовательности. Указать конечные цели стратиграфических исследований.

2. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Стенона?

3. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Гексли?

4. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Мейена?

5. Стратифицирующие литологические и палеонтологические признаки, их использование для построения стратиграфических шкал.

6. Для чего используются лимитотипы нижних границ ярусов

7. Каковы основные литологические признаки, которые используются для расчленения и корреляции разрезов?

8. Каковы основные особенности свитной стратиграфии? Как используется петрографический состав для стратификации разрезов?

9. Каковы основные условия для возникновения косой слоистости? Как она используется в целях корреляции?

10. Как используется цикличное строение толщ для их расчленения и корреляции? Методика построения ритмограмм по Н.Б. Вассоевичу.

11. Каковы маркирующие горизонты в области развития прибрежно-морских угленосных серий отложений?

12. Как используются в стратиграфии уровни несогласного залегания пород? Угловое несогласие и его применение для стратификации докембрийских образований

13. Какие вы знаете типы палеонтологических шкал (биостратиграфическая и биохронологическая), их характеристика и возможности практического применения?

14. Каковы основные требования , которые следует предъявлять к биохронологическим шкалам? Основные приемы их построения. Почему необходимо условие минимальной размерности зональных подразделений шкалы?

15. Как создается комплексная характеристика зональных подразделений шкал?

16. Какие стратиграфические шкалы зависимые и какие независимые?

17. В чем состоит операция датировки возраста стратонов в единицах Международной стратиграфической шкалы?

18. Какие задачи решаются с помощью каротажа? Какие методы каротажных наблюдений наиболее оптимально выявляют наличие нефтеносных песчаников в пробуренной толще пород?

19. Каким методом каротажа определяется глубина залегания кровли и подошвы слоев в скважине?

20. Каковы ограничения для применения метода сейсмостратиграфических исследований?

21. Каковы основные гипотезы, лежащие в основе использования магнитостратиграфического метода?

22. Как по определению координат магнитного полюса устанавливается возраст

23. Что такое атомный номер и массовое число элемента? Типы радиактивного распада (бета-распад, выброс позитрона, захват электрона из внутренней К-оболочки).

24. Основная формула датировки возраста пород и минералов. Что такое постоянная распада, период полураспада?

25. Радиоуглеродный метод. Каковы его возможности определения возраста?

26. Рубидий-стронциевый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

27. Калий-аргоновый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

28. Уран-торий-свинцовый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

29. Датирование по свинцово-свинцовому методу. Чем определяется возможность проведения этого метода?

Тема 3: Методы восстановления палеогеографической обстановки. [7,8]

Учение о фациях. Важнейшие критерии фациального анализа. Литофациальный и биофациальный анализы. Анализ общегеологических данных. Основные группы фаций. Палеогеографические карты и профили.

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. В чем состоит суть биостратиграфического анализа?
2. Сущность литостратиграфического анализа.
3. Каким способом определяют относительный возраст интрузий?
4. Какие организмы являются стеногалинными?
5. Каким образом газовый режим влияет на расселение водных организмов?

Тема 4: Строение и главнейшие структуры земной коры. [7, 8]

Океаническая и континентальная кора. Платформы и складчатые области континентов. Срединно-океанические хребты и талассократоны. Важнейшие геотектонические концепции. Тектоническая периодизация, понятие о тектономагматических эпохах.

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие основные типы земной коры выделяют?
2. Назовите структурные элементы океанов.
3. Назовите структурные элементы материков.
4. В чем состоит суть геосинклинальной концепции?
5. В чем состоит суть концепции тектоники литосферных плит?

Тема 5: Геологическая история Земли. [7, 8]

Стратиграфическое расчленение и ранги стратиграфических подразделений. Земля в докембрии: общая характеристика, органический мир, структуры земной коры и породообразование, полезные ископаемые. Земля в фанерозое. Основные черты палеозойского этапа: кембрия, ордовика, силура, девона, карбона и перми. Тектоно-магматические эпохи. Органический мир, структуры земной коры и палеогеография. Климатическая зональность. Полезные ископаемые. Основные черты мезозойского этапа: триаса, юры и мела. Отличительные черты осадконакопления. Киммерийская тектономагматическая эпоха. Органический мир, структуры земной коры и палеогеография. Климатическая зональность. Полезные ископаемые. Земля в кайнозое: органический мир, палеогеография, фазы альпийской складчатости, полезные ископаемые. Отличительные черты осадконакопления. Изменения климата и оледенения. Неотектонические движения. Направленность геологического развития земной коры.

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какова особенность докембрийских образований методика их изучения?
2. Основные черты палеозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.
3. Основные черты мезозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.
4. Основные черты кайнозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.

Вопросы к зачету по курсу «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии»

1. Цели, задачи палеонтологии, значение палеонтологии для геологии. Формы сохранности ископаемых остатков. Среда обитания и образ жизни организмов. Руководящие ископаемые.
2. Тип Простейшие. Класс Саркодовые. Подкласс Фораминиферы. Подкласс Радиолярии. Общая характеристика*, геологическое значение.
3. Тип Губки, тип Археоциаты. Общая характеристика, геологическое значение.
4. Тип Кишечнополостные. Класс Коралловые полипы, основные подклассы. Общая характеристика, геологическое значение.
5. Тип Членистоногие. Класс Трилобиты. Общая характеристика, геологическое значение. Класс Остракоды, общая характеристика, геологическое значение.
6. Тип Моллюски. Класс Гастроподы. Класс Двустворчатые моллюски. Общая характеристика, геологическое значение.
7. Тип Моллюски. Класс Головоногие моллюски (Агониатиты, Гониатиты, Цератиты, Аммониты, Белемниты). Общая характеристика, геологическое значение.
8. Тип Брахиоподы. Характеристика классов Беззамковых и Замковых брахиопод, их геологическое значение.
9. Тип Иглокожие. Класс Морские ежи, Морские лилии, Морские пузыри, общая характеристика, геологическое значение.
10. Тип Полухордовые. Класс Граптолиты, общая характеристика, геологическое значение. Конодонты, геологическое значение.
11. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс Земноводные. Общая характеристика, геологическое значение.
12. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс Рыбы. Общая характеристика, геологическое значение.
13. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс пресмыкающиеся. Общая характеристика, геологическое значение.

14. Царство растения. Низшие растения. Систематика, геологическое значение.

15. Царство растения. Высшие растения. Систематика, геологическое значение. Спорово-пыльцевой анализ.

16. Предмет, задачи и принципы стратиграфии.

17. Общая геохронологическая и стратиграфическая шкала: общие, региональные и местные стратиграфические подразделения. Стратотип.

18. Биостратиграфические подразделения (биозона, комплексная зона, филозона, акмезона).

19. Биостратиграфический метод расчленения и корреляции. Точка ТГСГ.

20. Литостратиграфические методы расчленения и корреляции.

21. Типы слоистости, геологическое значение ее изучения.

22. Цикличность. Ритмостратиграфический метод расчленения и корреляции.

23. Перерывы в осадконакоплении. Маркирующие горизонты.

24. Событийная стратиграфия. Примеры глобальных абиотических и биотических событий.

25. Основные понятия секвентной стратиграфии (осадочная секвенция, парасеквенс, пакет парасеквенсов – проградационный, ретроградационный, аградационный).

26. Геофизические методы расчленения и корреляции: метод анализа каротажных диаграмм.

27. Магнитостратиграфический метод в стратиграфии.

28. Сейсмостратиграфический метод в стратиграфии, его достоинства и недостатки.

29. Радиохронологические методы определения возраста.

Вопросы к экзамену по курсу
«Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии»

1. Задачи, решаемые исторической геологией, ее значение в системе геологических знаний.
2. Методы и принципы историко-геологического анализа. Принцип актуализма.
3. Геологическое летоисчисление. Абсолютная геохронология. Методы ядерной геохронологии, их недостатки и достоинства.
4. Методы относительной геохронологии. Литологические методы.
5. Геофизические методы относительной геохронологии.
6. Ритмостратиграфический и климатостратиграфический методы относительной геохронологии.
7. Общегеологические методы относительной геохронологии.
8. Методы биостратиграфии.
9. Геохронологическая и Стратиграфическая шкалы. Шкалы общие, региональные и местные.
10. Основные структуры земной коры. Типы земной коры.
11. Структуры земной коры континентов.
12. Эволюция и строение подвижных поясов сжатия.
13. Эволюция и строение платформ.
14. Структуры земной коры океанов.
15. Сущность фациального анализа, его задачи и методы; определение «фации».
16. Литофациальный анализ.
17. Биофациальный анализ.
18. Комплекс континентальных фаций.
19. Комплекс переходных фаций.
20. Комплекс морских фаций.
21. Догеологическая и лунная стадии развития Земли.
22. Тектоно-магматические эпохи (ТМЭ) в истории земной коры.

23. Архей и протерозой Земли.
24. Ранний палеозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
25. Каледонская ТМЭ.
26. Поздний палеозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
27. Герцинская ТМЭ.
28. Мезозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
29. Киммерийская ТМЭ.
30. Кайнозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
31. Альпийская ТМЭ.

Рекомендуемая литература

1. Михайлова И.А. Палеонтология [Электронный ресурс]: учебник / И.А. Михайлова, О.Б. Бондаренко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2006. — 592 c. — 5-211-04887-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13102.html Электронный ресурс

2. Словарь терминов по исторической геологии, основам стратиграфии и палеонтологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / . — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2012. — 140 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55209.html Электронный ресурс

3. Черных В.В. Палеонтология беспозвоночных : практикум по дисциплине "Основы палеонтологии и общая стратиграфия": для студентов направления подготовки 130101 / В. В. Черных ; Уральский государственный горный университет. - 2-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ, 2013. - 85 с. : ил. - Библиогр.: с. 71.

4. Черных В.В. Общая стратиграфия: конспект лекций по дисциплине "Основы палеонтологии и общая стратиграфия": для студентов специальности 21.05.02 / В. В. Черных ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2016. - 79 с. : ил. - Библиогр.: с. 72.

5. Историческая геология с основами палеонтологии : учебник для студентов **геологи**ческих специальностей вузов / Е. В. Владимирская [и др.]. - Ленинград : Недра, Ленинградское отделение, 1985. - 423 с.

6 Бондаренко О. Б. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных : учебное пособие / О. Б. Бондаренко, И. А. Михайлова ; ред. В. Н. Шиманский. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Недра, 1984. - 536 с. 11

7. Амон Э. О. Введение в историческую геологию : учебник / Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2005. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 500-504.

8. Историческая геология с основами палеонтологии / Мария Даниловна Парфенова М. Д. - Томск : Изд-во НТЛ, 1999. - 524 с. : ил. - Библиогр.: с. 502. - ISBN 5-89503-063-7 9

9. Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии: программа дисциплины для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология специализация № 3 Геология месторождений нефти и газа / Н.В. Устьянцева, Е.В. Коророва. Екатеринбург: УГГУ, 2020. 8 с.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ФГБОУ ВО

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Факультета геологии
и геофизики
----------2022 г.
Председатель комиссии
----------проф. В.И.Бондарев

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Методические указания к дисциплине Б1.О.29 «Кристаллография и минералогия» для специальности 21.05.02 «Прикладная геология», специализация «Прикладная геохимия, минералогия и геммология» (МПГ)

Екатеринбург, 2022

Контрольные работы: Методические указания по дисциплине Б1.О.29 «Кристаллография и минералогия» для специальности 21.05.02 «Прикладная геология» для специализации «Прикладная геохимия, минералогия и геммология» (МПГ) /С.Г. Суставов; Уральский государственный горный университет. Кафедра минералогии, петрографии и геохимии. – электронное пособие 2022. – 8 с.

Методические указания содержат необходимую информацию и примеры выполнения контрольных работ предусмотренных программой в курса кристаллография и минералогия приведены простейшие примеры выполнения работ по кристаллографии и минералогии. Методические указания предназначены для использования их на практических занятиях и как краткое справочное пособие.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры минералогии, петрографии и геохимии 09 сентября 2022 года (протокол № 1) и рекомендовано для использования в качестве электронного пособия в УГГУ.

Составитель: С.Г.Суставов, доц., канд. геол.- минер. наук

© Уральский государственный
горный университет, 2022

ВВЕДЕНИЕ

В учебных планах специальности «Прикладная геология» дисциплина «Кристаллография и минералогия» начинается во 2-ом семестре I курса обучения и заканчивается в 3-ем семестре II курса. Кристаллография и минералогия относится к дисциплинам обязательной части и является базовой для всех специальных дисциплин, которые изучаются в дальнейшем. Сложности изучения курса Кристаллография и минералогия связаны с тем, что наряду с большим объемом теоретического материала студенты должны на практике определять минералы и отличать их друг от друга. Это связано с определенными трудностями, связанными как с отсутствием мотивации у большинства студентов, так и со слабым их базовым уровнем знаний, отсутствием способностей запоминать большие объемы информации и сложностью самих минералов, как объектов изучения.

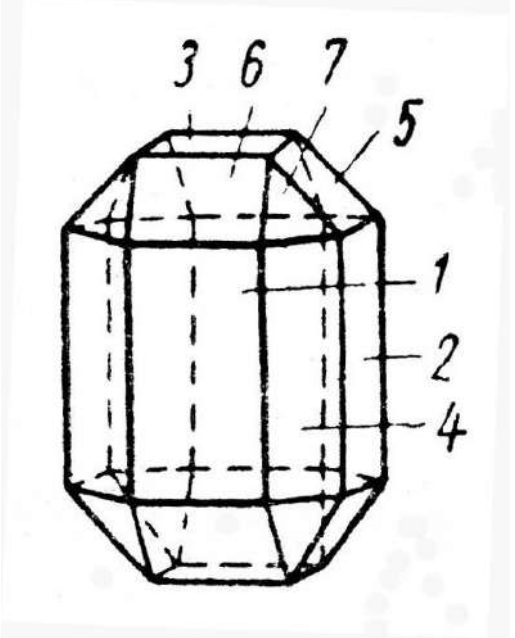
КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ по Кристаллографии и минералогии

Во втором семестре предусмотрены три контрольные работы, одна по кристаллографии и две по минералогии, служащие для усвоения студентами теоретического и практического материала, содержащегося в дисциплине.

Первая контрольная работа служит для закрепления знаний геометрической кристаллографии и развития у них пространственного мышления. Контрольная работа проводится после знакомства и освоения на практических занятиях студентами элементов симметрии кристаллов, служащих для ее выявления, их взаимодействия друг с другом; правил установки кристалла, изучением названий простых форм, участвующих в огранении кристаллов и их комбинаций, а также переноса элементов симметрии и граней кристаллов из объема на плоскость с помощью стереографической проекции.

Суть контрольной заключается в определении на модели кристалла совокупности элементов симметрии, установление по таблице вида симметрии и сингонии. Построение стереографической проекции элементов симметрии, с учетом правила установки, вынесение на неё граней кристалла и определении простых форм.

Рассмотрим это на конкретном примере.



Сначала нужно установить элементы симметрии модели кристалла. В первую очередь выявляют оси симметрии кристалла. Они могут выходить в вершинах кристалла, в центре граней или в средине ребер, удаленных друг от друга на 180°. Кристалл располагают по удлинению или уплощению. В данном случае кристалл берут за центры граней 3 и вращают вокруг этой оси. Из рисунка видно, что кристалл совместится сам с собой только через 180°, значит присутствует L_2. Далее беремся перпендикулярно к первому направлению за центры граней 2, выявляем вторую ось L_2. Взявшись еще один раз перпендикулярно к первым двум направлениям за центры граней 1, получаем третью ось L_2. Таким образом на модели присутствует $3L_2$. Далее определяем плоскости симметрии, помня что она делит кристалл на две равные и зеркально симметричные части. Вдоль первой вертикальной оси можно провести две взаимно перпендикулярные вертикальные плоскости. Третья горизонтальная плоскость пройдет через вторую и третью L_2. Получаем

на модели 3Р. Положив модель на каждую из семи типов граней, различающихся по форме, мы увидим, что каждой есть параллельная, следовательно, модель имеет центр инверсии (симметрии) – С. Совокупность элементов симметрии модели отвечает формуле $3L_2 3PC$.

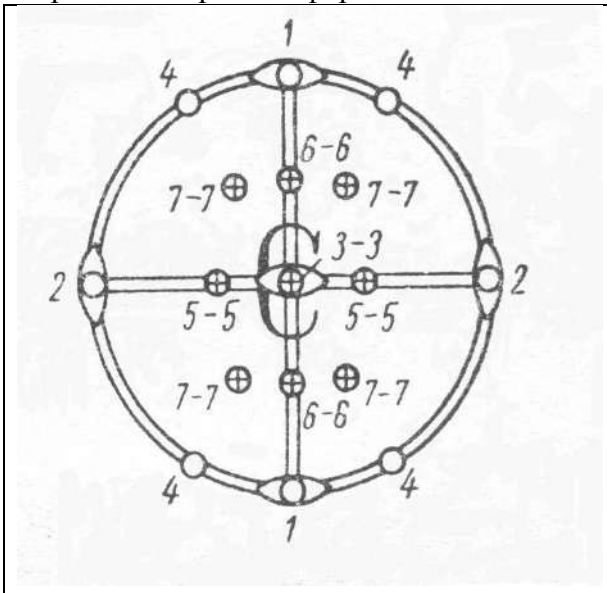
Определяем по таблице тридцати двух видов симметрии определяем вид симметрии и сингонию.

32 ВИДА СИММЕТРИИ

Категория	сингония	примитивный	центральный	планальный	центральный	планаксиальный	инверсионно-примитивный	инверсионно-планальный
низшая	Триклинная	-	С					
	Моноклинная			Р	L_2	L_2PC		
	Ромбическая			$L_2 2P$	$3L_2$	$3L_2 3PC$		
средняя	Тригональная	L_3	L_3C	$L_3 3P$	$L_3 3L_2$	$L_3 3L_2 3PC$		
	Тетрагональная	L_4	L_4PC	$L_4 4P$	$L_4 4L_2$	$L_4 4L_2 5PC$	$L_{i4}=L_2$	$L_{i4} 2L_2 2P$
	Гексагональная	L_6	L_6PC	$L_6 6P$	$L_6 6L_2$	$L_6 6L_2 7PC$	$L_{i6}=L_3P$	$L_{i6} 3L_2 4P$
высшая	Кубическая	$4L_3 3L_2$	$4L_3 3L_2 3P C$	$4L_3 3L_2 6P$	$3L_4 4L_3 6L_2$	$3L_4 4L_3 6L_2 9PC$		

Получаем планаксиальный вид ромбической сингонии.

Теперь нужно построить стереопроекцию и вынести на нее элементы симметрии и определить простые формы.



Кристалл на верхнем рисунке в требуемой кристаллографической установке. Первая L_2 попадает в центр стереопроекции и изображается в виде овала, при чем верхний конец оси закрывает нижний ее конец. Вторая L_2 расположена горизонтально и у нее видно оба конца. Третья располагается вертикально. Плоскости на стереопрекции проходят через две оси. Вертикальные плоскости изображены в виде двойных прямых линий, горизонтальная совпадает с плоскостью проекции и повторяет окружность.
Центр симметрии располагается в центре стереопроекции.

Выносим на стереопроекцию простые формы, количество которых определяется по количеству типов граней на модели различающихся по форме. Для вынесения граней на стереопроекцию нужно в центре грани восстановить перпендикуляр (нормаль) и посмотреть, как он расположен относительно элементов симметрии. Для первой лицевой грани он совпадет с третьей L_2, следовательно, грань будет располагаться в выходе оси снизу. Симметричная ей вторая грань располагается в выходе оси сверху. Аналогичным

образом в выходы осей попадут грани второго и третьего типа, при чем для третьего типа обе грани окажутся в центре.

Нормаль к грани четвертого типа располагается под 90° к первой оси L_2, следовательно, она разместится на большом круге между двумя остальными осями, ближе к третьей. Таким же образом расположены грани пятого и шестого типов на вертикальных плоскостях симметрии. Положение их на плоскости определяется углом наклона относительно центральной оси.

Нормаль к грани 7 располагается под углом ко всем трем осям симметрии, поэтому она будет располагаться внутри стереопрекции чуть ближе к вертикальной плоскости.

Последнее, что нужно сделать в контрольной работе, определить простые формы участвующие в огранении кристалла. Простой формой называются равные грани, связанные элементами симметрии. Для определения простой формы нужно сосчитать количество граней каждого типа и посмотреть их взаимное расположение.

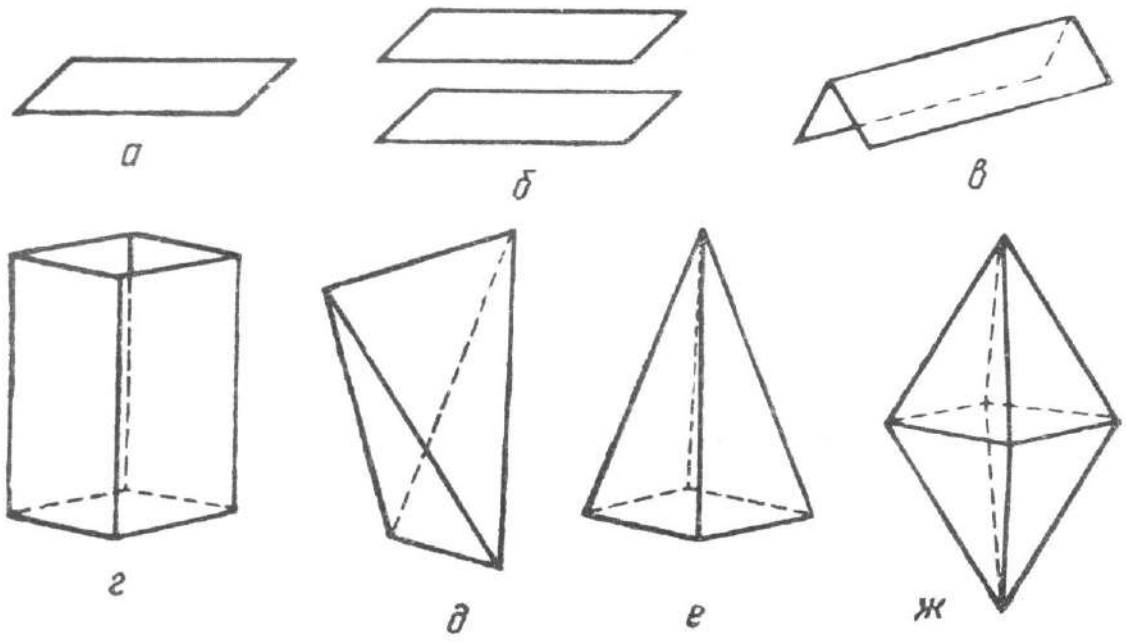


Рис. 1. Простые формы низшей категории: а – моноэдр, б – пинакоид, в – диэдр, г- ромбическая призма, д – ромбический тетраэдр, е – ромбическая пирамида, ж – ромбическая бипирамида.

Формы 1,2, 3 содержат две равных параллельных граней, исходя из рисунка 1 эти формы представлены тремя пинакоидами. Формы 4,5,6 имеют по четыре попарно параллельных граней. По четыре грани имеют на рисунке формы г, д, е, из них только форма г имеет попарно параллельные грани, следовательно, эти формы ромбические призмы. Седьмая форма содержит восемь наклонных попарно параллельных граней. Этой формой может быть только ромбическая дипирамида.

Вторая контрольная работа связана с визуальным определением минералов, относящихся к типам простые вещества и сульфиды и их аналоги. Визуальная диагностика минералов требует знания следующих физических свойств и морфологических характеристик минералов. Это блеск, цвет минерала в массе, черта, относительная твердость по шкале Мооса (в интервале от до с разницей в единицу), спайность (степень совершенства, количество направлений, угол между плоскостями спайности, если он составляет 90° или 120°), форму и размер зерна, и генезис или условия образования. Все эти свойства рассматриваются на лекциях, практических занятиях и представлены в учебно-методическом пособии: МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ, используемом во время практических занятий для составления студентами рабочих

тетрадей со свойствами программных минералов и определения минералов на занятиях. Излагать их еще один раз не имеет смысла.

В коробочке для контрольной находится три минерала, из которых студенту нужно определить два. При определении минералов физические свойства, морфология и генезис должны быть указаны, так как контрольное определение требует анализа всех этих свойств.

Рассмотрим примеры: первый образец представлен двумя минералами. Рудный минерал имеет темно-коричневый цвет, черта желтовато-коричневая, блеск полуметаллический, твердость 3-4, совершенную спайность более, чем в трех направлениях. Точное определение количества направлений затруднительно, так как минерал имеет зерна размером менее 2 мм. Форма зерен изометричная. Присутствие в образце вместе с искомым минералом кварца показывает, что он образовался в гидротермальной жиле.

Из определенных свойств, формы выделения и генезиса искомый минерал отвечает сфалериту.

Второй образец сложен светлыми нерудными минералами с чешуйками темно-серой слюды, располагающейся ориентированно послойно и с включениями изометричных чешуек серебристо-серого минерала с черной чертой, блеск металлический, твердость 1 – чешуйка размазывается на бумаге. Спайность весьма совершенная по уплощению чешуйки. Форма зерен чешуйчатая. Ориентированное распределение слюды и определяемого минерала в образце указывает на метаморфическое образование. Образец, по-видимому, представлен гнейсом или кристаллическим сланцем.

Форма выделения, наблюдаемые физические свойства позволяют утверждать, что определяемый минерал представлен графитом. От внешне похожего молибденита отличается более темным цветом и чертой, а также условиями образования.

Третий образец состоит из светло-серого минерала, содержащего местами желтую побежалость. Образует плотный зернистый агрегат местами шестоватый. Обладает металлическим блеском. Черта серовато-черная. Спайность проявляется неотчетливо. Твердость 5-6. При ударе возникает чесночный запах. Наблюдаемые свойства показывают, что минерал относится к сульфидам и имеет, по-видимому, гидротермальный генезис.

Наблюдаемые морфология и физические свойства позволяют отнести определяемый минерал к арсенопириту.

Третья контрольная работа посвящена визуальному определению минералов классов оксидов и гидроксидов и требует навыков правильной диагностики морфологии, физических свойств и условия образования, определяемых минералов.

В коробочке для контрольной находится три образца минералов, из которых студенту нужно определить два. При определении минералов физические свойства, морфология и генезис должны быть указаны, так как контрольное определение требует анализа всех этих свойств.

Первый образец представлен тонкопластинчатым слегка изогнутым стально-серым массивным минералом. Черта минерала красновато-коричневая. Блеск полуметаллический. Поверхность пластинок тонкошероховатая, что не позволяет их отнести к плоскости спайности. Достаточно однородная толщина пластинок позволяет отнести их к плоскости отдельности. Твердость 5-6, определяется с трудом. Это обусловлено, тем, что с торца пластинки легко ломаются и нужно определенное упорство для получения правильного результата. Условия образования минерала не однозначно. Подобные выделения могли образоваться как в скарнах, так и иметь гидротермальную природу с последующими изменениями.

Морфологические особенности и наблюдаемые физические свойства позволяет отнести минерал к гематиту. Коричневая черта может быть вызвана частичной мушкевитизацией, то есть переходом в магнетит.

Второй образец сложен голубым таблитчатым кристаллом минерала, обрастающего зеленовато-желтым мелкозернистым агрегатом. Поперечное сечение кристалла гексагональное или псевдогексагональное. Черта белая. Блеск стеклянный на плоскости спайности местами перламутровый. Весьма совершенная, слюдоподобная спайность. Твердость 2-3. Образование минерала всего скорее связано с гидротермальной проработкой, того мелкозернистого агрегата, который на него нарастает.

Морфология кристалла и полученные физические свойства показывают, что определяемый минерал представлен гидроксидом и является бруситом.

Последний образец сложен призматическими кристаллами молочно-белого кварца с наросшими на него желтовато-коричневыми призматическими кристаллами рудного минерала. В области головок на кристалле присутствуют грани дипирамиды. Черта у кристалликов практически белая. Обращает на себя внимание тот факт, что образец обладает повышенной плотностью. Это позволяет определить алмазный блеск у кристаллов рудного минерала. В местах излома кристаллов спайность не наблюдается. Твердость 6-7. Наблюдаемые минералы указывают на образование минералов в гидротермальных условиях.

Все вышеприведенные данные по рудному минералу указывают, что минерал представлен касситеритом.

В зимнем семестре второго курса минералогия заканчивается изучением класса силикатов и подтипа солей кислородных и бескислородных кислот. Минералы класса силикатов имеют подавляющее распространение в земной коре по своему количеству. Вместе с солями кислородных кислот они составляют 2/3 всех изучаемых программных минералов. Итоговая аттестация дисциплины заканчивается экзаменом, поэтому по курсу предусмотрена только ***одна контрольная работа*** по определению силикатов.

В коробочке по определению находится пять минералов. Это связано с обилием представителей класса и то, что они являются важными породообразующими минералами, служат сырьем для получения ряда легких и щелочных металлов, многие из них используются, как драгоценные камни. Для сдачи контрольной работы требуется определить три и более минералов из пяти. При положительном результате, студент освобождается на экзамене от практической составляющей по определению силикатов, а производит только диагностику солей кислородных кислот.

Первый минерал состоит из сростка двух призматических кристаллов зеленовато-серого цвета, с мелкими клиновидными вростками темно-зеленого и розового минерала. На гранях «призматического пояса» наблюдается комбинационная штриховка вдоль удлинения. Блеск минерала стеклянный. Черта белая. На кристалле наблюдается совершенная спайность вдоль удлинения кристалла. Твердость 6-7.

Крупный хорошо образованный кристалл показывает, что его образование носит гидротермальную природу и он образовался при росте в субстрате, захватывая при росте те минералы, которые не смог растворить.

Наблюдаемая морфология и физические свойства позволяет определить минерал, как цоизит или клиноцоизит, так как визуально отличить их друг от друга невозможно.

Второй образец представлен уплощенным спайным обломком гигантского темно-зеленого минерала. Блеск стеклянный. Черта белая. Спайность совершенная в двух направлениях вдоль удлинения и уплощения образца. Вторая плоскость имеет значительно большую поверхность и составляет с первой угол 90°. Твердость 5-6.

Спайный обломок такого темно-зеленого цвета и крупных размеров образовался в полости контактово-метасоматического (скарнового) месторождения.

Выявленные физические свойства и морфологические особенности позволяют отнести минерал к цепочечным силикатам семейства пироксенов. Наиболее распространенный пироксен в скарнах представлен диопсидом и наш образец им представлен.

Третий образец также состоит из одного минерала, представленного уплощенно-призматическим обломком, базальные поверхности которого представляют собой зальбанды жилы. Обломок сложен тонкозернистым агрегатом, имеющим параллельно-полосчатое строение относительно зальбандов. Вертикальные поверхности обломка мелко гофрированы, что указывает на выдавливание обломка из жилы. Окраска обломка бледно серовато-зеленоватая. Блеск стеклянный, на поверхности гофр смотрится как жирный. Весьма совершенная спайность минерала, слагающего образец, проявляется в мылкости обломка, что свойственно для тонкодисперсных листовых силикатов. Твердость 2-3.

Указанные особенности строения образца показывают на метасоматическое переотложение минерала образца в открытой трещине.

Все выше сказанное позволяют отнести минерал к группе серпентина, а полосчатое заполнение трещины указывает на лизардит.

Четвертый образец представлен гигантским, уплощенным параллелепипедом призматической формы. Две наибольшие плоскости появились в результате обработки, две плоскости вдоль удлинения – спайные, две оставшиеся поверхности являются следствием раскалывания. Минерал имеет белую окраску с редкими мелкими включениями черного цвета. На обработанных плоскостях наблюдается отслаивание минерала на небольших участках и видно, что эти плоскости приближаются к плоскости спайности. Помимо этого, при определенном угле наклона на них появляется голубое свечение (иризация). На спайных поверхностях раскола видна тонкая двойниковая штриховка. Блеск у минерала стеклянный. Черта белая. Спайность совершенная в двух направлениях с углом между плоскостями спайности 90°.

Гигантский размер и белая окраска образца указывают на его образование в пегматитах.

Все выше сказанное позволяет однозначно определить минерал, кислый плагиоклаз состава альбит-олигоклаз.

Пятый образец сложен фрагментом гигантского кристалла, приближающегося по форме к призматической. Одна из сторон имеет бугорчатое строение и подверглась выветриванию. Минерал содержит вростки чешуек черной слюды. Окраска минерала розовато-желтая неоднородная. Блеск стеклянный, местами смотрится как жирный. Излом неровный, местами раковистый. Твердость 5-6.

Гигантский размер кристалла, слагающего образец, указывает на образование в пегматитах, а особенность окраски и включение черной слюды подчеркивают щелочной характер пегматитов.

Наблюдаемые физические свойства позволяют однозначно определить минерал, как нефелин.

УДК 549 : 548.12
С89

Рецензент: В. Н. Огородников, доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. кафедрой геологии УГГУ.

Печатается по решению Редакционно-издательского Совета Уральского государственного горного университета.

Суставов С. Г.

С89 МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ: Учебно-методидическое пособие / С. Г. Суставов; Уральский государственный горный университет. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, Изд. 2-е, стереотипное, 2019. – 127 с.

Пособие соответствует дисциплине “Кристаллография и минералогия” по Государственному образовательному стандарту (ГОС) направления подготовки 21.05.02 -”Прикладная геология” высшего профессионального образования для подготовки инженеров.

В нём в доступной форме изложены основы кристаллографии и даны физические свойства минералов, необходимые при их диагностике. Приведены внешние признаки минералов и методические приемы их определения. В таблицах для определения минералов включены диагностические свойства породообразующих и важных в промышленном отношении минеральных видов, позволяющих находить их по комплексу свойств без использования специальных методов.

Пособие предназначено для самостоятельной работы студентов геологических специальностей очной и заочной форм обучения, а также для любителей камня, не имеющих специальных знаний.

УДК 549 : 548.12

© Суставов С. Г., 2013, 2019
© Уральский государственный горный университет, 2013, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.
ВВЕДЕНИЕ. 4
ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ 5
Морфология минеральных индивидов 6
Симметрия кристаллов 7
Простые формы и их комбинации 10
Реальные кристаллы 14
Строение агрегатов 16
Блеск 18
Цвет, черта 19
Твердость 22
Спайность и отдельность 23
Упругость, пластичность, хрупкость 24
Плотность 25
Магнитные свойства 26
КЛЮЧ К ТАБЛИЦАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ 26
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ 27
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ 28
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА 28
ТАБЛИЦЫ МИНЕРАЛОВ 30
УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ 126

ВВЕДЕНИЕ

Знакомство с минералами начинается с восприятия тех или иных внешних признаков, определение которых возможно без каких-либо приборов, с помощью наиболее простых приспособлений. Диагностика по внешним признакам является наиболее простым и универсальным методом при определении минералов. Вместе с тем, от диагноста требуется "острая" наблюдательность и хорошая память. В практической минералогии, как правило, невозможно определение минерала по словесному описанию. Практическая минералогия – "*чувственная*" наука, и в ней справедливо правило: *лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать, и лучше один раз в руках подержать, чем сто раз увидеть*. Рассматривая минерал в витрине музея, можно получить информацию только о его цвете и форме выделения. Держа образец в руках, можно достаточно надежно определить его блеск, плотность, сопутствующие минералы. При внимательном осмотре образцов опытный специалист получает информацию, которая не только позволяет определить минерал, но, в некоторых случаях, указать месторождение. В свое время курс практической минералогии был разработан основателем кафедры – К. К. Матвеевым сразу после революции. Для проведения лабораторных занятий необходим определитель минералов. Первоначально для этой цели использовалось руководство А. Вейсбаха и К. Фукса. В 1938 году был издан определитель Ф. И. Рукавишникова. Позднее этот определитель обновлялся и расширялся в 1956 году Н. В. Свяжиным, а в 1970 году – Г. Н. Вертушковым и В. Н. Авдониным.

Минералогия, как и другие науки, не стоит на месте – растет поток информации о минералах. Это привело к физическому и моральному старению определителя 1970 года, что обусловило переработку, расширение и некоторое изменение таблиц и принципа расположения минералов в структуре определителя. При написании пособия основной упор сделан на свойства минералов, определение которых может производить любой студент, знакомый с основами геометрической кристаллографии и конституцией минералов. Первое издание таблиц было осуществлено автором в 1995 году для специальности МПГ, в 2001 году – второе издание, в 2009-м – третье с уточнениями и исправлениями. Первое издание таблиц для специальности РМ было выполнено в 2007 году. В настоящее время необходимо несколько изменить и дополнить существующий определитель в соответствии с ФГОСом третьего поколения.

Учебно-методическое пособие «Морфология, физические свойства и определение минералов по внешним признакам» составлено в соответствии с программой курса "Кристаллография и минералогия" по направлению подготовки (специальности) 130101.65 – "Прикладная геология (РМ, ГИГ, ГН, МПГ)". Настоящее пособие дополнено разделом по симметрии и морфологии кристаллов. В нем детализированы и выделены шрифтом видовые, межвидовые, надвидовые названия и разновидности.

ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ

Минерал – это природное химическое соединение, состав которого изменяется в граничных пределах, обладающее кристаллической структурой и образующееся в результате геологических процессов. По мере изучения минералов было установлено, что в ряде случаев они имеют достаточно сложный состав и состоят из нескольких минераль-

ных видов. Например, оливин состоит из форстерита и фаялита; гранат – из пиропа, альмандина, спессартина, гроссуляра, уваровита и андрадита.

Каждый минеральный вид имеет определенный химический состав и структуру, которые находятся в тесной взаимосвязи и определяют его конституцию, которая в свою очередь обусловливает свойства, присущие минералу, и его морфологию. Свойства, определяемые визуально или с использованием простых испытаний, называют внешними признаками. Искусство диагностики минералов определяется овладением этими признаками. В отдельных случаях внешние признаки настолько специфичны, что позволяют однозначно определить минерал. В других случаях они позволяют выделить группу минералов, в которой определение конкретного вида требует тщательного анализа.

К внешним признакам относят морфологию и симметрию кристаллов, строение агрегатов, блеск, цвет, черту, твердость, спайность, отдельность, упругость, пластичность, хрупкость, плотность, магнитные свойства.

Морфология минеральных индивидов

Форма зерна является результатом отражения его упорядоченного внутреннего строения. Вместе с тем форма зерна – это первый диагностический признак, видимый невооруженным глазом.

Все множество минеральных индивидов по строению внешней поверхности можно разделить на две группы: 1) правильные многогранники, или идиоморфные кристаллы; 2) зерна неправильной формы, или ксеноморфные. Идиоморфные индивиды покрыты плоскими гранями, пересекающимися по ребрам, сходящимся в вершины. Положение граней кристалла определяется его структурой. Поверхность ксеноморфных индивидов определяется внешними условиями и от структуры не зависит [2, 8].

Симметрия кристаллов

Греческое слово «симметрия» в переводе на русский язык означает соразмерность. Симметрия проявляется в закономерно повторяющихся частях кристалла при его вращении. Для выявления симметрии кристаллов используют вспомогательные геометрические образы: прямые, плоскости, точки (оси симметрии, плоскости, центр инверсии).

Ось симметрии L (рис.1, *а*) – это прямая линия, при вращении вокруг которой многогранник или кристалл совмещается столько раз, каков порядок оси. Порядок оси симметрии – любое целое число, но в кристаллах возможны элементы симметрии, которые не противоречат однородности его строения. Осями симметрии кристаллов могут быть L_2, L_3, L_4 и L_6 . *Плоскость симметрии P* (рис. 1, *б*) – это воображаемая плоскость, которая делит модель на две равные и зеркально симметричные части. *Центром симметрии (инверсии) C* (рис. 1, *в*) называется мнимая точка внутри модели, от которой диаметрально противоположные точки поверхности удалены на равное расстояние. Существует мнемоническое правило: если каждой грани модели имеется равная и параллельная грань, то центр инверсии есть. Наряду с этим, в кристаллах могут быть инверсионные оси симметрии, например L^i_4 или L^i_6, представляющие собой в первом случае совокупность оси симметрии второго порядка и центра инверсии, действующих совместно. Во втором случае это одновременное действие оси симметрии третьего порядка и перпендикулярно к ней расположенной плоскости симметрии.

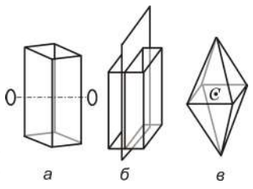


Рис.1

При определении элементов симметрии на моделях нужно знать, как они сочетаются друг с другом. Для этого необходимо выучить несколько теорем [8].

Теоремы:

Линия пересечения двух плоскостей симметрии является осью симметрии, угол поворота которой в два раза больше угла между плоскостями.

При наличии двух пересекающихся осей симметрии L_2 есть третья – равнодействующая им и проходящая через точку их пересечения (теорема Л. Эйлера).

При наличии центра инверсии *C* и четной оси L_{2n} перпендикулярно к последней проходит плоскость симметрии P.

Если имеются ось L_n и плоскость симметрии P, проходящая вдоль нее, то всего плоскостей симметрии будет n.

При наличии оси L_n и перпендикулярной к ней оси L_2, число таких осей будет равно *n*.

В кристаллических многогранниках присутствуют неповторяющиеся направления, которые называются единичными. Повторяющиеся в кристалле направления, связанные элементами симметрии, называются симметрично-равными. Присутствие единичных и симметрично-равных направлений определяется совокупностью элементов симметрии.

Полный перечень всех элементов симметрии одного многогранника обусловливает его точечную группу или *вид симметрии*. Впервые сложение элементов симметрии выполнил академик А. В. Гадолин в 1867 г. и выявил 32 вида симметрии [2]. Точечные группы, обладающие сходными элементами симметрии, составляют *сингонии,* которые по числу единичных направлений объединяют в категории (табл. 1).

Таблица 1

32 точечные группы симметрии кристаллов

Категория	Сингония	Виды симметрии					
		примитивный	центральный	планальный	аксиальный	планаксиальный	инверсионно-примитивный	инверсионно-планальный
Низшая	Триклинная	1	C					
	Моноклинная			P	L_2	L_2PC		
	Ромбическая			L_22P	$3L_2$	$3L_23PC$		
Средняя	Тригональная	L_3	L_3C	L_33P	L_33L_2	L_33L_23PC		$L^i_4(=L_2)\ 2L_22P$
	Тетрагональная	L_4	L_4PC	L_44P	L_44L_2	L_44L_25PC	$L^i_4(=L_2)$	$L^i_4(=L_2)\ 2L_22P$
	Гексагональная	L_6	L_6PC	L_66P	L_66L_2	L_66L_27PC	$L^i_6=L_2P$	$L^i_63L_23P=L_33L_24P$
Высшая	Кубическая	$4L_33L_2$	$4L_33L_23PC$	$4L_33L_26P$	$3L_44L_36L_2$	$3L_44L_36L_29PC$		

Простые формы и их комбинации

Свободно растущие кристаллы приобретают форму многогранника с различным количеством и конфигурацией граней.

По характеру огранения кристаллы разделяют на две группы. Кристаллы первой группы состоят из одинаковых, симметрично расположенных граней, которые полностью покрывают «тело» кристалла (тетраэдр). Вторая группа кристаллов обладает различными по форме и величине гранями, так как грани одного сорта полностью закрыть объем кристалла не могут (призма, пирамида). Первые представляют собой простые формы, вторые – их комбинации [2, 8].

Простой формой называют множество равных граней, связанных между собой элементами симметрии. Последнее определяет равенство физических свойств граней одной простой формы, так как они представлены одинаковыми плоскими сетками в структуре и могут быть получены симметричными преобразованиями из одной грани.

Комбинацией называют совокупность двух или нескольких простых форм. В этом случае множество граней не связано элементами симметрии, следовательно, могут иметь различную конфигурацию и размеры. Грани одной конфигурации, не связанные элементами симметрии, принадлежат разным простым формам.

Количество простых форм в комбинации (на моделях кристаллов) соответствует числу граней, разных по конфигурации (рис. 2). Грани одной конфигурации, если они связаны элементами симметрии, принадлежат одной простой форме. В том случае, если одинаковые грани не связаны элементами симметрии, то они принадлежат разным простым формам .

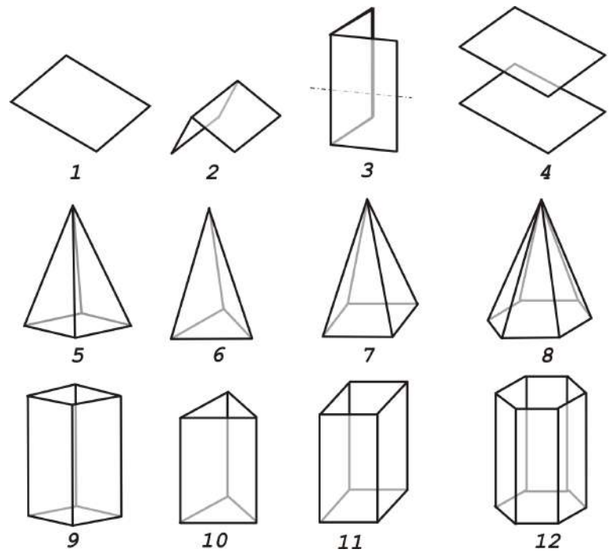
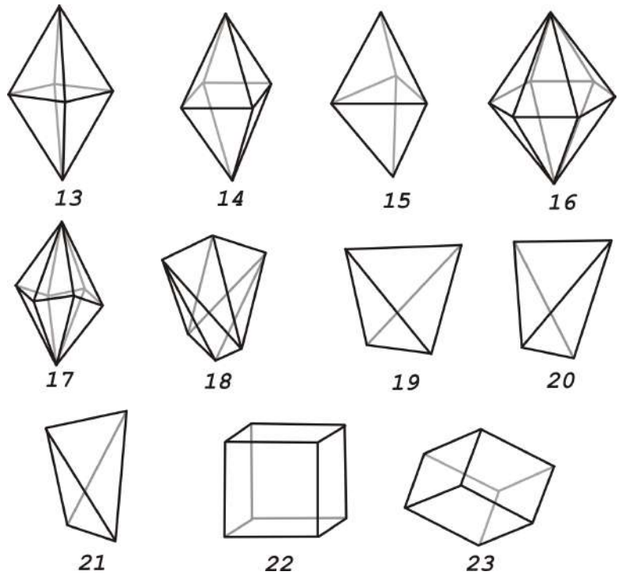


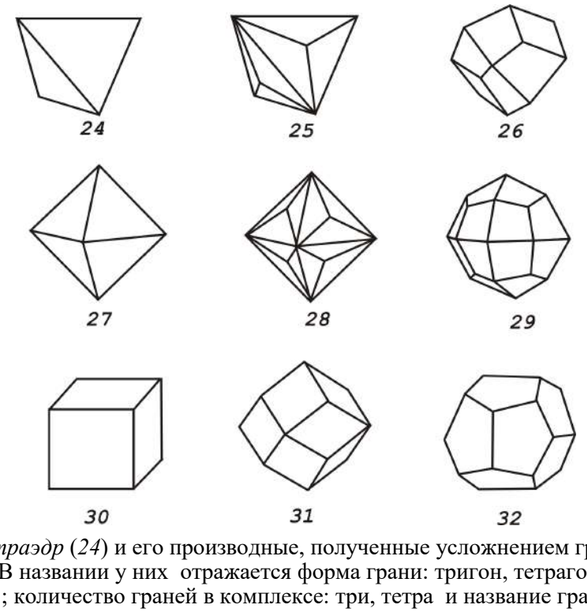
Рис. 2. Наиболее распространённые простые формы кристаллов:
Моноэдр – простая форма, состоящая из одной грани (*1*).
Диэдр – форма, состоящая из двух равных и пересекающихся между собой граней (*2, 3*).
Пинакоид – форма, состоящая из двух равных и параллельных между собой граней (*4*).
Пирамида – собирательное название простых форм, в которых все равные грани пересекаются в одной точке. Это открытые формы. Пирамиды называются по форме основания: ромбическая (*5*), тригональная (*6*), тетрагональная (*7*), гексагональная (*8*).
Призма – собирательное название простых форм, в которых все равные грани пересекаются по параллельным рёбрам. Призмы - открытые формы и различаются по сечениям плоскостью, перпендикулярной к ребру: ромбическая (*9*), тригональная (*10*), тетрагональная (*11*), гексагональная (*12*).

Продолжение рисунка 2



Дипирамида – собирательное название простых форм, состоящих из двух пирамид, сложенных основаниями. Дипирамиды различаются, как и пирамиды, по форме сечений: ромбическая (*13*), тетрагональная (*14*), тригональная (*15*), гексагональная (*16*).
Скаленоэдры – дитригональный (*17*) и дитетрагональный (*18*) имеют форму граней в виде неравностороннего треугольника.
Тетраэдры – четырёхгранники: кубический (*19*) (грань – равносторонний треугольник); тетрагональный (*20*) (грань – равнобедренный треугольник); ромбический (*21*) (грань – остроугольный треугольник).
Куб, или *гексаэдр* – шестигранник (*22*). Грани имеют форму квадрата (их 6; рёбер 12; вершин 8). Три главных направления взаимно перпендикулярные и равные между собой.
Ромбоэдр состоит из шести граней в форме ромба (*23*), общий случай ромбоэдра – “сдавленный” или “растянутый” по оси L_3 куб.

Окончание рисунка 2



Тетраэдр (*24*) и его производные, полученные усложнением грани. В названии у них отражается форма грани: тригон, тетрагон и т. п.; количество граней в комплексе: три, тетра и название грани - эдр.
25 – тригонтритетраэдр; *26* – тетрагонтритетраэдр.
27 – октаэдр – восьмигранник – равносторонние треугольники сходятся по 4 в вершинах, ребер – 12.
Октаэдрические формы, образованные на базе октаэдра называются по такому же принципу, как тетраэдрические: *28* – тригонтриоктаэдр, *29* – тетрагонтриоктаэдр.
30 – Гексаэдр (куб).
Додекаэдры – (двенадцатигранники) – ромбический и пентагональный.
У ромбододэкаэдра (*31*) грани имеют форму ромба.
У пентагондодекаэдра грани в форме пятиугольника (*32*).

В огранении кристаллов участвуют 47 простых форм. Для каждой сингонии характерны свои простые формы. На рис. 2 показаны наиболее распространенные простые формы.

Реальные кристаллы

Форма кристалла определяется его структурой и влиянием окружающей среды. Появление тех или иных простых форм на кристалле определяется законом Бравэ, согласно которому при образовании кристаллов развитие и частота появления основных форм зависят от густоты расположения атомов, ионов на их гранях [8]. В соответствии с принципом Кюри, внешняя симметрия кристалла будет сохранять только те элементы симметрии, которые совпадают с подобными элементами симметрии среды. Степень развития кристалла в разных направлениях определяет его облик.

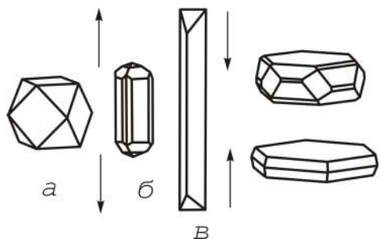


Рис. 3. Типы облика кристаллов:
а – изометричный; *б* – короткопризматический; *в* – длиннопризматический; *г* – таблитчатый; *д* – пластинчатый.

Выделяют следующие типы облика:

1) изометричный – кристалл примерно одинаково развит по трем взаимно перпендикулярным направлениям;

2) увеличение в одном направлении последовательно приводит к короткопризматическому, длиннопризматическому, игольчатому, волокнистому облику;

3) сжатие в одном направлении определяет таблитчатый, пластинчатый, чешуйчатый, листоватый облик (рис. 3).

Неравномерное развитие кристалла в разных направлениях определяет бочонковидный, клиновидный, скипетровидный, сноповидный и другие облики.

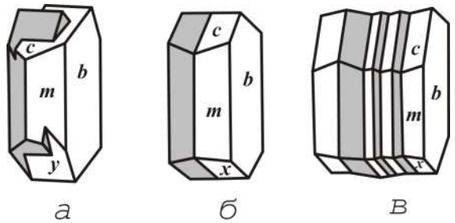
Габитус кристалла определяется преобладающими гранями простых форм, представленных в огранении. Например, у пирита облик изометричный, а габитус кубический, пентагондодекаэдрический или октаэдрический.

Грани кристаллов нередко покрыты мелкими бороздами или штрихами. Для ряда минералов присутствие штриховки является важным диагностическим признаком. В одних случаях она наблюдается в виде параллельных штрихов, в других – штрихи пересекаются под определенными углами. Так, на гранях призмы кристаллов кварца наблюдается поперечная штриховка, а на гранях призмы топаза и берилла – вертикальная.

По своему происхождению штриховка может быть *комбинационной,* обусловленной узкими вицинальными гранями двух простых форм (берилл, турмалин и др.), *двойниковой,* являющейся результатом полисинтетического двойникования минералов (сфалерит, корунд, плагиоклазы и др.) и *индукционной*, появляющейся в месте соприкосновения двух одновременно растущих индивидов [6].

Кристаллы редко бывают одиночными, обычно они образуют сростки. Различают *закономерные* и *случайные* сростки, среди первых выделяют параллельные, двойниковые и эпитаксические сростки. Параллельными сростками называют такие срастания кристаллов минералов, в которых все грани первого кристалла параллельны соответствующим граням второго.

Двойниками называют закономерные срастания двух кристаллов одного и того же минерала, в которых один индивид может быть выведен из другого отражением в плоскости или поворотом на 180° вокруг оси. В зависимости от количества сросшихся в двойниковом положении индивидов



а б в

Рис.4. Двойники: *а*– прорастания; *б*– срастания; *в*– полисинтетический

различают тройники, четверники, пятерники и т. д. В зависимости от расположения элементов простые двойники подразделяют на *двойники срастания* и *двойники прорастания* .

Наряду с простыми двойниками широко распространены *полисинтетические.* В них каждые два соседних индивида находятся в двойниковом положении (рис. 4).

Эпитаксическими сростками называют срастания двух различных минералов, в которых хотя бы некоторые кристаллографические элементы оказываются параллельными. Это объясняется сходством кристаллических структур и параметров решеток у минералов в эпитаксическом сростке [6].

Строение агрегатов

Незакономерное срастание множества индивидов одного или разных минералов называется агрегатом. Форма минеральных агрегатов в значительной степени зависит от формы отдельных кристаллов и механизма их образования.

В случае изометричных зерен агрегаты по величине подразделяют на тонкозернистые (зерна на глаз неразличимы), мелкозернистые (зерна менее 1 мм, но различимы на глаз), среднезернистые (1–5 мм), крупнозернистые (5–20 мм), гигантозернистые (зерна крупнее 20 мм).

В том случае, если индивиды имеют вытянутую в разной степени форму, то они образуют *шестоватые, игольчатые, волокнистые* агрегаты. Если кристаллы обладают уплощенной формой, то агрегаты приобретают *пластинчатое, чешуйчатое, листоватое* строение.

По механизму образования выделяют следующие агрегаты. В открытых полостях из низкотемпературных растворов на стенках осаждаются натечные агрегаты, которые могут иметь *сталактитовое*, *гроздевидное, сосцевидное* или *почковидное* строение. Из коллоидных суспензий (гелей) образуются *колломорфные* агрегаты [6].

В том случае, если открытая полость не полностью заполняется раствором, то на стенках полости происходит образование *друз* или *щеток* кристаллов. Друзы сложены удлиненными кристаллами и имеют зону геометрического отбора. Последняя предполагает преимущественный рост тех индивидов, удлинение которых совпадает с нормалью к стенке полости. Щетки обычно представлены изометричными индивидами, в которых геометрический отбор прошел, и все кристаллы имеют одинаковую ориентировку.

Мелкие стяжения сферической или эллипсоидальной формы носят название оолитов и сферолитов. *Оолиты* обычно сцементированы друг с другом в горную породу. Они имеют концентрически-скорлуповатое строение, отдельные слои их отлагаются вокруг центра (например, песчинки или пузырька воздуха). *Сферолиты* обладают радиально-волокнистым строением и образуются в открытой полости.

Конкреции - стяжения округлой формы, радиально-лучистого или скорлуповатого строения, рост которых происходил от центра к периферии.

При быстрой кристаллизации минерала в трещине или хорошо проницаемой породе образуются плоские или объемные ветвистые агрегаты (*дендриты*). Наряду с основными типами минеральных агрегатов, имеются разности, наименования которых отражают внешние особенности этих агрегатов, например *звездчатые, сетчатые, ячеистые, шлаковидные, землистые.*

Блеск

Блеск – это визуальная характеристика отраженного от поверхности минерала света, учитывающая и долю отраженного света, и особенности отражения. Блеск минералов по мере его усиления подразделяют на *стеклянный*, *алмазный*, *полуметаллический* и *металлический*. У прозрачных и хорошо просвечивающих минералов, с повышением показателя преломления, слабый *стеклянный* блеск постепенно сменяется более сильным *алмазным*. Для минералов с высоким коэффициентом поглощения и большой отражательной способностью, т. е. непрозрачных, даже в тонком порошке, характерен *металлический* блеск. У части минералов блеск промежуточный между алмазным и металлическим; такие минералы или просвечивают хотя бы в тонком порошке, или заметно поглощают и рассеивают свет. Промежуточный по степени блеск называют *полуметаллическим*.

Переход от одной градации степени блеска к другой постепенный и достаточно условный. При мелкошероховатой поверхности у сильно поглощающих или непрозрачных минералов характер блеска *тусклый* (магнетит); у просвечивающих и прозрачных - *матовый* (каолин, любые землистые агрегаты). Характер поверхности нередко зависит от особенностей излома – при отсутствии спайности излом может быть мелкобугорчатым, а блеск –*жирным* (кварц, нефелин).

На вид блеска большое значение оказывают характер поверхности и строение агрегата. *Шелковистый* блеск отмечается у параллельно-волокнистых агрегатов за счет своеобразного отражения и рассеяния света волокнами. Такой блеск особенно заметен при падении света вдоль волокон (селенит, хризотил-асбест). Прозрачные минералы с совершенной спайностью отражают свет не только от внешней поверхности, но и от имеющихся в глубине образца трещинок. Подобное мерцающее отражение сопровождается интерференцией света, создающей нежную радужную окраску. Этот вид блеска называют *перламутровым* (гейландит, гипс,

кальцит).

Цвет, черта

Цвет – это свойство вещества вызывать у человека определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом отражаемого или пропускаемого излучения. По физической сущности окраску минералов подразделяют на собственную и чуждую [1]. *Собственная окраска* обусловлена особенностями конституции минерала – его химическим составом и структурой. Наиболее распространенный вид собственной окраски минералов вызывается характером светопоглощения. При этом возникают разные варианты.

1. Если свет не взаимодействует с минералом, то минерал остается бесцветным и прозрачным, как, например, горный хрусталь. При полном поглощении видимого спектра света минерал становится черным и непрозрачным. При поглощении происходит возбуждение электронов в верхнем слое, которые мгновенно возвращаются обратно, испуская световые лучи, что проявляется в металлическом блеске.

Цветовые оттенки у сильно поглощающих минералов возникают в случае энергетической неравнозначности переходов электронов, и потому часть лучей света поглощается минералом.

2. Наиболее ярко проявляется неравномерность поглощения света, как причина окраски прозрачных минералов-диэлектриков, в составе которых присутствуют химические элементы-хромофоры. Хромофорами являются ионы переходных металлов периодической системы Д. И. Менделеева. Наиболее важные из них V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu. В зависимости от конституции, кристаллом поглощаются разные лучи. Минерал окрашивается в цвет, дополнительный к поглощенному. Окраска, вызываемая хромофорами, следующая: V^{3+} – зеленый (тсаворит), голубой (танзанит); Cr^{3+} – зеленый (уваровит, изумруд), красный (рубин); Mn^{2+} – розо-

вый (родохрозит, родонит); Fe^{2+} – зеленый (актинолит, хризолит), красный (альмандин); Fe^{3+} – желтый (хризоберилл); Co^{2+} – голубой (шпинель), розовый (эритрин); Ni^{2+} – зеленый (непуит); Cu^{2+} – зеленый (малахит), синий (азурит), голубой (бирюза).

3. В прозрачных минералах окраска может быть вызвана явлением переноса заряда. Так возникает окраска синего корунда (сапфир) с изоморфной примесью железа и титана. Появление окраски объясняется образованием пары $Fe^{2+} + Ti^{4+}$, которая за счет переноса заряда (электрона) внутри пары и поглощения лучей с соответствующей длиной волны образует пару $Fe^{3+} + Ti^{3+}$, и минерал приобретает синий цвет.

4. Неравномерное светопоглощение некоторых минералов может быть вызвано наличием в их кристаллической решетке электронно-дырочных центров окраски. В черном кварце (морионе) в позициях кремния располагаются ионы Al^{3+}. Для компенсации валентностей в кристаллическую решетку внедряются катионы щелочных металлов или H^{+}. Под действием радиоактивного или рентгеновского излучения происходит смещение электрона от кислорода к Al^{3+} с поглощением части света; ионы O^{-} становятся центрами окраски. Аналогичным образом возникает окраска у флюорита.

Чуждая окраска определяется вростками пигментирующих окрашенных минералов, цветными пленками разной природы и другими причинами, не связанными с особенностями конституции минерала.

Наряду с этим окраска зависит от спектра светового пучка и от направления. Наиболее ярко эта особенность проявляется в минералах с незначительной примесью хрома. Например, александрит при дневном освещении зеленый, а при искусственном – красный. Зависимость от направления – это анизотропия окраски. В ромбическом кордиерите с примесью Fe цвет разный по всем трем кристаллографическим осям. Он темно-синий вдоль оси *z,* светло-синий вдоль оси *x,* желтовато-серый вдоль оси *y.* Это явление называется

плеохроизмом и наблюдается у всех окрашенных минералов под микроскопом.

Окраска минерала определяется степенью его дисперсности: гематит в кристаллах железо-черный, а в порошке - вишнево-красный. Порошок остается после прочерчивания минералом по фарфоровой пластинке. Цвет черты, наряду с цветом минерала в массе, является важным диагностическим признаком.

Черта минерала помогает при отсутствии навыков правильно определить блеск. У минералов с металлическим блеском черта обычно черная и темнее, чем цвет минерала в массе. У минералов с полуметаллическим блеском черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливо видна на фарфоровой пластинке. Преобладают коричневые оттенки. Минералы с алмазным блеском имеют черту красной, оранжевой или желтой окраски разной яркости и тона. Участок, с которого получена черта, светлеет. У бесцветных минералов с алмазным блеском черта белая, но они при этом, как бы, светятся внутри. У минералов со стеклянным блеском черта белая или светло-серая с неясным оттенком. Тот участок минерала, которым мы проводили черту, у них белеет.

Твердость

Твердость - способность минерала противодействовать внешнему воздействию, будь то царапание, вдавливание или шлифование. Метод динамического определения заключается в диагностике твердости относительно эталонов шкалы Мооса, которая состоит из десяти минералов-эталонов:

1) тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$;
2) гипс $Ca[SO_4] \cdot 2H_2O$;
3) кальцит $Ca[CO_3]$;
4) флюорит CaF_2;
5) апатит $Ca_5[PO_4]_3F$;
6) ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$;
7) кварц SiO_2;
8) топаз $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$;
9) корунд Al_2O_3;
10) алмаз C.

Определение твердости осуществляется царапанием острым углом минерала эталона. Появление мельчайшей царапины указывает на более высокую твердость определяемого минерала. Вместо минералов-эталонов нередко используют заменители – ноготь (2), оконное стекло (5), напильник (6,5-7). Минералы с твердостью 1 легко пишут по бумаге. Оконное стекло очень удобно, так как имеет ровную поверхность и любая царапина на нем заметна.

При определении твердости следует помнить, что более мягкие минералы будут на более твердых оставлять черту, которую легко стереть в отличие от царапины. Во многих случаях такую черту принимают за царапину. Во избежание ошибки необходимо провести пальцем – царапина останется на месте, а черта сотрется.

На результаты определения относительной твердости влияет анизотропия, которая достаточно сильно проявляется в низкосимметричных минералах и в самих эталонах. Например, у кианита она варьирует от 4,5 вдоль удлинения таблитчатых кристаллов до 6,5-7 в поперечном направлении.

Спайность и отдельность

Спайность – способность минералов раскалываться по определенным кристаллографическим направлениям, с образованием ровных блестящих поверхностей, параллельных друг другу и заметных по одновременному отблеску при отражении на свет.

По степени совершенства выделяют следующие виды спайности:

1) *весьма совершенная* – индивид при небольшом усилии легко расщепляется на плоскости большой площади (слюды, молибденит);

2) *совершенная* – требует большее усилие для получения менее ровной поверхности (сфалерит, кальцит);

3) *несовершенная* – ровные поверхности проявляются редко, имеют минимальную площадь и обнаруживаются с трудом (кварц, оливин) [3].

Причина возникновения спайности заключается в присутствии ослабленных направлений в структуре, которые проявляются после механического воздействия. Кристаллографическая направленность плоскостей спайности предполагает, что спайность ориентирована по какой-то простой форме. При определении спайности, кроме степени совершенства важно определять количество направлений и угол между плоскостями спайности, так как в ряде случаев это является важным диагностическим признаком. Например, у амфиболов и пироксенов спайность в двух направлениях и близкая окраска, но у первых угол между плоскостями спайности 120^o, а у вторых – 90^o.

При определении спайности важно не путать плоскости спайности с гранями кристалла. Плоскости спайности более гладкие и совершенные, чем естественные грани, которые могут иметь штриховку, следы растворения и т. д.

В некоторых минералах при раскалывании образуются ровные, кристаллографичные, иногда блестящие поверхности, напоминающие спайные. Возникновение подобных плоскостей носит название *отдельность* и связано с нали-

чием закономерных включений вдоль зон роста кристалла, в результате возникновения структур распада или полисинтетического двойникования. Отличительным признаком отдельности является конечный размер пластинок, если они вызваны двойникованием, и матовое отражение плоскостей, при наличии включений.

Упругость, пластичность, хрупкость

Упругость минералов проявляется в их способности восстанавливать форму и начальный объем после снятия напряжения. Это свойство, например, позволяет различить минералы группы слюд, чешуйки которых возвращаются в первоначальное положение после изгиба, от минералов группы хлоритов внешне достаточно схожих, но не обладающих упругими свойствами.

Пластичность – это свойство минерала необратимо деформироваться под действием механической нагрузки, превышающей предел упругости. Пластические деформации приводят к механическому двойникованию, смятию или изгибу зерен с сохранением их целостности. Это характерно для антимонита, кальцита, гипса, молибденита, кианита, слюд.

Некоторые минералы при этом способны к течению с изменением первоначальной формы, претерпевают грануляцию или перекристаллизацию (галенит, галит, арсенопирит). С пластичностью в прямой зависимости находится такое свойство, как *ковкость* минералов. У металлов это свойство проявляется в расплющивании их в тонкие пластинки. У некоторых сульфидов (халькозин, акантит, галенит), обладающих слабой ковкостью, царапина блестящая, а не пылит, в отличие от хрупких минералов, что является диагностическим признаком.

Хрупкость – это способность минералов разрушаться при небольших деформациях после превышения предела прочности. Хрупкость минералов определяет их способность

к измельчению, что является важной характеристикой при обработке руд и их обогащении.

Плотность

Плотность – это мера массы в единице объема. Плотность минералов варьирует от 0,8 у некоторых органических минералов до 22,7 г/см^3 у осмистого иридия. Она зависит от кристаллической структуры и химического состава минерала. Высокая плотность характерна для минералов с компактной структурой, низкая – для минералов со слоистой и каркасной структурой (например, алмаз – 3,5 г/см^3, графит – 2,2 г/см^3) [3, 6].

Плотность возрастает с увеличением массы атома или иона и уменьшается с увеличением их размеров. Например, плотность плагиоклазов изменяется от 2,61 г/см^3 (альбит) до 2,76 г/см^3 (анортит).

Основная масса минералов имеет плотность, которая находится в интервале от 2,5 до 5,2 г/см^3, и лишь немногие имеют более высокие или низкие значения. По степени распространенности и плотности минералы, условно, можно разделить на легкие (плотность менее 2,5 г/см^3), средние (2,5 -4 г/см^3) и тяжелые (более 4 г/см^3). Плотность мономинерального образца приближенно можно оценить, сравнивая с образцами с известной плотностью и близкого объема.

Магнитные свойства

По магнитным свойствам минералы подразделяют на магнитные, слабомагнитные и немагнитные. Магнитные минералы притягиваются постоянным магнитом. К ним относятся магнетит, моноклинный пирротин и некоторые разности ильменита. Некоторые разности магнетита ведут себя как постоянный магнит, т. е. притягивают к себе железные предметы и магнитные минералы. К слабомагнитным отно-

сятся те минералы, которые приобретают магнитные свойства под действием электрического поля. Так ведут себя, например, все минералы, содержащие железо: геденбергит, альмандин, железистый сфалерит (марматит) и т. д.

КЛЮЧ К ТАБЛИЦАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

1. Минералы с металлическим блеском. Цветные непрозрачные.

Черта серая. Темно-серая или черная.

1.1. Цвет белый, серый до черного. Стр. 30

1.2. Цвет желтый, красный. Стр.40

2. Минералы с полуметаллическим блеском. Цветные, непрозрачные.

Черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливая.

2.1. Черта бурая, буровато-черная, черная.

Цвет черный, серо-черный. Стр. 44

2.2. Черта красновато-бурая, желтовато-бурая, зеленовато-серая.

Цвет темно-красный, темно-бурый, черный. Стр. 48

3. Минералы с алмазным блеском. Бесцветные или цветные, идеально прозрачные или прозрачные в той или иной степени.

3.1. Черта оранжевая, красная.

Цвет минерала оранжевый, красный до черного. Стр. 54

3.2. Черта желтая, светло-желтая, белая.

Цвет минералов желтый, коричневый до черного, иногда бесцветный. Стр. 56

4. Минералы со стеклянным блеском. Прозрачные в той или иной степени.

Черта чаще белая, реже светлоокрашенная, минерал белеет в том месте, с которого получена черта.

4.1. Черта имеет отчетливую окраску: зеленую, голубую, синюю, желтовато-бурую. Цвет минерала аналогичен цвету черты или несколько темнее. Стр. 66

4.2. Черта имеет зеленоватый или сероватый оттенок, выраженный неясно. Преобладающая окраска минералов зеленая, темно-зеленая, черная. Стр. 70

4.3. Черта белая

Твердость 1 – 3 Стр. 80

4.4. Черта белая

Твердость 3 – 5 Стр. 92

4.5. Черта белая.

Твердость 5 – 7 Стр. 100

4.6. Черта белая.

Твердость 7– 9 Стр. 120

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

X – минералы, известные на Урале;

* – минерал широко распространен и образует крупные выделения;

– минерал открыт на Урале.

Минералы, не помеченные символами, на Урале не известны. Известные на Урале минералы отмечены по работе [10].

Названия минералов в таблицах:

жирный шрифт – основные видовые ;

простой шрифт – межвидовые;

курсив – разновидности.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

в п.п.тр.– в пламени паяльной трубки;

в. сов.– весьма совершенная;

выд.– выделение;

конц.– концентрированной

м-ния – месторождения;

направл.– направление;

несов.– несовершенная;

раствор.– растворяется

сов.– совершенная;
УФ – ультрафиолетовый свет.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Булах А.Г.* Минералогия с основами кристаллографии – М.: Недра, 1989. – 351 с.
2. *Вертушков Г. Н.* Конституция и морфология минеральных индивидов. – Свердловск: СГИ, 1972.–139 с.
3. *Вертушков Г. Н., Авдонин В. Н.* Физические и химические свойства минералов и определитель минералов по внешним признакам. – Свердловск: СГИ, 1970 – 172 с.
4. ˇ *Годовиков А. А.* Минералогия. – М.: Недра, 1975.– 520 с.
5. ˇ Кривовичев В. Г. Минералогический словарь – С.Пб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. 2008. –556с.
6. *Лазаренко Е. К.* Курс минералогии. – М.: Высшая школа, 1971. 608 с.
7. ˇ *Минералы:* справочник /под ред. Ф. В. Чухрова, Э. Н. Бонштедт-Куплетской. Т.I – IV – М.: Наука, 1960-2004.
8. *Попов Г. М., Шафрановский И. И.* Кристаллография. Изд. 5-е – М.: Высшая школа, 1972.–352 с.
9. ˇ *Флейшер М.* Словарь минеральных видов/ пер. с англ. М. Флейшер — М.: Мир, 1990. – 206 с.
10. *Юшкин Н. П., Иванов О. К., Попов В. А.* Введение в топоминералогию Урала.– М.: Наука, 1986. – 294 с

ˇ Данные этих источников использованы в таблицах..

I. Минералы с металлическим блеском. Цветные непрозрачные
Черта серая, темно-серая или черная

Таблица 1

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твердость	Плотность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минералы	Сопутствующие минералы	Условия нахождения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.1. Цвет белый, серый до черного									
* **Молибденит** (молибденовый блеск) MoS_2	Гексагональная, чешуйчатые, листоватые агрегаты, бочонковидные кристаллы	В. сов. по {0001} в одном направл.	Свинцово-серый с голубоватым оттенком. Серовато-черная, при растирании зеленеет	1	4,7-4,8	Трудно раствор. в HNO_3 до MoO_3. Мажет руки, жирный на ощупь	Графит, тетрадимит	Шеелит, вольфрамит, касситерит, висмутин и др.	Высоко- и среднетемпературные гидротермальные жилы, скарны, меднопорфировые м-ния
* **Графит** C	Гексагональная, пластинчатые кристаллы, чешуйчатые, пластинчатые агрегаты	В.сов. по {0001} в одном направл.	Черный до серебристо-серого. Черная	1	2,1-2,2	При нагревании с дымящей HNO_3 чешуйки вспучиваются. Мажет руки, жирный на ощупь	Молибденит, валлериит	Полевой шпат, кварц, биотит, рутил и др.	Магматический, пневматолито-гидротермальные жилы, скарны, метаморфические породы
* **Ковеллин** CuS	Гексагональная, порошковатые, сажистые массы	В. сов. по {0001} в одном направл.	Индигово-синий. Серая до черной	1,5-2	4,6-4,8	Раствор. в горячей HNO_3 с выд, S: раствор приобретает. зеленый цвет. Специфическая окраска		Халькозин, борнит, халькопирит	Зона окисления медноколчеданных м-ний

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Стибнит** (сурьмяный блеск, антимонит) Sb_2S_3	Ромбическая, призматические кристаллы, спутанно-волокнистые и зернистые агрегаты	Сов. по {010} в одном направл.	Свинцово-серый, слегка голубоватый. Черная, при растирании краснеет	2	4,5-4,7	Раствор. в HCl с выд. H_2S. На плоскостях спайности часто двойниковая штриховка	Висмутин, джемсонит, буланжерит	Обычно один, реже с киноварью, флюоритом, баритом	Низкотемпературные гидротермальные м-ния
* **Висмутин** (висмутовый блеск) Bi_2S_3	Ромбическая, призматические и игольчатые кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {010} в одном направл.	Оловянно-белый до свинцово-серого. Свинцово-серая	2-2,5	6,8	Легко раствор. в HNO_3 и горячей HCl. На плоскостях спайности часто двойниковая штриховка, перпендикулярная удлинению	Антимонит, висмутовые сульфосоли	Самородный висмут, молибденит, касситерит, вольфрамит	Высоко- и среднетемпературные гидротермальные жилы, пегматиты, скарны
* **Серебро** Ag	Кубическая, волосовидные, моховидные и проволочные формы, дендриты	Отсутствует. Крючковатый	Серебряно-белый, с поверхности серый или черный налет. Белая блестящая	2,5-3	10,1-11,1	Раствор. в HNO_3, при добавлении HCl выпадает белый осадок. Характерен цвет, крючковатый излом, высокая ковкость	Изоферроплатина	Акантит, прустит, пираргирит, галенит, кальцит, барит	Низкотемпературные гидротермальные жилы с арсенидами, зона вторичного сульфидного обогащения
* **Халькозин** (медный блеск) Cu_2S	Ромбическая, призматические и плстинчатые кристаллы, сплошные плотные массы	Несов. по {110}. Раковистый	Свинцово-серый до черного при окислении. Темно-серая, черная	2,5-3	5,5-5,8	Раствор. в HNO_3 с выд. S. Ковок. Царапина от иглы блестящая	Акантит, джарлеит, дигенит, анилит, блеклые руды	Борнит, ковеллин, халькопирит, самородная медь	Низкотемпературные гидротермальные образования, зона вторичного сульфидного обогащения

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Галенит** (свинцовый блеск) PbS	Кубическая, зернистые агрегаты, реже плотные и натечные, обычны кристаллы	Сов. по {100}, в трех направл., иногда отдельность по {111}	Свинцово-серый, у тонкозернистых агрегатов более светлый. Серовато-черная	2,0-3,0	7,4-7,6	Раствор. в HNO_3 с выд. S, при добавлении HCl выпадает белый осадок. Слабо ковок. Типичен цвет, спайность в трех направл. и высокая плотность	Антимонит	Сфалерит, пирит, халькопирит, кварц, кальцит, барит	Средне- и низкотемпературный гидротермальные жилы, скарны
* **Джемсонит** $Pb_4FeSb_6S_{14}$	Моноклинная, игольчатые и волосовидные кристаллы, перистые и шестоватые агрегаты	Ясная по {001} в одном направл., несов. по {110} и {010}. Неровный	Свинцово-серый, иногда пестрая побежалость. Темно-серая, серовато-черная	2,0-3,0	5,5-6,0	Раствор. в горячей HCl, при охлаждении выпадает $PbCl_2$. Характерна поперечная спайность	Буланжерит, менегинит	Пирит, сфалерит, галенит, тетраэдрит, буланжерит	Второстепенный минерал среднетемпературных гидротермальных жил
* **Буланжерит** $Pb_5Sb_4S_{11}$	Моноклинная, игольчатые, призматические кристаллы, волокнистые агрегаты	Сов. по {100} в одном направл.	Свинцово-серый до железо-черного. Серовато-черная с коричневым оттенком	2,5-3,0	6,0-6,2	Раствор. в горячей HCl с выд. H_2S. От джемсонита отличается отсутствием поперечной спайности	Джемсонит, менегинит	Галенит, сфалерит, арсенопирит, пирит, джемсонит	Средне- и низкотемпературные гидротермальные жилы и метасоматические залежи

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Теннантит** (мышьяковая блеклая руда) $(Cu,Fe)_{12}As_4S_{13}$	Кубическая, сплошные зернистые агрегаты, тетрадэрические кристаллы	Отсутствует. Раковистый, неровный	Стально-серый до железо-черного. Черная с вишнево-красным оттенком	3,0-4,0	4,4-4,7	Разлагается в HNO_3 с выд. S. Блеклый тон окраски, хрупкость	Тетраэдрит, халькозин	Халькопирит, сфалерит, галенит, пирит, айкинит, бурнонит	Широко распространен, средне- и низкотемпературный гидротермальный минерал
* **Тетраэдрит** (сурьмяная блеклая руда) $(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$	Кубическая, сплошные зернистые агрегаты, тетраэдрические кристаллы	Отсутствует. Раковистый, неровный	Стально-серый до железо-черного. Черная	3-4,5	4,9-5,1	Разлагается в HNO_3 с выд. S. Блеклый тон окраски, хрупкость	Халькозин, теннантит	Халькопирит, сфалерит, галенит, пирит, айкинит, бурнонит	Широко распространен, средне- и низкотемпературный гидротермальный минерал
Х **Тетраферроплатина** (ферроплатина) PtFe	Тетрагональная, мелкие зерна	Нет. Неровный	Темно-серый до черного. Черная	4	12,0-15	Разлагается в царской водке. Магнитна и относительно хрупка	Железо, хромшпинели	Изоферроплатина, туламенит, хромшпинели	Магматический в ультраосновных изверженных породах, россыпях
* **Изоферроплатина** (поликсен) Pt_3Fe	Кубическая, мелкие зерна и самородки, кубические кристаллы	Отсутствует. Крючковатый	Серебряно-белый до стально-серого. Черная	4-4,5	14-18,65	Разлагается в царской водке. Слабомагнитна, ковка	Осмий, рутений	Тетраферроплатина, иридосмин, хромшпинели	Магматический в ультраосновных изверженных породах, россыпях

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Кобальтин** (кобальтовый блеск) $CoAsS$	Кубическая, зернистые агрегаты, иногда кристаллы	Сов. по {100} в трех направл. Неровный, раковистый	Серебряно-белый с красноватым оттенком. Серовато-черная	5.5	6,1-6,4	Разлагается в горячей HNO_3 с выд. S и As_2O_3; раствор розовый. Форма кристаллов и розовый оттенок	Арсенопирит, сперрилит	Пирротин, халькопирит, арсенопирит, сфалерит, висмутин	Высоко- и среднетемпературные гидротермальные жилы, скарны
***Арсенопирит** (мышьяковый колчедан) $FeAsS$	Моноклинная, зернистые и шестоватые агрегаты, призматические и изометричные кристаллы	Несов. по {101}, {010}. Неровный	Оловянно-белый до стально-серого. Серовато-черная	5,5-6	5,9-6,3	Разлагается в горячей HNO_3 с выд. S. Широко распространен. Форма кристаллов, твердость, чесночный запах при ударе	Кобальтин, гудмундит	Пирит, халькопирит, пирротин, сфалерит, висмутин	Типичный гидротермальный минерал широкого диапазона температур, скарны
Х **Скуттерудит** (шмальтин) $CoAs_3$	Кубическая, плотные зернистые агрегаты, нередко кристаллы	Несов. по {100}. Неровный, раковистый	Оловянно-белый. Серовато-черная	5,5-6	6,5-6,8	Растворяется в HNO_3 с образованием розового раствора. Ассоциация с другими арсенидами и форма кристаллов	Никельскуттерудит, саффлорит	Кобальтин, арсенопирит, пирротин, арсениды Co и Ni	Среднетемпературный гидротермальный минерал
Х **Никельскуттерудит** (хлоантит) $NiAs_3$	Кубическая, плотные зернистые агрегаты, нередко кристаллы	Несов. по {100}. Неровный	Оловянно-белый до стально-серого. Серовато-черная	5,5-6	6,4-6,8	Раствор. в HNO_3 с образованием зеленого раствора. Ассоциация с никелином, форма кристаллов	Скуттерудит, раммельсбергит	Арсениды Co и Ni, кобальтин, герсдорфит	Среднетемпературный гидротермальный минерал

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			I. 2. Цвет						
* **Медь** Cu	Кубическая, {100}, {111}, (110); дендриты, проволочки	Отсутствует. Крючковатый	Светло-розовая в свежем изломе, медно-красная при окислении. Медно-красная, блестящая	2,5-3	8,4-8,9	Легко раствор. в HNO_3. Ковкость, цвет, вторичные продукты	Аурикуприд	Халькозин, куприт, кальцит, гетит, атакамит	Гидротермальная в основных и ультраосновных изверженных породах, в зоне окисления
* **Золото** Au	Кубическая, {111}, {100}, {110}; чешуйки, листочки, самородки	Отсутствует. Крючковатый	Золотисто-желтый до светло-желтого, иногда розоватый оттенок. Золотисто-желтая, блестящая	2,5-3	15,6-18,3	Раствор. в царской водке. Цвет, высокая ковкость, отсутствие продуктов окисления	Халькопирит, аурикуприд	Арсенопирит, пирит, галенит, сфалерит, халькопирит и др.	Гидротермальное в кварцевых жилах, конгломератах, черных сланцах, в зоне окисления
* **Борнит** Cu_5FeS_4	Кубическая, {100}, {110}, {111}; зернистый	Несов. по {111}. Мелкораковистый	Темный медно-красный, с пестрой побежалостью. Серовато-черная	3	4,9-5,3	Раствор. в HNO_3 с выд. S. Цвет в свежем изломе и низкая твердость	Никелин, пирротин, ковеллин	Халькопирит, халькозин, галенит, пирит, сфалерит	Гидротермальный в основных изверженных породах и кварцевых жилах, скарнах, зоне окисления
* **Халькопирит** (медный колчедан) $CuFeS_2$	Тетрагональная, зернистые агрегаты, иногда тетраэдрические кристаллы	Несов. по {112} и {101}. Раковистый, неровный	Латунно-желтый, нередко пестрая побежалость. Зеленовато-черная	3-4,0	4,1-4,3	Раствор. в HNO_3 с выд. S. Цвет, твердость, хрупкость	Пирит, золото, талнахит	Пирротин, пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит и др.	Высоко- и среднетемпературный гидротермальный минерал в основных породах, скарнах

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х **Пентландит** (никелевый колчедан) $(Fe,Ni)_8S_9$	Кубическая, зернистые агрегаты и структуры распада в пирротине	Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый	Бронзово-желтый. Зеленовато-черная	3-4,0	4,5-5	Раствор. в HNO_3, окрашивая раствор в зеленый цвет. Ассоциация и характерная спайность	Пирротин, пирит	Пирротин, халькопирит, талнахит, магнетит, кубанит	Магматический в основных изверженных породах
* **Пирротин** гексагональный $Fe_{1-x}S$	Гексагональная, таблитчатые и призматические кристаллы	Несов. по $\{10\bar{1}0\}$, отдельность по {0001}. Неровный	Бронзово-желтый с буроватой побежалостью. Серовато-черная до черной	3,5-4,5	4,6-4,7	В HNO_3 и HCl разлагается с трудом. Бронзово-желтая окраска	Троилит, кубанит	Халькопирит, пентландит, пирит, сфалерит, арсенопирит	Среднетемпературный гидротермальный минерал, в основных породах, скарнах, кварцевых жилах
* **Клинопирротин** (магнитный колчедан) Fe_7S_8	Моноклинная, зернистые агрегаты	Отдельность по {001}. Неровный	Бронзово-желтый. Серовато-черная до черной	3,5-4,5	4,6-4,7	Раствор. в HNO_3. Бронзово-желтая окраска и магнитность	Троилит, кубанит, пирротин гексагональный	Халькопирит, пентландит, пирит, сфалерит, арсенопирит	Среднетемпературный гидротермальный минерал, в основных породах, скарнах, кварцевых жилах
* **Марказит** (лучистый колчедан) FeS_2	Ромбическая, копьевидные и таблитчатые кристаллы, конкреции, натечные агрегаты	Ясная по {101}. Неровный	Латунно-желтый с серым оттенком. Черная	6-6,5	4,9	Разлагается в HNO_3 с выд. S. Форма выд.	Пирит, арсенопирит	Пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин	Низкотемпературный гидротермальный минерал, в зоне окисления
* **Пирит** (серный колчедан) FeS_2	Кубическая, зернистые агрегаты, колломорфные массы, хорошо образованные кристаллы	Несов. по {100}, отдельность по {111}. Раковистый	Светлый латунно-желтый. Зеленовато-черная	6-6,5	4,9-5,2	С трудом разлагается в HNO_3 с выд. S. Форма кристаллов, твердость, окраска	Марказит, халькопирит, арсенопирит	Халькопирит, сфалерит, арсенопирит и др.	Наиболее широко распространенный сульфид

2. Минералы с полуметаллическим блеском. Цветные, непрозрачные.
Черта аналогична цвету минерала в мас се или светлее, но всегда отчетливая

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегата	Спайность, излом	Цвет, черта	Твердость	Плотность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минералы	Сопутствующие минералы	Условия нахождения
2.1. Черта бурая, буро вато-черная, черная. Цвет черный, серо-черный									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X **Ферберит** $FeWO_4$	Моноклинная, зернистые агрегаты, призматические и таблитчатые кристаллы	Сов. по {010} в одном направлении. Неровный	Черный. Черная	4,5	7,3-7,5	Раствор. в HNO_3 и HCl. Ассоциация, окраска, спайность	Танталит, сфалерит, касситерит	Касситерит, висмутин, топаз, берилл, флюорит	Высокотемпературный гидротермальный минерал кварцевых жил, грейзенов, пегматитов
X **Уранинит** UO_2	Кубическая, массивный, колломорфный - настуран, кубические кристаллы	Отсутствует. Неровный, раковистый	Стально-серый до черного. Черная, буровато-черная, слегка блестящая	5-6,0	7,5-10,6	Раствор. в H_2SO_4 и HCl. Радиоактивность, окраска, форма выд.	Ильменит	Монацит, ксенотим, циртолит, алланит, биотит	Гидротермальный минерал, в пегматитах, грейзенах, кварцевых жилах и цементе конгломератов
# **Ильменит** $FeTiO_3$	Тригональная, редко зернистый, округлые зерна и пластинчатые кристаллы	Отсутствует. Раковистый	Железо-черный, иногда стально-серый оттенок. Черная	5-6,0	4,6-4,8	В кислотах не раствор. Окраска, черта, слабая магнитность	Магнетит, титаномагнетит, гематит	Магнетит, циркон, титанит, фторапатит, полевые шпаты	Магматический в основных изверженных породах, амфиболитах, пегматитах; гидротермальный в жилах

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
***Романешит** (псиломелан) $Ba(Mn^{3+}{}_2, Mn^{4+}{}_3)O_{10}\times$ $\times H_2O$	Моноклинная; натечные, почковидные, плотные агрегаты	Отсутствует. Неровный, скорлуповатый	Темный стально-серый до черного. Коричневато-черная	5-6	4,0-4,7	Легко раствор. в HCl с выд. Cl_2. Окрашивает пламя в зеленый цвет	Криптомелан, пиролюзит	Пиролюзит, якобсит, браунит, гаусманит	Типичный минерал коры выветривания, зоны окисления, морских осадков, редко гидротермальный
Пиролюзит MnO_2	Тетрагональная, землистый, скрытокристаллические агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {110} в двух направл.	Стально-серый, железо-серый в кристаллах. Черный в землистых агрегатах. Черная	6-6,5	4,7-5,2	Растворяется в HCl с выд. Cl_2.	Окислы и гидроокислы Mn	Романешит, криптомелан, браунит, родохрозит, гетит	Типичный минерал коры выветривания, зоны окисления, морских осадков, гидротермальный в жилах
* **Магнетит** (магнитный железняк) $Fe^{2+}Fe^{3+}{}_2O_4$	Кубическая, зернистый, землистый. *Мушкетовит* - псевдоморфоза по гематиту, кристаллы	Отдельность по {111}. Неровный, раковистый	Черный, темно-серый. Черная	5,5-6	4,8-5,3	Раствор. в HCl при нагревании. Сильно магнитен	Ильменит, гематит, хромит	Ильменит, гематит, фторапатит, андрадит, эпидот, диопсид	Магматический в основных изверженных породах; метасоматический в скарнах; железистые кварциты
* **Хромит** (хромистый железняк) $FeCr_2O_4$	Кубическая, зернистый, нодулярный, редко кристаллы	Отсутствует. Неровный	Черный, буровато-черный. Бурая, иногда серая	5,5-7,5	4,5-4,8	В кислотах раствор. при сплавлении с $KHSO_4$. Бурая черта, высокая твердость, иногда слабо магнитен	Гематит, магнетит, ильменит	Форстерит, серпентин, магнетит, уваровит	Магматический в ультраосновных изверженных породах, россыпях

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Колумбит** $(Fe,Mn)Nb_2O_6$ (надвидовое название серии твердых растворов)	Ромбическая, обычно кристаллы, реже радиально-лучистые и зернистые агрегаты	Ясная по {010}. Раковистый, неровный	Черный, серовато- или коричневато-черный. Черная, буровато-черная	6	4,9-5,4	В кислотах не раствор., частично в H_2SO_4 при кипячении. По форме кристаллов, ассоциации, цвету	Самарскит, ильменит, вольфрамит	Магнетит, ильменит, альмандин, циркон, ксенотим	Магматический в кислых и щелочных изверженных породах и их пегматитах
***Танталит** $(Fe,Mn)Ta_2O_6$ (надвидовое название серии твердых растворов)	Ромбическая, обычно кристаллы, реже радиально-лучистые и зернистые агрегаты	Ясная по {010}. Раковистый, неровный	Красновато-коричневый до черного, в зависимости от содержания Fe, Mn. Темно-красная до черной	6-6,5	6,4-8,2	В кислотах не раствор. Mn-разности имеют красные рефлексы, прозрачны	Колумбит, самарскит, ильменит, вольфрамит	Сподумен, поллуцит, лепидолит, берилл, эльбаит	В гранитных пегматитах
2.2. Черта красновато-бурая, желтовато-бурая, зеленовато-серая. Цвет темно-красный, темно-бурый, черный									
X **Манганит** MnO(OH)	Моноклинная, натечные, плотные и зернистые массы, конкреции, оолиты	В. сов. по {010} и сов. по {110}. Неровный	Темный стально-серый до железо-черного. Красновато-бурая, бурая	3,5-4	4,2-4,3	Раствор. в конц. H_2SO_4 и конц. HCl с выд. хлора. Цвет черты и твердость	Гетит, гаусманит, браунит	Родохрозит, пиролюзит, гетит, романешит, браунит, барит	В осадочных м-ниях марганца, реже низкотемпературный гидротермальный минерал

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Сфалерит** (цинковая обманка) ZnS Fe - *марматит*	Кубическая, зернистый, скорлуповатый, колломорфный, землистый, часто кристаллы	Сов. по {110} в шести направл.	Бурый, черный, красновато-бурый, желтый, зеленый. Бурая, желтовато-бурая	3,5-4	3,9-4,1	Раствор. в конц. HNO_3 с выд. серы, в HCl с выд. H_2S. Форма кристаллов и спайность	Вольфрамит, вюрцит	Галенит, халькопирит, пирит, блеклые руды, кальцит, кварц	Гидротермальный минерал широкого диапазона температур
X **Гюбнерит** $Mn(WO_4)$	Моноклинная, зернистые и радиально-лучистые агрегаты и призматические кристаллы	Сов. по {010} в одном направл. Неровный	Красновато-бурый до коричневато-черного. Желтовато-бурая до красновато-коричневой	4-4,5	7,1-7,3	Разлагается в горячих конц. H_2SO_4 и HCl. Форма зерен, окраска, спайность	Сфалерит, касситерит	Триплит, висмутин, шеелит, касситерит, молибденит	Высокотемпературный гидротермальный минерал, грейзены и пегматиты
* **Гейкелит** $MgTiO_3$	Тригональная,отдельные зерна и сплошные массы, редко кристаллы	Ясная по $\{10\bar{1}1\}$, отдельность по {0001}. Раковистый	Красно-бурый до черного. Буровато-красная	5	3,8-4,1	В кислотах не растворяется. В тонких осколках просвечивает красным. Редок	Пирофанит, ильменит	Шпинель, циркон, хромит, диопсид, форстерит	Магматический в ультраосновных изверженных породах, в россыпях, реже гидротермальный
* **Гетит** FeO(OH)	Ромбическая, почковидные, натечные выделения параллельно-волокнистого строения	Сов. по {010} и менее сов. по {100}. Занозистый, неровный	Желтовато-бурый до черного. Желтовато-бурая, бурая	5-5,5	4,1-4,3	Медленно раствор. в HCl. Параллельно-волокнистое строение и желтый оттенок черты	Гематит, лепидокрокит	Гематит, лепидокрокит, кальцит	Гипергенный минерал зоны окисления и коры выветривания; осадочные образования, реже гидротермальный

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Гематит** (железный блеск) Fe_2O_3	Тригональная, плотные зернистые, тонкочешуйчатые, пластинчатые, натечные агрегаты (*кровавик*) и кристаллы	Отдельность по {0001} и $\{10\bar{1}1\}$. Раковистый	Стально-серый до черного, землистые агрегаты - буровато-красные. Вишнево-красная	5-6	5,0-5,3	Раствор. в конц. HCl. Специфическая черта, цвет и магнитен после прокаливания	Вольфрамит, хромит	Магнетит, кварц, рутил, сидерит, шамозит, ильменит	В железистых кварцитах, скарнах, жилах альпийского типа и кварцевых, коре выветривания

Таблица 3

3. Минералы с алмазным блеском. Бесцветные или цветные, идеально прозрачные или прозрачные в той или иной степени

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твердость	Плотность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минералы	Сопутствующие минералы	Условия нахождения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				3.1. Черта ор анжевая, красная. Цвет минерала оранж евый, красный до черного					
X **Реальгар** AsS	Моноклинная, зернистые агрегаты, налеты, призматические кристаллы	Сов. по {010} в одном направл. Полураковистый	Огненно-красный до оранжево-желтого. Оранжево-красная, огненно-красная	1,5-2	3,56	Разлагается в HNO_3 с выд. S, в HCl выпадают желтые хлопья. Окраска и ассоциация	Крокоит. Киноварь	Аурипигмент, стибнит, киноварь, сажистый пирит	Низкотемпературный гидротермальный минерал. В жилах и вулканических возгонах
X **Киноварь** HgS	Тригональная, зернистые агрегаты, сплошные порошковатые массы, реже кристаллы	Сов. по $\{10\bar{1}0\}$ в трех направл. Неровный	Ярко-красный, коричневато-красный. Ярко-красная	2-2,5	8,0-8,2	Разлагается царской водкой. При нагревании сублимирует. Цвет, спайность, высокая плотность	Куприт, кермезит	Антимонит, пирит, реальгар, арсенопирит	Низкотемпературный гидротермальный минерал. Преимущественно в жилах
# **Крокоит** $Pb(CrO_4)$	Моноклинная, массивные агрегаты, призматические и игольчатые кристаллы	Ясная по {110} в двух направл. Раковистый, неровный	Гиацинтово-красный, оранжево-красный. Желтовато-оранжевая	2,5-3	6,0-6,1	Раствор. в HCl с выд. Cl и $PbCl_2$. Ассоциация и окраска	Реальгар, фенохроит	Вокеленит, пироморфит, мимезит, церуссит	Зона окисления свинцовых м-ний

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Куприт** Cu_2O	Кубическая, мелкозернистый, порошковатый, кубические и столбчатые кристаллы - вискеры	До ясной по {111}. Неровный, раковистый	Темно-красный, кирпично-красный до черного. Буровато-красная	3,5-4	5,9-6,2	Легко раствор. в HNO_3. Ассоциация со вторичными минералами меди	Киноварь, прустит. Пираргирит	Медь, малахит, гетит, псевдомалахит	Зона богатых окисных руд медносульфидных м-ний
* **Лепидокрокит** (рубиновая слюдка) $FeO(OH)$	Ромбическая, мелкочешуйчатый, радиально-пластинчатый, таблитчатые кристаллы	Сов. по {010} и {001} в двух направл. Неровный	Рубиново-красный, вишнево-красный. Оранжево-красная	4-5	3,8-4,1	Раствор. в HCl. Красноватый оттенок черты и парагенезис	Гетит, гематит	Гетит, гематит, пирит	В бурых железняках зоны окисления, бокситах, почвах
3.2. Черта желтая, Цвет минералов желтый, коричневый					**светло-желтая, белая. до черного, иногда бесцветный**				
***Сера** S	Ромбическая, зернистые, порошковатые, сливные агрегаты и дипирамидальные кристаллы	Несов. по {001}, {110}. Раковистый, неровный	Серно-желтый, медово-желтый, зеленовато- и буровато-желтый. Белая	1-2	2,1	Легко горит. Раствор. в сероуглероде и скипидаре. Цвет, хрупкость, блеск, горючесть	Розицкит, аурипигмент	Гипс, ангидрит, галит, кальцит, арагонит	В вулканических отложениях, осадочных породах и зоне окисления сульфидных м-ний
* **Ферримолибдит** $Fe_2(MoO_4)_3 \times \times 7H_2O$	Ромбическая, радиально-волокнистые и порошковатые агрегаты	Сов. по {001}. Неровный	Канареечно-желтый, зеленовато-желтый. Бледно-желтая	1-2	4,5	Раствор. в кислотах. Форма выд. и развитие по молибдениту	Ярозит, ферротунгстит	Молибденит, вольфрамит, полевой шпат	Зона окисления молибденовых м-ний

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Тюямунит** $Ca(UO_2)_2 \times \times (VO_4)_2 \times \times 8H_2O$	Ромбическая, чешуйчатые и пластинчатые агрегаты	Сов. по {001} в одном направл.	Канареечно-желтый, зеленовато-желтый. Желтая	1-2	3,7-4,5	Раствор. в кислотах. Цвет, форма выд.	Карнотит, урановые слюдки	Карнотит, уранинит, коффинит, роскоэлит	Зона окисления урановых м-ний и терригенные осадочные породы (песчаники)
Х **Аурипигмент** As_2S_3	Моноклинная, пластинчатые и волокнистые агрегаты, порошковатые массы, кристаллы	В. сов. по {010} в одном направл.	Золотисто-желтый, лимонно-желтый. Светло-желтая	1,5-2	3,5	Раствор. царской водке и щелочах с выпадением бурого осадка. Цвет, низкая твердость и спайность	Сера	Реальгар, стибнит, пирит, арсенопирит, гетчеллит	Низкотемпературные гидротермальные м-ния и отложения горячих источников
Х **Ванадинит** $Pb_5(VO_4)_3Cl$	Гексагональная, мелкозернистые корочки и призматические кристаллы	Раковистый, неровный	Оранжево-красный, коричнево-красный, коричнево-желтый. Бледно-желтая	2,5-3	6,5-7,1	Легко растворяется в HCl и HNO_3 Форма кристаллов, цвет и ассоциация	Миметит	Миметит, пироморфит, деклуазит, церуссит, вульфенит	Зона окисления свинцовых м-ний
* **Ярозит** $KFe_3(SO_4)_2 \times \times (OH)_6$	Тригональная, тонкочешуйчатые плотные агрегаты, ромбоэдрические кристаллы	В. сов. по {0001} в одном направл.	Охристо-желтый до коричнево-желтого. Желтая	2,5-3,5	3,1-3,3	Раствор. в кислотах. Жирный на ощупь	Гетит, лимонит	Лимонит, гематит, гетит	Зона окисления сульфидных м-ний

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Церуссит** $Pb(CO_3)$	Ромбическая, зернистые и натечные агрегаты, пластинчатые и бипирамидальные кристаллы	Ясная по {110} и {021}. Раковистый	Бесцветный, белый, серый, желтый. Белая	3-3,5	6,5	Раствор. в кислотах с выд. CO_2. Форма кристаллов, блеск, плотность и ассоциация	Англезит	Англезит, смитсонит, вульфенит, малахит, галенит	Зона окисления свинцовых м-ний
* **Сфалерит** (цинковая обманка) ZnS	Кубическая, зернистый, реже землистый (*брункит*) , тетраэдрические кристаллы	Сов. по {110} в шести направл. Раковистый	Желтый, зеленый (*клейофан*), красный, бурый. Светло-желтая	3,5-4	3,9-4,1	Раствор. в конц. HNO_3 с выд. S, в HCl с выд. H_2S. Форма кристаллов, спайность и блеск	Гринокит, вюрцит	Галенит, блеклая руда, халькозин, борнит	В полиметаллических м-ниях, в известняках и колчеданных рудах
* **Пироморфит** $Pb_5(PO_4)_3Cl$	Гексагональная, зернистые агрегаты и призматические кристаллы	Неровный	Желтый, желтовато-зеленый, бурый. Белая	3,5-4	7,0-7,1	Раствор. в кислотах. Легко плавится, после охлаждения приобретает полиэдрическую форму	Миметит, ванадинит	Церуссит, гетит, крокоит, вокеленит, вульфенит	Зона окисления свинцовых м-ний
* **Шеелит** $Ca(WO)_4$	Тетрагональная, зернистые агрегаты и дипирамидальные кристаллы	Ясная по {101}. Неровный	Белый, серый, бледно-желтый, оранжево-красный. Белая	4,5-5	5,8-6,2	Раствор. в HCl с выд. WO_3 Плотность, форма кристаллов, люминесцирует в УФ-лучах	Кварц	Вольфрамит, касситерит, гранат, эпидот, флюорит	Кварцевые жилы и скарны

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Пирохлор** $NaCaNb_2O_6F$	Кубическая, мелкокристаллические агрегаты и октаэдрические кристаллы	Отдельность по {111} Раковистый	Желто-бурый, янтарно-желтый, зеленовато-желтый. Светло-желтая	5-5,5	4,2-5,0	С трудом раствор. в HCl. Разлагается в конц. H_2SO_4. Форма кристаллов, цвет	Циркон, шеелит, перовскит	Циркон, ильменит, аннит, апатит, титанит, алланит	Нефелиновые сиениты, альбитизированные граниты, щелочные основные породы и карбонатиты
* **Анатаз** TiO_2	Тетрагональная, остродипирамидальные кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и {111} в пяти направл. Раковистый	Синий до черного, лимонно-желтый, красновато-коричневый. Белая	5-6	3,9-4,0	В кислотах не раствор. Цвет и форма кристаллов	Кассиterит, рутил	Адуляр, брукит, ильменит, титанит, апатит	Жилы альпийского типа, акцессорный минерал магматических и метаморфических пород
* **Брукит** TiO_2	Ромбическая, уплощенные призматические кристаллы	Несов. по {110}. Раковистый	Желтый, желтовато-коричневый до черного. Белая до бледно-желтой	5,5-6	4,0-4,1	В кислотах не раствор. Уплощенная форма кристаллов, цвет и ассоциация	Рутил	Анатаз, титанит, адуляр, рутил, ильменит	Жилы альпийского типа, акцессорный минерал метаморфических пород
* **Рутил** TiO_2	Тетрагональная, призматические и игольчатые кристаллы, коленчатые двойники и зернистые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. Раковистый, неровный	Светло-желтый, красновато-бурый до черного (*нигрин*). Светло-желтая до бледно-коричневой	6-6,5	4,2-4,3	В кислотах не раствор. Широко распространен. Форма кристаллов, твердость	Кассиterит, циркон, турмалин	Апатит, ильменит, брукит, гематит	В апатитовых жилах и гнездах, в основных изверженных и метаморфических породах и кварцевых жилах

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х **Касситерит** SnO_2	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые и колломорфные агрегаты (*деревянистое олово*)	Несов. по {110} и {100}. Полураковистый, неровный	Желтый, красновато-бурый до коричнево-черного. Белая до темно-бурой	6-7	6,8-7,0	Зерна при кипячении с цинком в HCl покрываются пленкой олова. Плотность, форма кристаллов	Рутил, циркон	Вольфрамит, касситерит, висмутин, арсенопирит, шеелит	В кварцевых и пегматитовых жилах, грейзенах, скарнах, кислых магматических породах и россыпях
* **Циркон** $Zr\,[SiO]_4$	Тетрагональная, обычно призматические или дипирамидальные кристаллы, иногда метамиктные	Несов. по {110} и {111}. Раковистый	Желтый (*жаргон*), желто-бурый, красный (*гиацинт*), красно-коричневый. Белая до светло-желтой	7-7,5	3,9-4,6	Слабо разлагается в конц. H_2SO_4. Преимущественно в кристаллах, люминесцирует в УФ-лучах, иногда радиоактивен	Рутил, касситерит, монацит	Монацит, ксенотим, титанит, алланит, аннит, ильменит	Акцессорный минерал кислых и щелочных изверженных пород и их пегматитов, россыпи
Х **Алмаз** C	Кубическая, округлые кристаллы, зернистые сростки (*борт, баллас, карбонадо*)	Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый	Бесцветный, голубой, желтый, зеленый, розовый, коричневый до черного. Белая	10	3,5-3,6	В кислотах не растворяется. Форма кристаллов, блеск, ассоциация, люминесценция в УФ и рентгеновских лучах	Лонсдейлит, муассанит	Пироп, гейкелит, хромдиопсид, форстерит, флогопит	Кимберлитовые и лампроитовые трубки взрыва, россыпи

Таблица 4

4. Минералы со стеклянным блеском.
Прозрачные в той или иной степени.
Черта чаще белая, реже светлоокрашенная, минерал белеет в том месте, с которого получена черта

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твердость	Плотность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минералы	Сопутствующие минералы	Условия нахождения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.1. Черта имеет отчетливую окраску: Цвет минерала аналогичен цвету									
* **Вивианит** $Fe_3(PO_4)_2 \times \times 8H_2O$	Моноклинная, землистые агрегаты, конкреции, стяжения, призматические до игольчатых кристаллы	Сов. по {010} в одном направл. Неровный	Свежий - бесцветный, на воздухе быстро синеет до сине-черного. Голубоватая до синей	1,5-2	2,68	Легко раствор. в кислотах. Окраска и приуроченность к органическим остаткам	Анапаит, фосфаты железа и марганца		Осадочные железорудные м-ния, торфяники
* **Эритрин** $Co_3(AsO_4)_2 \times \times 8H_2O$	Моноклинная, землистые агрегаты, выцветы, налеты, призматические и игольчатые кристаллы	Сов. по {010} в одном направл. Неровный	Малиново-красный, персиково-красный, бледно-розовый. Бледно-розовая, розовая	1,5-2,5	3,0-3,1	Раствор. в кислотах, окрашивая раствор в розовый цвет. Окраска и развитие по арсенидам и сульфоарсенидам	Родохрозит	Кобальтин, сафлорит, скуттерудит, аннабергит, кальцит	Зона окисления арсенидных и сульфоарсенидных м-ний кобальта и никеля

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Глауконит** $K(Fe^{+3}Mg)\times[AlSi_3O_{10}]\times\times(OH)_2$	Моноклинная, землистые массы, червеобразные и шаровидные мелкие стяжения	В. сов. по {001}	Зеленый, зеленовато-бурый до зеленовато-черного. Зеленая	2-3	2,4-3	Разлагается в HCl с образованием скелета SiO_2. Цвет, форма выд. и парагенезис	Хлориты, селадонит	Селадонит, слоистые силикаты	В осадочных терригенных горных породах и почвах
* **Аннабергит** $Ni_3(AsO_4)_2\times\times8H_2O$	Моноклинная, землистые агрегаты, выцветы, налеты, призматические и игольчатые кристаллы	Сов. по {010}. Неровный	Яблочно-зеленый, грязно-зеленый до белого. Бледно-зеленая до белой	2,5-3	3,0-3,2	Раствор. в кислотах, окрашивая раствор в нежно-зеленый цвет. Окраска и развитие по арсенидам и сульфоарсенидам никеля	Моренозит	Симплезит, моренозит, малахит, адамин, эритрин	Зона окисления арсенидных и сульфоарсенидных м-ний кобальта и никеля
* **Малахит** $Cu_2(CO_3)(OH)_2$	Моноклинная, натечные, почковидные и радиально-лучистые агрегаты, редко призматические кристаллы	Сов. по {201} и {010}. Неровный раковистый	Ярко-зеленый, темно-зеленый до черно-зеленого. Бледно-зеленая	3,5	4,0-4,1	Легко раствор. в кислотах с выделением CO_2. Широко распространен, положительная реакция на CO_2	Атакамит, адамин	Медь, куприт, азурит, хризоколла	Зона окисления медных м-ний
* **Азурит** $Cu_3(CO_3)_2\times\times(OH)_2$	Моноклинная, зернистые и землистые агрегаты и таблитчатые кристаллы	Сов. по {001} ясная по {100}. Раковистый	Лазурно-синий до темно-синего, голубой в землистых агрегатах. Голубая	3,5-4	3,7-3,9	Легко раствор. в кислотах с выд. CO_2. Окраска, форма кристаллов и ассоциация	Линарит	Малахит, куприт, тенорит, кальцит, хризоколла	Зона окисления медных м-ний

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х **Людвигит** $(Mg,Fe)_2Fe^{+3}\times$ $\times [BO_3]O_2$	Ромбическая, шестоватые и тонкоигольчатые агрегаты, сплошные зернистые массы	Неровный, занозистый	Темно-зеленый до черного. Зеленовато-серая, серая	5	3,6-4,7	Раствор. в кислотах. Форма выделения, ассоциация	Шерл, геденбергит	Гумит, форстерит, диопсид, магнетит	Контактово-метасоматические м-ния
Х **Лазурит** $Ca_2Na_6\times$ $\times[AlSiO_4]_6\times$ $\times(SO_4,S_2)_2$	Кубическая, зернистые агрегаты, редко ромбододекаэдрические кристаллы	Несов. по {110}. Неровный	Голубой, ярко-синий, сине-фиолетовый, темно-синий. Голубая	5,5-6	2,4-2,5	Раствор. в кислотах с выд. студенистого кремнезема и сероводорода. Цвет, ассоциация	Содалит, вишневит, нозеан	Кальцит, диопсид, скаполит, пирит	Контакт щелочных изверженных пород и известняков
4.2. Черта имеет зеленоватый или сероватый оттенок, выраженный неясно. Преобладающая окраска минералов зеленая, темно-зеленая, черная									
* **Шамозит** $(Fe_5Al)\times$ $\times[Al\ Si^3{}_8O_{10}]\times$ $\times(OH)_8$	Моноклинная, листоватые, мелко- и тонкочешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001}	Темно-зеленый до черного. Серо-зеленая	2,5-3	3,0-3,4	Раствор. в HCl с выд. студенистого SiO_2. Форма выд., цвет, сплавляется в черное стекло	Гринналит	Сидерит, пирит, марказит	Осадочные железорудные м-ния
* Биотит $K(Mg,Fe)_3\times$ $\times[AlSi_3O_{10}]$ $(OH)_2$ Промежуточный член ряда флогопит—аннит	Моноклинная, чешуйчатые и пластинчатые агрегаты, столбчатые и пластинчатые кристаллы	В. сов. по {001} в одном направл.	Черный с зеленоватым, красноватым или золотистым оттенком. Коричневая	2-3	3,0-3,1	Разлагается в H_2SO_4 с образованием скелета SiO_2. Цвет, упругость листочков и ассоциация	Аннит, флогопит	Полевые шпаты, титанит, циркон, кварц	Кислые и средние магматические горные породы и их пегматиты, метаморфические породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
***Паргасит** $NaCa_2(Mg_4Al)\times$ $\times[Al_2Si_6O_{22}]\times$ $\times(OH)_2$	Моноклинная, шестоватые и зернистые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный	Светло-зеленый, серо-зеленый до зеленовато-черного. Зеленовато-серая	5-6	3,0-3,2	В кислотах не раствор. Цвет, ассоциация и оптические константы	Гастингсит	Кальцит, доломит, форстерит, диопсид, флогопит	Метаморфизованные карбонатизированные ультраосновные породы, скарны, эклогиты
***Гастингсит** $NaCa_2(Fe_4^{2+}Fe^{3+})\times$ $\times[Al_2Si_6O_{22}]\times$ $\times(OH)_2$	Моноклинная, шестоватые и зернистые агрегаты, несовершенные кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124° Неровный	Зеленовато-коричневый, коричневый до зеленовато-черного. Серо-зеленая	5-6	3,1-3,3	В кислотах не раствор. Цвет, ассоциация и оптические константы	Паргасит	Пироксен, форстерит, плагиоклаз, ильменит, апатит	Основные магматические, метаморфические и метасоматические породы
* Гиперстен $(Fe,Mg)_2[Si_2O_6]$ Обогащенный железом энстатит	Ромбическая, плотные зернистые агрегаты, пластинчатые срастания с клинопироксенами	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный	Темно-зеленый, серовато-черный, томпаково-бурый. Серая, коричневато-серая	5-6	3,4-3,7	Частично раствор. в HCl. Сплавляется в черную эмаль Форма зерен, угол между плоскостями спайности	Энстатит, бронзит	Авгит, салит, плагиоклаз, гастингсит, магнетит, биотит	Породообразующий минерал магматических и метамофических пород
* **Арфведсонит** $NaNa_2(Fe_4Fe)_4\times$ $\times[Si_8O_{22}](OH)_2$	Моноклинная, радиально-лучистые, шестоватые агрегаты; призматические и игольчатые кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный, занозистый	Зеленый, зеленовато-черный, черный. Зеленовато-серая, голубовато-серая	5,5-6	3,0-3,5	В кислотах не раствор. Легко плавится в магнитное стекло Форма зерен, окраска, спайность, ассоциация	Гастингсит, эгирин	Эгирин, гастингсит, куммингтонит, микроклин, плагиоклаз	Щелочные изверженные породы и их пегматиты, щелочные граниты, карбонатиты, метасоматиты

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Авгит $(Ca,Na)\times\times(Mg,Fe,Al,Ti)\times\times[(Si,Al)_2O_6]$ Разновидность диопсида	Моноклинная, сплошные зернистые массы, короткопризматические кристаллы	Сов. по {110} и отдельность по {100}. Раковистый, неровный	Зеленый, черно-зеленый до черного. Зеленовато-бурая	5,5-6	3,2-3,6	Частично разлагается в HCl. По форме кристаллов в эффузивах или оптически	Диопсид	Плагиоклаз, оливин, магнетит, пижонит	Породообразующий минерал магматических пород, в гнейсах и кварцитах
*Актинолит $Ca_2(Mg,Fe^{2+})_5\times\times[Si_8O_{22}](OH)_2$ железистый тремолит	Моноклинная, шестоватые, тонколучистые и волокнистые (*асбест*) агрегаты, плотные массы - *нефрит*	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный, занозистый	Зеленый, серовато-зеленый, голубовато-зеленый. Белая до бледно-зеленой	5-6	3,1-3,2	В кислотах не раствор. Плавится с трудом в серо-зеленоватое стекло. Окраска, форма кристаллов и ассоциация	Тремолит, эпидот, турмалин	Альбит, эпидот, клинохлор, кальцит, доломит, глаукофан	Породообразующий минерал зеленосланцевой фации метаморфизма
***Алланит-(Ce)** (ортит) $CaCeFe^{2+}Al_2\times\times[SiO_4][Si_2O_7]\times\times O(OH)$	Моноклинная, сливные агрегаты, пластинчатые, досковидные кристаллы	Отсутствует. Неровный, раковистый	Темно-зеленый, смоляно-черный, светло-коричневый. Серая, светло-зеленая	5,5-6	3,3-4,2	Раствор. в HCl с выд. порошковатого SiO_2. Нередко радиоактивен. Форма кристаллов, цвет, радиоактивность.	Меланит, стенструпин	Альбит, апатит, флюорит, аннит, гастингсит, магнетит	Акцессорный минерал гранитов и сиенитов, их пегматитов, карбонатиты
* **Диопсид** $CaMg[Si_2O_6]$	Моноклинная, зернистые, шестоватые и радиально-лучистые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88˚, отдельность по {100}. Неровный	Светло-зеленый, серо-фиолетовый, розовый, белый. Белая до бледно-зеленой	5,5-6	3,2-3,4	Слабо раствор. в HCl. Форма кристаллов и окраска	Геденбергит, гиперстен	Кальцит, флогопит, апатит, магнетит, клинохлор, шпинель	Породообразующий минерал магматических пород, их пегматитов, метаморфических пород, скарнов

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Геденбергит** $CaFe[Si_2O_6]$	Моноклинная, крупношестоватые и радиально-лучистые агрегаты, иногда зонально-концентрические	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°, отдельность по {100}. Неровный	Темно-зеленый до черно-зеленого. Светло-серая с зеленоватым оттенком	5,5-6,5	3,4-3,6	Частично разлагается в HCl. Легко сплавляется в черный магнитный шарик. Спайность и ассоциация	Людвигит, шерл	Фаялит, магнетит, кварц, ильваит, полевые шпаты	Породообразующий минерал оливинсодержащих сиенитов, железистых кварцитов, скарнов
* **Глаукофан** $Na_2Mg_3Al_2 \times \times [Si_4O_{11}]_2 \times \times (OH)_2$	Моноклинная, шестоватые и волокнистые (*асбест*) агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Занозистый, неровный	Серо-синий, ярко-синий, голубовато-черный. Голубовато-серая	6-6,5	3,0-3,3	В кислотах не раствор. Окраска и нахождение в метаморфических породах	Рибекит, рихтерит	Эпидот, альмандин, альбит, лавсонит, пумпеллиит	Кристаллические сланцы, эклогиты, метасоматиты
* **Эгирин** $NaFe[Si_2O_6]$	Моноклинная, радиально-лучистые, спутанно-волокнистые агрегаты, реже игольчатые кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Занозистый, неровный	Светло-зеленый, зеленовато-черный до черного. Светло-зеленая	6-6,5	3,4-3,7	В кислотах не раствор. Форма кристаллов, окраска, спайность, ассоциация	Арфведсонит, энигманит	Полевые шпаты, нефелин, корунд, магнетит	Кислые и щелочные породы, их пегматиты, железистые кварциты, гидротермалиты
* **Жадеит** $NaAl[Si_2O_6]$	Моноклинная, плотные агрегаты спутанно-волокнистого строения, зернистые массы	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный до занозистого	Белый, серый, зеленовато-серый, зеленый, синий. Белая	6-6,5	3,1-3,4	В кислотах не раствор. Форма выд., окраска, высокая вязкость	Нефрит	Альбит, кварц, анальцим, натролит, эпидот, цоизит	Метаморфические породы, контактово-метасоматические тела, ультраосновные породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
***Хлоритоид** $FeAl_2[SiO_4]O\times\times(OH)_2$	Моноклинная, чешуйчатые агрегаты, плохо ограненные порфиробласты	Сов. по {001} в одном направл. Неровный	Темно-зеленый, зеленовато-черный. Светло-зеленая, зеленовато-серая	6,5	3,5-3,6	Разлагается в H_2SO_4. Сплавляется в черное слабомагнитное стекло. Высокая твердость и плотность, ассоциация	Клинохлор, клинтонит	Биотит, альмандин, кварц, мусковит, ильменит, эпидот	Метаморфические породы, роговики, кварцевые жилы
* **Фаялит** $Fe_2[SiO_4]$	Ромбическая, зернистые агрегаты, редко призматические кристаллы	Ясная по {100}, {010}. Раковистый, неровный	Темно-зеленый до черного, темно-бурый. Зеленовато-серая	6-6,5	4,39	Раствор. в HCl с выд. студенистого SiO_2. Сплавляется в магнитный шарик. Цвет, твердость, ассоциация	Оливин	Флогопит, шорломит, перовскит, апатит, мелилит	Кислые и щелочные породы, их пегматиты, железорудные скарны, карбонатиты
*Оливин $(Fe,Mg)_2[SiO_4]$ Промежуточный член ряда форстерит—фаялит	Ромбическая, зернистые агрегаты, редко призматические кристаллы	Ясная по {100}, {010}. Раковистый, неровный	Оливково-зеленый, травянисто-зеленый. Бледная зеленовато-серая	6,5-7	3,6-4,1	Раствор. в кислотах с выд. студенистого SiO_2. Цвет, твердость, ассоциация	Гиперстен, авгит	Хромит, серпентин, диопсид, энстатит, магнетит	Ультраосновные и основные породы, кимберлиты
* **Шерл** $NaFe^{2+}{}_3Al_6\times\times[Si_6O_{18}]\times\times(BO_3)_3(OH)_4$	Тригональная, шестоватые, радиально-лучистые, зернистые агрегаты; призматические кристаллы	Отсутствует. Раковистый, неровный	Зеленовато-черный, черный. Зеленовато-серая, серая	7-7,5	2,9-3,2	В кислотах не раствор. Легко сплавляется в тем-но-коричне-вую эмаль. Форма попе-речного сече-ния, твердость	Эгирин, людвигит	Кордиерит, кварц, ортоклаз, биотит, апатит, магнетит	Кислые и щелочные изверженные и метаморфические породы и их пегматиты, грейзены, кварцевые жилы, скарны

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			4.3. Черта		**белая**				
			Твердость		**1 - 3**				
* **Тальк** $Mg_3[Si_4O_{10}] \times \times (OH)_2$	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые и скрытокристаллические (*стеатит*) агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл. Неровный	Бледно-зеленый, белый с желтоватым или розоватым оттенком	1	2,7-2,8	В кислотах не раствор. Твердость, жирный на ощупь	Пирофиллит, каолинит	Тремолит, флогопит, серпентин, доломит, гематит	Гидротермально измененные ультраосновные породы и контактово-измененные карбонатные породы
* **Пирофиллит** $Al_2[Si_4O_{10}]\times \times (OH)_2$	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые и скрытокристаллические (*агальматолит*) агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл. Неровный	Белый, светло-зеленый, буроватый, красноватый	1-1,5	2,7-2,9	Раствор. в кислотах. Твердость, жирный на ощупь, ассоциация	Тальк, каолинит	Каолинит, монтмориллонит, хлорит, кварц	В метаморфических породах, во вторичных кварцитах и кварцевых жилах
* **Нонтронит** $Na_{0.33}Fe^{3+}_2\times \times [(Si,Al)_4O_{10}] \times \times (OH)_2 \times nH_2O$	Моноклинная, пластинчатые и землистые агрегаты	В. сов. по {001}. Неровный	Желтовато-зеленый до буро-зеленого и темно-бурого	1-2	2,3-2,5	Раствор. в кислотах. Окраска и условия нахождения	Сапонит, монтмориллонит	Монтмориллонит, магнезит, арагонит, кварц	Кора выветривания ультраосновных пород
***Монтмориллонит** $(Na_{0,33} \cdot nH_2O)\times \times (Al_{1.67}\ Mg_{0.33})\times \times [Si_4O_{10}](OH)_2$	Моноклинная, землистые агрегаты	В. сов.по {001}. Ровный	Белый, розовый, красный	1-2	2,1-2,3	Раствор. в кислотах. Жирный на ощупь, сильно разбухает в воде, становится пластичным	Каолинит, галлуазит	Иллит, хлорит, каолинит, галлуазит, палыгор-скит, се-пиолит	Кора выветривания вулканических пород, продукты изменения околорудных пород, почвы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Гипс** $Ca(SO_4)\times 2H_2O$	Моноклинная, зернистые, волокнистые (*селенит*) агрегаты	Сов. по {010} в одном направл. Ясная по {100}. Ровный, до занозистого	Бесцветный, белый, голубоватый, розовый, желтый, оранжевый	2	2,3	Слабо раствор. в воде, растворяется в HCl. Спайность, твердость, отсутствие реакции на CO_2	Брушит, бобьерит	Ангидрит, сера, арагонит, кальцит, кварц	Хемогенные осадочные породы, зона окисления сульфидных м-ний, кварцевые жилы и фумаролы
* **Сильвин** KCl	Кубическая, зернистые, землистые, волокнистые, шестоватые агрегаты, натеки, выцветы	Сов. по {100} в трех направл. Раковистый	Бесцветный, белый, голубой, желтый, красный	2	1,993	Раствор. в воде. Окрашивает пламя в фиолетовый цвет. Пластичен, вкус горьковатосоленый	Галит	Ангидрит, галит, кизерит, карналит, каинит, эпсомит, полигалит	Соляные залежи морского происхождения, выцветы на почве, вулканические продукты
* **Галит** NaCl	Кубическая, зернистые агрегаты, сталактиты	Сов. по {100} в трех направл. Раковистый	Бесцветный, белый, синий, желтый, красный	2-2,5	2,2	Легко раствор. в воде. Окрашивает пламя в желтый цвет. Спайность, соленый вкус, ассоциация	Сильвин	Сильвин, карналит, лангбейнит, гипс, ангидрит, полигалит	Соляные залежи, солончаки
* **Каолинит** $Al_2[Si_2O_5]\times$ $\times (OH)_4$	Триклинная, тонкочешуйчатые, землистые агрегаты	В. сов. по {001}. Плоскораковистый	Белый, серый, бурый	2-2,5	2,6-2,7	В кислотах не раствор. С водой становится пластичным. Окраска, высокая пластичность, мылкий на ощупь	Монтмориллонит, галлуазит	Монтмориллонит, галлуазит, иллит, полыгорскит, сепиолит	Кора выветривания кислых пород

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
***Галлуазит** $Al_2[Si_2O_5] \times \times (OH)_4 \cdot 2H_2O$	Моноклинная, землистые, плотные агрегаты	В. сов. по {001}. Плоскораковистый	Белый, голубоватый, бурый	2	2-2,2	В кислотах не раствор. Генезис и специальные методы	Каолинит, монтмориллонит	Каолинит, бейделлит, иллит, монтмориллонит	Кора выветривания кислых пород и гидротермальные жилы
* **Флогопит** $KMg_3 \times$??? $\times [AlSi_3O_{10}] \times \times (OH)_2$	Моноклинная, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл.	Бесцветный, буровато-желтый, красновато-коричневый	2-2,5	2,8-3,0	Разлагается в концентрированной H_2SO_4 Ассоциация	Биотит	Диопсид, форстерит, шпинель, гиалофан, гумит, апатит	Перидотиты, кимберлиты, контактово-метасоматические породы и метаморфизованные карбонатные толщи
* **Карналлит** $KMgCl_3 \times 6H_2O$	Ромбическая, зернистые агрегаты, смеси с галитом, волокнистые образования	Раковистый	Бесцветный, розовый, желтый, красный, бурый	2,5	1,6	Легко раствор. в воде, сорбируя ее из атмосферы. Вкус горький, жгучий.	Галит, сильвин	Галит, сильвин, ангидрит, кизерит, каинит, эпсомит	В залежах калийных солей
* **Криолит** Na_3AlF_6	Моноклинная, зернистые агрегаты	Отдельность по {001} и {110}. Неровный	Бесцветный, белый, сероватый, грязно-бурый	2,5	2,96	Раствор. в кислотах. Легко плавится, окрашивая пламя в желтый цвет	Хиолит, флюорит	Томсенолит, колумбит, пирохлор, топаз, рибекит, альбит, герксутит	Акцессорный минерал щелочных гранитов и пегматитов
* **Гиббсит** (гидраргиллит) $Al(OH)_3$	Моноклинная, землистые агрегаты, червеобразные выд., оолиты, натечные образования	В. сов. по {001} в одном направл. Ровный, раковистый	Бесцветный, белый, сероватый	2,5-3	2,3-2,4	Легко раствор. в горячих щелочах и H_2SO_4. Спайность, форма выд., ассоциация	Бёмит, брусит, норстрандит	Каолинит, галлуазит, аллофан, нефелин	Бокситы, щелочные породы как продукт изменения натролита и нефелина

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Брусит** $Mg(OH)_2$	Тригональная, чешуйчатые, волокнистые (немалит) агрегаты, натечные выделения, сфероиды	В. сов. по {0001} в одном направл. Чешуйчатый до занозистого	Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый, зеленоватый, голубоватый	2,5	2,4	Легко раствор. в кислотах. В пламени паяльной трубки не плавится. Растворимость в HCl	Гипс, гиббсит	Серпентины, периклаз, доломит, арагонит, тальк, гидромагнезит	Метаморфизованные доломиты, мраморы, серпентиниты, известковые скарны
* **Хризотил** $Mg_3[Si_2O_5] \times \times (OH)_4$	Моноклинная, волокнистые и параллельно-шестоватые (*асбест*), плотные агрегаты	В. сов. по {001}. Ровный до раковистого и занозистого	Белый, желтоватый, зеленый разных оттенков	2,5	2,55	Раствор. в HCl с образованием волокнистого скелета. Форма выд., окраска, ассоциация	Лизардит, амфиболы, Ni - хлориты	Лизардит, антигорит, тальк, магнетит, брусит, гидромагнезит	Гидротермально измененные гипербазиты и контак-тово-измененные карбонатно-магнезиальные породы
Лизардит $Mg_3[Si_2O_5]\square \times \times (OH)_4$	Моноклинная, тонкозернистые агрегаты	В. сов. по {001}. Ровный до раковистого и занозистого	Зеленый, желтовато-зеленый, темно-зеленый	2,5	2,55	Раствор. в HCl с образованием порошковатого SiO_2. Высокая распространенность	Хризотил, Ni-хлориты, Ni-монтмориллониты	Хризотил, актинолит, тальк, магнетит, брусит, гидромагнезит	Гидротермально измененные гипербазиты и контактово-измененные карбонатно-магнезиальные породы
***Халькантит** $Cu(SO_4) \times 5H_2O$	Триклинная, пластинчатые и зернистые агрегаты, натечные образования	Несов. по {110}. Раковистый	Небесно-голубой до ярко-синего	2,5	2,1-2,3	Легко раствор. в воде. Вкус металлический, вяжущий. Окраска и условия нахождения	Пизанит	Меланте-рит, пикеренгит, алуноген, копиапит	Зона окисления медно-колчеданных м-ний

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Клинохлор $Mg_5Al[AlSi_3\times\times O_{10}](OH)_8$	Моноклинная, таблитчатые, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл.	Белый, серый (*лейхтенбергит*), зеленый, фиолетовый (*кеммерерит*)	2,5	2,6-2,8	Раствор. при кипячении в H_2SO_4. Окраска, спайность, чешуйки неупругие	Хлориты, мусковит	Магнетит, перовскит, гранат, эпидот, везувиан, титанит	Метаморфические породы фации зеленых сланцев, скарны, измененные ультраосновные породы
* **Мусковит** $KAl_2[AlSi_3O_{10}]\times\times(OH)_2$	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые агрегаты, короткостолбчатые кристаллы	В. сов. по {001} в одном направл., несов. по {110} и {010}	Бесцветный, белый, зеленый, изумрудно-зеленый (*фуксит*)	2,5-3	2,8-3,1	В кислотах не раствор. Ассоциация	Лепидолит, цинвальдит, парагонит	Кварц, полевые шпаты, хлорит, доломит	Кислые изверженные и метаморфические породы, пегматиты, грейзены
* **Парагонит** $NaAl_2\times\times[AlSi_3O_{10}]\times\times(OH)_2$	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл.	Бесцветный, белый, зеленовато-белый	2,5-3	2,9	В кислотах не раствор.	Мусковит	Амфибол, альмандин, плагиоклазы, кианит	Метаморфические породы богатые Na
Трилитионит $K(Li_{1,5}Al_{1,5})\times\times[Si_3O_{10}]F_2$ Лепидолит $K(Li,Al)_3\times\times[AlSi_3O_{10}]F_2$	Моноклинная, таблитчатые, чешуйчатые, скорлуповатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл.	Белый, розовато-фиолетовый, персиково-красный	2-3 до 4	2,8-2,9	В кислотах не раствор. Цвет, характер ассоциации	Мусковит	Сподумен, петалит, альбит, рубеллит, флюорит, топаз	Гранитные пегматиты и грейзены
Судоит (рипидолит, прохлорит) $Mg_2Al_3\times\times[AlSi_3O_{10}]\times\times(OH)_8$	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001}, в одном направл.	Белый, бледно-зеленый, зеленый	2-3	2,6-2,7	Частично разлагается кислотами. Цвет, спайность, ассоциация, гибкость	Клинохлор	Эпидот, альбит, актинолит, кварц, рутил, титанит	Зеленокаменные породы. Жилы альпийского типа

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гидроборацит $CaMg\times\times[B_3O_4(OH)_3]\times\times 3H_2O$	Моноклинная, грубово-локнистые, игольчатые, спутанно-волокнистые агрегаты	Сов. по {010}. Неровный, занозистый	Бесцветный,белый, розоватый, сероватый	2-3	2,17	Легко раствор. в кислотах. Форма выд., ассоциация	Улексит	Колеманит, иньоит, индерит, улексит, кальцит	Бороносные соляные залежи морского и озерного происхождения
* **Виллиомит** NaF	Кубическая, зернистые агрегаты	Сов. по {100} в трех направл. Раковистый, неровный	Карминово-красный, темно-вишневый	2-3	2,79	Легко раствор. в воде. Цвет, спайность, ассоциация	Флюорит	Эвколит, астрофиллит, содалит, ловчоррит, полевой шпат	Щелочные породы и их пегматиты
* **Амезит** $Mg_2Al[AlSiO_5]\times\times(OH)_4$	Триклинная, пластинчатые и чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл.	Белый, бледно-зеленый, фиолето-вый (*хром-амезит*)	2,5-3	2,7-2,8	Медленно раствор. в HCl. Спайность, форма выд., ассоциация	Клинохлор	Диаспор, рутил, магнетит, лейкоксен, миллерит	Измененные ультраосновные породы и метаморфические м -ния наждака
* **Англезит** $Pb(SO_4)$	Ромбическая, зернистые до плотных агрегаты, пористые массы, желваки, сталактиты	Сов. по {001} по {210} ясная. Неровный до раковистого	Бесцветный, белый, желтоватый, коричневатый	2,5-3	6,38	Медленно раствор. в HNO_3. Парагенезис, форма кристаллов	Церуссит	Церуссит, галенит, гетит, малахит, азурит	Зона окисления свинцовых м-ний
Циннвальдит $KLiFe^{2+}Al\times\times[AlSi_3O_{10}]\times\times(F,OH)_2$ Промежуточный член ряда сидерофиллит-политионит	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл.	Серый, буровато- или зеленовато-серый	2,5-3,5	2,9-3,2	В кислотах не раствор. Цвет. Тип ассоциации	Мусковит, лепидолит	Вольфрамит, шеелит, топаз, флюорит, турмалин, кварц	Грейзены и олововольфрамовые кварцевые жилы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Ссайбелиит** (ашарит) $Mg_2[B_2O_4(OH)]\times\times(OH)$	Моноклинная, землистые, спутанно-волокнистые агрегаты	Сов. по {110}. Неровный, раковистый	Белый, сероватый, желтоватый	3	2,65	Медленно раствор. в кислотах. Форма выд., ассоциация	Гидроборацит	Улексит, гидроборацит, пан-дермит, гипс	Скарны, хемогенные бороносные залежи, серпентиниты
			4.4. Черта Твердость		**белая. 3 - 5**				
* **Кальцит** $Ca(CO_3)$	Тригональная, хорошо образованные кристаллы, сталактиты, зернистые агрегаты	Сов. по $\{10\bar{1}1\}$ в трех направл. Раковистый	Бесцветный, белый, серый, голубой, розовый	3	2,72	Легко раствор. в кислотах с выд. CO_2. Штриховка полисинтетического двойникования	Арагонит	Кварц, доломит, флюорит, барит, сульфиды и арсениды	Карбонатные, кварц-карбонатные жилы, магматические, метаморфические и осадочные породы
* **Целестин** $Sr(SO_4)$	Ромбическая, чечевицеобразные кристаллы, пластинчато-волокнистые прожилки, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и {210} в трех направл. Неровный	Бледно-голубой, голубовато-серый, белый, красный	3-3,5	3,9-4,0	Слабо раствор. в кислотах. Голубая окраска, форма выд., спайность	Барит	Доломит, гипс, стронцианит, галит, галенит, сфалерит	Хемогенные осадочные толщи эвапоритов и кварцевые жилы
* **Барит** $Ba(SO_4)$	Ромбическая, пластинчатые и зернистые агрегаты, сферические конкреции	Сов. по {001} и {210} в трех направл. Неровный	Бесцветный, белый, голубоватый, желтый, красный	3-3,5	4,5	В кислотах не раствор. Форма кристаллов. Спайность, твердость, плотность	Целестин, ангидрит	Флюорит, кальцит, кварц, галенит, сфалерит, витерит	Гидротермальные жилы, желваки и конкреции осадочных пород

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
***Ангидрит** $Ca(SO_4)$	Ромбическая, хорошо образованные кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {010}, {100}, {001} в трех направл. Неровный	Бесцветный, белый, голубоватый, светло-сиреневый	3,5	2,98	Раствор. в кислотах. Спайность, отсутствие реакции на CO_2	Гипс, карбонаты	Гипс, кальцит, доломит, пирит и другие сульфиды	Хемогенные осадочные породы, гидротермальные жилы, колчеданные и скарновые м-ния
* **Бемит** AlO(OH)	Ромбическая, скрытокристаллические, землистые, фарфоровидные агрегаты	Сов. по {010}. Неровный до раковистого, иногда мелкозанозистый	Бесцветный, белый, желтый	3,5-4	3,0-3,1	В кислотах не раствор. Ассоциация, форма выд., спайность	Гиббсит	Гиббсит, диаспор, каолинит, гидроокислы Fe	Бокситы и продукты изменения фельдшпатоидов и натролита в щелочных пегматитах
* **Арагонит** $Ca(CO_3)$	Ромбическая, игольчатые и зернистые плотные агрегаты. Корки, натеки	Ясная по {010} Неровный	Бесцветный, белый, желтоватый, серый	3,5-4	2,9-3,0	Раствор. в кислотах с выд. CO_2. Форма кристаллов, ассоциация	Кальцит, доломит	Кальцит, магнезит, опал, гетит	Хемогенные и биогенные осадки, кора выветривания ультраосновных пород
* **Доломит** $CaMg(CO_3)_2$	Тригональная, грубозернистые, тонкозернистые агрегаты	Сов. по $\{10\bar{1}1\}$ в трех направл. Неровный	Бесцветный, белый, желтый, буроватый	3,5-4	2,8-3,0	Медленно раствор. в HCl. Характер двойникования, ассоциация, спайность	Кальцит, магнезит	Сидерит, кальцит, кварц, арсениды, Co и Ni, магнезит	Хемогенные осадочные породы, кварц-карбонатные жилы и измененные ультраосновные породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х **Алунит** $KAl_3(SO_4)_2\times(OH)_6$	Тригональная, мелкозернистые, скрытокристаллические плотные агрегаты	Сов. по {0001}. Неровный	Белый, желтоватый, серый	3,5-4	2,6-2,9	Медленно раствор. в разбавленной H_2SO_4. Точная диагностика осуществляется оптически	Каолинит, зуниит	Гиббсит, каолинит, гипс, кварц, галлуазит	Измененные вулканогенные породы, зона гипергенеза осадочных толщ
* **Скородит** $Fe(AsO_4)\times2H_2O$	Ромбическая, плотные, шлакоподобные массы, корки, желваки, землистые скопления	Несов. по {201}. Раковистый, неровный	Серовато-зеленый, яблочно-зеленый, буровато-серый	3,5-4	3,3	Раствор. в HCl. Вторичный по арсенопириту Окраска, приуроченность к зоне окисления сульфоарсенидов	Манс-фильдит, халько-сидерит	Фармако-сидерит, бедантит, вивианит, гетит, гипс	Зона окисления сульфидных м-ний
* **Сидерит** $Fe(CO_3)$	Тригональная, зернистые и землистые агрегаты. Оолиты, конкреции	Сов. по $\{10\bar{1}1\}$ в трех направл. Неровный	Желтовато-серый, горохово-желтый, желтовато-бурый	3,5-4,5	3,9-4,0	Раствор. в HCl с выд. CO_2. Цвет, спайность, твердость	Анкерит	Доломит, гетит, пирротин, марказит, кварц	Хемогенные осадочные породы и кварц-карбонатные жилы
* **Родохрозит** $Mn(CO_3)$	Тригональная, зернистые агрегаты	Сов. по $\{10\bar{1}1\}$ в трех направл. Неровный	Розовый, темно-красный, желтовато-серый	3,5-4,5	3,6-3,7	Раствор. в HCl с выд. CO_2. Твердость, пленка гидроокислов и окислов Mn	Родонит, кальцит	Кварц, арсенопирит, сфалерит, галенит, родонит, спессартин	Гидротермальные жилы, контактово-метаморфические м-ния и осадочные толщи

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
***Маргарит** $CaAl_2\times$ $\times[Al_2Si_2O_{10}]\times$ $\times(OH)_2$	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые агрегаты	Сов. по {001} в одном направл. Неровный	Жемчужно-белый с сероватым, розоватым, желтоватым оттенками	3,5-4,5	3,0-3,1	С трудом раствор. в H_2SO_4. Парагенезис, блеск, твердость	Клинтонит	Парагонит, хлоритоид, графит, эпидот, наждак, диаспор	Кристаллические сланцы, наждаки и слюдиты
* **Флюорит** CaF_2	Кубическая, зернистые и землистые (*ратовкит*) агрегаты	Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый, неровный	Бесцветный, зеленый, фиолетовый, голубой. синевато-черный	4	3,18	Раствор. в концентрированной H_2SO_4 с выд. HF. Отсутствие реакции на CO_2	Криолит, карбонаты	Кварц, берилл, турмалин, касситерит, вольфрамит, топаз, халцедон	Грейзены, скарны, гидротермальные и пегматитовые жилы
* **Магнезит** $Mg(CO_3)$	Тригональная, зернистые, фарфоровидные, мелоподобные агрегаты	Сов. по $\{10\bar{1}1\}$ в трех направл. Раковистый	Бесцветный, белый, желтый, серый	4-4,5	3,0-3,1	Раствор. в HCl при нагревании с выд. CO_2. Форма выд.	Кальцит, доломит	Опал, арагонит, лимонит, доломит, кальцит, барит	Коры выветривания ультраосновных пород и гидротермально-метамофические залежи
* **Ксенотим** $Y(PO_4)$	Тетрагональная, зернистые агрегаты	Сов. по {100} в двух направл. Раковистый	Желтовато-бурый, красный, серый	4-5	4,4-5,1	В кислотах не раствор. Твердость, форма кристаллов, ассоциация	Циркон, касситерит	Монацит, циркон, уранинит, колумбит, ильменит, кварц	Гранитные пегматиты, гидротермальные тела щелочных пород
* **Смитсонит** $Zn(CO_3)$	Тригональная, скорлуповатые, почковидные, натечные выделения	Сов. по $\{10\bar{1}1\}$. Неровный	Белый, желтовато-коричневый, зеленый, голубой	4-4,5	4,1-4,4	Раствор. в HCl с выд. CO_2. Форма выд., высокая плотность	Сферосидерит, родохрозит	Сфалерит, галенит, кальцит	Зона окисления сульфидных м-ний и метасоматические залежи по известнякам

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Волластонит** $Ca_3[Si_3O_9]$	Триклинная шестоватые, радиально-лучистые, тонковолокнистые, листоватые агрегаты	Сов. по {100}, средняя по {001}. Неровный	Белый, сероватый, желтоватый	4,5-5	2,8-2,9	Раствор. в HCl с выд. студенистого SiO_2. Спайность, окраска, ассоциация	Тремолит	Геденбергит, андрадит, датолит, аксинит, кассиterит, шеелит	Скарны, мраморизованные известняки и кальцифиры
* **Фторапатит** $Ca_5[PO_4]_3F$ апатит – (CaF)	Гексагональная, зернистые и колломорфные (*коллофан*) агрегаты, призматические и пластинчатые кристаллы	Ясная по {0001}. Раковистый, неровный	Бесцветный, белый, желтый, синий, фиолетовый, розовый	5	3,1-3,2	Раствор. в кислотах. Форма кристаллов, твердость	Берилл	Нефелин, эгирин, титанит, скаполит, форстерит, магнетит	Кислые и щелочные породы, карбонатиты и пегматиты.
* **Вишневит** $Na_8[AlSiO_4]_6\times$ $\times(SO_4)\cdot 2H_2O$	Гексагональная, зернистые агрегаты, реакционные каймы и псевдоморфозы по нефелину	Сов. по $\{10\bar{1}0\}$ в трех направл. Неровный, раковистый	Светло-голубой до голубовато-синего	5	2,3-2,4	Легко раствор. в HCl с выд. студенистого SiO_2. Окраска и ассоциация	Содалит, лазурит	Нефелин, полевые шпаты, эгирин, циркон, титанит	Позднемагматический в нефелиновых сиенитах и их пегматитах

4.5. Черта белая. Твердость 5-7

* **Канкринит** $Na_6Ca_2\times$ $\times[AlSiO_4]_6\times$ $\times(CO_3)_2\cdot 3H_2O$	Гексагональная, зернистые агрегаты, реакционные каймы по нефелину	Сов. по $\{10\bar{1}0\}$ в трех направл. Неровный	Белый, серый, желтый, красноватый	5-5,5	2,4-2,5	Раствор. в HCl с выд. CO_2 и студенистого SiO_2. Спайность, окраска	Нефелин, ортоклаз, микроклин	Нефелин, альбит, титанит, циркон, эгирин	Позднемагматический в нефелиновых сиенитах и их пегматитах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Монацит – (Ce) $Ce(PO_4)$	Моноклинная, таблитчатые кристаллы, реже зернистые агрегаты	Сов. по {100}, отдельность по {001}. Раковистый	Желтый, красно-коричневый, коричневый, иногда белый	5-5,5	5,0-5,2	С трудом разлагается кислотами. Форма кристаллов, твердость, плотность	Ксенотим, титанит	Ксенотим, алланит, уранинит, циртолит, биотит, молибденит	Акцессорный минерал гранитов, пегматитов, фенитов, грейзенов, гнейсов и жил альпийского типа
* **Натролит** $Na_2[Al_2Si_3O_{10}]\times$ $\times 2H_2O$	Ромбическая, призматические до игольчатых кристаллы; шестоватые, радиально-лучистые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. Неровный, раковистый	Бесцветный, белый, желтый, красный	5-5,5	2,2-2,3	Легко раствор. в HCl с выд. студенистого SiO_2. Спайность, форма выд., ассоциация	Томсонит	Анальцим, шабазит, сколецит, гейландит	Постмагматический минерал щелочных пород, их пегматитов; гидротермальный в жилах и миндалинах эффузивов
* **Титанит** (сфен) $CaTi[SiO_4]O$	Моноклинная, конвертообразные кристаллы; зернистые агрегаты	Сов. по {110}. Неровный до занозистого	Желтый, коричневый до черного, изумрудно-зеленый, белый	5-6	3,3-3,6	Раствор. в H_2SO_4. Форма кристаллов, окраска, спайность	Циркон, гранаты	Нефелин, канкринит, циркон, биотит, апатит, флогопит, диопсид	Первичный минерал щелочных пород и гранитов; встречается в скарнах, гнейсах, жилах альпийского типа
Бирюза $CuAl_6(PO_4)_4\times$ $\times(OH)_8\cdot 4H_2O$	Триклинная, плотные тонкозернистые агрегаты	Сов. по {001}. Мелкораковистый	Голубой, синевато-зеленый	5-6	2,6-2,8	С трудом раствор. в HCl. Окраска и форма выд.	Халькосидерит	Вавеллит, амблигонит, халцедон, каолинит, гетит	Кора выветривания фосфатсодержащих осадочных и вулканических горных пород

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Антофиллит $Mg_7[Si_8O_{22}] \times \times (OH)_2$	Ромбическая, лучистые, радиально-сноповидные, шестоватые, волокнистые (*асбест*) агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. Неровный	Бесцветный, серовато-зеленый, зеленовато-бурый	5,5-6	2,8-3,2	В кислотах не раствор. От других амфиболов отличается оптически; от хризотил-асбеста по ассоциации	Тремолит, жедрит	Энстатит, тальк, кордиерит, паргасит, плагиоклаз	Метаморфизованные ультрабазиты, магнезиальные скарны, регионально метаморфизованные породы
* **Тремолит** $Ca_2Mg_5 \times \times [Si_8O_{22}](OH)_2$	Моноклинная, шестоватые, волокнистые агрегаты, иногда призматические кристаллы	Сов. по {110} в двух направ. Плоскораковистый (*нефрит*)	Бесцветный, белый, светло-серый, светло-зеленый	5,5-6	3,0-3,1	В кислотах не раствор. От других амфиболов отличается оптически; от эпидота по спайности	Антофиллит, жедрит	Диопсид, форстерит, флогопит, скаполит, кварц, серпентин	Метаморфические и метасоматические породы, образовавшиеся по карбонатным и ультраосновным породам
* **Содалит** $Na_8[AlSiO_4]_6Cl_2$	Кубическая, зернистые агрегаты, псевдоморфозы по нефелину, ромбододекаэдрические кристаллы	Ясная по {110}. Неровный	Синий, серый, зеленоватый, розовый (*гакманит*)	5,5-6	2,1-2,3	Раствор. в HCl с выд. студенистого SiO_2. Спайность, окраска, ассоциация	Вишневит, лазурит, гаюин	Нефелин, канкринит, эгирин, микроклин, титанит, апатит	Щелочные породы и их пегматиты
* **Лейцит** $K[AlSi_2O_6]$	Тетрагональная, тетрагонтриоктаэдрические кристаллы, реже зернистые агрегаты	Отсутствует. Раковистый	Бесцветный, белый, серый	5,5-6	2,4-2,5	Раствор. в HCl с выд. порошковатого SiO_2. Форма выд. и условия нахождения	Анальцим	Ортоклаз, нефелин, санидин	Молодые щелочные вулканические породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мариалит $Na_4[AlSi_3O_8]_3Cl$	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые, шестоватые и сливные агрегаты	Сов. по {100}, несов. по {110}. Неровный	Бесцветный, белый, серый, желтоватый	5,5-6	2,6	В кислотах не раствор. Форма кристаллов, спайность, ассоциация	Мейонит, полевые шпаты	Диопсид, плагиоклаз, флогопит, апатит, волластонит	Метаморфические и контактово-метасоматические м-ния
Мейонит $Ca_4[Al_2Si_2O_8]_3\times\times(CO_3)$	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые, шестоватые и сливные агрегаты	Сов. по {100}, несов. по {110}. Неровный	Бесцветный, серый, грязно-зеленый, бурый	5,5-6	2,75	Частично раствор. в HCl с выд. геля SiO_2. Форма кристаллов, спайность, ассоциация	Мариалит, полевые шпаты	Флогопит, диопсид, апатит, кальцит, эпидот, гранат	Метаморфические и контактово-метасоматические м-ния
* **Нефелин** $KNa_3[AlSiO_4]_4$	Гексагональная, вкрапленники, зернистые массы; реже коротко-призматические кристаллы	Несов. по $\{10\bar{1}0\}$. Неровный	Желтый, красный, зеленый, бесцветный	5,5-6	2,6-2,7	Легко раствор. в кислотах с выд. геля SiO_2	Канкринит, кальсилит	Полевые шпаты, аннит, арфведсонит, эгирин, титанит, апатит	Щелочные магматические горные породы
* **Опал** $SiO_2\times nH_2O$	Аморфный; плотный, натечный	Отсутствует. Раковистый	Бесцветный, желтый, белый, зеленый, красный	5,5-6,5	1,9-2,2	Раствор. в HF. Форма выд. и условия нахождения	Аллофан	Магнезит, арагонит, нонтронит	Кора выветривания ультраосновных пород, в миндалинах эффузивов среднего и кислого состава

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Родонит** $CaMn_4[Si_5O_{15}]$	Триклинная, зернистые агрегаты, редко призматические кристаллы	Сов. по {100}, {010} и {001}. Неровный	Розовый, ярко-красный и коричнево-красный	5,5-6,5	3,4-3,8	Раствор. в HCl с выд. порошковатого SiO_2. Окраска, спайность, твердость и ассоциация	Родохрозит, пироксмангит	Тефроит, спессартин, пироксмангит, гиалофан, алабандин	Метаморфические горные породы и скарны
* **Ортоклаз** $K[AlSi_3O_8]$	Моноклинная, зернистые агрегаты, призматические и ромбоэдрические кристаллы	Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом 90°. Неровный	Серый, желтоватый, красноватый; иризирует (*лунный камень*)	6	2,6	В кислотах не раствор. Окраска, наличие пертитовых вростков, спайность	Микроклин, плагиоклазы	Кварц, слюды, силлиманит, ставролит, альмандин	Породообразующий в кислых и щелочных изверженных породах, их пегматитах и метаморфических породах
* **Микроклин** $K[AlSi_3O_8]$	Триклинная, зернистые агрегаты и призматические кристаллы	Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом 90°. Неровный	Серо-желтый, красный, зеленый (*амазонит*); иризирует (*лунный камень*).	6	2,6	В кислотах не раствор. Окраска, наличие пертитовых вростков, спайность	Ортоклаз, плагиоклазы	Кварц, слюды, апатит, титанит, циркон	В кислых и щелочных изверженных породах и их пегматитах
* **Альбит** $Na[AlSi_3O_8]$	Триклинная, зернистые агрегаты, призматические и пластинчатые кристаллы	Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом 90°. Неровный	Бесцветный, белый, зеленоватый, серый, иногда иризирует.	6	2,6	В кислотах не раствор. Окраска, полисинтетическое двойникование, ассоциация	Ортоклаз, мейонит, мариалит	Кварц, слюды, микроклин, пироксены, амфиболы	Породообразующий в изверженных породах, их пегматитах, метаморфических породах, жилах альпийского типа

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Анортит** $Ca[Al_2Si_2O_8]$	Триклинная, зернистые агрегаты, призматические и пластинчатые кристаллы	Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом 90°. Неровный	Бесцветный, белый, зеленоватый, серый, иногда иризирует	6	2,8	Раствор. в HCl с выд. геля SiO_2. Окраска, полисинтетическое двойникование, ассоциация	Ортоклаз, мейонит, мариалит	Пироксены, амфиболы	Породообразующий в основных и ультраосновных изверженных породах, высоко метаморфизованных породах
* **Цоизит** $Ca_2Al_3[SiO_4] \times$ $\times[Si_2O_7]O(OH)$	Ромбическая, зернистые агрегаты и призматические кристаллы	Сов. по {100} и несов. по {001}. Неровный	Белый, серый, зеленоватый, розовый (*тулит*), голубой (*танзанит*)	6	3,2-3,3	Раствор. в HCl после прокаливания с выд. геля SiO_2. Окраска	Клиноцоизит, эпидот	Альбит, эпидот, кальцит, серицит, кварц, рутил	Метаморфизованные основные породы и кварцевые жилы
* **Энстатит** $Mg_2[Si_2O_6]$	Ромбическая, зернистые агрегаты и призматические кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный	Белый, серый, желтоватый, зеленоватый, оливково-зеленый, бурый	6	3,2-3,3	В кислотах не раствор. Окраска, спайность, ассоциация	Диопсид, бронзит	Кианит, оливин, тальк, шпинель, флогопит, антофиллит	Породообразующий ультраосновных и основных магматических пород и кимберлитов
* **Кианит** $Al_2[SiO_4]O$	Триклинная, радиально-лучистые, шестоватые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {100}, ясная по {010}. Занозистый	Голубой, синий, серый, белый, зеленый, желтый	4,5-7	3,5-3,7	В кислотах не раствор. Окраска, форма выд., спайность	Силлиманит	Кварц, мусковит, хлоритоид, ставролит, альбит	Породообразующий в метаморфических породах и кварцевых жилах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Жадеит** $NaAl[Si_2O_6]$	Моноклинная, плотный, спутанно-волокнистый, реже зернистый	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный	Бесцветный, белый, зеленый, серый	6-6,5	3,3-3,4	В кислотах не раствор. Высокая прочность, форма выд., окраска	Нефрит, тремолит	Альбит, анальцим, натролит, тремолит, кварц, альмандин	В метаморфических и контактово-метасоматических м-ниях по гипербазитам
* **Клиноцоизит** $Ca_2Al_3[SiO_4]\times\times[Si_2O_7]O(OH)$	Моноклинная, зернистые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {001} и несов. по {100}. Неровный	Бесцветный, светло-серый, желтый, серовато-зеленый	6,5	3,3-3,4	После прокаливания раствор. в HCl с выд. студенистого SiO_2. Форма выд. и условия нахождения	Цоизит, эпидот	Альбит, кальцит, серицит, эпидот, пренит, титанит	Метаморфические основные породы и жилы альпийского типа
X **Поллуцит** $Cs_2\times\times[Al_2Si_4O_{12}]\times\times H_2O$	Кубическая, Зернистый	Отсутствует. Раковистый	Бесцветный, белый	6,5	2,9	С трудом раствор. в HCl с выд. порошковатого SiO_2. Форма выд. и условия нахождения	Кварц, чкаловит	Петалит, альбит, кварц, лепидолит, амблигонит	Литиевые пегматиты
# **Диаспор** AlO(OH)	Ромбическая, пластинчатые и чешуйчатые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {010} в одном направл.	Бесцветный, белый, желтовато-бурый, серый, розовый	6,5-7	3,3-3,5	В кислотах не раствор. Форма выд., спайность, ассоциация	Гиббсит	Пирофиллит, серицит, корунд, хлоритоид, зуниит, андалузит	Вторичные кварциты, метаморфические породы, жилы альпийского типа

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Везувиан** $Ca_{19}Al_{10}Mg_3\times\times[SiO_4]_{10}[Si_2O_7]_4\times\times(OH)_{10}$	Тетрагональная, зернистые и сливные агрегаты, призматические кристаллы	Несов. по {110} и {100}. Неровный, раковистый	Зеленый, желтый, бурый, серый, черно-бурый, фиолетовый	6,5	3,3-3,5	После прокаливания раствор. в HCl с выд. геля SiO_2. Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Гранаты, эпидот	Диопсид, гроссуляр, волластонит, эпидот, монтичеллит, флогопит, геленит	Скарны, родингиты, метасоматические породы по ультрабазитам, пегматиты и карбонатные жилы
*__Эпидот__ $Ca_2Al_3[SiO_4]\times\times[Si_2O_7]O(OH)$	Моноклинная, зернистые агрегаты, призматические и таблитчатые кристаллы	Сов. по {001} и несов. по {100}. Неровный	Желтовато-зеленый, темно-зеленый (*пушкинит*), коричневый, черный	6-7	3,3-3,5	После прокаливания раствор. в HCl с выд. геля SiO_2. Окраска, спайность, ассоциация	Везувиан, гранаты	Альбит, гастингсит, андрадит, везувиан, скаполит	Метаморфические основные породы, скарны и жилы альпийского типа
* **Силлиманит** $Al[AlSiO_5]$	Ромбическая, волокнистые агрегаты (*фибролит*), игольчатые кристаллы	Сов. по {010}. Неровный, занозистый	Бесцветный, белый, серый, бурый, зеленоватый	6,5-7,5	3,2	В кислотах не раствор. Форма выд. и условия нахождения	Кианит, тремолит	Андалузит, диаспор, корунд, кварц, кианит, ставролит, плагиоклаз	Метаморфические породы, вторичные кварциты, пегматиты и жилы альпийского типа
* **Форстерит** $Mg_2[SiO_4]$	Ромбическая, зернистые агрегаты, редко призматические и таблитчатые кристаллы	Ясная по {100} и {010}. Неровный	Белый, желтовато-зеленый, зеленоватый (*хризолит*), фиолетовый	6,5-7	3,2-3,6	Раствор. в HCl с выд. геля SiO_2. Форма выд., окраска, ассоциация	Гумит, апатит, пироксены	Диопсид, энстатит, хромит, лабрадор, перовскит, флогопит, пироп	Ультраосновные породы, кимберлиты, базальты, магнезиальные скарны

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* **Сподумен** $LiAl[Si_2O_6]$	Моноклинная, зернистые агрегаты и уплощенно-призматические кристаллы	Сов. по {110}в двух направл., отдельность по {100} и {010}. Раковистый	Белый, серый, розовый (*кунцит*), зеленый (*гидденит*), желтый	6,5-7	3,0-3,2	Слабо раствор. в HCl. Пламя окрашивает в алый цвет (Li). Форма выд., спайность, ассоциация	Микроклин, пироксены	Кварц, альбит, микроклин, лепидолит, эльбаит, поллуцит	Литиевые гранитные пегматиты
* **Гроссуляр** $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$	Кубическая, зернистые до сливных агрегаты, кристаллы простых форм {110} и {211}	Отсутствует, иногда отдельность по {110}. Раковистый, неровный	Белый, желтый, зеленый (*цаворит*-Cr), розовато-красный (*гессонит*)	6,5-7	3,2-3,8	В кислотах не раствор. Форма кристаллов, твердость, окраска	Спессартин, везувиан	Диопсид, волластонит, титанит, датолит, везувиан, скаполит	Скарны, метаморфизованные известняки.
* **Андрадит** $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$	Кубическая, зернистые до сливных агрегаты, кристаллы простых форм {110} и {211}	Отсутствует. Раковистый, неровный	Желтовато-бурый, зеленый (*деманоид*), бурый до черного (*меланит*)	6,5-7,5	3,5-4,1	После прокаливания разлагается в HCl с выд. геля SiO_2. Форма кристаллов, твердость, окраска	Везувиан, гроссуляр	Диопсид, геденбергит, эпидот, везувиан, актинолит	Скарны, кремнистые известняки, гидротермальные жилы в гипербазитах
* **Андалузит** $Al_2[SiO_4]O$	Ромбическая, зернистые и шестоватые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {110} по {100} до ясной. Неровный	Серый, желтый, бурый, розовый, красный, зеленый (*виридин*)	6,5-7,5	3,1-3,2	В кислотах не раствор. Форма кристаллов, твердость, окраска	Кианит, кордиерит	Кордиерит, силлиманит, ставролит	Метаморфические породы, роговики, вторичные кварциты и жилы альпийского типа

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Халцедон (тонковолокнистая разновидность кварца) SiO_2	Тонковолокнистые агрегаты, концентрически-полосчатый (*агат*), сталактиты	Отсутствует. Раковистый	Белый, серый, голубой, желтовато-красный (*сердолик*), зеленый (*хризопраз*)	6,5-7	2,55-2,64	Растворяется в HF. Форма выд., окраска, излом	Люссатин, кварцин	Кварц, кальцит, цеолиты	Миндалины эффузивных пород, кора выветривания гипербазитов, гидротермальные жилы
* **Кристобалит** (высокотемпературный) SiO_2	Тетрагональная; скрытокристаллический, натечный	Неровный, раковистый	Бесцветный, белый.	6,5-7	2,2-2,3	Растворяется в HF. Форма выд. и условия нахождения	Тридимит, кварц	Тридимит, кальцит, цеолиты, опал	Эффузивные породы и кора выветривания гипербазитов
* **Кварц** SiO_2	Тригональная, зернистые и шестоватые агрегаты и призматические кристаллы	Несов. по $\{10\bar{1}1\}$, $\{10\bar{1}0\}$, отдельность по $\{10\bar{1}0\}$. Раковистый	Бесцветный, белый, дымчатый, желтый, розовый, фиолетовый, черный	7	2,65	Раствор. в HF. Форма выд., твердость, окраска	Топаз, данбурит, нефелин, кордиерит	Полевые шпаты, слюды, сульфиды	Породообразующий в кислых изверженных породах, в пегматитовых и кварцевых жилах и жилах альпийского типа
* **Эльбаит** $Na(Li_{1,5},Al_{1,5})Al_6\times$ $\times[Si_6O_{18}](BO_3)_3\times$ $\times(OH)_4$	Тригональная, зернистые, шестоватые агрегаты и призматические кристаллы	Несов. по $\{10\bar{1}1\}$ и $\{11\bar{2}0\}$. Раковистый, неровный	Бесцветный (*ахроит*), красный, розовый (*рубеллит*), зеленый	7	3,0-3,1	В кислотах не раствор. Сечение кристаллов, окраска, твердость	Дравит, корунд, шпинель	Альбит, лепидолит, петалит, берилл	Гранитные пегматиты, богатые литием

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				4.6. Черта Твердость					
*__Дравит__ $NaMg_3Al_6 \times \times [Si_6O_{18}] \times \times (BO_3)_3 (OH)_4$	Тригональная, зернистые, шестоватые, волокнистые агрегаты и призматические кристаллы	Несов. по $\{10\bar{1}1\}$ и $\{11\bar{2}0\}$. Раковистый, неровный	Бесцветный (*axpoum*), бурый, зеленовато-бурый, травянисто-зеленый, синий	7-7,5					
* **Пироп** $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$	Кубическая, округлые зерна	Отсутствует. Раковистый, неровный	Огненно-красный, кроваво-красный, рубиновый, розовый	7-7,5					
* **Спессартин** $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$	Кубическая, зернистые агрегаты и кристаллы с простыми формами {110} и {211}	Отсутствует. Раковистый, неровный	Оранжево-красный, розовый, желтый, красно-коричневый	7-7,5					
* **Альмандин** $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$	Кубическая, зернистые до сливных агрегаты, кристаллы с простыми формами {110} и {211}	Отсутствует. Раковистый, неровный	Красно-коричневый, темно-красный, фиолетово-красный	7-7,5					

6	7	8	9	10
белая. 7-9				
3,0-3,2	В кислотах не раствор. Сечение кристаллов, окраска, твердость	Везувиан, ставролит	Кассеритит, кварц, полевой шпат, флюорит, доломит	Метаморфизованные или скарнированные карбонатные породы, метасоматиты по основным и ультраосновным породам
3,5-4,0	В кислотах не раствор. Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Альмандин, шпинель	Сапфирин, силлиманит, гиперстен, кордиерит	В эклогитах, кимберлитах, перидотитах и серпентинитах
3,8-4,3	После прокаливания разлагается в HCl с выд. геля SiO_2. Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Гроссуляр, гумит	Шерл, мусковит, кварц, трифилин, апатит, альбит, родонит, тефроит	Пегматитовые жилы, метаморфизованные марганцевые м-ния
3,7-4,3	В кислотах не раствор. В п. п.тр. сплавляется в магнитный шарик. Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Пироп	Силлиманит, кианит, ставролит, полевой шпат, биотит	Мусковитовые пегматиты, регионально метаморфизованные породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ставролит $FeAl_4[SiO_4]_2O_2\times\times(OH)_2$	Ромбическая, зернистые агрегаты, призматические кристаллы, крестообразные двойники	Сов. по {010} и {100}. Неровный	Желтовато-коричневый до буровато-черного	7-7,5	3,6-3,8	В кислотах не раствор. Форма кристаллов, твердость, ассоциация	Шерл, пироксены	Мусковит, кианит, силлиманит, альмандин, кварц, ильменит	Гнейсы и кристаллические сланцы
* **Циркон** $Zr[SiO_4]$	Тетрагональная, зерна, радиально-лучистые агрегаты, чаще призматические и дипирамидальные кристаллы	Несов. по {110} и {111}. Раковистый	Коричневый разных оттенков, желтый, красный (*гиацинт*), до черного	7-7,5	3,9-4,6	Слабо разлагается в конц. H_2SO_4. Иногда радиоактивен (*малакон, циртолит*). Форма кристаллов, окраска, плотность, ассоциация	Касситерит, рутил	Полевые шпаты, ильменит, титанит, алланит, магнетит, монацит	Акцессорный минерал кислых и щелочных изверженных пород и их пегматитов, в гнейсах и кристаллических сланцах
* **Уваровит** $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$	Кубическая; Зернистые агрегаты и кристаллы с простыми формами {110} и {211}	Отсутствует. Раковистый, неровный	Изумрудно-зеленый до темно-зеленого	7,5	3,4-3,8	В кислотах не раствор. Окраска, форма кристаллов, ассоциация	Деманоид, цаворит	Хромит, хромовые хлориты, хромвезувиан, хромтитанит	Ультраосновные породы и залежи хромита
* **Берилл** $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$	Гексагональная, зернистые агрегаты, призматические кристаллы	Несов. по {0001} и $\{10\bar{1}0\}$. Раковистый, неровный	Бесцветный, белый (*гошенит*), желтый (*гелиодор*), голубой (*аквамарин*), зеленый (*изумруд*), розовый (*воробьевит*)	7,5-8	2,6-2,9	В кислотах не раствор. Твердость, форма кристаллов, ассоциация	Апатит, фенакит, топаз	Морион, микроклин, биотит, шерл, сподумен, колумбит, флогопит	Пегматиты, грейзены, высокотемпературные кварцевые жилы, контактово-метасоматические породы

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
***Топаз** $Al_2[SiO_4]F_2$	Ромбическая, зернистые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {001}. Раковистый, неровный	Бесцветный, желтый, голубой, фиолетово-голубой, розовый	8	3,4-3,6	В кислотах не раствор. Форма кристаллов, спайность, плотность	Кварц, фенакит	Кварц, берилл, флюорит, полевые шпаты, турмалин	Гранитные пегматиты и грейзены, реже вторичные кварциты и кварцевые жилы
* **Шпинель** $MgAl_2O_4$	Кубическая, октаэдрические кристаллы, зернистые агрегаты	Раковистый, неровный	Бесцветный, красный, зеленый, синий, черный	8	3,6-4,1	С трудом раствор. в конц. H_2SO_4. Форма кристаллов, твердость, ассоциация	Гранат, корунд	Форстерит, диопсид, кальцит, флогопит, гумит, паргасит, андрадит	Магнезиальные скарны, роговики, гнейсы, акцессорный в основных и кислых породах
* **Хризоберилл** $BeAl_2O_4$	Ромбическая, зернистые агрегаты, пластинчатые и дипирамидальные кристаллы, тройники	Сов. по {011}, несов. по {010}. Раковистый, неровный	Желтый, зеленовато-желтый, зеленый (*александрит*), бесцветный	8	3,5-4,0	В кислотах не раствор. Окраска, форма кристаллов, твердость	Берилл	Берилл, фенакит, флюорит, апатит, турмалин, гранат	Пегматиты и скарны
* **Корунд** Al_2O_3	Тригональная, зернистые агрегаты (наждаки), таблитчатые и дипирамидальные кристаллы	Отдельность по {0001} и $\{10\bar{1}1\}$. Раковистый, неровный	Серый, синий (*сапфир*), красный (*рубин*), бесцветный, желтый, зеленый	9	4,0-4,4	В кислотах не раствор. Твердость, окраска, ассоциация	Шпинель	Полевой шпат, биотит, гранат, маргарит, диаспор, андалузит	Сиениты, пегматиты, плагиоклазиты, гнейсы и высокоглиноземистые метаморфиты (наждаки)

УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

	стр.
Авгит	74
Агальматолит	80
Агат	122
Аквамарин	116
Азурит	68
Актинолит	74
Алланит-(Ce)	74
Алмаз	64
Алунит	96
Альбит	108
Альмандин	120
Амазонит	108
Амезит	90
Анатаз	62
Ангидрит	94
Англезит	90
Андалузит	116
Андрадит	116
Аннабергит	68
Анортит	110
Антимонит	32
Антофиллит	104
Апатит-(CaF)	100
Арагонит	94
Арсенопирит	38
Арфведсонит	72
Аурипигмент	58
Ахроит	118
Ашарит	90
Баллас	64
Барит	92
Бёмит	94
Берилл	122
Биотит	70
Бирюза	102
Борнит	40
Борт	64
Брукит	62
Брункит	60
Брусит	86
Буланжерит	34
Ванадинит	58
Везувиан	114
Вивианит	66
Виллиомит	90
Виридин	116
Висмутин	32
Вишневит	100
Волластонит	100
Гакманит	104
Галенит	34
Галит	82
Галлуазит	84
Гастингсит	72
Геденбергит	76
Гейкелит	50
Гелиодор	122
Гематит	52
Гессонит	116
Гетит	50
Гиацинт	64,122
Гиббсит	84
Гидраргиллит	84
Гидроборацит	90
Гидденит	116
Гиперстен	72
Гипс	82
Глауконит	68
Глаукофан	74
Графит	30
Гроссуляр	116
Гошенит	122
Гюбнерит	50
Демантоид	116
Деревянистое олово	64
Джемсонит	34
Диаспор	112
Диопсид	74
Доломит	94
Дравит	120
Жадеит	76, 112
Жаргон	64
Золото	40
Изоферроплатина	36
Изумруд	122
Ильменит	44
Кальцит	92
Канкринит	100
Каолинит	82
Карбонадо	64
Карналлит	84
Касситерит	64
Кварц	118
Кеммерерит	64
Кианит	110
Киноварь	54
Клейофан	60
Клинопирротин	42
Клинохлор	88
Клиноцоизит	112
Кобальтин	38
Ковеллин	30
Колумбит	48
Криолит	84
Корунд	124
Кристобалит	118
Кровавик	52
Крокоит	54
Ксенотим	98
Кунцит	116
Куприт	56
Лазурит	70
Лейхтенбергит	88
Лейцит	104
Лепидокрокит	56
Лепидолит	88
Лизардит	86
Лунный камень	108
Людвигит	70
Магнезит	98
Магнетит	46
Малакон	122
Малахит	68
Манганит	48
Маргарит	98
Мариалит	106
Марказит	42
Марматит	50
Медь	40
Мейонит	106
Меланит	116
Микроклин	108
Молибденит	30
Монацит-(Ce)	102
Монтмориллонит	80
Мусковит	88
Мушкетовит	46
Натролит	102
Немалит	86
Нефелин	106
Нефрит	74, 104

Нигрин 62
Никельскуттерудит 38
Нонтронит 80
Оливин 78
Опал 106
Ортоклаз 108
Парагонит 88
Паргасит 72
Пентландит 42
Пирит 42
Пиролюзит 46
Пироморфит 60
Пироп 120
Пирофиллит 80
Пирохлор 62
Пирротин 42
Поликсен 36
Поллуцит 112
Пушкинит 114
Ратовкит 98
Реальгар 54
Родонит 106
Родохрозит 96
Романешит 46
Рубеллит 116
Рубин 124
Рутил 62
Сапфир 124
Сера 56
Сердолик 118
Серебро 32
Сидерит 96
Силлиманит 114
Сильвин 82
Скородит 96
Скуттерудит 38
Смитсонит 98
Содалит 104
Спессартин 120
Сподумен 116
Ссайбелиит 92
Ставролит 122
Стеатит 80
Стибнит 32
Судоит 88
Сфалерит 50, 60
Тальк 80
Танзанит 110
Танталит 46
Теннантит 36
Тетраферроплатина 36
Тетраэдрит 36
Титанит 102
Топаз 124
Тремолит 104
Трилитионит 88
Тюямунит 58
Уваровит 122
Уранинит 44
Фаялит 78
Ферберит 44
Феррimолибдит 56
Ферроплатина 36
Фибролит 114
Флогопит 84
Флюорит 98
Форстерит 114
Фторапатит 100
Фуксит 88
Халцедон 118
Халькантит 86
Халькозин 32
Халькопирит 40
Хлоантит 38
Хлоритоид 78
Хризоберилл 124
Хризолит 114
Хризопраз 116
Хризотил 86
Хромамезит 88
Хромит 44
Цаворит 116
Целестин 92
Церуссит 60
Циннвальдит 90
Циркон 64, 122
Цоизит 110
Шамозит 70
Шеелит 60
Шерл 78
Шмальтин 38
Шпинель 124
Эгирин 76
Эльбаит 118
Энстатит 110
Эпидот 114
Эритрин 66
Ярозит 58

Учебное издание

Сергей Геннадьевич Суставов

МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Кристаллография и минералогия»
для студентов направления подготовки
21.05.02 – «Прикладная геология» (РМ, ГИГ, ГН, МПГ)
Второе издание, стереотипное

Редактор Л. В. Устьянцева
Компьютерное макетирование Ф. П. Буслаев

Подписано в печать 03.11.2018.
Бумага офсетная. Формат 60×84 1/16. Печать ризографе.
Печ. л. 8,12. Уч.-изд. л. 6,58. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета в лаборатории
множительной техники издательства УГГУ

Федеральное агентство по образованию
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
факультета геологии
и геофизики УГГУ
13 ноября 2017 г.
Председатель комиссии
проф. В. И. Бондарев



О.А.СУСТАВОВ

ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИЯ ПЕТРОГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие
по дисциплинам для студентов специальности
21.05.02 «Прикладная геология»
специализации - «Поиски и разведка подземных вод
и инженерно-геологические изыскания» (ГИГ)

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

С 89

Рецензент – *О. Н. Грязнов,* д-р геол.– минер. наук, профессор, зав. кафедрой ГИГ Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры минералогии, петрографии и геохимии 7 ноября 2017 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Суставов О. А.

С 89 ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИЯ. ПЕТРОГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ: Учебно-методическое пособие / О. А. Суставов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 86 с.

В учебно-методическом пособии даются сведения о морфологии, химическом составе и свойствах наиболее распространенных минералов, рассматриваются главные магматические, осадочные и метаморфические горные породы. Особое внимание уделено осадочным породам и условиям их образования. Излагаются данные, необходимые для макроскопической диагностики наиболее распространенных минералов и горных пород. Приводится рекомендуемая литература, контрольные задания и контрольные вопросы по рассматриваемым дисциплинам. Пособие может быть использовано при проведении аудиторных лабораторных занятий и для самостоятельной работы студентов.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология», специализации - «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» (ГИГ).

© Суставов О. А., 2017
© Уральский государственный горный университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИЯ 4

КРИСТАЛЛЫ МИНЕРАЛОВ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ 4

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ 9

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ 11

СИСТЕМАТИКА МИНЕРАЛОВ 15
ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА 16
СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ 16
ОКСИДЫ И ГИДРОКСИДЫ 16
СОЛИ КИСЛОРОДНЫХ КИСЛОТ 17
СИЛИКАТЫ 17

НЕКОТОРЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ 26

ЛИТЕРАТУРА 32
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ 32
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 33

ПЕТРОГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ 35

МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ 35
ОБЩИЕ ОСОБЕННОСТИ И СИСТЕМАТИКА МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД 36
ОПИСАНИЕ ОБРАЗЦОВ 41
ГРУППЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД 42
НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД 44
ЛИТЕРАТУРА 46
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 46

ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ 46
СТАДИИ ОБРАЗОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД 47
ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ 52
ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ 56
ХЕМОГЕННЫЕ И БИОГЕННЫЕ ПОРОДЫ 58
ОСАДОЧНЫЕ ФАЦИИ И ФОРМАЦИИ 61
СЛОВАРЬ 63
ЛИТЕРАТУРА 64
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 64

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ 64
МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ 65
СТРУКТУРЫ И ТЕКСТУРЫ 65
КЛАССЫ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД 65
ЛИТЕРАТУРА 70
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 70

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 72

ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИЯ

Основное содержание рассматриваемой дисциплины составляет минералогия, которая занимается изучением свойств, состава и условий образования минералов (минерал – химический элемент или химическое соединение, обычно кристаллическое, которое образуется в результате геологических процессов). Это одна из старейших наук геологического цикла, тесно связанная с кристаллографией, физикой и химией. На этих науках основаны представления о внутреннем атомарном строении минералов, о законах роста и огранения кристалов минералов, о химических реакциях, возможных при образовании минералов . Так как большинство минералов - кристаллические вещества, особенно важное значение для минералогии имеет ряд положений кристаллографии - науки о кристалллах.

КРИСТАЛЛЫ МИНЕРАЛОВ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ

Кристаллы – твердые тела, обладающие упорядоченной атомной структурой и имеющие вследствие этого, при определенных условиях, форму многогранников. Грани кристаллов отвечают плоским сеткам, ребра – рядам, вершины – узлам кристаллической решетки.

Признаки кристаллического вещества

Однородность – в любых участках кристаллического вещества все его свойства тождественны. Взаимное расположение атомов во всех частях объема кристалла одинаково.

Анизотропия – зависимость свойств от направления: в кристаллах свойства неодинаковы в непараллельных направлениях (и одинаковы по параллельным направлениям). Например, анизотропия твердости состоит в том, что твердость одной и той же грани в разных направлениях различна. В некоторых случаях это различие можно заметить, царапая в разных направлениях грань кристалла (дистен). Кроме того, неодинакова и твердость разных граней и срезов одного и того же кристалла.

Симметрия – закономерная повторяемость в расположении отдельных частей кристалла на плоскости или в пространстве.

Элементы симметрии

Центр симметрии *С*. При наличии *С* каждой грани кристалла имеется соответствующая равная и параллельная грань.

Плоскость симметрии *Р* - делит фигуру на две зеркально равные части.

Ось симметрии *L* - воображаемая линия, при повороте вокруг которой на 360° несколько раз совмещаются равные части кристалла. Число совмещений при повороте на 360°- порядок оси: L_2, L_3, L_4, L_6.

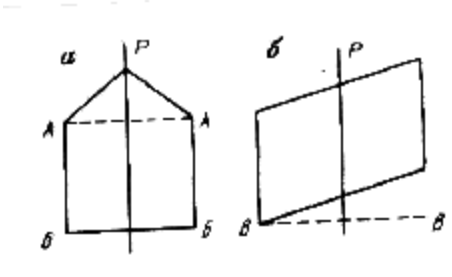


Рис.1. *а – Р* является плоскостью симметрии, *б – Р* не является плоскостью симметрии [3]

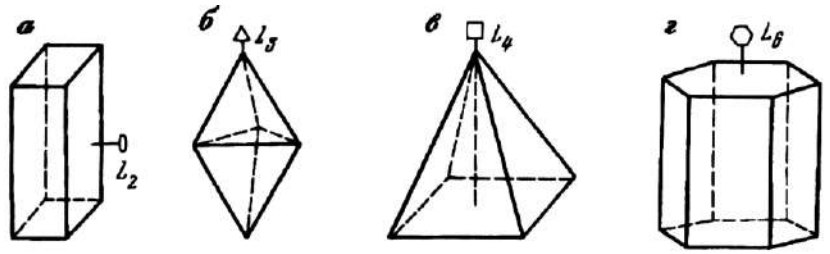


Рис.2. Многогранники с осями симметрии второго (а), третьего (б), четвертого (в) и шестого (г) порядков

Таблица 1

Характеристика сингоний

Сингония	Признаки сингоний	Минералы
Триклинная	*(-); C*	Плагиоклазы, микроклин
Моноклинная	*P; L_2; L_2PC*	Ортоклаз, слюды, гипс
Ромбическая	*$3L_2$; $L_2 2P$; $3L_2 3PC$*	Барит, топаз
Тригональная	*L_3*	Кальцит, корунд, кварц
Тетрагональная	*L_4*	Циркон, касситерит
Гексагональная	*L_6*	Берилл, апатит
Кубическая	*$4L_3$*	Алмаз, галенит, галит

Рис. 3. Простые формы
Сингонии кроме кубической:
1 - моноэдр (одна грань); 2 - диэдр (две пересекающиеся грани); 3 - пинакоид (две параллельные грани);
4 - ромбическая призма (в поперечном сечении ромб); 5 - тригональная призма (в поперечном сечении равносторонний треугольник); 6 - тетрагональная призма (в поперечном сечении квадрат); 7 - гексагональная призма (в поперечном сечении правильный шестиугольник);
8 - ромбическая пирамида; 9 - тригональная пирамида; 10- тетрагональная пирамида; 11 - гексагональная пирамида;
12- ромбическая дипирамида; 13 - тригональная дипирамида; 14 - тетрагональная дипирамида; 15 - гексагональная дипирамида;
16 - ромбоэдр (шесть граней в форме ромба).
Кубическая сингония:
17 - тетраэдр (четыре грани в форме равностороннего треугольника);
18 - куб или гексаэдр (шесть граней в форме квадрата);
19 - октаэдр (восемь граней в форме равностороннего треугольника);
20 - ромбододекаэдр (двенадцать граней в форме ромба);
21 - пентагондодекаэдр (двенадцать граней в форме пятиугольника).

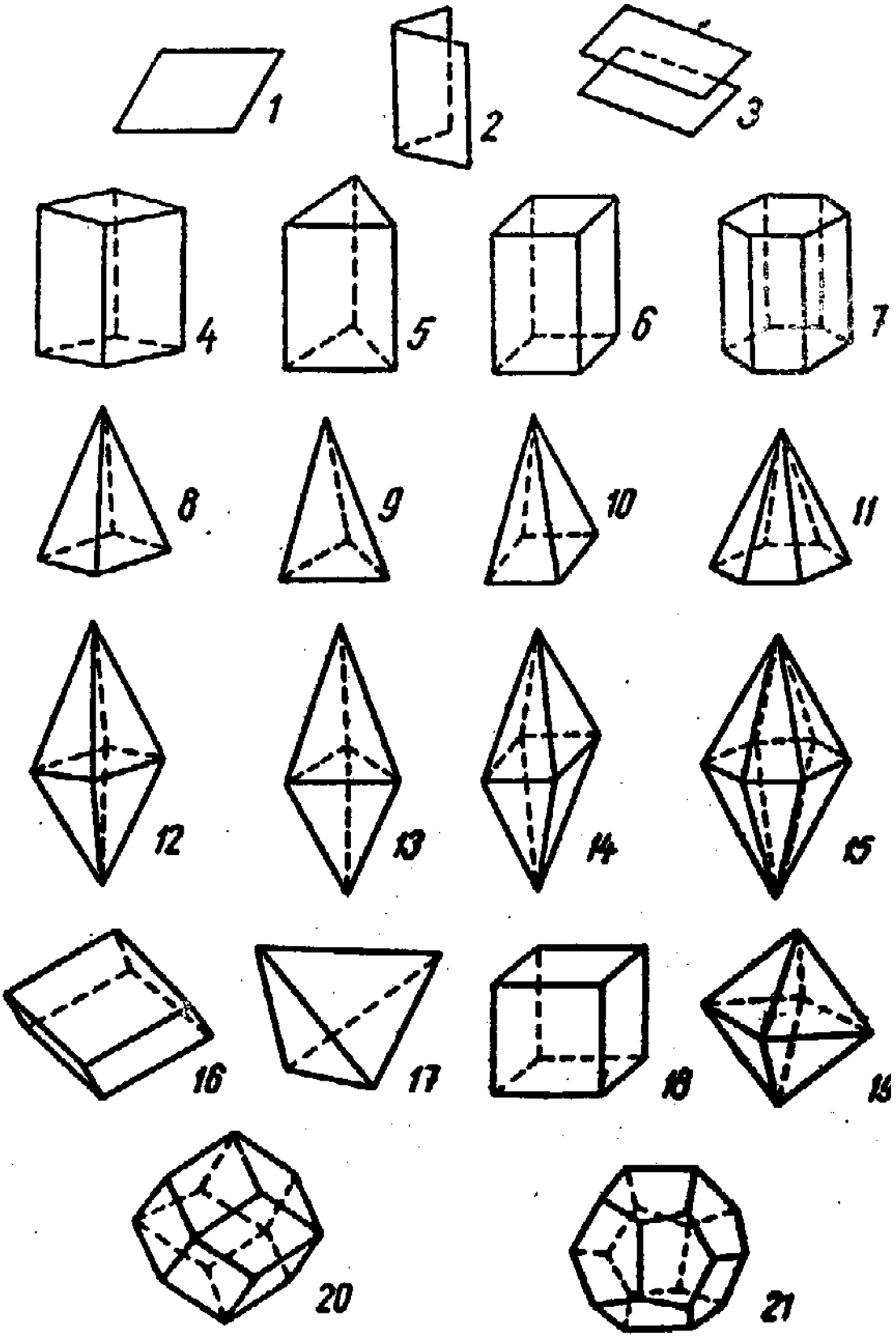


Рис. 2

Древнегреческие слова:

моно	- один	гекса	- шесть
ди, би	- два	окта	- восемь
три	- три	додека	- двенадцать
тетра	- четыре	эдр	- грань
пента	- пять	гон	- угол

Простая форма - совокупность одинаковых граней, связанных элементами симметрии. Сочетание двух или нескольких простых форм называется комбинацией простых форм. Число простых форм в комбинации (на моделях идеальных кристаллов) равно числу видов граней.

Облик кристаллов

Облик – общий вид кристалла минерала; характеризует развитие кристалла (ограненного или неограненного) по трем взаимно перпендикулярным направлениям:

1) изометрический - примерно одинаковые размеры по трем взаимно перпендикулярным направлениям (кристаллы пирита, граната);

2) вытянутый по двум направлениям - таблитчатый, пластинчатый, чешуйчатый (кристаллы слюды);

3) вытянутый в одном направлении - столбчатый, призматический, игольчатый, волокнистый, шестоватый (кристаллы актинолита, турмалина).

К числу закономерных срастаний кристаллов относятся двойники - простые (рис. 4) и полисинтетические (рис. 5).

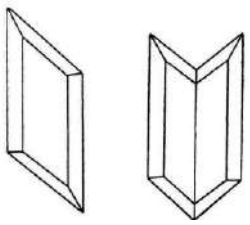


Рис. 4. Одиночный кр-л и простой двойник гипса.

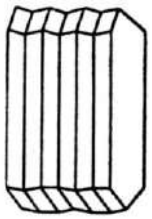


Рис.5. Полисинтетический двойник (плагиоклаз).

Образование кристаллов минералов

Кристаллы минералов могут возникать в газовой, жидкой и твердой среде.

Жидкие среды минералообразования: *магма* – высокотемпературный раствор-расплав, *водные растворы* – гидротермальные и поверхностные (грунтовые, карстовые, почвенные, озерные, морские воды).

Флюидные (газово-жидкие) включения в кристаллах - захваченные кристаллами включения минералообразующих растворов. Имеют размеры преимущественно в доли миллиметра. Могут содержать жидкость, газ и твердые фазы. Жидкость чаще всего представлена водой или водным раствором, газ - CO_2, твердые фазы - мельчайшими кристалликами NaCl и других солей.

Английский ученый Сорби в 1858 г предложил использовать флюидные включения для определения температуры геологических процессов. Газовые пузырьки, присутствующие во флюидных включениях, возникают, по Сорби, в результате различной степени сжатия кристалла и жидкости включения в ходе их охлаждения от температуры образования кристалла до температуры, при которой мы наблюдаем кристалл. Из этого он сделал вывод, что температура образования кристалла может быть оценена путем нагревания образца до температуры исчезновения газового пузырька (температуры гомогенизации). В настоящее время метод

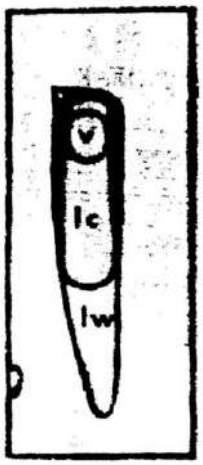


Рис.6. Флюидное включение с жидкой углекислотой (lw – водный раствор, lc – жидкая углекислота, v – газовый пузырек) в кварце (по Э.Реддеру)

гомогенизации флюидных включений – один из наиболее широко используемых методов определения температуры образования минералов.

Содержимое флюидных включений отражает состав растворов, в которых рос кристалл. С помощью специальных методов установлено, что во многих случаях главными компонентами обнаруживаемых во включениях растворов являются H_2O и CO_2.

Кристаллы зарождаются и начинают расти при достижении критического пересыщения среды веществом будущих кристаллов. Это часто происходит в результате падения температуры (кристаллизация магматических расплавов) или за счет испарения растворителя (при испарении рассолов в озерах и лагунах кристаллизуются галит, сильвин, гипс, ангидрит). Примером кристаллизации в твердой среде является рост ограненных кристаллов пирита и других минералов внутри горных пород.

Генерации – разновременные выделения одного и того же минерала.

Парагенезис – совокупность м-лов, образовавшихся при сходных физико-химических условиях в одну и ту же стадию процесса.

Типоморфизм – отражение в минералах условий их образования. Например, содержание железа в сфалерите убывает с понижением температуры его образования.

После своего возникновения кристаллы минералов в ходе геологической истории могут подвергаться различным преобразованиям, в том числе:

механическим деформациям (хрупким – дроблению с образованием обломков кристаллов, или пластическим – например, сплющиванию, изгибанию и т. п.);

химическим изменениям – например, на месте пирита FeS_2 при выветривании может возникать лимонит $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$;

радиогенным изменениям – например, кварц под действием радиоактивного облучения нередко приобретает дымчатую окраску.

Генезис минерала – его происхождение, возникновение, процесс его образования и изменения.

Строение минеральных агрегатов

Минералы чаще встречаются не отдельными кристаллами, а образуют различные скопления, называемые минеральными агрегатами.

По величине зерен агрегаты подразделяются на ***скрытозернистые*** (зерна на глаз неразличимы), ***мелкозернистые*** (зерна менее 1 мм, но различимы на глаз), ***среднезернистые*** (1-5 мм), ***крупнозернистые*** (5-20 мм), ***гигантозернистые*** (зерна крупнее 20 мм в поперечнике).

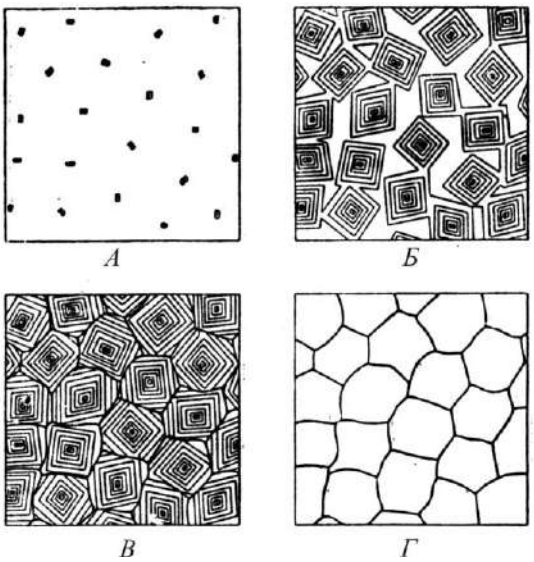


Рис. 7. Схема образования зернистого агрегата при кристаллизации жидкости: А – возникновение взвешенных в жидкости зародышей кристаллов, Б - рост кристаллов до взаимного соприкосновения (показаны зоны роста кристаллов), В – продолжение роста кристаллов до полного заполнения пространства, Г- внешний вид образовавшегося зернистого агрегата (по А.Г. Бетехтину)

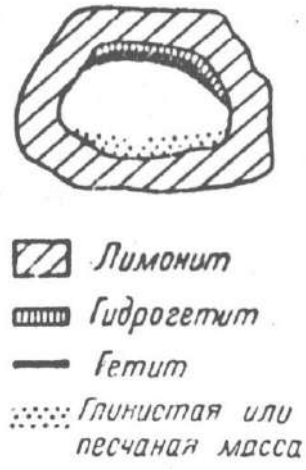


Рис. 8. Строение жеоды лимонита из Липецкого района (по Л.В.Пустовалову)

По форме зерен - ***чешуйчатые, игольчатые, шестоватые, волокнистые*** агрегаты. Шестоватые агрегаты состоят из вытянутых кристаллов, расположенных параллельно или почти параллельно друг другу.

Кроме того, выделяют:

друзы - совокупности кристаллов, прикрепленных к общему основанию;

конкреции - образования округлой формы, иногда радиально-лучистого строения, рост которых происходил от центра к периферии;

жеоды (например, жеода лимонита у входа в ИГГ);

натечные агрегаты - образуются за счет обволакивания стенок пустот минеральным веществом с образованием гроздьевидных, сталактитовых, почковидных форм.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ

Типы химической связи в кристаллах

Химическая связь между атомами в кристаллах осуществляется за счет электронов их внешних оболочек.

Ковалентная связь возникает между одинаковыми или близкими по свойствам атомами. Она обусловлена перекрыванием валентных орбиталей атомов и осуществляется с помощью обобществляемых пар электронов. Ковалентная связь строго направленная и наиболее прочная (алмаз, силикаты).

Ионная связь - когда при взаимодействии внешних электронов соседних атомов происходит сдвиг распределения электронов от одного из них к другому, из-за чего возникают заряженные ионы, которые притягиваются электростатически. Такая связь свойственна солям (галоиды, сульфаты, карбонаты).

Ионная связь не направленная, слабее ковалентной примерно в 2 раза. У большинства минералов преобладает смешанная ионно-ковалентная связь.

Металлическая связь - результат взаимодействия обобществленных внешних электронов, распределенных по всей кристаллической решетке (медь, золото).

Ван-дер-ваальсова (молекулярная) связь - результат диполь-дипольного взаимодействия. Значительно слабее ковалентной и ионной связи, быстро ослабевает с увеличением расстояния между атомами и молекулами. Присутствует в качестве добавочной в кристаллах любого типа.

Водородная связь – связь, которую атом водорода образует с двумя электроотрицательными атомами, например атомами кислорода (близка к ионной связи). Водородная связь примерно в 10 раз сильнее ван-дер-ваальсовой, но около 10 раз слабее ковалентной.

Водородная и молекулярная связь играют заметную роль в кристаллических решетках глинистых минералов.

Координационное число данного атома в кристаллической структуре – число ближайших равноудаленных соседних атомов. Например, в алмазе координац число атомов углерода равно 4 - вокруг одного атома углерода располагается четыре других атома углерода. В галите координационное число ионов Na^{+1} равно 6 - вокруг каждого иона Na^{+1} располагается шесть ионов Cl^{-1}.

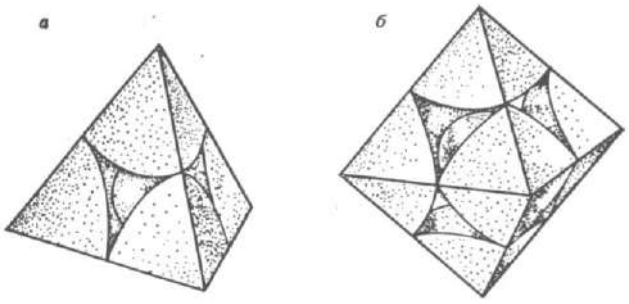


Рис. 9. Координационные многогранники:
а – тетраэдр, б – октаэдр

Координационный многогранник – получается путем соединения центров ближайших анионов, окружающих данный катион. Например, координационый многогранник натрия в галите – октаэдр (фигура, имеющая шесть вершин), а координационный многогранник углерода в алмазе – тетраэдр (фигура, имеющая четыре вершины)

Полиморфизм – наличие веществ одного состава с различной кристаллической структурой (например, алмаз и графит – полиморфные модификации углерода).

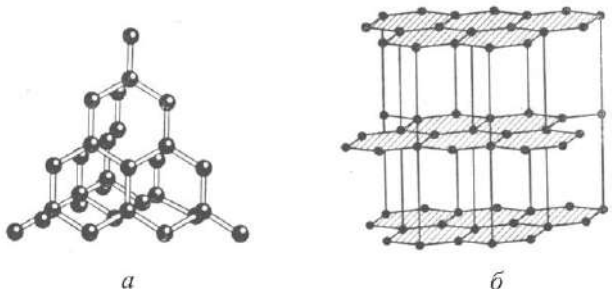


Рис.10. Кристаллические структуры алмаза (*а*) и графита (*б*)

Изоморфизм

– способность химических элементов (атомов, ионов) замещать друг друга в кристаллах перемен состава.

Изовалентный изоморфизм – взаимное замещение ионов одинаковой валентности. Например, в кристаллической структуре оливина $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$ ионы Mg^{2+} могут замещаться на ионы Fe^{2+}. Здесь замещение Mg^{2+} на Fe^{2+} происходит в любых количественных соотношениях – *совершенный,* или *неограниченный* изоморфизм. Минерал оливин можно представить как *изоморфную смесь* $Mg_2[SiO_4]$ и $Fe_2[SiO_4]$, или как *непрерывный изоморфный ряд* от $Mg_2[SiO_4]$ до $Fe_2[SiO_4]$.

При *ограниченном* изоморфизме (например, в рубине – разновидности корунда Al_2O_3, в которой 0,05% ионов Al^{3+} замещено на Cr^{3+}) замещающий элемент (в данном случае хром) называется *изоморфной примесью*.

Сфалерит (Zn,Fe,Cd,Mn)S – изоморфная смесь четырех компонентов. Чистый ZnS прозрачен и бесцветен, а при частичном замещении Zn^{2+} на Fe^{2+} минерал приобретает бурый цвет. В сфалерите также нередко имеется изоморфная примесь индия. Поэтому при обнаружении сфалеритовых руд их нужно опробовать на индий, который из этих руд в основном и добывается.

Гранаты $(Mg^{2+},Fe^{2+},Ca^{2+})_3(Al^{3+},Fe^{3+})_2[SiO_4]_3$ – изоморфные смеси пяти компонентов.

Изоморфные замещения протекают легко, если различие в радиусах ионов (рис.6.7) не превышает 15% от меньшего радиуса (например, в оливине радиус иона Mg^{2+} 0,074 нм, а Fe^{2+} 0,080 нм). В случае незначительных изоморфных примесей соотношение радиусов ионов может колебаться в более широких пределах. Усложнение состава и (или) кристаллической структуры минералов также ведет к облегчению изоморфизма.

Гетеровалентный изоморфизм – взаимное замещение ионов разной валентности. Осуществляется с сохранением электронейтральности (сумма зарядов замещаемых ионов должна быть равна сумме зарядов замещающих ионов); например, в плагиоклазах имеет место совершенный гетеровалентный изоморфизм с замещением $Na^{1+}+Si^{4+}$ на $Ca^{2+}+Al^{3+}$. В связи с этим плагиоклазы представляют непрерывный изоморфный ряд от альбита $Na[AlSi_3O_8]$ до анортита $Ca[Al_2Si_2O_8]$.

Аметист – разновидность кварца SiO_2, в котором доли процента атомов Si^{4+} замещены на $Fe^{3+}+K^{1+}$ (несовершенный гетеровалентный изоморфизм).

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Плотность

Чем больше атомные веса химических элементов, слагающих минерал, тем обычно больше плотность минерала - тяжелые минералы состоят из элементов, располагающихся в нижней части таблицы Д. И. Менделеева.

Грубая оценка плотности состоит в отнесении минерала к одной из категорий - легких (плотность менее 2,5 г/см^3), средних (2,5-4 г/см^3) или тяжелых (более 4 г/см^3). Такое определение требует навыка и производится прикидкой на руке тяжести данного минерала по сравнению с каким-либо известным. Для этого нужно, чтобы образец был достаточно крупным и состоял в значительной своей части из испытуемого минерала.

Определение плотности крупных образцов минералов может проводиться методом гидростатического взвешивания. При этом образец подвешивается к коромыслу весов на тонкой нити и производится определение массы образца на воздухе и в воде (образец на нити опускается в емкость с водой). Величина плотности минерала вычисляется как отношение массы образца на воздухе к разности масс на воздухе и в воде.

Минералы переменного состава имеют непостоянную плотность. Например, плотность плагиоклазов изменяется от 2,61 (альбит $Na[AlSi_3O_8]$) до 2,77 г/см^3 (анортит

$Ca[Al_2Si_2O_8]$). Возрастание плотности происходит строго пропорционально увеличению количества анортитового компонента в плагиоклазе.

Входящие в состав минералов анионы (OH, F) и молекулы воды понижают плотность минералов.

Плотность минералов зависит также и от их кристаллической структуры. Так, минералы одинакового состава с разной степенью компактности кристаллической структуры имеют разную плотность: например, алмаз - 3,5, графит - 2,2 г/см^3 (см. рис. 9).

Спайность

Спайность - способность минералов раскалываться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием плоских зеркальных поверхностей (плоскостей спайности - рис. 10, 11).

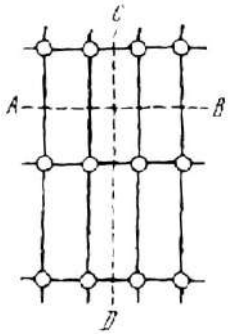


Рис. 11. Спайность по *AB* проявлена в кристаллической решетке сильнее, чем по *CD*
(по А. Г. Булаху)

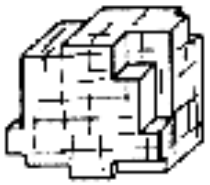


Рис. 12. Спайность по кубу у галенита
(по А. Г. Булаху)

Можно выделить следующие виды спайности:

весьма совершенная - кристалл легко расщепляется на тонкие гладкие листочки, его трудно разделить в другом направлении (слюды, тальк);

совершенная - поверхности менее гладкие, образуются при большом механическом усилии (раскалывании); наряду со спайными поверхностями может наблюдаться излом (ортоклаз, кальцит);

несовершенная - поверхности спайности отсутствуют или обнаруживаются с трудом (кварц, нефелин).

От естественных граней кристаллов плоскости спайности отличаются тем, что естественную грань можно отбить и она не повторится, а плоскости спайности можно получать многократно - раскалывая кристалл, пока позволяют его размеры. Плоскости спайности более гладкие и совершенные, чем естественные грани (последние могут иметь штриховку, следы растворения и т. д.).

Спайность может быть проявлена по одному (слюда, гипс), двум (ортоклаз, амфиболы, пироксены), трем (галит, галенит, кальцит) и большему числу направлений.

Твердость

Твердость определяется в единицах шкалы Мóоса (1822):

1. Тальк
2. Гипс
3. Кальцит
4. Флюорит
5. Апатит
6. Ортоклаз
7. Кварц
8. Топаз
9. Корунд
10. Алмаз

В дополнение к минералам шкалы Мооса при определении твердости можно использовать ноготь, твердость которого немного выше 2, и стекло - 5,5. Минералы с твердостью 1 пишут по бумаге, не царапая ее.

Твердость определяется методом царапания: более твердый минерал оставляет царапину на более мягком (отличать царапину от порошковатого следа, который дает менее твердый минерал на более твердом - в отличие от царапины такой след легко стереть).

Сначала образец минерала царапают стеклом и устанавливают его примерную твердость. Затем берется эталонный минерал из шкалы Мооса, имеющий твердость, близкую к предполагаемой. При равенстве твердости минерала и эталона они оставляют царапины друг на друге. Если минерал на одном из соседних эталонов оставляет царапину, а на другом нет, то твердость минерала считается по менее твердому эталону с добавлением 0,5 (например, если минералом можно царапать гипс и нельзя кальцит, то его твердость 2,5).

При некотором навыке твердость можно определять с помощью только стекла - сопоставляя глубину царапины и прилагаемую силу.

Хрупкость, ковкость

Хрупким называется минерал, который крошится при проведении царапины на его поверхности. Под ковкостью понимается притупление острых краев минерала при ударе молотком. При царапании ковкого минерала на его поверхности получается гладкий блестящий след. Наиболее ярко ковкость проявлена у самородных металлов, например, у золота, зерна которого на наковальне расплющиваются молотком в тонкие пластинки.

Магнитные свойства

Магнитные свойства минералов пределяются магнитными свойствами атомов и магнитной структурой минералов (расположением и взаимодействием атомов). Особенно четко магнитность, т. е. способность намагничиваться в магнитном поле, проявлена у ионов Fe^{3+}, Mn^{2+}, Fe^{2+} и некоторых других.

Диамагнитные минералы обладают незначительной отрицательной магнитной восприимчивостью, слегка отталкиваются магнитом (кальцит, галит).

Парамагнитные минералы характеризуются положительной магнитной восприимчивостью, притягиваются мощными электромагнитами (биотит, пироксены и другие минералы, особенно железосодержащие).

Ферромагнитные минералы имеют наиболее высокую магнитную восприимчивость (на несколько порядков выше, чем у парамагнитных минералов) и в мелких обломках притягиваются подковообразным магнитом (магнетит $FeO{\cdot}Fe_2O_3$, пирротин FeS, слабее ильменит $FeTiO_3$, гематит Fe_2O_3). Магнетит в древности использовался в необработанном виде как компас.

При испытании на магнитность кусочек испытуемого минерала измельчают ударом молотка, после чего к полученному порошку подводят магнит. О магнитности судят по тому, притягиваются или не притягиваются зерна минерала к магниту. Обычным подковообразным магнитом притягиваются зерна наиболее сильно магнитных минералов - магнетита, пирротина. Кроме того, образцы этих минералов отклоняют стрелку поднесенного к ним компаса.

Электрические свойства

Электропроводность минералов изменяется в широких пределах – от лучших проводников (серебро) до лучших изоляторов (мусковит). Удельное электрическое сопротивление зависит от направления в кристалле (например, у кварца в одном направлении $2{\cdot}10^{14}$, а в другом – $2{\cdot}10^{16}$ ом/см) и от наличия примесей (например, в связи с этим светлоокрашенный касситерит не проводит электричества, а темный – проводит).

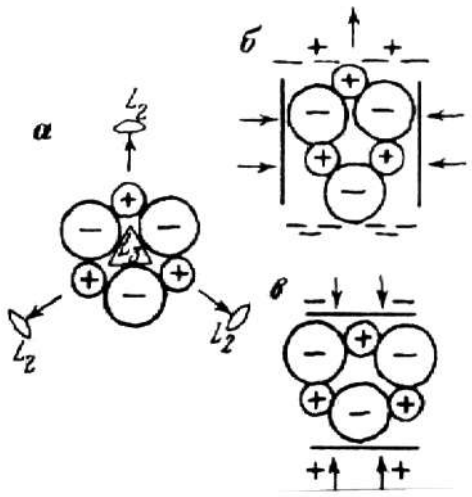


Рис. 13. Схема структуры кварца (*а*) и возникновение пьезоэлектрического эффекта (*б, в*); по А. Г. Булаху

Деление минералов по электропроводности:

проводники – минералы с металлической связью, например, самородная медь, самородное железо;

полупроводники – некоторые сульфиды и оксиды, преимущественно с ковалентной химической связью; в некоторых полупроводниках повышение температуры на 100º увеличивает электропроводность до 50 раз;

диэлектрики – большинство минералов (например, кварц, полевые шпаты и др.), в том числе минералы с ионной химической связью.

Пьезоэлектрический эффект – электризация кристалла при сжатии или растяжении (кварц). У кварца сжатие кристалла в определенном направлении приводит к смещению ионов Si^{4+} и O^{2-} с появлением разноименных зарядов на поверхности, перпендикулярной к направлению сжатия (рис.13).

Имеется и обратный пьезоэлектрический эффект – кристалл, помещенный в электрическое поле, сжимается или растягивается (в переменном электрическом поле – вибрирует). Наличие пьезоэлектрического эффекта и почти совершенная упругость кварца (кристалл кварца может совершать до 10^5 колебаний в секунду) позволяют использовать этот минерал для стабилизации частот в радиоаппаратуре (пьезокварц). При этом природный кварц используется в наиболее ответственных радиотехнических устройствах, а в рядовых случаях применяются имеющие несколько более низкое качество кристаллы синтетического кварца (ежегодно в мире для этой цели выращивается более 1000 т кристалов искусственного кварца).

Блеск

Термин "блеск" относится к виду поверхности минерала в отраженном свете. Выделяют два главных различимых на глаз вида блеска - металлический и неметаллический.

Минералы, поверхность которых отражает наибольшее количество света, имеют металлический блеск. Такие минералы непрозрачны и дают черную или очень темную черту (галенит, пирит, халькопирит).

Неметаллический блеск подразделяется по мере уменьшения количества отражаемого света:

а) алмазный - очень сильный, например, у сфалерита;

б) стеклянный - подобный отражению света от стекла, например, у кварца;

в) жирный - менее интенсивный, чем стеклянный: минерал выглядит, как будто его поверхность покрыта тонким слоем масла; возникает при рассеянии света микроскопическими неровностями поверхности, например, у талька;

г) матовый - главным образом у землистых минералов, например, у каолинита.

Минералы со стеклянным блеском в целом светлоокрашены и относительно прозрачны, по крайней мере в тонких сколах; черта минералов со стеклянным блеском светлоокрашенная.

Цвет, черта

Цвет минералов определяется их химическим составом, кристаллической структурой и примесями.

Некоторые ионы, придающие минералам определенный цвет: Fe^{3+} - бурый (лимонит), Fe^{2+} - зеленый (актинолит), Fe^{2+}+Fe^{3+} - черный (магнетит), Cu^{2+} - зеленый (малахит), синий (азурит), Cr^{3+} - красный (рубин), зеленый (изумруд).

Минералам с неметаллическим блеском часто свойственна переменная окраска - например, флюорит бывает бесцветным, желтым, розовым, зеленым, фиолетовым. Окраска таких минералов может быть обусловлена как химическим составом, так и дефектами кристаллической структуры (фиолетовый флюорит, синий галит, дымчатый и черный кварц). Так, синяя окраска галита возникает при замещении в его кристаллической решетке части ионов Na^{1+} на нейтральные атомы Na.

Цвет минерала, имеющего металлический блеск, следует определять на поверхности свежего излома - такие минералы на воздухе нередко покрываются тончайшей пленкой продуктов окисления (так называемой побежалостью), имеющей иную окраску, чем сам минерал.

На окраску минерала оказывает влияние степень его дисперсности: пирит в достаточно крупных кристаллах соломенно-желтый, в порошке - черный; гематит в крупных зернах черный, в порошке – вишнево-красный. Цвет порошка минерала определяется путем прочерчивания минералом по неглазурованной фарфоровой пластинке (по «черте» минерала). Фарфор употребляется потому, что он имеет сравнительно большую твердость (около 6), шероховатую поверхность, на которой остается порошок минерала, и белый цвет - фон, на котором хорошо различимы цветовые оттенки. Цвет черты, как правило, более постоянен, чем цвет самого минерала, и поэтому является важным признаком при диагностике минералов.

Люминесценция – способность кристаллов светиться при нагревании (флюорит), под действием ультрафиолетовых (шеелит, кальцит), рентгеновских (алмаз – люминесцирует ярким голубым или желтым цветом, на чем основан способ его выявления в массе дробленой породы на ленте транспортера на обогатительных фабриках) и других лучей.

СИСТЕМАТИКА МИНЕРАЛОВ

Минерал – химический элемент или химическое соединение, обычно кристаллическое, которое образуется в результате геологических процессов.

В настоящее время известно более 4000 минералов и каждый год открывается несколько десятков новых минералов. Точная диагностика минералов производится с использованием химического и спектрального анализов, лазерного и рентгеноспектрального микроанализов, рентгеноструктурного и ряда других методов.

Некоторые минералы имеют **постоянный** состав – содержат незначительное количество структурных химических примесей: кварц (менее 0,01% примеси Al, Fe, Na и др.), галит (менее 0,1% примесей), пирит (менее 0,5-1% примесей Co, Ni и др.). Большинство же минералов имеет **переменный** состав – в них содержитс значительно большее количество примесей (см. раздел «Изоморфизм»).

Вода в минералах

1. Химически связанная вода:

а) кристаллизационная – молекулы воды содержатся в минерале в строго определенном количестве (гипс $Ca_2SO_4{\cdot}2H_2O$);. удаление молекул воды (например, при нагревании) приводит к разрушению минерала с образованием безводного соединения или соединения с меньшим содержанием воды;

б) цеолитная – в минералах с большими (0,5-1 нм) «полостями» в кристаллической структуре (в этих полостях могут размещаться молекулы воды); вода может содержаться в различных количествах и постепенно удаляться при нагревании без разрушения минерала, а затем вновь поглощаться;

в) адсорбционная – удаляется при нагревании до 110°С (например, межплоскостная вода монтмориллонита, в результате адсорбции или потери которой кристаллическая решетка минерала разбухает или сжимается).

2. Вода флюидных включений (захваченная из минералообразующих растворов при росте или при последующих преобразованиях кристалла).

В основу классификации минералов положены их химический состав и кристаллическая структура.

ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Золото, платина, алмаз, графит, сера.

Золото. Пробность (проба) золота – содержание чистого Au, в ‰ (в десятых долях процента). Наиболее распространенная примесь в золоте – серебро. Чем выше пробность, тем золото имеет более желтый оттенок окраски. Характерным признаком золота является его ковкость – стальная игла оставляет на золоте блестящую царапину.

Старейшее в России коренное месторождение золота – Березовское (к востоку от Екатеринбурга, открыто в 1745 г.); за время эксплуатации на нем добыто около 130 тонн золота. На этом месторождении золото преимущественно невидимое на глаз – оно находится главным образом в приуроченных к кварцевым жилам сульфидах (чаще всего в пирите) в виде зерен размерами в сотые доли миллиметра. На обогатительной фабрике из руды получают обогащенный сульфидами концентрат, из которого золото извлекается химическим путем. В настоящее время эксплуатация ведется на глубине 314 – 512 метров, а промышленное оруденение прослежено до глубины 1,1 – 1,2 км.

Всего в мире в 2000 г. добыто 2544 т золота. Самое крупное в мире месторождение золота – Витватерсранд (Южная Африка).

В России в настоящее время золото добывается преимущественно из россыпей (промывкой рыхлых отложений, главным образом песков).

Алмаз. Является одним из самых дорогих драгоценных камней, а также используется в технических целях - для изготовления буровых коронок, сверл, абразивных материалов и т. п. Технические алмазы составляют 75-80 % от общей добычи алмазов. На технические цели обычно идут непригодные для ювелирного дела алмазы, а также искусственные алмазы, которые в достаточно больших количествах производят во многих странах.

К настоящему времени в мире добыто более 500 т алмазов, из них около трети – за последние 25 лет. 10 % кристалов алмазов имеют форму правильных многогранников, а остальные представляют собой кристаллы несовершенной формы и обломки.

Наиболее крупные месторождения алмазов находятся в Южной Африке. В России начало открытию кореннных месторождений алмазов было положено в 1940 г., когда геолог В. С. Соболев установил, что территория Западной Якутии сходна по геологическому строению с Южно-Африканской платформой и сделал вывод, что алмазы следует искать именно здесь.

Планомерное изучение территории Западной Якутии на алмазы началось с 1945 г. При этом обычные методы поисков долгое время не приводили к обнаружению месторождений алмазов. В 1953 г. молодой геолог Л. Попугаева в ходе проведения поисковых работ нашла кристаллики красного минерала - граната на дне у берега одного из ручьев. Во время камеральной обработки их случайно увидел минералог, профессор Ленинградского университета А. А. Кухаренко. Он сразу определил, что это пироп - разновидность гранатов, являющаяся в Южной Африке спутником алмазов. То есть по нему нужно искать алмазы и в Якутии.

В 1954 г. Л. Попугаева промывала пески в ручьях, ориентируясь на пироп. В одном из ручьев этот минерал привел ее к косе, где была найдена галька зеленоватой породы с кристаллами пиропа, а затем выше по склону, на водоразделе – содержащие алмазы коренные выходы подобной породы. Так было обнаружено первое местонахождение алмазов (алмазная трубка). После этого поиски алмазов по пиропу (минералогический метод поисков) стали общепринятыми и таким путем были обнаружены десятки алмазных трубок. Из геофизических методов при поисках алмазов начали использовать методы магниторазведки.

СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Пирит, арсенопирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит, антимонит, молибденит, киноварь.

ОКСИДЫ И ГИДРОКСИДЫ

Магнетит, гематит, хромит, пиролюзит, рутил, корунд, гетит, опал.

Лимониты или бурые железняки – мелкозернистые до скрытокристаллических (иногда порошковатые, землистые) смеси гетита и других гидроксидов железа с гидроксидами Al, Mn, кремнеземом, глинистыми минералами.

ГАЛОИДЫ

Галит, сильвин, флюорит.

СОЛИ КИСЛОРОДНЫХ КИСЛОТ

А) карбонаты: *кальцит, доломит, магнезит, сидерит, малахит*.

Б) фосфаты: *апатит.*

В) сульфаты: *гипс, ангидрит, барит.*

Г) вольфраматы: *вольфрамит, шеелит.*

Галоиды, сульфаты, карбонаты легко растворимы и определяют солевой состав подземных вод.

СИЛИКАТЫ

Силикаты - наиболее многочисленный класс минералов - на их долю приходится до 30% всех известных минералов. Силикаты слагают до 75 % объема земн коры. Главные катионы в силикатах – K^{1+}, Na^{1+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}.

Рентгеноструктурным анализом (Брэгг, 1937) показано, что основой кристаллической структуры силикатов является кремнекислородный тетраэдр $[SiO_4]^{4-}$. Силикаты, в которых часть Si^{4+} в кремнекислородных тетраэдрах замещена на Al^{3+}, – алюмосиликаты.

Островные силикаты – с изолированными кремнекислородными тетраэдрами в кристаллической структуре: *оливин, гранаты, топаз, циркон, титанит, кианит, эпидот.* Вместе с ними будем рассматривать также *берилл, турмалин.*

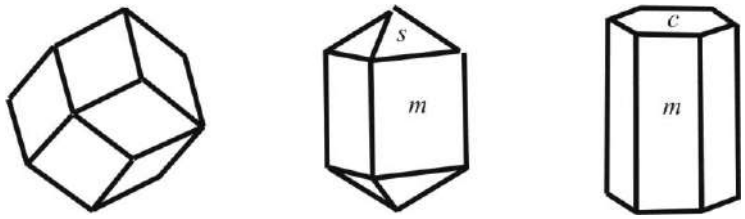


Рис. 14. Кристаллы граната (ромбододекаэдр), циркона (*m* - тетрагональная призма, *s* - тетрагональная дипирамида), берилла (*m* - гексагональная призма, *c* - пинакоид).

Оливин $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$ встречается в виде изометричных зерен с несовершенной спайностью. В свежем виде имеет зеленый цвет и стеклянный блеск. Легко подвергается серпентинизации, приобретая матовый блеск и черную окраску. При выветривании буреет (на поверхности образца возникает характерная бурая корка выветривания).

Цепочечные силикаты: *пироксены, амфиболы (актинолит, роговая обманка)*.

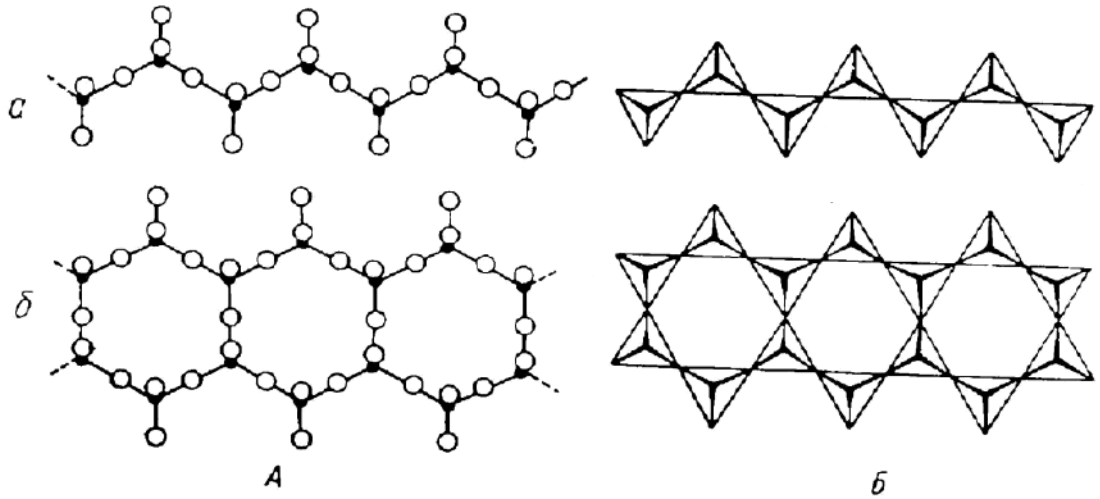


Рис. 15. Одинарная кремнекислородная цепочка $[Si_2O_6]^{4-}$ (*а,* пироксены) и сдвоенная кремнекислородная цепочка $[Si_4O_{11}]^{6-}$ (*б,* амфиболы). *А* – разреженная модель, *Б* – модель из кремнекислородных тетраэдров

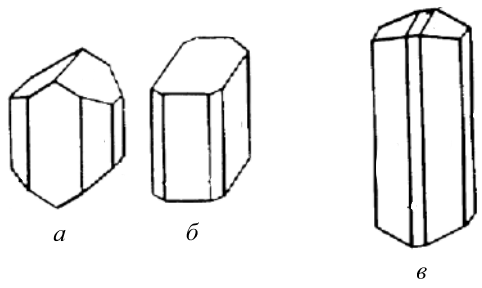


Рис.16. Форма кристаллов пироксенов (*а* – авгит, *б* – диопсид) и амфиболов (*в* – роговая обманка)

Пироксены и амфиболы внешне сходны друг с другом и нередко трудно различимы, особенно при мелких размерах зерен. Для отличия пироксенов и амфиболов (роговой обманки) могут быть использованы следующие признаки:

1) те и другие минералы имеют спайность по двум направлениям, но угол спайности у пироксенов - около 90°, а у амфиболов - около 120°;

2) облик кристаллов пироксенов часто короткопризматический (кроме эгирина $NaFe[Si_2O_6]$, который образует длиннопризматические кристаллы), а амфиболов - длиннопризматический (рис.2);

3) окраска роговой обманки черная, пироксенов - как черная, так с серыми и зелеными оттенками.

Слоистые силикаты: *тальк, слюды (мусковит, биотит, серицит), хлорит, серпентин (хризотил-асбест), глинистые минералы (каолинит, гидрослюды, монтмориллонит).*

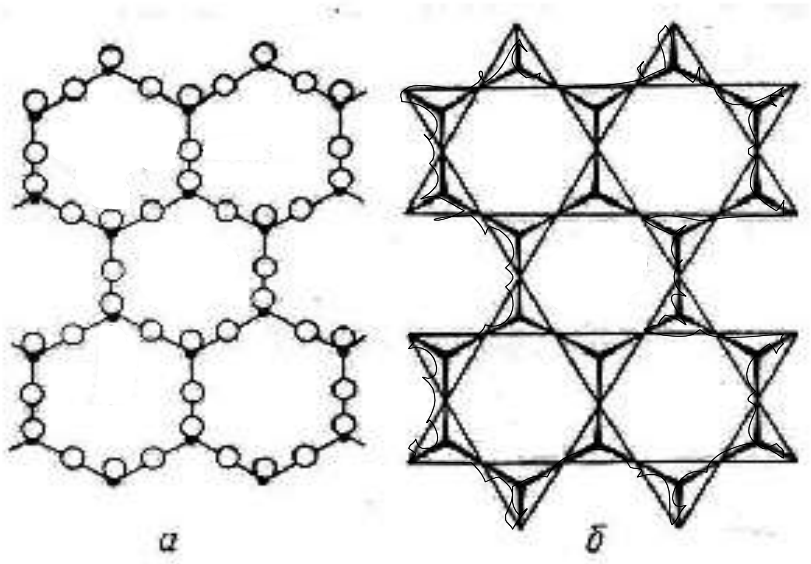


Рис. 17. Кремнекислородный лист $[Si_4O_{10}]^{4-}$: *а* – разреженная модель;
б – в тетраэдрах

Глинистые минералы

Кристаллическая структура глинистых минералов образована пакетами, состоящими из тетраэдрических и октаэдрических слоев. Тетраэдрические слои сложены кремнекислородными тетраэдрами (в центре тетраэдра – атом кремния, в вершинах – атомы кислорода). Октаэдрические слои сложены алюмокислородными октаэдрами (в центре октаэдра – алюминий, в вершинах – атомы кислорода и гидроксильные группы). В зависимости от числа слоев в пакетах глинистые минералы разделяются на двуслойные (пакет состоит из одного тетраэдрического и одного октаэдрического слоев) и трехслойные (пакет состоит из двух тетраэдрических слоев и одного располагающегося между ними октаэдрического слоя).

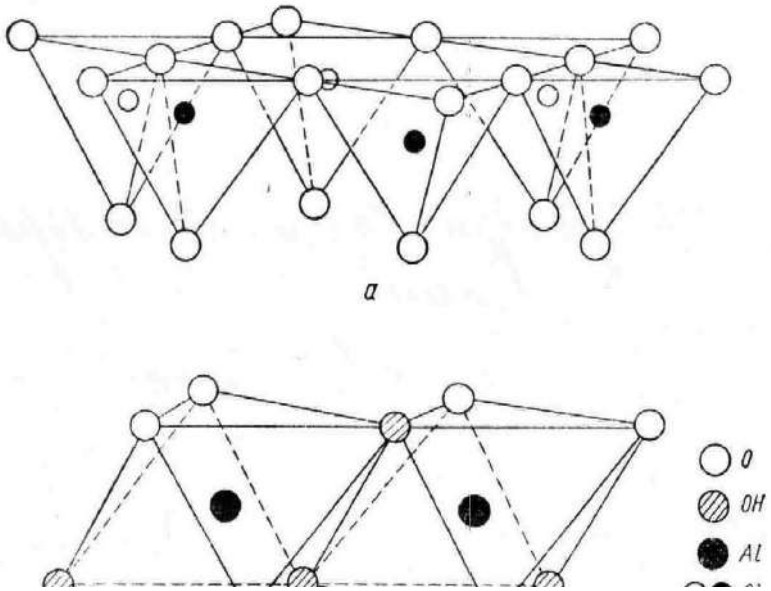


Рис.18. Тетраэдрический (*а*) и октаэдрический (*б*) слои
в кристаллической структуре слоистых силикатов

Каолинит $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ – двуслойный глинистый минерал. Расстояние между пакетами 0,7 нм. Изоморфные замещения практически отсутствуют.

Смежные пакеты соединяются друг с другом посредством водородных связей, возникающих между атомами кислорода поверхности одного пакета и гидроксильными группами поверхности смежного пакета. Это делает структуру каолинита прочной: он слабо гидратируется, слабо способен к ионному обмену и не набухает в воде. Частицы каолинита могут сорбировать на своей поверхности молекулы воды и ионы лишь за счет разрыва на этих поверхностях химических связей.

Монтмориллонит – трехслойный глинистый минерал. Расстояние между пакетами 1,2–1,8 нм.

Смежные поверхности расположенных рядом друг с другом пакетов сложены атомами кислорода, поэтому между пакетами, в отличие от каолинита, водородная связь отсутствует. Пакеты связаны между собой лишь значительно более слабой ван-дер-ваальсовой (молекулярной) связью. Молекулы воды могут свободно проникать между пакетами и раздвигать их, снижая тем самым и без того крайне слабое молекулярное взаимодействие между ними. В зависимости от количества воды, находящейся между пакетами, изменяется расстояние между последними, с чем связано увеличение объема (внутрикристаллическое набухание) монтмориллонита в присутствии воды.

В тетраэдрических слоях Si^{4+} может изоморфно замещаться на Al^{3+}, в октаэдрическом слое Al^{3+} - на Mg^{2+} и Fe^{2+}. В результате этого гетеровалентного

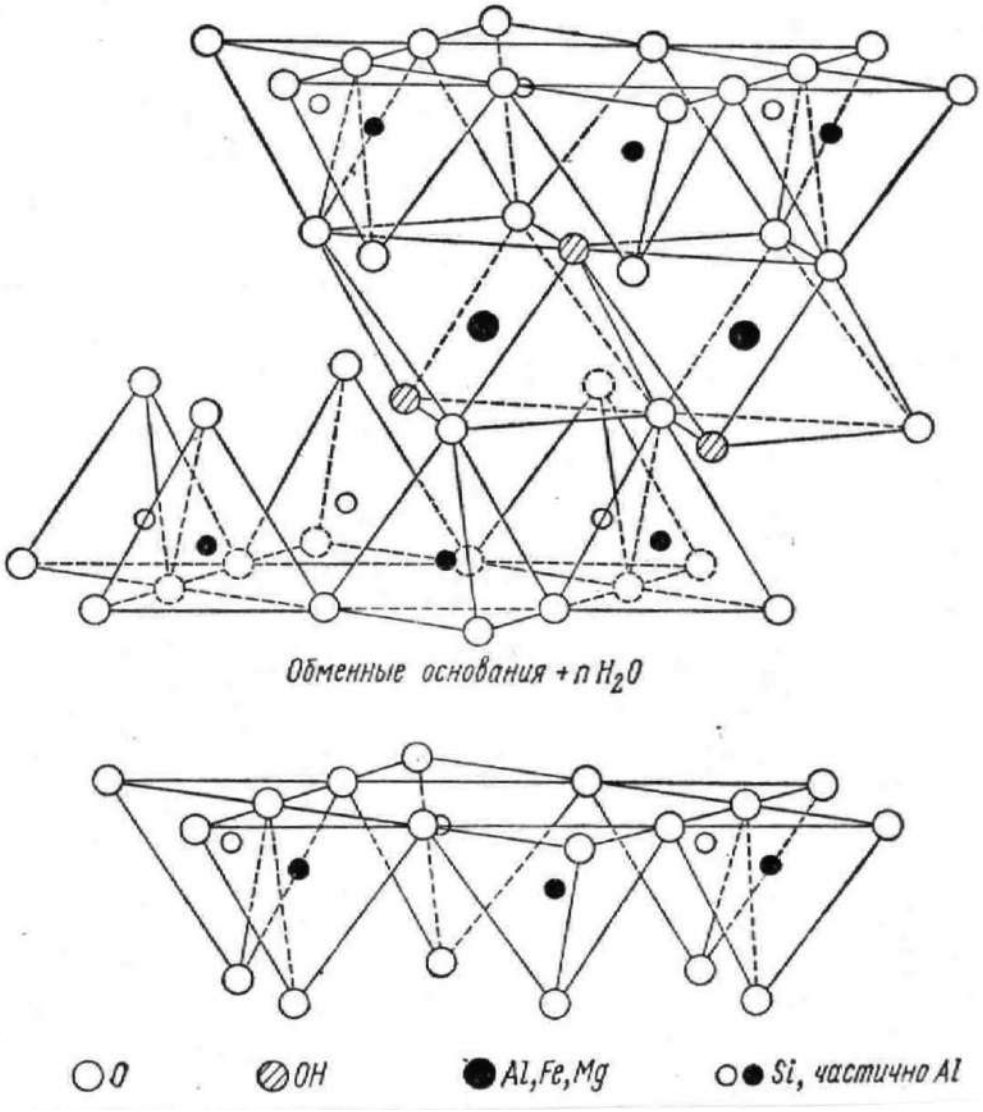


Рис.19. Кристаллическая структура монтмориллонита

изоморфизма возникает дефицит положительного заряда и пакеты приобретают отрицательный заряд. Этот заряд компенсируется гидратированными обменными катионами (Na^{1+}, Ca^{2+}), адсорбированными между пакетами и краевыми участками глинистых частиц (80% обменных катионов находится между пакетами и 20% -по краям частичек монтмориллонита). Этим объясняется высокая поглотительная способность монтмориллонита.

Ионы Na^{1+} обладают способностью удерживать большее количество воды, чем ионы Ca^{2+}, поэтому натриевые монтмориллонитовые глины более текучи и пластичны, чем кальциевые.

Гидрослюды – трехслойные глинистые минералы. Расстояние между пакетами 1 нм.

Часть кремния в тетраэдрических слоях изоморфно замещается алюминием. Дефицит положительного заряда скомпенсирован вхождением между пакетами K^{1+}, а также Ca^{2+}, Na^{1+}, H^{1+}. Так как, в отличие от монтмориллонита, основные изоморфные замещения происходят в тетраэдрических слоях, избыточный отрицательный заряд располагается близко к поверхности пакета. Поэтому соседние пакеты прочно связываются катионами K^{1+} за счет ионно-электростати-ческих сил, так что молекулы воды не могут проникать между

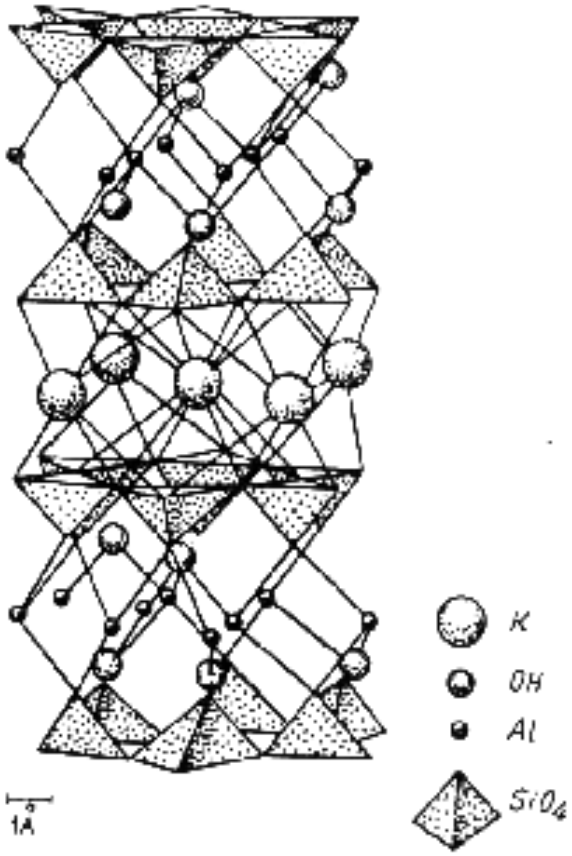


Рис.20. Кристаллическая структура мусковита

пакетами и вызывать внутрикристаллическое набухание. Ионный обмен в связи с этим также резко ограничен.

Основными активными поверхностями частичек гидрослюд являются их боковые края в местах разорванных связей, а также внешние базальные грани. В отличие от каолинита, внешние базальные грани гидрослюд из-за гетеровалентного изоморфизма несут нескомпенсированный отрицательный заряд. Поэтому по гидрофильности и активности в обменных и адсорбционных реакциях гидрослюды занимают промежуточное положение между каолинитом и монтмориллонитом.

Каркасные силикаты – кремнекислородные тетраэдры в кристаллической решетке соединены друг с другом общими вершинными атомами кислорода, образуя трехмерную структуру (каркас) с достаточно большими пустотами. *Кварц, халцедон. Полевые шпаты - калиевые (ортоклаз, микроклин) и плагиоклазы (альбит, анортит), нефелин.*

Кварц SiO_2 распознается по отсутствию спайности, стеклянному блеску, раковистому излому, высокой твердости (его зерна легко царапают стекло), изометричной форме зерен; в породах встречается как бесцветный, так серый и черный кварц. В вулканических и жильных породах высокотемпературный кварц образует вкрапленники в форме гексагональной дипирамиды (на сколах могут давать сечения квадратной формы) или в виде изометричных округлых выделений.

Низкотемпературный кварц относится к тригональной сингонии. Его кристаллы образованы главным образом гранями гексагональной призмы и ромбоэдра.

Прозрачные кристаллы кварца - *горный хрусталь*. При облучении прозрачный кварц (содержащий в небольшом количестве изоморфную примесь алюминия) приобретает дымчатую до черной (*морион*) окраску. Эта окраска обусловлена образованием под действием облучения дефектов в кристаллической структуре кварца за счет смещения отдельных слабо связанных электронов из их исходного положения (рис.17). Нагревание до 200°С переводит слабосвязанный электрон в первоначальное положение, что сопровождается исчезновением дымчатой окраски.

Аметист – кварц фиолетового цвета (из-за изоморфной примеси Fe^{3+}).

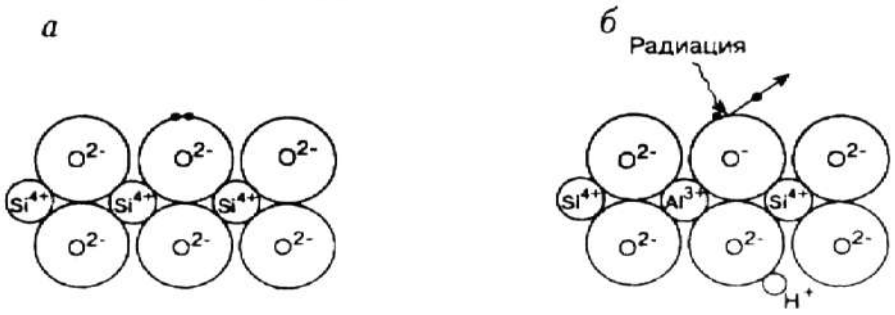


Рис. 21. Схема идеальной кристаллической структуры кварца (*а*) и реальной структуры дымчатого кварца (*б*) [3]

Препараты, приготовленные из прозрачных кристаллов кварца, имеют широкое применение в радиоэлектронной технике. Около 85% потребностей промышленности покрывается за счет искусственных кристаллов кварца (в мире ежегодно выращивается более тысячи тонн таких кристаллов). Они в десятки раз дешевле пригодных для использования природных кристаллов горного хрусталя. Тем не менее в наиболее ответственных изделиях (для дальней космической связи и т.п.) нередко используется природный кварц, как более качественный (его кристаллическая решетка содержит меньше дефектов) по сравнению с искусственным.

Искусственные кристаллы кварца выращиваются в герметичных стальных емкостях, заполненных раствором Na_2CO_3. В нижнюю часть емкости загружается шихта (обычный молочно-белый кварц), а в верхней части емкости подвешиваются тонкие пластинки, вырезанные из природных кристаллов кварца. Температура поднимается до 250-450°С (в нижней части емкости несколько выше, чем в верхней), давление - до десятков и сотен МПа. При этом шихта начинает растворяться, а толщина подвешенных пластинок за счет нарастающего кварца начинает увеличиваться - образуются кристаллы искусственного кварца. Кристаллы растут со скоростью в десятые доли мм в сутки в течение пяти месяцев. Добавление в раствор определенных реагентов позволяет выращивать окрашенные разновидности кварца.

Значительно более широко, чем кристаллы кварца, распространен *жильный* кварц (образует кварцевые жилы). Нередко за счет присутствия огромного количества мельчайших (в тысячные доли миллиметра) флюидных включений он имеет *молочно-белую* окраску. Одной из разновидностей жильного кварца является *гранулированный* кварц (состоит из мелких прозрачных кварцевых зерен), который используется для получения кварцевого стекла - дефицитного конструктивного материала, имеющего широкое применение, в том числе при оснащении космической техники, в самолетостроении и т.д.

Полевые шпаты (плагиоклазы и калиево-натриевые полевые шпаты). На долю полевых шпатов приходится около 40-45% массы литосферы.

Обладают твердостью 6 (свежие) и спайностью по двум направлениям под углом около 90°. Цвет белый, серый, розовый, редко светло-зеленый. В неизмененных вулканических породах они прозрачны и напоминают кварц, отличаясь от него удлиненной формой зерен и наличием спайности. Отличить плагиоклаз от калинатрового полевого шпата макроскопически можно не всегда, в этом случае следует пользоваться общим названием "полевой шпат".

Плагиоклазы - минералы переменного состава, представляют собой изоморфные смеси альбита $Na[AlSi_30_8]$ и анортита $Ca[A1_2Si_20_8]$; процентное содержание анортита в плагиоклазе называется номером плагиоклаза.

Номер плагиоклаза

0 - 10	альбит	кислый плагиоклаз
10 - 30	олигоклаз	"
30 - 50	андезин	средний плагиоклаз
50 - 70	лабрадор	основной плагиоклаз
70 - 90	битовнит	"
90 - 100	анортит	"

На плоскостях спайности плагиоклазов, в отличие от калиево-натриевых полевых шпатов, иногда видна полисинтетическая двойниковая штриховка. Основные и средние плагиоклазы могут быть подвержены соссюритизации, приводящей к стиранию спайности и

приобретению минералом матового излома и характерной зеленоватой (реже беловатой или розоватой) окраски. Некоторым основным плагиоклазам свойственна темно-серая окраска и синеватый отлив на плоскостях спайности. При отсутствии указанных особенностей плагиоклаз внешне не отличим от калинатрового полевого шпата.

По окраске белые и серые свежие **калиево-натриевые (щелочные) полевые шпаты** (K,Na)[$AlSi_3O_8$] (ортоклаз, микроклин) сходны с плагиоклазами. При вторичных изменениях калиево-натриевые полевые шпаты приобретают красноватую или желтоватую окраску, чем отличаются от измененных зеленоватых плагиоклазов. Красноватая окраска может быть свойственна и кислому плагиоклазу - альбиту, но для последнего, в отличие от калиево-натриевого полевого шпата, характерна полисинтетическая двойниковая штриховка на плоскостях спайности.

Нефелин $Na_3K[AlSiO_4]$ отсутствием спайности и окраской иногда сходен в свежем изломе с кварцем. Отличается несколько более низкой твердостью и жирным блеском, кроме серой может иметь зеленоватую или красно-бурую окраску. Ограненные зерна нефелина имеют форму гексагональных призм и на поверхности скола породы (например, уртита) дают сечения прямоугольной или правильной шестиугольной формы. Нефелин легко подвергается вторичным изменениям и выщелачиванию: места выхода зерен нефелина иногда фиксируются на выветрелой поверхности породы ямками выщелачивания.

Цеолиты

Представляют собой водные алюмосиликаты главным образом натрия и кальция. В их кристаллической структуре каркас из алюмокремнекислородных тетраэдров пронизан широкими бесконечными каналами, связывающими большие полости. Суммарный объем полостей и соединяющих их каналов составляет около половины объема кристалла.

Полости и каналы в кристаллической структуре содержат молекулы воды, которые свободно перемещаются вдоль каналов и удерживаются лишь очень слабыми силами. Они могут удаляться и поглощаться без разрушения кристаллической структуры. Поэтому цеолиты могут использоваться для осушения газов и жидкостей.

Из-за замещения Si^{4+} на Al^{3+} каркас $[(Si,Al)O_4]$- тетраэдров имеет отрицательный заряд, компенсируемый присутствием на стенках полостей ионов Na^{1+}, K^{1+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}. Катионы цеолитов могут легко замещаться другими катионами (катионообменные свойства). Например, Na^{1+} может выходить из кристаллической структуры цеолитов, замещаясь Ca^{2+}, поглощаемым из окружающей среды (на этом основано использование натриевых цеолитов для смягчения жестких вод).



Рис. 22. Схема разложения белого света в бриллианте (Булах, 1999)

Цветные камни Урала (Аринштейн и др.,1986)

Некоторые цветные камни:

ювелирные (драгоценные) 1 и 2 порядка – рубин, изумруд, алмаз, сапфир, александрит

ювелирные (драгоценные) 3 порядка – аквамарин, топаз, турмалин

ювелирные (драгоценные) 4 порядка – лунный и солнечный камень, бирюза, аметист, цитрин

ювелирно-поделочные 1 порядка – лазурит, нефрит, малахит, бесцветный и дымчатый горный хрусталь

ювелирно-поделочные 2 порядка – агат, амазонит, родонит

поделочные – яшма, обсидиан, лиственит.

Среди других самоцветных районов мира Урал представляет уникальное минералогическое явление как по

количеству, так и по разнообразию цветных камней. Здесь имеются почти все известные в мире цветные камни, образующие около тысячи проявлений и месторождений.

Мурзинско-Адуйская самоцветная полоса тянется на 150 км при ширине 20-30 км от широты Нижнего Тагила до широты Екатеринбурга. В пегматитовых жилах здесь встречаются аквамарин, топаз, турмалин, цитрин, в кварцевых жилах – аметисты, в полевошпатовых – рубин, сапфир.

НЕКОТОРЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ

Название минерала, химическая формула	Цвет	Твердость	Плотность	Другие свойства
Простые вещества				
Золото Au	Желтый	2,5-3	15,6-19,2	Ковкость
Платина Pt	Серый	4-4,5	15-19	Ковкость
Алмаз C	Бесцветный	10	3,5-3,6	Люминесцирует в ультрафиолетовых и рентгеновских лучах
Графит C	Серый	1	2,1-2,2	Жирный на ощупь, пачкает руки, пишет на бумаге
Сера S	Желтый	1,5-2	2,0-2,1	Хрупкость
Сернистые соединения				
Молибденит MoS_2	Светло-серый	1	4,7-4,8	Чешуйчатый
Антимонит Sb_2S_3	Серый	2		Игольчатый
Галенит PbS	Серый	2,5-3	7,4-7,6	Спайность совершенная
Арсенопирит FeAsS	Серый	5,5-6,0		
Халькопирит $CuFeS_2$	Латунно-желтый	3-4		
Пирротин FeS	Бронзово-желтый	3.5-4.5		Магнитен
Пирит FeS_2	Светло-желтый	6-6,5		Черта черная, нередко кристаллы в форме куба
Сфалерит ZnS	Бурый и др.	3,5-4,0		Черта бурая
Ки́новарь HgS	Красный	2,5	8,1	

Название минерала, химическая формула	Облик кристаллов, строение агрегата	Цвет	Черта	Твер-дость	Другие свойства
Оксиды и гидроксиды					
Пиролюзит MnO_2	Землистый Плотный	Черный	Черная		Землистые разности пачкают руки
Магнетит $FeO{\cdot}Fe_2O_3$		Черный	Черная	5-6	Магнитен
Ильменит $FeTiO_3$		Черный	Черная бурая	5-6	
Гетит FeOOH	Плотный, натечный, охристый	Бурый , черный	Бурая	1-5,0	
Гематит Fe_2O_3	Пластин-чатый, плотный	Черный, серый	Красно-бурая	5,5-6	
Хромит $FeCr_2O_4$		Черный	Бурая	5,5-7,5	
Опал $SiO_2{\cdot}nH_2O$	Плотный, натечный	Белый и др.		5-6	
Рутил TiO_2	Игольчатый	Красный Черный		6,5	
Корунд Al_2O_3		Серый		9	
Галоиды					
Галит NaCl		Бесцвет-ный		2-2,5	Растворяется в воде, соленый на вкус
Сильвин KCl		Белый		2,0	Растворяется в воде, горько-ватый на вкус
Флюорит CaF_2		Бесцвет-ный, фио-летовый, зеленый		4	

Название минерала, химическая формула	Цвет	Твер-дость	Спайность	Другие свойства
Соли кислородных кислот: а) карбонаты				
Кальцит $CaCO_3$	Бесцветный, белый	3,0	Совершенная	Вскипает от капли соляной кислоты
Доломит $CaMg(CO_3)_2$	Бесцветный, белый, серый	3,5-4	Совершенная	Реагирует с соляной кислотой в порошке
Магнезит $MgCO_3$	Бесцветный, белый, серый	4-4,5	Совершенная	Не реагирует с холодной соляной кислотой
Сидерит $FeCO_3$	Бурый, серый	3,5-4,5	Совершенная	Плотность 3,9
Малахит $Cu(CO_3)\cdot Cu(OH)_2$	Зеленый	3,5		Вскипает от капли соляной кислоты
б)фосфаты				
Апатит $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl)$	Бесцветный зеленый голубой	5	Несовершен-ная	Призматический
в) сульфаты				
Гипс $Ca[SO_4]\cdot 2H_2O$	Бесцветный, белый	2	Весьма совершенная	Плотность 2,3
Ангидрит $CaSO_4$	Голубовато-серый	3,5	Совершенная	
Барит $BaS0_4$	Белый	3-3,5	Совершенная	Плотность 4,5
г) вольфраматы				
Вольфрамит $(Fe, Mn)WO_4$	Черный, бурый	4,5-5,5	Совершенная	Плотность 6,7-7,5 черта бурая

Название минерала, химическая формула	Облик кристаллов Строение агрегата	Цвет	Твер-дость	Спайность	Другие свойства
Силикаты: а) островные					
Оливин $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$	Зернистый	Зеленый черный	6,5-7	Несовер-шенная	Бурая корка выветривания
Гранаты $T^{2+}_3R^{3+}_2[SiO_4]_3$ (T=Mg, Fe, Ca R=Al, Fe, Cr)	Изометри-ческий	Бурый	6,5-7,5	Отсутствует	
Топаз $Al_2[SiO_4](F, OH)_2$		Бесцвет-ный	8	Совершен-ная	
Эпидот $Ca_3(Al,Fe)_2[SiO_4] \cdot [Si_2O_7]\ O(OH)$	Призмати-ческий	Желтовато - зеленый	6-6,5	Совершен-ная	
Циркон $Zr[SiO_4]$	Призмати-ческий	Бурый	7-7,5		Иногда радиоактивен
Берилл $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$	Призмати-ческий	Зеленова-тый, жел-товатый	7,5-8	Несовер-шенная	Шестиугольная форма сечений кристаллов
Турмалин $NaFe_3Al_6[Si_6O_{18}] \cdot [BO_3]_3(OH)_4$	Игольчатый	Черный	7-7,5	Отсут-ствует	
б) цепочечные					
Пироксены $R^{2+}_2[Si_2O_6]$ (R=Mg, Fe, Ca, Na, Al)	Призмати-ческий (часто корот-копризма-тический)	Темно-зеленый, черный	5-6,5	Совершен-ная по 2 направлениям под углом 87°	

Название минерала, химическая формула	Облик кристаллов, строение агрегата	Цвет	Твердость	Спайность	Другие свойства
Амфиболы: **актинолит** $Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_8O_{22}](OH)_2$ **роговая обманка**	Призматические	Зеленый Черный	5,5-6	Совершенная по 2 направлениям под углом 124°	Игольчатый
в) слоистые					
Тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	Чешуйчатый	Белый светло-зеленый	1	Весьма совершенная	Жирный наощупь
Слюды: **мусковит** $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ **биотит** $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	Чешуйчатый	Бесцветный Черный, бурый	2-2,5 2,5-3	Весьма совершенная	
Хлорит $R_n[T_2O_5](OH)_8$ (R=Mg, Al, Fe, T=Si, Al, Fe)	Чешуйчатый	Зеленый	2-2,5	Весьма совершенная	
Серпентин $Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$ **Хризотил-асбест** $Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$	Волокнистый	Зеленый Белый, зеленый	3-4 2,5		Жирный блеск Расщепляется на тонкие волокна

Название минерала, химическая формула	Облик кристаллов, строение агрегата	Цвет	Твердость	Спайность	Другие свойства
Глинистые минералы: **каолинит** $Al_2[Si_2O_5](OH)_4$ **монтмориллонит** $(Al,Mg)_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH2O$ **гидрослюда** $K_{0,65}Al_2[Al_{0,65}Si_{3,35}O_{10}](OH)_2$	Землистые, плотные, с водой становятся пластичными	Белый и др.	2-2,5		При смачивании водой увеличивается в объеме
г) каркасные					
Кварц SiO_2	Зернистый	Белый и др.	7	Отсутствует	Плотность 2,6
Халцедон SiO_2	Скрытозернистый	Белый и др.	7	Отсутствует	Полосчатый - агат
Полевые шпаты: **калиево-натриевые (ортоклаз, микроклин)** $K[AlSi_3O_8]$ **плагиоклазы (альбит** $Na[AlSi_3O_8]$, **анортит** $Ca[Al_2Si_2O_8]$**)**	Зернистый	Белый, серый, буро-красный	6	Совершенная по 2 направлениям под прямым углом	Плотность 2,6-2,8
Нефелин $Na_3K[AlSiO_4]_4$		Серый, серо-зеленый	5,5-6	Отсутствует	

ЛИТЕРАТУРА

Основная:
Миловский А. В. Минералогия и петрография. М., Недра, 1979.
Булах А. Г. Минералогия с основами кристаллографии. М., Недра, 1989.
Дополнительная:
Булах А. Г. Общая минералогия. Изд. СПб ун-та, 1999.
Лазаренко Е. К. Курс минералогии. М., Высшая школа, 1971.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Студентами заочной формы обучения содержание дисциплины осваивается путем самостоятельной проработки рекомендованной литературы и изучения коллекционного материала на кафедре и в экспозиции геологического музея.

До приезда на сессию студент-заочник должен выполнить домашнее задание по составлению конспекта свойств перечисленных выше (выделены курсивом) минералов (форма конспекта – табл. 2). Конспект свойств составляется по рекомендованной учебной литературе.

Таблица 2

Форма конспекта свойств минералов

Название минерала, химическая формула	Сингония	Облик кристал-лов	Строение агрегата	Спайность	Цвет, черта
1	2	3	4	5	6

Блеск	Твердость	Плотность	Особые свойства	Сходные минералы	Месторождения	Применение
7	8	9	10	11	12	13

При составлении конспекта следует обратить внимание на химический состав минералов, наиболее важные диагностические признаки и на применение минералов.

Успешное овладение минералогией невозможно без практической работы с минералами. При самостоятельном изучении предмета полезно использование коллекций минералов геологических объектов, на которых работает студент-заочник, а также ознакомление с экспозицией ближайшего геологического или краеведческого музея.

Студент, занимающийся по индивидуальному плану, перед изучением дисциплины может получить на кафедре для изучения в межсессионный период шкалу твердости и коллекцию минералов (в последующем возвращаются на кафедру).

Занимаясь со шкалой твердости, следует научиться определять твердость, царапая одним минералом по другому, а также царапая минералом по стеклу или стеклом по минералу, запомнить каждый минерал шкалы и значение его твердости. При изучении спайности следует заполнить в табл. 3 колонки, описывающие спайность ряда минералов

шкалы твердости (при этом можно контролировать себя по характеристике спайности этих минералов в конспекте свойств минералов)

Используя составленный конспект свойств минералов, следует изучить полученную на кафедре коллекцию минералов с тем, чтобы запомнить и научиться определять эти минералы.

Таблица 3

Спайность минералов шкалы твердости

Твер-дость	Минерал	Спайность		
		Вид (степень совершенства)	Число направлений спайности	Угол между плоскостями спайности (прямой или косой)
1 2 3 4 6 7 8	Тальк Гипс Кальцит Флюорит Ортоклаз Кварц Топаз			

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

В процессе изучения дисциплины необходимо в письменном виде подготовить ответы на эти вопросы.

1. Назовите разновидности минеральных агрегатов.
2. Охарактеризуйте типы химической связи в кристаллах.
3. Что такое изоморфизм?
4. Приведите примеры изовалентного и гетеровалентного изоморфизма.
5. Приведите примеры ограниченного и неограниченного изоморфизма.
6. Охарактеризуйте зависимость удельного веса от химического состава и структуры кристаллов.
7. Перечислите минералы шкалы твердости.
8. Охарактеризуйте спайность минералов шкалы твердости.
9. Электрические и магнитные свойства минералов.
10. Окраска и люминесценция минералов.
11. Самородные элементы.
12. Как отличить мелкие выделения золота от сходных с ними зерен пирита или халькопирита?
13. Сернистые соединения.
14. Назовите минералы - руды свинца, цинка, меди.
15. Назовите минералы, в состав которых входят: мышьяк; ртуть; сурьма.
16. Охарактеризуйте сульфиды, содержащие железо.
17. Назовите сульфиды, обладающие: высокой и низкой твердостью; повышенной магнитностью; спайностью.

18. Практическое применение и месторождения минералов - самородных элементов и сернистых соединений.
19. Дайте характеристику оксидов и гидроксидов.
20. Назовите минералы - руды железа и марганца.
21. Назовите минералы, в состав которых входят: титан; хром; марганец.
22. Галоиды.
23. Сульфаты.
24. Перечислите минералы из группы карбонатов. Охарактеризуйте их диагностические признаки.
25. Кристаллические структуры силикатов.
26. Назовите силикаты, содержащие: а) натрий, б) магний.
27. Приведите химические формулы островных силикатов.
28. Охарактеризуйте химический состав и диагностические признаки цепочечных силикатов.
29. Слоистые силикаты.
30. Глинистые минералы.
31. Изоморфные замещения в гидрослюдах и монтмориллоните.
32. Почему K^+ в гидрослюдах удерживается прочно, а Na^+, K^+, Ca^{2+} в монтмориллоните – слабо?
33. В каких глинистых минералах изоморфно замещается Si^{4+}, а в каких Al^{3+}?
34. Почему пакеты в каолините связаны между собой прочнее, чем в монт-мориллоните?
35. Различия адсорбции катионов частицами каолинита и монтмориллонита.
36. Почему гидрослюды способны сильнее адсорбировать катионы, чем каолинит?
37. Каркасные силикаты.
38. Назовите окрашенные разновидности кварца.
39. Кварц и его применение.
40. Калиево-натриевые полевые шпаты и плагиоклазы.
41. Перечислите главные драгоценные и цветные камни Урала.

ПЕТРОГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ

Петрография («петра» - скала, «графо» - пишу) изучает горные породы – минеральные агрегаты, сложенные одним или несколькими минералами и занимающие значительные участки земной коры.

Как самостоятельная наука петрография начала развиваться после того, как для изучения горных пород был использован микроскоп (Сорби, 1858). До введения микроскопа породы изучались при помощи лупы и химического анализа. С появлением микроскопа стало возможным значительно более точное определение породообразующих минералов и их взаимоотношений.

С 20-х годов XX века эксперименты по образованию горных пород в лабораторных условиях положили начало аналитическому этапу в развитии петрографии. Применение большого числа разнообразных точных методов исследования и экспериментальных данных сделало петрографию точной наукой (петрология).

Новый этап развития петрографии начался в 60-х годах XX века в связи с внедрением рентгеноспектрального микроанализатора (электронного микрозонда), позволившего с большой точностью изучать химический состав отдельных зерен минералов в горных породах.

Петрография тесно связана с инженерной геологией. Физико-механические свойства горных пород определяются их петрографическими особенностями, в связи с чем инженерно-геологическое изучение горных пород начинается с их петрографического иссследования, в том числе с определения минерального состава, структур и текстур горных пород.

Горные породы подразделяются на магматические, осадочные и метаморфические. Земная кора на 95 % сложена магматическими и метаморфическими породами; однако выходы этих пород занимают лишь 25 % поверхности суши (остальные 75 % поверхности суши заняты распространяющимися на относительно небольшую глубину осадочными породами).

МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Магматические породы образуются из флюидно-силикатных расплавов (магм). Магмы являются продуктами частичного плавления вещества мантии и континентальной земной коры на глубинах от 200-300 до 10-20 км, и могут подниматься из глубин в верхние части земной коры и на земную поверхность. Начальная температура расплавов 500-800 ºС.

При застывании магмы на глубине возникают интрузивные породы (плутонические и жильные), а на земной поверхности (на суше или на дне моря) – вулканические породы (эффузивные и вулканогенно-обломочные).

При выходе магмы на поверхность (или на дно моря) газы, растворенные в расплаве на глубине под высоким давлением, испытывают тысячекратное увеличение объема, что может служить причиной взрывов. За счет этого магмы (в том числе частично отвердевшие) могут выбрасываться в атмосферу в виде обломков - вулканических бомб, лапиллей, пепловых частиц, скопления которых образуют вулканогенно-обломочные породы.

ОБЩИЕ ОСОБЕННОСТИ И СИСТЕМАТИКА МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

Химический состав

Химический состав положен в основу общей классификации магматических пород.

90 % объема земной коры (47 % по весу) приходится на кислород – в земной коре преобладают кислородсодержащие минералы. Результаты химических анализов горных пород представляют в форме процентного содержания оксидов.

Породообразующие оксиды (в сумме составляют 97 весовых % от среднего состава магматических пород): SiO_2 (*кремнезем, кремнекислота*), Al_2O_3 (*глинозем*), Fe_2O_3, FeO (*окись и закись железа*), MgO, CaO (*основания*), Na_2O, K_2O (*щелочи*).

По содержанию кремнезема магматические породы разделяются на группы:

ультраосновные породы - 30-44 % SiO_2 (дуниты, перидотиты, кимберлиты);

основные породы - 44-53 % SiO_2 (базальты, габбро, пироксениты, горнблендиты);

средние породы - 53-64 % SiO_2 (андезиты, диориты, трахиты, сиениты, миаскиты);

кислые породы - 64-78 % SiO_2 (риолиты, граниты, дациты, гранодиориты).

По мере увеличения отношения $(Na_2O+K_2O)/SiO_2$ выделяются также ряды магматических пород: породы нормальной щелочности, субщелочные и щелочные магматические породы.

Кроме перечисленных выше главных химических элементов, в породах имеются элементы-примеси: в ультраосновных и основных породах - Cr, Co, Ni и др., в кислых породах - Li, Be, Zr и т. п.. Радиоактивные элементы (U, Th) в минимальном количестве содержатся в ультраосновных породах, а в максимальном – в кислых породах (гранитах). В связи с этим в районах развития гранитов уровень γ-радиации в 3-4 раза выше фонового значения. В современных домах при использовании в качестве наполнителя бетона гранитного щебня уровень радиации в несколько раз выше, чем в деревянных домах или при использовании в качестве наполнителя бетона щебня основных и ультраосновных пород.

Минеральный состав

По количественному значению минералы магматических пород разделяются на главные (типоморфные) - присутствуют в породе в количестве более 5 %, и второстепенные - менее 5 %. Главные минералы делятся на светлые (салические) и темноцветные (фемические).

Светлые минералы:	***Темноцветные минералы:***
кварц	оливин
полевые шпаты (плагиоклазы,	пироксены
калинатровые полевые шпаты)	амфиболы
нефелин	биотит

Второстепенными могут быть как перечисленные, так и более редкие специфические (акцессорные) минералы, например, хромит, магнетит, апатит, сфен, циркон (из этих минералов циркон содержит наибольшее количество радиоактивных элементов-примесей).

Структуры

Понятие "структура" охватывает особенности строения горной породы, которые обуславливаются размерами, формой и взаимоотношениями минералов и вулканического стекла.

Равнозернистые структуры:

гигантозернистая - более 20 мм
крупнозернистая - 5-20 мм
среднезернистая - 1-5 мм
мелкозернистая - менее 1 мм, но зерна видны невооруженным глазом
афанитовая - зернистость обнаруживается лишь под микроскопом

Неравнозернистые структуры:

порфировая - заметные невооруженным глазом зерна (вкрапленники) располагаются среди стекловатой, афанитовой или очень мелкозернистой основной массы; порфировая структура характерна для эффузивных пород (рис.23).

порфировидная - крупные зерна (вкрапленники) размерами до 1 см и более располагаются среди основной массы, сложенной зернами размерами не менее 1-2 мм; встречается в интрузивных породах.

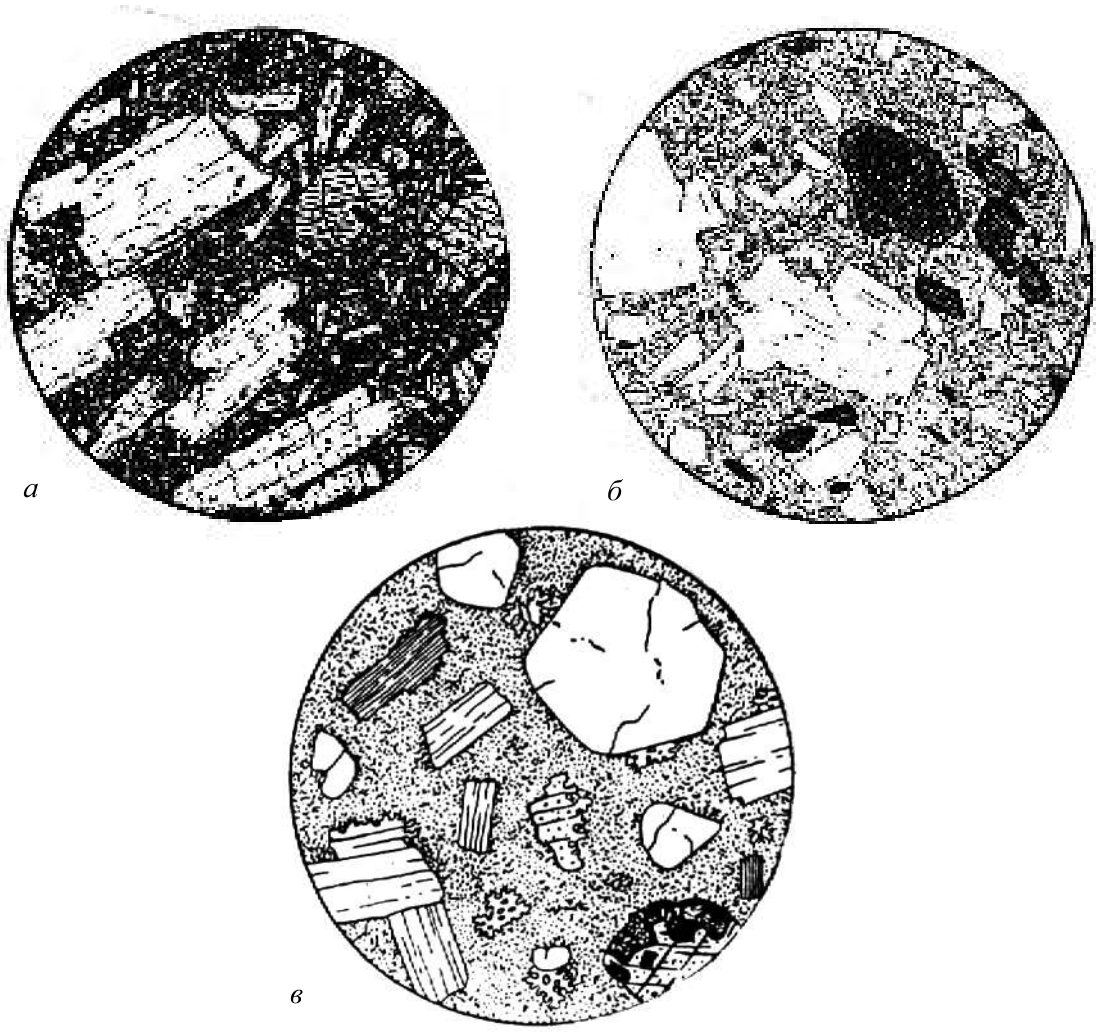


Рис.23. Эффузивные породы порфировой структуры (по А. Н. Заварицкому и Х. Вильямсу):

а - плагиоклазовый ***базальт*** **(**вкрапленники - плагиоклаз, пироксен, оливин);

б – роговообманковый ***андезит*** **(**вкрапленники - роговая обманка, плагиоклаз; в основной массе преобладает вулканическое стекло);

в – ***риолит*** (вкрапленники - кварц, калинатровый полевой шпат, олигоклаз, биотит; основная масса афанитовой структуры).

Диаметр поля зрения: а – 5,3 мм, б – 3,4 мм, в – 4 мм

Текстуры

Текстуры определяются ориентировкой, относительным расположением составных частей породы и характером заполнения ими пространства:

однородная (массивная) – состав и структура породы в любом направлении одинаковы, ориентировка минералов изотропна; возникают при спокойной кристаллизации магмы;

- пятнистая (пятна образованы группами зерен);
- шаровая, подушечная –образуются при подводном излиянии лав (эффузивы основного состава);
- полосчатая (рис. 24);
- директивная – плоскостная или линейная ориентировка каких-либо зерен;
- пористая – в эффузивных породах (поры - газовые пузырьки, образующиеся при кипении лавы);
- миндалекаменная – поры в эффузивных породах заполнены более поздними минералами.



Рис. 24. Габбро полосчатой текстуры с Денежкина Камня на Урале (по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу)



Рис. 25. Гранит. Плагиоклаз, калиевый полевой шпат, кварц и биотит; акцессорный магнетит; диаметр поля зрения 4,3 мм (по А. Н. Заварицкому)

Плутонические (интрузивные) породы

Плутонические породы образовались при длительной кристаллизации магматических расплавов в земной коре.

Они имеют яснозернистую, большей частью средне- или крупнозернистую, реже гиганто- или мелкозернистую структуру; обычно не бывает порфировой структуры. Гиганто- и крупнозернистые структуры образуются при медленной кристаллизации расплавов, богатых летучими, а мелкозернистые – при быстром охлаждении расплавов.

Минеральный состав плутонических пород:

Дунит - оливин (> 90 %)

Перидотит - оливин (>40 %), пироксен

Га́ббро - основной плагиоклаз (35-65 %), темноцветный минерал (пироксен, реже роговая обманка, оливин)

Пироксенит - пироксен (> 60%)

Горнблендит- роговая обманка (>60%)

Диорит - средний плагиоклаз (>60 %), темноцветный минерал (пироксен, реже роговая обманка, оливин)

Кварцевый диорит - то же, что и в диорите, но 5-20% кварца

Сиенит - калинатровый полевой шпат, плагиоклаз (не всегда), темноцветный минерал (часто биотит) - 10-20 %

Миаскит - калинатровый полевой шпат (20-60%), нефелин (20-30%), плагиоклаз (0-20%), биотит (5-20%), амфибол (0-20%); порода часто имеет гнейсовидную текстуру

Гранодиорит - кварц 15-25%, плагиоклаз 30-60%, калиево-натриевый полевой шпат 10-25%, темноцветные минералы (биотит, роговая обманка, пироксен) 8-25%

Гранит - кварц (25-40 %), полевые шпаты (50-65 %), темноцветные минералы (биотит, мусковит, роговая обманка) - 3-10 %

Вулканические (эффузивные) породы

Вулканические (эффузивные) породы – продукты кристаллизации магмы, вышедшей на земную поверхность по вулканическим каналам и быстро застывшей на суше или в подводных условиях.

Структуры: порфировая, мелкозернистая, афанитовая, стекловатая; текстуры: массивная, пористая, миндалекаменная.

Минеральный состав вулканических пород отвечает минеральному составу соответствующих плутонических аналогов (табл. 3; породы, находящиеся в таблице в одной строке, имеют одинаковый минеральный состав: риолит имеет состав гранита, трахит - сиенита и т. д.). Макроскопическая диагностика вулканических пород ведется по составу порфировых вкрапленников; минеральный состав основной массы на глаз не определяется.

Таблица 4

Вулканические аналоги плутонических пород

Плутонические породы	Вулканические породы
габбро (диорит) сиенит гранит	базальт андезит трахит риолит

В зависимости от степени вторичных изменений вулканические породы подразделяются на кайнотипные - свежие и палеотипные – измененные.

Отличительные признаки свежих (кайнотипных) пород:

1) полевые шпаты во вкрапленниках водяно-прозрачные;

2) может присутствовать вулканическое стекло;

3) пористая текстура, излом на ощупь шероховатый (из-за тонкой пористости);

4) окраска пород белая, серая, темно-серая, черная. Темно-серую до черной окраску имеют базальты и андезиты; между собой они часто могут быть различимы лишь под микроскопом. Долериты более крупнозернисты, чем базальты. От андезитов иногда макроскопически неотличимы трахиты - те и другие породы могут иметь одинаковую серую окраску основной массы и содержать одинаковое количество внешне сходных вкрапленников.

Отличительные признаки измененных (палеотипных) пород:

1) вкрапленники полевых шпатов непрозрачны: калинатровые полевые шпаты красноватые, буроватые, желтоватые, плагиоклазы - зеленоватые;

2) вулканическое стекло раскристаллизовано;

3) поры исходной породы заполнены кальцитом, хлоритом, кварцем и другими минералами (миндалекаменная текстура);

4) преобладают цветные окраски пород - буроватые, красноватые, зеленоватые (последние особенно характерны для основных и средних пород).

Измененные (палеотипные) разности вулканических пород обозначают приставкой "мета-": например, метабазальты (ранее называемые базальтовыми порфиритами), метаандезиты (андезитовые порфириты), метатрахиты (бескварцевые порфиры), метариолиты (кварцевые порфиры).

Наиболее распространенные эффузивные породы – базальты. В пределах континентов их количество (объем) в 5 раз превышает все остальные вместе взятые эффузивные породы. Вторыми по распространенности эффузивами являются андезиты. В отличие от базальтов, которые широко развиты на океаническом дне, андезиты распространены на островных дугах и в окраинно-континентальных вулканических поясах (например, в обрамлении Тихого океана).

Вулканогенно-обломочные породы

Лавовые брекчии – обломки эффузивной породы цементируются той же эффузивной породой. Типичны для наземных излияний.

Пирокластические породы (образованные из обломков, выброшенных при взрывах во время извержения в огненно-жидком или раскаленном состоянии): рыхлые – *тефра,* сцементированные – *вулканические туфы*.

Обломки в пирокластич породах по величине подразделяются на:

вулканические бомбы > 50 мм

лапилли 2-50 мм

вулканический пепел < 2 мм

По величине обломков можно судить о расстоянии от центра извержения - вулканические бомбы накапливаются вблизи от центра извержения, вулканический пепел может переноситься от центра извержения на расстояния в сотни и тысячи километров.

Если обломки образованы породами (андезитом, риолитом и т.д.), туфы называются литокластическими; если обломки образованы отдельными минералами – кристаллокластическими, а если обломки сложены вулканическим стеклом – витрокластическими.

Пример названия туфа: туф андезитовый лапиллиевый литокластический.

При наличии обломков различного типа даются смешанные названия - например, при совместном присутствии обломков кристаллов и большего количества обломков пород - кристаллолитокластический туф (первым упоминается тот компонент, которого в породе меньше). Туфы кислого состава обычно витро- и кристаллокластические, а туфы основного состава – литокластические.

Жильные породы

Пегматиты- породы гигантозернистой структуры; по минеральному составу выделяются гранитные пегматиты, габбро-пегматиты, сиенит-пегматиты и т.д.

Мелкозернистые жильные породы обозначаются названиями соответ-ствующих интрузивных пород с добавлением приставки "микро-": *микрогранит, микросиенит, микродиорит, микрогаббро*. *Аплиты* - светлые, почти лишенные темноцветных минералов мелкозернистые породы.

Жильные породы порфировой структуры обозначаются названиями соответствующих интрузивных пород с добавлением слова "порфир" (при наличии калиево-натриевого полевого шпата) или "порфирит" (при отсутствии калиево-натриевого полевого шпата): *гранит-порфир, сиенит-порфир, диоритовый порфирит*. *Лампрофиры* - породы порфировой структуры с высоким содержанием темноцветных минералов.

Жильные породы порфировой структуры могут быть внешне сходны с вулканическими (эффузивными) породами. Критерием отличия в некоторых случаях может служить более высокая

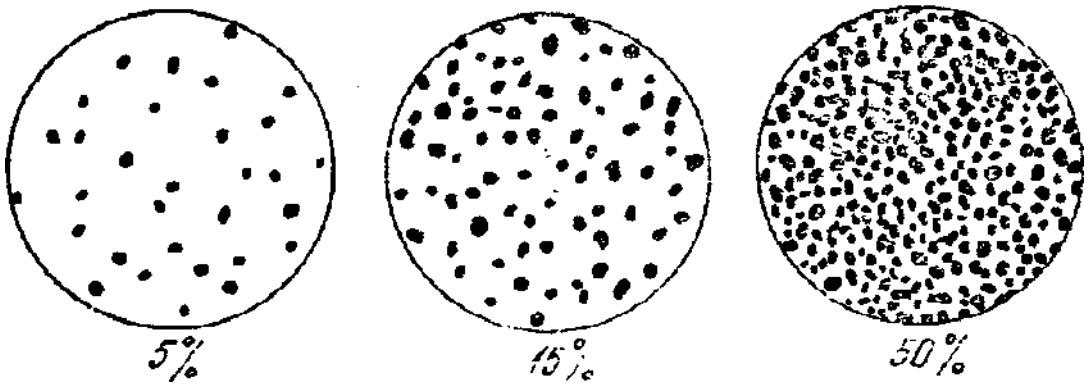
степень кристалличности жильных пород: богатство вкрапленниками (на них может приходиться более 50% породы), размер зерен основной массы иногда достигает 1-2 мм.

ОПИСАНИЕ ОБРАЗЦОВ

План описания образца магматической породы:

- название, текстура, структура, окраска породы;
- минеральный состав, в процентах (точность 5-10 %; для пород порфировой структуры указывается процентное содержание порфировых вкрапленников и основной массы);
- характеристика каждого минерала породы - размеры зерен, диагностические признаки (цвет, спайность, форма зерен и др.).

Трафареты для визуального определения процентного содержания минералов



Примеры описания образцов плутонической (А) и вулканической (Б) пород (по Л. И. Кравцовой, М. Н. Чукашевой, с изменениями).

А) Роговообманковый кварцевый диорит. Массивная среднезернистая порода серой окраски, состоящая из плагиоклаза (60-65 %), темноцветного минерала (20-25 %) и кварца (около 15 %).

Плагиоклаз зеленоватой окраски, со спайностью, образует прямоугольные в изломе зерна размером до 5-6 мм.

Кварц серого цвета, с раковистым изломом, в виде изометричных зерен размерами 2-3 мм, выполняющих промежутки между зернами плагиоклаза.

Темноцветный минерал представлен роговой обманкой – черная, со спайностью по двум направлениям под косым углом, образует вытянутые призматические зерна шириной до 1-2 мм, длиной до 5-6 мм.

Б) Биотитовый риолит. Массивная порода порфировой структуры с вкрапленниками кварца, полевого шпата, биотита и буровато-серой афанитовой основной массой. Вкрапленники составляют третью часть породы и сложены на 70 % полевым шпатом, 20 % - кварцем, 10 % - биотитом.

Вкрапленники полевого шпата имеют размер от 3 до 6 мм**,** правильную форму и хорошо выраженную спайность. По окраске выделяются два вида полевых шпатов - белый, местами слегка зеленоватый, по-видимому, плагиоклаз, и розоватый, очевидно, калиево-натриевый полевой шпат.

Вкрапленники кварца имеют округлую форму, их размеры колеблются от 3 до 5 мм, обладают дымчато-серым цветом, стеклянным блеском и раковистым изломом.

Биотит образует шестиугольные блестящие чешуйки черного цвета размерами 1-2 мм.

ГРУППЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

Ультраосновные породы

Ультраосновные магмагматические породы (ультрабазиты) распространены значительно меньше других групп изверженных пород (основных, средних, кислых). Они составляют менее 1% от объема земной коры, но в то же время это главные породы верхней мантии, которая располагается ниже земной коры.

Наибольшее значение среди ультраосновных пород имеют плутонические породы **нормального** петрохимического ряда (33-44% SiO_2, < 1,5% Na_2O+K_2O) – *дуниты* (состоят более, чем на 90% из оливина) и *перидотиты* (состоят из оливина и пироксена). Характерной особенностью дунитов является образование коричневато-бурой корки на их выветрелой поверхности.

Геолог в поле изучает и картирует геологические тела, обычно образованные той или иной совокупностью (ассоциацией) горных пород. Устойчивые ассоциации магматических пород, которые, закономерно повторяясь в разных регионах, всюду формируются в сходных геологических условиях, называются магматическими формациями.

Дунит-перидотитовая формация. Образует согласные с простиранием вмещающих пород геологические тела, сложенные дунитами и перидотитами. Эти тела представляют собой тектонические блоки, перемещенные в верхнюю часть земной коры из мантии.

Дуниты и перидотиты могут быть связаны между собой постепенными переходами. Наблюдается чередование дунитовых и перидотитовых полос мощностью от нескольких сантиметров до нескольких километров. В Шабровском районе протяженность тел этой формации – от нескольких сотен м до 30 км, ширина выходов на поверхность – до 1,5 км.

Породы серпентинизированы. С дунит-перидотит формацией связаны месторождения хромитов, асбеста, талька, с корой выветривания на породах этой формации – никеля и кобальта.

Дунит-пироксенит-габбровая формация. Образует вытянутые вдоль складчатости тела длиной до 150 км и шириной до 30 км, например, Тагильский, Ревдинский, Уктусский массивы. Дуниты образуют овальные тела, окруженные кольцом пироксенитов и располагающиеся в западных частях областей развития габбро (рис?). С данной формацией связаны месторождения хромитов и платины (Платиноносный пояс на Урале).

К ультраосновным породам **щелочного** ряда относятся породы с содержанием менее 44% SiO_2 и более 1-2% Na_2O+K_2O. Вулканическая порода этого ряда – *кимберлит* (содержит 30-60% оливина). Кимберлиты несут промышленные концентрации алмазов (Ю. Африка, З. Якутия). Форма залегания кимберлитов - вертикальные трубообразные тела диаметром в несколько сотен метров (до 1,5 км).

Основные породы

Наиболее широко распространены основные магматические породы нормальной щелочности (44-53% SiO_2 и 2-4,5% Na_2O+K_2O).

Эффузивные породы основного состава – *базальты*. Это главные по распространенности эффузивные породы: на континентах базальтов в 5 раз больше, чем всех остальных вместе взятых эффузивных пород.

Окраска базальтов от темно-серой до черной. Главные минералы базальтов – пироксен, основной плагиоклаз, иногда оливин. В измененных (палеотипных) разностях (метабазальтах) плагиоклаз соссюритизирован, пироксен замещается актинолитом, хлоритом, оливин – серпентином. Так как вторичные минералы имеют главным образом зеленый цвет, метабазальты отличаются от свежих черных базальтов зеленым оттенком окраски.

Трапповая формация. Характеризуется развитием базальтов на больших площадях. Так, пермо-триасовые базальты трапповой формации западной части Сибирской платформы занимают площадь 1,5 миллиона квадратных километров при мощности до 2 км. Это крупнейшая в мире трапповая провинция. В течение 1-2 млн лет в разных точках этой площади происходили спокойные трещинные излияния достаточно жидкой базальтовой лавы. Лавовые потоки и покровы имеют мощность до 40-60 м. В подстилающих породах образуются пластовые залежи долеритов (крупно- и среднезернистых базальтов).

В современном рельефе трапповые формации образуют обширные плоскогорья. Покровы прочных базальтов и пластовые залежи долеритов, которые переслаиваются с менее прочными породами, выступают на склонах долин и холмов в виде ступеней гигантской лестницы, что и отражено в термине «трапп». Вулканиты трапповой формации часто называют платобазальтами, подчеркивая этим их залегание в виде обширных пологих покровов.

Базальт-риолитовая (контрастная) формация, характерная для начальных стадий развития геосинклиналей, присутствует, например, в пределах Сухоложского полигона учебной геологосъемочной практики.

Интрузивные основные породы – *пироксениты, горнблендиты, габбро*. Они менее распространены, чем эффузивные основные породы (чаще всего из интрузивных основных пород встречается габбро). Пироксениты и горнблендиты сложены темноцветными минералами (пироксенами, амфиболами), а в габбро наряду с этими минералами (а иногда также с оливином) в значительном количестве (35-65%) присутствует основной плагиоклаз.

Средние породы

Нормальный петрохимический ряд (53-64% SiO_2 и менее 5-7,5% Na_2O+K_2O).

Эффузивные породы – *андезиты*. Это обычно темные породы порфировой структуры, в которых вкрапленники сложены плагиоклазом и, в меньшем количестве, темноцветными минералами (пироксеном, роговой обманкой). Наличие вкрапленников плагиоклаза характерно для андезитов – в базальтах, сходных по цвету с андезитами, вкрапленники плагиоклаза редко различимы макроскопически.

После базальтов андезиты являются наиболее распространенным типом вулканических пород. Наиболее мощные проявления андезитового вулканизма сопровождают формирование островных дуг и окраинно-континентальных вулканических поясов (например, Тихоокеанское обрамление – Камчатка, Курильские острова, побережье Охотского моря и т.д.).

С высокой газонасыщенностью андезитовых магм связано постоянное образование взрывов при выходе этих магм на поверхность. В связи с этим до 70-90% извергнутого материала андезитовых магм представлено пирокластическими образованиями (вулканическими бомбами, лапиллями, пеплом).

Интрузивные породы – *диориты* (на 60-80% сложены средним плагиоклазом и содержат 20-40% темноцветных минералов, представленных преимущественно амфиболами)

Субщелочной петрохимический ряд (53-64% SiO_2 и 5-14% Na_2O+K_2O).

Эффузивные породы – *трахиты*, интрузивные – *сиениты*. Характерной особенностью этих пород является присутствие значительного количества калиево-натриевого полевого шпата (в сиенитах его содержание достигает 60-80 %). Плагиоклаза в

сиенитах 10-30%, темноцветных минералов 10-20%. С увеличением содержания плагиоклаза и темноцветных минералов сиениты переходят в монцониты. Подавляющее большинство сиенитов представляет краевые фации гранитоидных и габброидных массивов.

Щелочной петрохимический ряд (53-64% SiO_2 и 8-23% Na_2O+K_2O).

Плутонические породы этого ряда – нефелиновые сиениты, одной из разновидностей которых являются *миаскиты*. Главные минералы миаскитов - нефелин (20-30%) и калиево-натриевый полевой шпат (20-60%), может присутствовать кислый плагиоклаз. Темноцветные минералы представлены биотитом, часто сопровождаемым амфиболом. Нередко содержат кальцит (до нескольких процентов). Характерна гнейсовидная полосчатая текстура.

Кислые породы

Эффузивные породы – *дациты* (содержание SiO_2 64-68%) и *риолиты* (содержание SiO_2 более 73%). Дациты нередко отличаются от риолитов несколько более темной окраской и более четко выраженным порфировым строением. Порфировые вкрапленники в дацитах сложены преимущественно плагиоклазом и амфиболом, а в риолитах – кварцем, плагиоклазом и калиево-натриевым полевым шпатом.

Риолитовые лавы на поверхности застывают в виде вулканического стекла с погруженными в него кристаллами (вкрапленниками), выделившимися внутри земной коры при подъеме магмы к поверхности. Иногда кристаллы отсутствуют и порода целиком состоит из стекла (обсидиан). Последний имеет черную или дымчатую окраску, встречаются пестрые разновидности, в которых наблюдается чередование черного и красновато-бурого стекла.

Кислые лавы образуют относительно короткие (до 10 км) мощные (100-150 м) потоки, в подошве которых присутствуют лавовые брекчии. Объем вулканогенно-обломочных пород (тефра, вулканические туфы кислого состава) обычно превышает объем лав.

Дациты и риолиты вместе с андезитами представляют вулканизм островных дуг и активных окраин континентов. В пределах Сухоложского полигона учебной геологосъемочной практики находится стратовулкан Дивий камень, который относится к базальт- андезит-дацит-риолитовой формации (островодужному типу). Эксплозивным характером извержения при образовании этого стратовулкана обусловлено широкое развитие в нем вулканогенно-обломочных пород и незначительное – эффузивных фаций.

Интрузивные породы – гранитоиды. Это наиболее широко распространенные интрузивные породы. К ним относятся *гранодиориты* (64-68% SiO_2) и *граниты* (68-73% SiO_2). В состав этих пород входят плагиоклаз и калинатровый полевой шпат, а также кварц (в гранодиоритах 15-25%, в гранитах 25-40%) и темноцветные минералы (в гранодиоритах 8-25%, в гранитах 3-10%).

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

Плотность магматических пород

Плотность светлых (салических) минералов (калиевый полевой шпат 2,55, кварц 2,65, альбит 2,61, анортит 2,76 г/см^3) ниже плотности темноцветных (мафических) минералов (3,2-3,3 г/см^3).

Плотность плутонических пород находится в строгом соответствии с их минеральным и химическим составом и повышается по мере перехода от кислых к средним и далее к основным и ультраосновным породам (средние значения плотности гранитов 2,58,

гранодиоритов - 2,69, габбро - 2,95, дунитов – более 3,2 г/см^3). Уменьшение содержания кремнезема на 20 % соответствует увеличению плотности на 0,37 г/см^3.

Плотность вулканических пород в целом ниже, чем соответствующих плутонических пород (из-за пористости, наличия стекла и других особенностей вулканических пород), но также возрастает по мере перехода от кислых к средним, основным и ультраосновным вулканическим породам. Из-за большего разнообразия структур и текстур диапазон изменения плотности вулканических пород шире, чем у плутонических пород. За счет отсутствия значительной пористости измененные (палеотипные) вулканические породы обычно имеют более высокую плотность, чем свежие (кайнотипные) вулканические породы того же состава.

Плотность плутонических пород при вторичных изменениях обычно уменьшается. Например, плотность ультраосновных пород при их серпентинизации (при замещении оливина и пироксена серпентином – рис. 10) уменьшается (плотность серпентина ниже, чем плотность замещаемых им оливина и пироксена). В массиве Рай-Из (Полярный Урал) слабо- (5 %) серпентинизированные перидотиты имеют плотность (объемный вес)

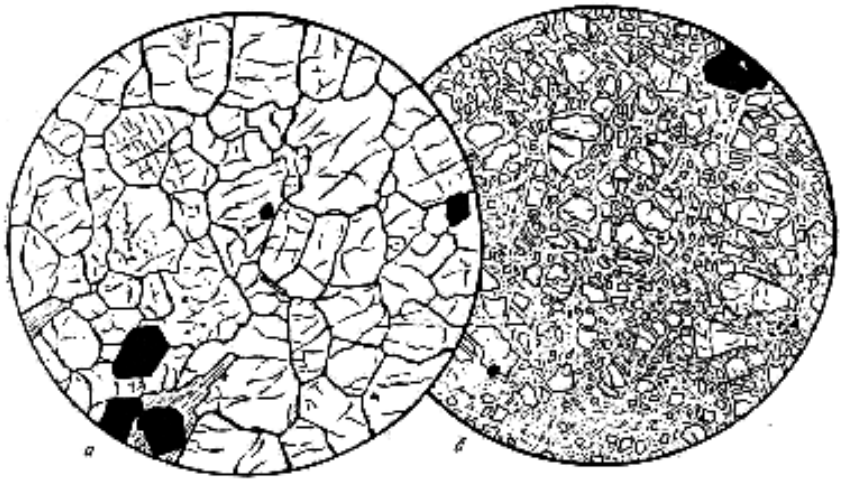


Рис. 26. Дунит: *а* – свежий (оливин, отдельные зерна хромита);
б - серпентинизированный (остатки оливина в в массе серпентина);
диаметр поля зрения: *а* – 4,7 мм, *б* – 4,0 мм (по А. Н. Заварицкому).

3,06 г/см^3, средне- (40 %) серпентинизированные – 2,91 г/см^3, сильно- (70 %) серпентинизированные – 2,70 г/см^3.

При выветривании плотность пород также уменьшается (до 20-25 %) – за счет минеральных превращений (например, образования глинистых минералов) и особенно за счет увеличения пористости (которая в результате выветривания может достигать 25 %).

Прочность магматических пород

Зависит от минерального состава и структуры породы.

Плутонические породы тем прочнее, чем выше прочность слагающих их минералов. Например, содержащие роговую обманку диориты более прочны, чем биотитсодержащие сиениты (особенно прочны диориты с повышенным содержанием роговой обманки). Сиениты уступают по прочности гранитам из-за отсутствия кварца. Граниты со свежими полевыми шпатами, небольшим содержанием слюды и повышенным количеством кварца обладают высокой прочностью.

У средне- и мелкозернистых пород прочность выше, чем у крупнозернистых пород того же состава. Так как наиболее мелкозернистые структуры свойственны эффузивным

породам, прочность на сжатие некоторых из них достигает 4000 кг/см^2, тогда как прочность на сжатие плутонических пород обычно не превышает 3000 кг/см^2. Равномернозернистые породы прочнее неравномернозернистых, например, среднезернистые граниты прочнее порфировидных гранитов.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

Белоусова О. Н., Михина В. В. Общий курс петрографии. М., Недра, 1972.

Миловский А. В. Минералогия и петрография. М., Недра, 1979.

Дополнительная:

Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических пород. М., Логос, 2001.

Петрографический кодекс. Л., Недра, 1995.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

В процессе изучения дисциплины необходимо в письменном виде подготовить ответы на эти вопросы.

1. Химический состав магматических пород
2. Ультраосновные магматические породы
3. Минеральный состав базальтов, андезитов, риолитов
4. Назвать разновидности структур плутонических и вулканических пород
5. Магматические породы основного состава
6. Светлые минералы магматических пород
7. Плотность плутонических и вулканических пород
8. Кислые магматические породы
9. Структуры и текстуры магматических пород
10. Плутонические породы основного и среднего состава
11. Структуры и текстуры эффузивных пород
12. Темноцветные минералы магматических пород

ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Наука об осадочных породах - литология. Это одна из наиболее молодых наук геологического цикла - как геохимия и геофизика, она обязана своим развитием XX веку. Задачей литологии является всестороннее изучение осадочных пород и условий их образования.

Особое значение осадочных пород состоит в том, что они занимают 75 % поверхности суши (мощность осадочной оболочки 0-24 км) и вмещают около 70 % всех извлекаемых человеком полезных ископаемых – уголь, нефть, газ, руды Al, Fe, Mn, U, соли, фосфориты, полезные ископаемые россыпей и др., а также вмещают основную массу подземных вод и во многих случаях являются основанием при строительстве.

Осадочная порода – геологическое тело, образованное из продуктов физического и химического выветривания литосферы в результате их механического, химического или биологического переноса и осаждения.

СТАДИИ ОБРАЗОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Гипергенез

Гипергенез - это образование исходного материала для осадочных пород – физическое и химическое выветривание более древних горных пород.

Физическое выветривание приводит к преобразованию массивной породы в совокупность обломков (глыбы, щебень, песок). Оно во многом обусловлено колебаниями температуры, вызывающими неравномерное расширение и сжатие минералов. Коэффициенты сжатия, термического расширения и упругости минералов зависят от направления (анизотропия). Поэтому при колебаниях температуры в агрегате различно ориентированных зерен (горной породе) возникают предпосылки для образования трещин, идущих по границам зерен и внутри них. Но сами по себе колебания температуры (суточные и сезонные) для разрушения породы недостаточны (при экспериментальном нагреве и охлаждении гранита 90 000 раз от $30^{\circ}C$ до $140^{\circ}C$ видимых следов разрушения не наблюдалось). Для разрушения породы важны не столько температурные вариации, сколько участие при этом воды и растворенных в ней солей, а также живых организмов.

В холодном климате большое значение при физическом выветривании имеет замерзание воды в порах, трещинах, пустотах горных пород. Объем льда на 9% больше, чем воды, что вызывает давление на стенки трещин до 100 МПа и обуславливает раскалывание даже очень прочных пород (морозное выветривание). Важно число переходов системы «вода-порода» через точку замерзания.

В аридных областях (например, пустынях и полупустынях), в полярных и холодных горных странах развито преимущественно только физическое выветривание.

Химическое выветривание сопровождается разложением исходных минералов выветривающейся породы и образованием новых минералов. При разложении минералов происходят следующие химические реакции (приводятся упрощенно и без коэффициентов).

1) Гидролиз – реакция взаимодействия между водой и минералом.

$K[AlSi_3O_8]$ (ортоклаз) + H_2O →

$KAl[Al_2Si_2O_{10}](OH)_2 \cdot mH_2O$ (гидрослюда) + KOH + SiO_2 →

$Al_2[Si_2O_5](OH)_4$ (каолинит) + KOH + SiO_2 → $Al(OH)_3$ (гиббсит) + SiO_2

Для обеспечения процесса гидролиза нужна интенсивная циркуляция воды, которая выносит растворимые продукты выветривания (в данном случае KOH и SiO_2).

Глинистые минералы, образующиеся на месте минералов магматических пород при химическом выветривании в *умеренном климате* – гидрослюды, монтмориллонит, в подчиненном количестве каолинит.

Во *влажном тропическом климате* все минералы, кроме кварца, преобразуются в каолинитовые глины, гидроксиды Fe и Al и растворенные ионы K^{1+}, Na^{1+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}. В тропической зоне с большим количеством осадков каолинит преобразуется в гиббсит и другие гидроксиды алюминия. Конечные нерастворимые продукты выветривания (латериты) представляют собой смеси гидроксидов железа и алюминия.

2) Гидратация – добавление воды к минералу.

Fe_2O_3 (гематит) + H_2O → $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (лимонит)

$CaSO_4$ (ангидрит) + H_2O → $CaSO_4 \cdot nH_2O$ (гипс)

Гидратация сопровождается увеличением объема (при образовании гипса из ангидрита объем увеличивается на 30%).

3) Окисление – соединение с кислородом (протекает преимущественно в водной среде, в которой растворен кислород). Элементы с переменной валентностью переходят в состояние с более высокой валентностью, например, $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$:

$FeCO_3$ (сидерит) + O_2 + H_2O→ $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (лимонит) + CO_2

4) Восстановление – реакция, обратная окислению. Происходит при отсутствии свободного кислорода – на дне некоторых водоемов, в некоторых почвах (болота) и корах выветривания. Восстановление обычно происходит с участием органического вещества и микроорганизмов (бактерий):

$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (лимонит) + C → $FeCO_3$ (сидерит) + H_2O

5) Карбонатизация – реакция с образованием карбонатов (протекает с участием CO_2 - его содержание в природных водах может достигать 2%).

$Ca[Al_2Si_2O_8]$ (анортит) + H_2O + CO_2 → $Al_2[Si_2O_5](OH)_4$ (каолинит) + $CaCO_3$ (кальцит)

$K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ (биотит) + H_2O + CO_2 + O_2 → $Al_2[Si_2O_5](OH)_4$ (каолинит) + $Fe_2O_3 \cdot nH2O$ (лимонит) + SiO_2 + $KHCO_3$ + $Mg(HCO_3)_2$

Элювий – продукты выветривания, оставшиеся на месте своего образования. Это глины (образуются в результате химического выветривания), пески, дресва, щебень (образуются в результате физического выветривания). Мощность элювия в условиях аридного, холодного и умеренного гумидного климата – первые метры, в условиях влажного тропического климата – десятки метров.

Седиментогенез

Седиментогенез - это перенос продуктов физического и химического выветривания и их осаждение.

Делювий – продукты выветривания, перемещенные дождевыми и снеговыми водами с вершин возвышенностей на их склоны. Обычно это суглинки, глины, супеси, нередко с включениями грубообломочного материала. Обломки в делювии образованы из пород, залегающих выше по склону, то есть по своему составу могут отличаться от коренных пород, непосредственно подстилающих эти отложения.

Пролювий – образован селевыми потоками горных рек или другими временными потоками, возникающими в периоды интенсивного выпадения осадков или таяния снега и ледников в горах.

В горных долинах пролювий сложен грубозернистыми несортированными отложениями, где глыбы, валуны, галька и щебень в беспорядке рассеяны в суглинках (долинно-потоковый пролювий). При выходе потока на равнину он растекается по многим руслам, скорость течения резко падает, образуется веерообразный конус выноса. От вершины к подножию конуса галька и щебень с песчано-глинистым заполнением сменяются более тонкими и отсортированными лессовидными супесями и суглинками. Мощность пролювия в предгорьях может достигать тысяч метров.

Аллювий – речные отложения (на террасах речных долин и в руслах рек). Верхние горизонты аллювия, особенно на равнинных реках – супеси, суглинки, глины и тонкозернистые пески с небольшим количеством гравия и гальки. Ниже песков нередко залегают галечники с песчаным заполнителем.

<u>Перенос реками</u>

Группы веществ в зависимости от формы переноса:

1) силикаты; их растворимость в воде ничтожна; переносятся в виде тонкой взвеси (глинистые минералы) и волочением по дну (кварц, полевые шпаты и др.);

2) соединения Fe, Mn, P, некоторых редких элементов (V, Cr, Ni, Co и др); они мало растворимы в воде, поэтому наряду с истинными растворами образуют коллоидные растворы;

3) карбонаты и кремнезем; $CaCO_3$ находится преимущественно в виде бикарбонатных ионов (HCO_3^{1-}), SiO_2 транспортируется главным образом в виде истинного раствора, в резко недосыщенном состоянии;

4) легко растворимые соли (хлориды и сульфаты): NaCl, KCl, $MgSO_4$, $MgCl_2$, $CaSO_4$, $CaCl_2$; присутствуют в речных водах в виде истинных растворов.

Осаждение в морских бассейнах

При впадении рек в морские бассейны материал, принесенный речной водой, осаждается на дне моря.

Механическое осаждение. По мере увеличения глубин и расстояния от суши на дне моря происходит отложение все более мелких частиц.

Весь грубый материал (галька, песок) захороняется в прибрежной зоне. В Черном море зона развития песка – не глубже 20-30 м.

Алевритовые и пелитовые частицы, переносимые в виде взвеси, осаждаются на более значительных глубинах. Глубоководный шельф и материковый склон в морских бассейнах покрыты главным образом алевропелитовыми осадками, а главная часть ложа океана является областью развития глубоководной глины и биогенных илов.

Хотя иногда мутьевыми (суспензионными) потоками по подводным каньонам, которые прорезают шельф и материковый склон, мелководный грубый материал достигает и ложа океана.

В осадках водных бассейнов почти всегда присутствует органическое вещество. В глинистых отложениях его значительно больше, чем в алевритовых и песчаных осадках.

Химическое осаждение. Воды морей и океанов, особенно на глубинах до 100 м, периодически насыщены и пересыщены бикарбонатами кальция. Прогревание вод, волнение, фотосинтез водорослей уменьшают содержание CO_2 в воде и вызывают осаждение из морской воды кальцита:

$$Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow\rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O.$$

Поэтому карбонатные осадки образуются преимущественно в теплых морях, причем особенно на малых глубинах в зоне действия волн. Часто образование карбонатных осадков связано с жизнедеятельностью организмов (биохимическое осаждение).

При жарком аридном климате и повышенной солености морской воды в прибрежно-морских условиях (в лагунах и заливах) происходит осаждение солей (рис. 27). Они выпадают из морской воды в следующей последовательности: гипс (ангидрит) – галит – сильвин – карналлит.

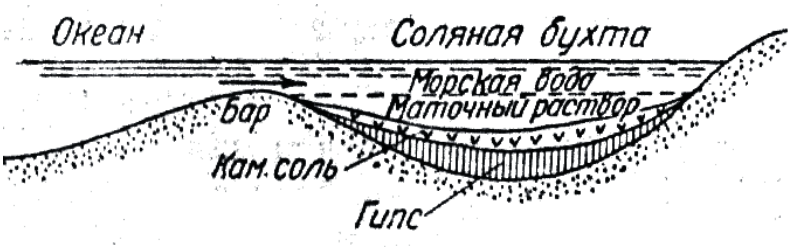


Рис. 27. Схема осаждения солей (по Оксениусу)

Слоистость - характерная особенность строения осадочных пород. Слои обособляются друг от друга или вследствие различия в составе или благодаря наличию поверхностей напластования, являющихся следствием пауз в седиментации (рис. 12). Одна из основных причин слоистого строения осадочных толщ, чередования в разрезе пород различного состава – тектонические колебательные движения при осадкообразовании.

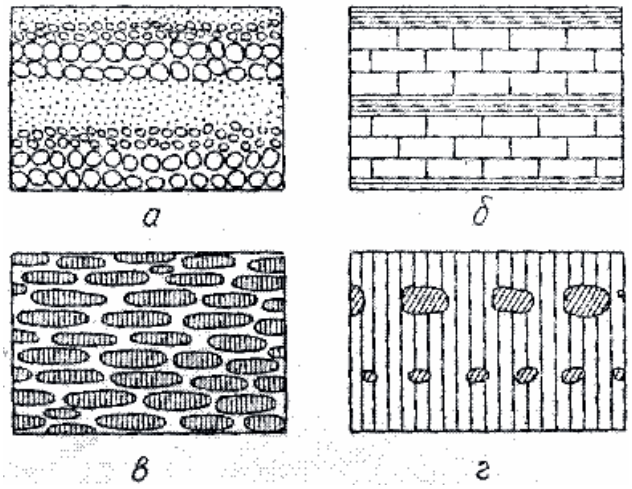


Рис. 28. Слоистость, обусловленная:
а – изменением крупности зерна;
б – чередованием слоев разного состава; *в* – горизонтальной ориен- тировкой частиц; *г* – расположением в одной плоскости какого-либо материала (конкреций, валунов и т.п.); по Л. В. Пустовалову

Отдельные слои могут состоять из мелких (мощностью от долей миллиметра до первых сантиметров) *слойков* (слойчатость); слойки, в отличие от слоев, не имеют какой-либо внутренней структуры и образуются за значительно меньший период времени, в связи с колебаниями факторов седиментации. Граничные поверхности слоя или слойка могут быть параллельными и непараллельными, волнистыми и изогнутыми.

Слоистая текстура породы часто определяет анизотропию коллекторских свойств породы – перпендикулярно слоистости проницаемость пород значительно меньше, чем вдоль слоистости.

Горизонтальная слоистость может быть свойственна различным - аллювиальным, озерным, пролювиальным, водно-ледниковым, лагунным и морским - отложениям. Например, она наблюдается в алевритовых и пелитовых осадках, которые образуются из частиц, переносимых в виде взвеси и медленно осаждающихся в спокойной воде. Горизонтальная слоистость озерных отложений нередко характеризуется чередованием песчаных слойков, возникших в период весеннего снеготаяния и дождевых периодов, когда в озеро поступает большое количество обломочного материала, и глинистых слойков, возникающих в зимнее время.

Косая слоистость – элементарные слойки располагаются под углом к плоскостям наслоения. В большинстве случаев образуется в перемещающихся осадках (прибрежно-морская, дельтовая, речная косая слоистость); встречается в песчаниках, алевролитах, карбонатных породах.

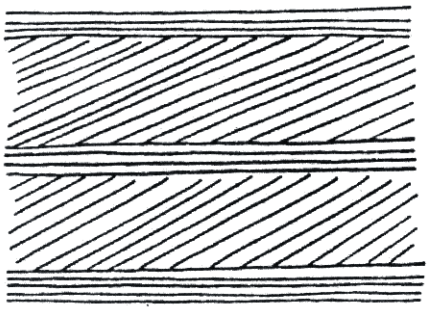


Рис. 29. Потоковая слоистость (по Н.В. Логвиненко)

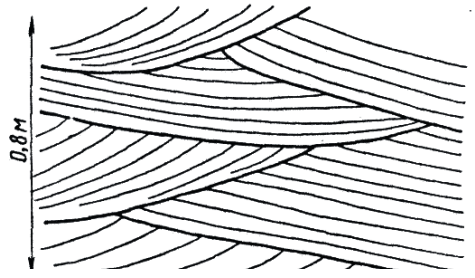


Рис. 30. Диагональная слоистость прибрежно-морского типа

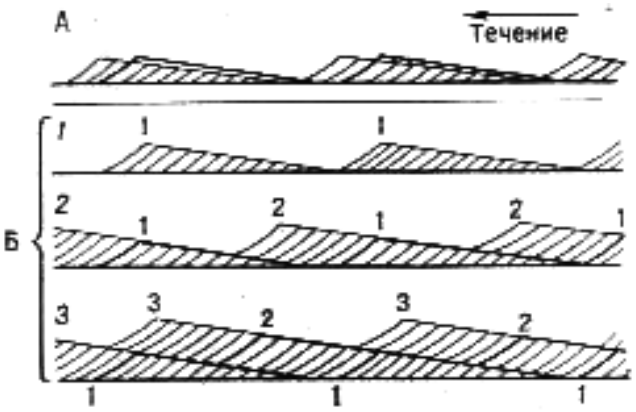


Рис.31. Образование косой слоистости: А – общая картина, Б – стадии образования слоистости (1, 2, 3)

Градационная слоистость – от подошвы к кровле слоя размерность осадочного материала измененяется (например, снизу вверх галька в слое сменяется песком, а затем глиной – рис. 12, *а*); обычно образуется в толщах флишевого типа при отложении осадков из мутьевых (суспензионных) потоков.

Диагенез

Свежевыпавший осадок представляет собой рыхлую массу, состоящую из обломков, химически осажденных компонентов и органического вещества, в том числе бактерий. Изменения, происходящие в осадке после его образования, называются диагенезом. В водных бассейнах эти изменения определяются стремлением к достижению химического равновесия между осадком и наддонной водой.

В морских осадках при высокой солености воды и теплом климате происходит образование доломита на месте первоначально выпавшего кальцита:

$$CaCO_3 + Mg^{2+}\ (\text{морской воды}) \rightarrow CaMg(CO_3)_2\,.$$

Характерная особенность осадка, образовавшегося в водной среде – обилие микроорганизмов. Они развиваются в осадке за счет органического вещества. Чем выше дисперсность осадка и меньше глубина погружения осадка, тем больше в нем микроорганизмов.

Сульфатвосстанавливающие бактерии, присутствующие на дне водных бассейнов в восстановительной обстановке, окисляют органическое вещество, отнимая кислород из сульфат-иона наддонной воды. Для бактерий эта реакция играет роль дыхательного акта. Окисленный углерод выделяется при этом в виде углекислого газа CO_2, а восстановленная сера - в форме сероводорода H_2S.

Сероводород может взаимодействовать в осадке с оксидами железа с образованием сульфидов железа, в том числе пирита FeS_2. Пирита образуется тем больше, чем больше в осадке органического вещества, за счет которого развиваются микроорганизмы. В результате пестроты физико-химических условий в разных участках осадка пирит, как и другие диагенетические минералы, может перераспределяться, уходя из одних мест и создавая в других местах сгущения: пятна, линзы, конкреции.

- В лессах и суглинках степной зоны из почвы вглубь выносятся карбонаты, образующие здесь конкреции кальцита, реже доломита.

Катагенез

Катагенез - изменения осадков при их погружении глубже зоны диагенеза. Максимальная глубина зоны диагенеза – несколько десятков метров. На этой глубине иловые воды, для которых свойственна связь с наддонными растворами, становятся подземными водами, не связанными с бассейном осадконакопления, а отложения следует называть не осадками, а осадочными породами.

Нижняя граница зоны катагенеза находится в области прекращения свободного перемещения растворов при почти полном исчезновении пористости пород. Температура при катагенезе может достигать 200 ºС, давление – 200 МПа.

По мере увеличения глубины залегания пород их пористость и проницаемость понижаются, а плотность и хрупкость возрастают (катагенез глинистых пород – см. ниже).

При разложении присутствующего в осадочных породах органического вещества на глубинах 2-4 км при температуре 60-150 ºС в осадочных бассейнах образуются нефть и газ (по некоторым авторам, нефть образуется на глубинах 1,8-3,5 км, газ – 3,5-5 км).

При взаимодействии карбонатов с водой (при температуре выше 75 ºС) может происходить их гидролиз, сопровождающийся выделением CO_2. Гидролиз карбонатов происходит в том случае, если CO_2 может удаляться с места реакции, т. е. при достаточной проницаемости вышележащих пород. Растворение CO_2 в воде приводит к образованию углекислых водных растворов, из которых при катагенезе может происходить отложение карбонатов в трещинах пород и в виде цемента песчаников.

В результате процессов растворения под давлением происходит снижение пористости обломочных пород; с этим же процессом связано образование стилолитовых швов (рис. 16).

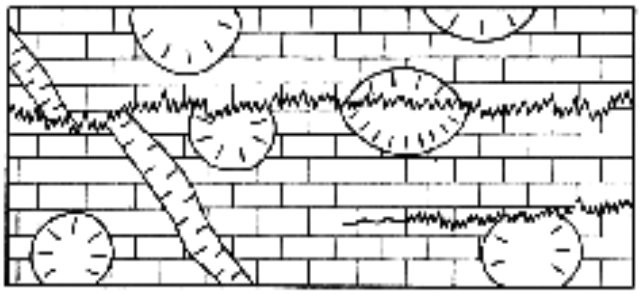


Рис. 32. Стилолитовые швы в известняке, пересекающие стебли кораллов и прожилок кальцита. Верхняя юра, Крым; ½ нат. вел. (по Г. И. Бушинскому)

При более высоких температурах и давлении катагенез сменяется метаморфизмом. В связи с этим ниже осадочных пород часто залегают метаморфические породы, являющиеся в значительной своей части продуктом преобразования осадочных пород. Кроме того, осадочные породы иногда залегают на коре выветривания магматических, метаморфических или более древних осадочных пород.

ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Грубообломочные породы

Псефитовая (грубообломочная) структура - обломки имеют размеры более 2 мм.

Несцементированные породы:

(окатанные)	(не скатанные)	(размер обломков)
валуны	*глыбы*	> 200 мм
галька	*щебень*	20-200 мм
гравий	*дресва*	2-20 мм

Сцементированные породы:

конгломераты (обломки окатаны), *брекчии* (обломки не окатаны)

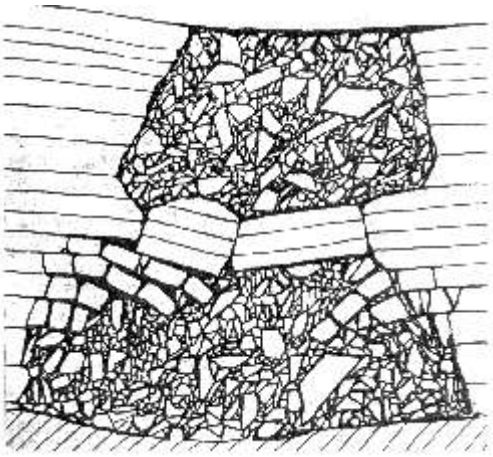


Рис.33. Доломитовая брекчия, образовавшаяся в результате обрушения слоистых доломитов в полости карстовой пустоты. Среднее Поволжье, 1/20 нат. вел.

Песчаные породы

Песчаные породы составляют около 15 % общего объема осадочных пород. ***Псаммитовая*** (песчаная) структура - обломки имеют размеры 0,05-2,0 мм:

пески (несцементированные) и *песчаники* (сцементированные)

По размеру обломков пески и песчаники разделяются на крупнозернистые (0,5-2,0 мм), среднезернистые (0,25-0,5 мм), мелкозернистые (0,1- 0,25 мм) и тонкозернистые (0,05-0,1 мм).

По составу обломков (определяют с помощью лупы) пески и песчаники разделяются на *кварцевые* и *полимиктовые* (среди обломков наряду с кварцем присутствуют и другие минералы). Среди полимиктовых песчаников выделяют *аркозовые* (светло-серые, розовые - состоят из кварца, полевого шпата, мусковита) и *граувакковые* (темные зеленовато-серые /«грау» - серый/, состоят из кварца, полевого шпата, темных обломков пород).

Граувакковые песчаники – наиболее широко распространенные песчаные породы. Они образуют мощные толщи в складчатых областях. Подавляющее большинство современных континентальных и шельфовых песков также представлено граувакками.

Типы цемента в песчаниках:

базальный – зерна не соприкасаются друг с другом (*а* на рис. 34);
поровый – зерна соприкасаются друг с другом (*б* на рис. 34);
пленочный – цемент покрывает поверхность зерен пленкой (*в* на рис.34);
контактовый – локальный, только в местах контактов зерен (*г* на рис. 34).

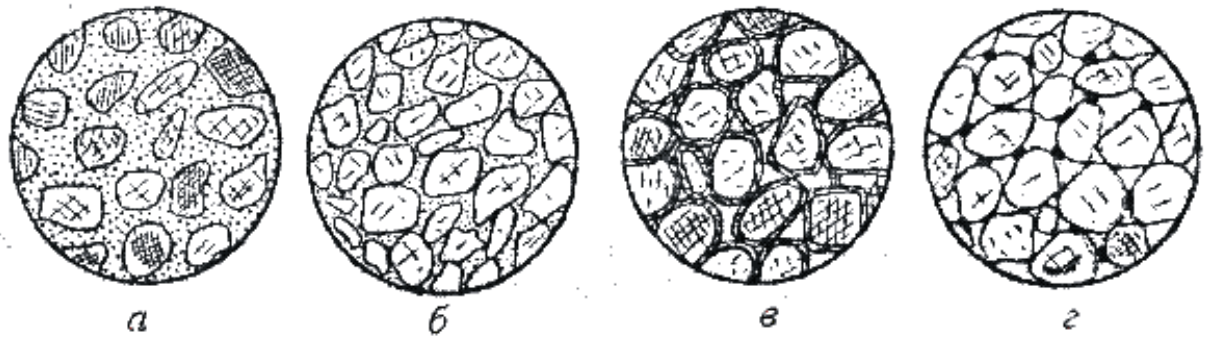


Рис. 34. Типы цемента обломочных пород

По составу цемент в песчаниках может быть глинистым, карбонатным, опаловым, кварцевым и др. Наличие в цементе песчаника карбонатов (кальцита, доломита) устанавливается реакцией с соляной кислотой.

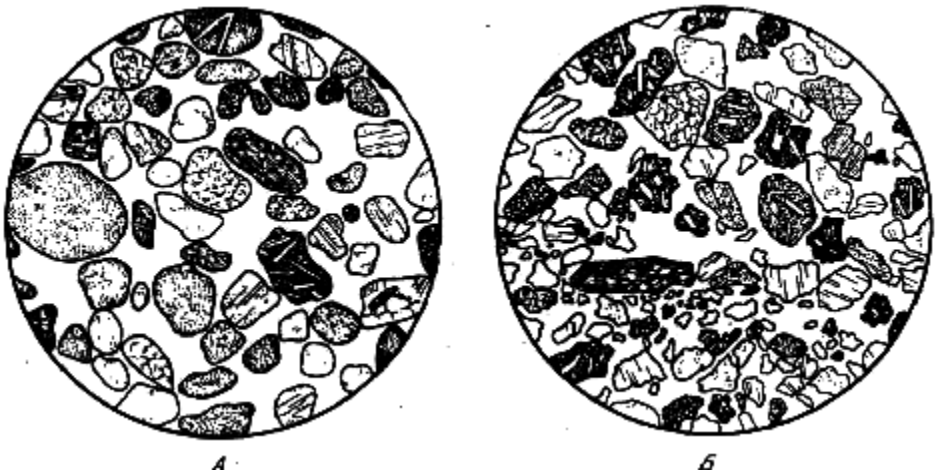


Рис. 35. Современные полимиктовые пески (диаметр 3 мм). *А* – прибрежно-морской песок, зерна окатаны. *Б* – речной песок, зерна почти не окатаны

Фациальные разновидности песчаных пород

Прибрежно-морские песчаные породы - преимущественно средне- и мелкозернистые.

Морские песчаные породы - образуют значительные по размерам геологические тела, имеющие форму пластов с постепенно возрастающей в сторону увеличения глубины мощностью. Встречаются и локальные песчаные тела – бары (протягиваются в море параллельно берегу валами протяженностью до десятков километров при ширине 2-5 км и мощности несколько метров).

Окраска морских песчаников обычно серая, близ поверхности (из-за проникновения по порам и трещинам поверхностных вод) - серовато-желтая. Цемент морских песчаников часто глинистый или кальцитовый.

Речные песчаные породы - дают геологические тела протяженностью в сотни и тысячи километров при относительно небольшой ширине, мощность – единицы метров.

Дельтовые песчаные породы - образуют тела сложной формы и резко меняющейся мощности. По мере удаления от берега в дельтовых песчаных отложениях возрастает роль алевритового и глинистого материала. При этом из-за повышения содержания органического материала песчаники приобретают все более темную окраску.

Эоловые песчаные породы – в пустынях, полупустынях, на островах и прибрежных частях суши (дюны).

План петрографического описания песчаных пород

(по В.Н.Шванову, с изменениями)

1. Название породы, отражающее размер зерен преобладающей фракции, минеральный вид песчаника и состав цемента (например, среднезернистый грауваккковый известковистый песчаник).

2. Размер зерен преобладающей фракции, максимальный размер и степень сортировки по размеру (однородность по размеру обломков).

3. Форма зерен (весьма угловатые, угловатые, почти угловатые, почти окатанные, окатанные, весьма окатанные), сортировка по форме.

4. Структура (псаммитовая, алевропсаммитовая, псефитопсаммитовая).

5. Характеристика обломков: количество (в процентах) и описание каждого компонента.

6. Характеристика цемента - его состав, количество, соотношения с обломочными зернами.

7. Текстура породы. Пористость (размер и сообщаемость пор).

Алевритовые породы

Алевритовая (пылеватая) структура - обломки имеют размеры 0,005-0,05 мм: *лёсс* (несцементированный), *алевролит* (сцементированный).

Лесс, а также лессовидные суглинки и супеси имеют светло-желтую, серовато-желтую и палевую окраску, большую пористость (поры в виде заметных невооруженным глазом тонких канальцев), мучнисты на ощупь, могут быть слабо сцементированы кальцитом, при замачивании дают просадку.

Пористость обломочных пород

Обломочные породы – одни из самых распространенных коллекторов подземных вод. Одним из основных факторов, определяющих фильтрационную способность обломочных пород и продуктивность водоносных пластов, является размер пор в породах. Поровое пространство в обломочные породах представляет собой систему извилистых каналов изменяющегося сечения. Основные пути фильтрации флюидов - самые крупные поры в породе и соединяющие их каналы. Мелкие поры (менее 1-2 мкм) заполнены физически связанной водой и практически непроницаемы.

Размеры межзерновых пор тем больше, чем крупнее и однороднее по размеру обломочные зерна. Поэтому чем больше размер обломочных частиц, тем проницаемость пород выше. Породы, сложенные окатанными частицами, более проницаемы, чем сложенные неокатанными частицами.

Чем однороднее частицы по размерам, тем выше пористость и проницаемость пород. При слабой отсортированности мелкие обломочные частицы заполняют пространство между крупными частицами и снижают пропускную способность поровых каналов.

Песчано-алевритовые породы с большим количеством слюды, чешуйки которой ориентированы параллельно слоистости, отличаются сильной анизотропией проницаемости. В направлении, перпендикулярном ориентировке чешуек слюды, она резко понижена по сравнению с направлением параллельно ориентировке слюды.

Межзерновые поры могут быть первичными – образовавшимися при седиментогенезе, и вторичными – образовавшимися при катагенезе. Кроме межзерновых пор в обломочные породах могут быть и трещинные поры (зияющие трещины).

Пористость во многом определяется характером цемента обломочных пород. При базальном и поровом типах цемента межзерновая пористость очень низка или отсутствует. В песчаниках с карбонатным (кальцитовым) цементом иногда отмечается частичное растворение цемента при катагенезе; это приводит к повышению пористости пород. Например, в мезозойских песчаных и алеритовых породах Прикаспийской впадины при погружении на 2-2,5 км растворяется до 60 % кальцита, в результате чего пористость пород на этих глубинах возрастает до 20-25 % (в целом пористость песчаных пород изменяется от долей процента до 50 %).

Вулканогенно-обломочные (пирокластические) породы:

туфы (более 90% обломков вулканического происхождения) - лито-, кристалло-, витрокластические;

туффиты (50-90% обломков вулканического происхождения, остальное - нормальный осадочный материал).

ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ

Глинистые породы - это наиболее распространенные осадочные породы, на них приходится около 70 % от общего объема осадочных пород. Глинистые породы характеризуются высоким содержанием (20-50 %) Al_2O_3 (глинозема).

Глины - тонкодисперсные породы особого минерального состава, размокающие в воде. По мере насыщения водой мельчайшие частицы глинистых минералов покрываются водной оболочкой, в результате чего глины в смеси с водой дают вязкое тесто и становятся пластичными.

Минеральный состав глин (каолинитовые, монтмориллонитовые, гидрослюдистые) может быть макроскопически определен лишь в отдельных случаях для некоторых чистых глин. Многие каолинитовые глины - белые, светло-серые, в воде не разбухают. Монтмориллонитовые глины - светло-серые с желтовато-зеленоватыми оттенками, разбухают или "мылятся" в воде. Гидрослюдистые глины - различной окраски, в воде не разбухают. Точное определение минерального состава глин производится рентгеновским и другими специальными методами.

Каолинитовые глины образуются при интенсивном химическом выветривании горных пород, преимущественно во влажном тропическом климате.

Гидрослюдистые глины образуются при более слабом химическом выветривании, в том числе в холодном и умеренном климате; это наиболее распространенные глины, к ним относится большинство четвертичных глин России.

Монтмориллонитовые глины – наиболее пластичные и наименее водопроницаемые глинистые породы. Нередко монтмориллонит присутствует в некоторых гидрослюдистых глинах. Иногда среди морских глин встречаются почти мономинеральные протяженные пласты монтмориллонитовых глин (мощностью в единицы или десятки сантиметров), которые образуются за счет морского подводного химического разложения вулканического пепла. Это светлые кремовые, светло-зеленые или желтовато-серые породы.

Морские глинистые породы из-за примеси тонкодисперсного органического вещества имеют серую или черную окраску (последнюю придает породе 3-4 % органического вещества). Глинистые породы с тонкодисперсным органическим веществом часто содержат повышенные концентрации U, V, Mo, Ni, Co, Cu.

Структуры глинистых пород:

пелитовая (размер зерен менее 0,005 мм); часто присуща некоторым глинам морского происхождения, состоящим почти исключительно из глинистых частиц; в глинах лагунного, озерного, болотного и другого происхождения отмечается редко;

алевропелитовая - в основной массе с размерами зерен менее 0,005 мм содержится не менее 10% алевритовых частиц; часто встречается в глинах различного происхождения;

псаммопелитовая - в глинистой породе присутствует не менее 10% песчаных частиц; характерна для многих глинистых пород континентального происхождения (суглинки, песчаные глины и др.);

фитопелитовая - в глинистой породе, обычно окрашенной органическими соединениями в темные тона, содержатся остатки растений; эта структура наблюдается в озерных, болотных и аллювиальных отложениях, реже в дельтовых, лагунных и морских отложениях;

конгломератовидная и *брекчиевидная* - округлые или неправильной формы остроугольные обломки глины сцементированы также глиной: такой структурой обладают некоторые размытые, переотложенные глины, а также глинистые породы, слагающие, например, оползневый делювий;

ооидная (бобовая) - в однородной глинистой породе рассеяны овальные глинистые стяжения.

В грунтоведении под песком, супесью, суглинками и глиной понимаются породы с различным содержанием глинистых частиц (размерами менее 0,005 мм):

песок	менее 3% глинистых частиц
супесь	3-10% глинистых частиц
суглинок	10-30% глинистых частиц
глина	более 30% глинистых частиц

Песок- несвязный (сыпучий в сухом состоянии и непластичный) грунт, основную часть которого составляют песчаные зерна, различимые простым глазом и под лупой. Если такой грунт в сухом состоянии имеет незначительную связность, а во влажном состоянии несколько пачкает руку, он нааывается глинистым песком,

Супесь - при растирании пробы на ладони дает ощущение явно неоднородного порошка, в котором ясно чувствуется присутствие песка; в лупу песчаные частицы в растертой пробе хорошо различимы. Во влажном состоянии скатывается только в толстый короткий шнур или не скатывается вовсе. Скатанный шарик покрывается трещинами и осыпается. Прилипший к ладони грунт при отряхивании в сухом состоянии в значительной части осыпается.

Суглинок- при растирании пробы на ладони не дает ощущения однородного порошка - чувствуется присутствие некоторого количества песка при преобладании тонкой глинистой массы; в лупу песчинки видны не всегда. При разрезании ножом не дает блестящей поверхности. Во влажном состоянии скатывается в короткий шнур диаметром не менее 1-2 мм и в шарик. При сгибании шнур растрескивается. Прилипший к ладони грунт при отряхивании в сухом виде осыпается слабо.

Глина - при растирании на ладони и при рассматривании в лупу песчинок не обнаруживается. При резании ножом дает блестящую поверхность. Во влажном состоянии скатывается в длинный тонкий (до 0,5 мм) шнур и в шарик. Прилипший к ладони грунт при отряхивании в сухом состоянии не осыпается.

План макроскопического описания глин. суглинков, супесей:

1) размокаемость в воде;

2) окраска во влажном и сухом состоянии;

3) структура (определение с помощью лупы, растиранием пальцами, по хрусту при резании ножом, скатыванием жгута);

4) текстура - массивная, слоистая (по изменению цвета, крупности зерен, минерального состава; указать мощность слойков), плойчатая (может возникать в результате оползания), пористая (размер, ориентировка, характер распределения пор). Отдельность (кусковатая, комковатая, плитчатая, оскольчатая, листоватая, чешуйчатая). Характер излома образца (шероховатый, гладкий, раковистый);

5) предварительное определение минерального состава глин (по окраске, разбуханию в воде, методом капли);

6) примеси аутигенных неглинистых минералов: карбонатов (стяжения, желваки, примазки, тонкорассеянное состояние; оценка известковистости глины по характеру ее взаимодействия с разбавленной соляной кислотой), гипса, кремнистых минералов, сульфидов и оксидов железа и др.;

7) включения - обломки (их размер, форма, состав, количество), конкреции, раковины, растительные остатки (указать степень разложения);

8) условия образования породы: элювиальные (могут сохраняться структурные и текстурные особенности исходных пород), делювиальные (характерно отсутствие слоистости или сортировки материала), пролювиальные, эоловые, болотные, аллювиальные, озерные, морские (часто характерна выдержанная слоистость).

Примеры описания глин и суглинков (С.Г.Дубейковский, О.М.Гуман).

Глина - элювиальная, коричнево-желтая, пелитовой (участками алевропелитовой) структуры, реликтовой текстуры, плотная, полутвердой консистенции с включениями железистых стяжений до 2-3 см.

Суглинок - делювиальный, желтовато-коричневый, псаммопелитовой структуры, макропористый, с редкими включениями хорошо окатанного гравия кварца (2-4 мм**),** с тонкими прослоями (до 2 см) черных гумусированных глин (реликты погребенных почв), с мелкими карбонатными стяжениями, реагирующими с соляной кислотой.

Катагенез глинистых пород

В ходе катагенеза пористость глинистых пород уменьшается: на глубине до 1 км пористость морских глин составляет десятки процентов, а на глубине 3-5 км - первые проценты (рис. 19). Седиментогенные воды, заполняющие поры в глинистых породах, при катагенезе отжимаются из этих пор в смежные более жесткие пласты (сложенные, например, песчаниками), где еще сохраняется достаточно высокая пористость.

При температуре 100-140 ºС (на глубине 1-3,5 км) монтмориллонит начинает превращаться в глинистых породах в гидрослюду. В ходе этого процесса из 1 м^3 глины в окружающие породы выделяется до 100-110 л воды, которая находилась в монтмориллоните в химически связанном состоянии.

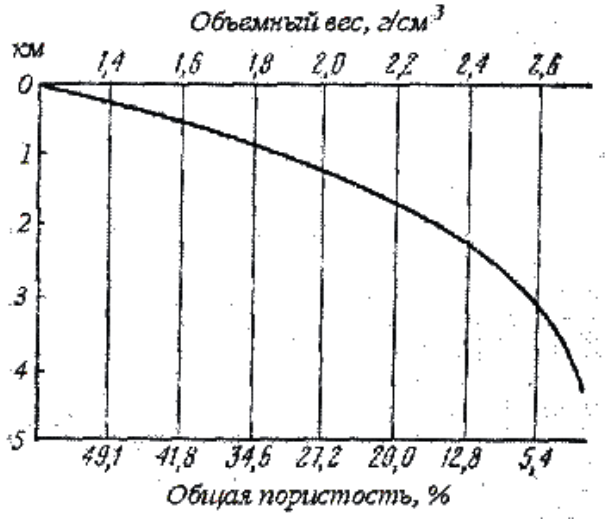


Рис. 36. Зависимость пористости и объемного веса глинистых пород от глубины их погружения (по О. Н. Белоусовой и В. В. Михиной)

Каолинит при повышении температуры в присутствии К также начинает превращаться в гидрослюду, а в присутствии Mg (который может поставляться в раствор при гидрослюдизации монтмориллонита) – в хлорит. В связи с этим глинистые породы преобразуются при катагенезе в хлорит-гидрослюдистые глинистые породы, которые не размокают в воде, не пластичны, имеют пористость 1-2 % – *аргиллиты* (массивной текстуры) или *глинистые сланцы* (раскалываются на тонкие плитки).

ХЕМОГЕННЫЕ И БИОГЕННЫЕ ПОРОДЫ

Хемогенные породы образуются в результате выделения из морской воды тех или иных минералов без участия организмов, а биогенные – при участии организмов. Оба вида пород рассматриваются вместе, так как могут иметь одинаковый химический и минеральный состав, часто встречаются совместно и не всегда различимы между собой.

Карбонатные породы

Карбонатные породы составляют 20 % от всех осадочных пород, образуются в теплых мелководных морях, по способу осаждения в основном биогенные.

Обычно имеют светлую окраску, но в случае присутствия органического вещества (обычно являющегося спутником глинистой примеси) могут иметь темно-серую окраску, а нефтеносные карбонатные породы могут быть черными или буровато-черными.

Известняк - состоит из кальцита $CaCO_3$, вскипает при взаимодействии с разбавленной (2-5 %) соляной кислотой:

- органогенный (цельнораковинный и детритовый - состоящий из обломков раковин);
- оолитовый (оолиты - шарики концентрического строения размерами до 1-2 мм);
- пелитоморфный (зерна менее 0,005 мм);
- перекристаллизованный: микрозернистый 0,005-0,05 мм
  мелкозернистый 0,05-0,25 мм
  среднезернистый 0,25-0,5 мм
  крупнозернистый 0,5-1,0 мм
  грубозернистый >1,0 мм

(те же названия структур используются и для других приводимых ниже осадочных пород).

Цельнораковинные органогенные известняки могут быть рифовыми и ракушняковыми.

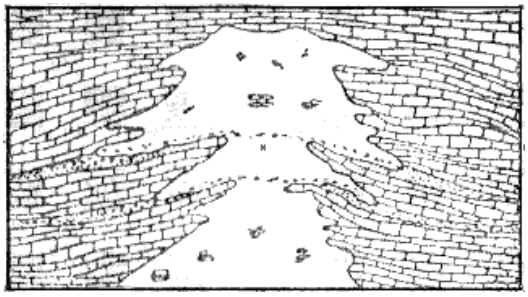


Рис.37. Коралловый риф (по У. Твенхофелу)

Рифы – подводные или надводные известковые постройки, сложенные скелетами организмов в их прижизненном положении. В период своего образования риф возвышался над дном моря и организмы жили вблизи поверхности воды (рифы образуются в зоне прогибания морских бассейнов).

Рифовые известняки могут состоять из скелетов известковых водорослей, кораллов, мшанок и др. Карбонат выпадает на поверхностях, а иногда и внутри клеток водорослей в результате поглощения ими CO_2 из морской воды и практически сразу становится твердым; последнее объясняет каркасообразующую роль водорослевых известняков в теле рифа. В современных морях главные рифоообразующие организмы – кораллы, коралловые водоросли и фораминиферы.

Ракушняковые известняки образуются на отмелях.

Пелитоморфные известняки могут иметь хемогенное и биогенное происхождение. Писчий мел - одна из разновидностей пелитоморфных известняков – сложен главным образом мельчайшими известковыми фрагментами водорослей.

Ме́ргель близок к писчему мелу, но содержит до 50% глинистой примеси. С глинистой примесью часто ассоциирует органическое вещество, придающее породам серый и черный цвет. Так как мергель представляет собой смесь кальцита и глинистого вещества, под действием разбавленной соляной кислоты он вскипает и на месте капли кислоты остается грязное глинистое пятно.

Доломит $CaMg(CO_3)_2$ - под действием разбавленной соляной кислоты не вскипает или вскипает значительно слабее, чем известняк (доломит вскипает в порошке, который можно получить, поцарапав породу стеклом).

Коллекторские свойства карбонатных пород

Карбонатные породы обладают достаточно высокой пористостью (средняя пористость известняков 5,3 %). Иногда пористость даже на больших глубинах (более 8 км) достигает 20 %. Поры сообщаются между собой и жидкость через них может фильтроваться. Таким характером пористости во многом объясняется сильная обводненность карбонатных пород.

Поры в карбонатных породах разделяются на первичные (образуются на стадии седиментогенеза) и вторичные (образуются на стадии катагенеза и при гипергенезе). Поры располагаются между зернами карбонатов, между раковинами, их обломками, между оолитами, внутри раковин (фораминифер, кораллов и др.). Наиболее высокая пористость и наиболее благоприятные коллекторские свойства - у биогенных, органогенно-детритовых и обломочных известняков. Микрозернистые и пелитоморфные известняки и доломиты имеют низкую пористость и проницаемость.

Состоящие из раковин карбонатные породы из-за жесткого каркаса раковин при погружении практически не уплотняются и пористость в них поэтому не сокращается, тогда как пелитоморфные и микрозернистые карбонатные породы при погружении значительно уплотняются и их пористость в связи с этим уменьшается.

В связи с растворимостью карбонатов в воде (растворимость кальцита воде при наличии CO_2 может достигать 1 г/л) в карбонатных породах могут образовываться вторичные поры. Вода, попадая в первичные поры и трещины карбонатных пород, частично растворяет (выщелачивает) карбонат, что приводит к увеличению размеров пор и возрастанию пористости.

Подобное выщелачивание происходит в первично-пористых и исходно-трещиноватых карбонатных породах, в которые может проникать и через которые может фильтроваться вода. В пелитоморфных и микрозернистых карбонатных породах, которые обладают низкой исходной пористостью, вторичные пустоты выщелачивания возникают преимущественно лишь вдоль трещин.

В районах распространения известняков подземным водам свойственно высокое содержание Са в форме бикарбоната. При выходе таких вод на поверхность их температура повышается, что вызывает выделение из воды CO_2 и выпадение кальцита. Последнее усиливается также за счет извлечения CO_2 из выходящих на поверхность вод растительностью. Это приводит к отложению кальцита вокруг находящихся в месте выхода вод мха, тростника, стеблей, листьев и т.п. (образование известковых травертинов на выходах подземных вод).

Соляные породы (эвапориты)

Каменная соль - состоит из галита NaCl (бесцветный, красноватый, синий; соленый на вкус).

Образует мощные (от сотен метров до 1-2 км) толщи однородной породы, на флангах переслаивающиеся с другими соляными породами, доломитами и известняками, а также с глинами. Каменной соли свойственны высокие экранирующие свойства – она обладает высокой пластичностью и поэтому, в отличие от других осадочных пород, обычно не содержит трещин, по которым могла бы происходить фильтрация жидкости или газа.

Сильвинит - смесь галита NaCl и сильвина KCl (сильвин молочно-белый с буро-красными оторочками, горько-соленый на вкус).

Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ - белый, серый, твердость 2. Гипс растворяется в воде в 10-20 раз сильнее, чем карбонаты: его растворимость в воде достигает 2,6 г/л.

Ангидрит $CaSO_4$ - серый, реже белый, красноватый, твердость 3,5. Нередко возникает при дегидратации гипса на глубинах 100-200 м и более.



Рис.38.Схема залегания кремня в известняке (по Теодоровичу)

Кремнистые породы

Кремнистые породы, сложенные **опалом** $SiO_2 \cdot nH_2O$:

диатомит (сложен скорлупками диатомовых водорослей), *трепел* (состоит из комочков опала, возникает при преобразовании диатомитов) - легкие, светлые, рыхлые;

опока (наиболее глинистая разность опаловых кремнистых пород, в которой отдельные комочки опала в той или иной степени сцементированы между собой) - серая, белая, очень легкая, хрупкая, с раковистым изломом, тонкопористая (прилипает к языку).

Кремнистые породы, сложенные **халцедоном и кварцем**:

кремни - серые, черные, нередко встречаются в виде конкреций в карбонатных породах;

яшмы - бурые, красные, серые, зеленые, темносерые, черные; образуются в результате преобразования кремнистых илов, содержащих органические остатки, при осаждении кремнезема в местах подводной вулканической деятельности и др.

Глиноземистые породы

Бокситы (содержание глинозема Al_2O_3 более 46 %)- внешне разнообразны: от белых глиноподобных пород до очень плотных темно-серых, почти черных зернистых пород; часто красно-коричневый цвет, бобовая и оолитовая структура.

Каустобиолиты

Торф – полуразложившиеся растительные остатки от бурого до почти черного цвета (содержание углерода до 57-59 %). Образуется при избытке влаги и отсутствии или слабом доступе кислорода (в восстановительных условиях), может содержать минералы, содержащие Fe^{2+} (сидерит, пирит) . Характерен низкий объемный вес (0,7-1,4 г/см^3) и высокая пористость (85-95%). Моховой торф способен поглощать воды в 15-20 раз больше собственного веса в сухом состоянии.

Сапропель – ил, содержащий большое количество органических веществ (до 60-70 % углерода), – образуется на дне болот и озер, часто вместе с торфом.

Горючие сланцы – глинистые или известковистые породы, содержащие 20-60 % органического вещества, загораются от спички; образуются в озерах, лагунах, морях.

При катагенезе под влиянием давления вышележащих осадков и повышения температуры торф превращается в ископаемый уголь. Сначала образуется *бурый уголь* (рыхлый землистый бурого цвета или плотный черного цвета), затем *каменный уголь* (содержание углерода до 82 %). Наиболее высокой степенью углефикации отличаются *антрациты*, состоящие из почти чистого углерода.

ОСАДОЧНЫЕ ФАЦИИ И ФОРМАЦИИ

Важная задача литологии – определение условий образования осадочных пород на основе их детального изучения (литолого-фациальный анализ). Фация – комплекс отложений, отличающийся составом и физико-географическими условиями образования от соседних отложений того же стратиграфического интервала. Фация характеризует обстановку образования породы.

Морские фации

Являются наиболее широко распространенными среди осадочных пород. Морским фациям свойственно постоянство состава пород на обширных территориях и обилие органических остатков.

Фации прибрежных частей шельфа (глубина моря до 30 м). Здесь образуются песчаники с незначительной примесью глинистых частиц, окатанными зернами и характерной разнонаправленной косой слоистостью; алевролиты и глины с примесью песка; оолитовые, органогенно-обломочные и обломочные известняки (пористость возникающих здесь карбонатных пород достигает 20-30 %).

Фации мелководных частей шельфа (глубина моря 30-100 м). Образованы главным образом мелкозернистыми и среднезернистыми песчаниками, алевролитами. Глинистых пород мало (присутствуют в отдельных впадинах), они обычно содержат примесь обломочного материала. Встречаются известняки, в том числе рифовые. Характерна горизонтальная и пологоволнистая слоистость.

Фации умеренно-глубоководных частей шельфа (глубина моря 100-200 м, реже до 400 м). Характерны слабые течения и бедный органический мир. Здесь образуются гидрослюдистые и монтмориллонитовые глины, отмученные, без примеси песчаных частиц. В зонах донных течений присутствуют песчаники. Имеются как планктоногенные органогенные породы – фораминиферовые известняки, диатомиты, опоки, так биохемогенные и хемогенные породы. Наблюдается тонкая горизонтальная слоистость.

Глубоководные фации (глубина более 400 м). В современных глубоководных отложениях 60% составляют глины, 25 % - пески, 10 % - галька и гравий, 5 % - раковины и оолиты. Осадочный материал привносится морскими течениями и подводными мутьевыми потоками по каньонам, рассекающим материковый склон от шельфа до абиссальных глубин. Отложения мутьевых потоков встречаются на глубинах до 10 км.

Фации, переходные от морских к континентальным

Для этих фаций характерны пестрота состава, невыдержанность его по площади и разрезу, наличие органических остатков.

Лагунные фации (лагуны - мелководные части морских бассейнов, отделенные от основного моря песчаными косами, пересыпями или барами). Сложены мелкозеристыми песками, алевритами, глинами.

В сухом и жарком климате происходит засолонение лагун и отложение в них эвапоритов (см. рис. 11) - некоторые соленосные лагуны занимали в прошлом громадные территории и в них могли накапливаться скопления солей мощностью более 1,5 км.

Дельтовые фации (в устьях рек и в прилегающих прибрежных зонах морских бассейнов или озер). Отложения дельт могут занимать площади во многие тысячи км^2, мощность дельтовых отложений может достигать нескольких километров.

Эти фации образованы преимущественно тонкозернистыми аллювиальными отложениями русловых потоков, часто меняющих свое положение, а также отложениями озер и болот, периодически возникающих на месте дельт, прибрежно-морскими образованиями. Доля песчаных пород составляет около 25 %. Характерно широкое развитие косослоистых текстур.

Континентальные фации

Элювиальные фации (коры выветривания). При длительных перерывах осадконакопления на породах нередко образуются коры выветривания мощностью до нескольких десятков метров.

Аллювиальные фации. Русловые песчаные и алевритовые отложения узкими извилистыми полосами (с линзовидным поперечным сечением) прослеживаются среди пойменных отложений, преимущественно глинистых. Характерна направленная вниз по течению реки косая слоистость.

Озерные и болотные фации. Озерные фации гумидного климата благоприятны для накопления органического вещества сапропелевого типа (особенно в неглубоких хорошо проветриваемых озерах с восстановительной обстановкой в придонном слое). В болотных фациях накапливаются громадные массы органического вещества преимущественно гумусового типа, в дальнейшем преобразующегося в каменные угли.

Осадочные формации

Осадочные формации – литологически однородные крупные геологические тела, образующиеся в определенных палеотектонических и палеогеографических условиях и соответствующие по своему стратиграфическому объему ярусу или отделу, реже – нескольким отделам или части яруса. Осадочные формации – это комплексы фаций, сформировавшихся в постоянных или слабо изменяющихся тектонических и климатических условиях. Например, песчано-глинистые угленосные формации состоят из прибрежно-морских, лагунных, дельтовых, аллювиальных, озерных и болотных фаций, возникавших в гумидном климате при существенной дифференциации тектонических движений. Смена формаций обусловлена существенным изменением тектонического режима и (или) климата.

Для формаций платформ характерна относительно небольшая мощность при обширных площадях распространения. Образование этих формаций происходило преимущественно в мелководно-морских, переходных и континентальных условиях при небольшой скорости осадконакопления (метры, первые десятки метров за 1 миллион лет). Формации складчатых областей имеют огромные мощности, измеряемые километрами, полосовидное распространение.

Флиш – мощная серия морских осадочных отложений с регулярным чередованием не менее трех разновидностей пород, зернистость которых уменьшается вверх по разрезу (градационная слоистость – рис. 12, *а*). Характерен полимиктовый состав песчано-алевритового материала и малое количество органических остатков.

Флиш образуется в узких морских бассейнах глубиной до 1 км (например, Кавказский флишевый бассейн – прогиб длиной в несколько сотен километров при ширине 50-150 км). Осадки отлагаются на большой глубине у подножия континентального склона из мутьевых потоков, которые возникают при землетрясениях или при сильных паводках рек и могут перемещаться на расстояния во многие сотни километров от берега.

СЛОВАРЬ

Аридный климат – жаркий засушливый, с малыми годовыми суммами осадков при очень сильном солнечном нагреве.

Глауконит – зеленый минерал из группы гидрослюд, встречающийся в морских осадках.

Гравеллит – сцементированный гравий.

Гумидный климат – влажный, с резким преобладанием количества осадков над испарением.

Коллектор – пористая, проницаемая порода, в которой возможно перемещение воды, других жидкостей и газов.

Пролювий – отложения селевых потоков горных рек или других временных потоков, возникающих в периоды интенсивного выпадения осадков или таяния снега и ледников в горах.

Терригенные осадки – состоящие в основном из твердых продуктов денудации суши (обломков пород, минералов, глинистых частиц).

Трансгрессия – наступание моря на сушу.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

Безбородов Р.С. Краткий курс литологии. М.: Изд. УДН, 1989.

Логвиненко Н. В. Петрография осадочных пород. М., Недра, 1974.

Емлин Э.Ф. Литология. Учебное пособие. Изд. СГИ, 1986.

Дополнительная:

Фролов В. Т. Литология. М., Изд. МГУ, 1992 (кн. 1), 1993 (кн. 2), 1995 (кн. 3).

Логвиненко Н. В., Сергеева Э. И. Методы определения осадочных пород. М., Недра, 1986.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

В процессе изучения дисциплины необходимо в письменном виде подготовить ответы на эти вопросы.

1. Чем отличается физическое и химическое выветривание в условиях разного климата?
2. Механическое и химическое осаждение осадков в морских водоемах.
3. Типы слоистости осадочных пород.
4. Охарактеризуйте процессы диагенеза и катагенеза.
5. Приведите классификацию обломочных пород.
6. Назовите разновидности песчаников по размеру обломков и по минеральному составу.
7. Фациальные разновидности песчаных пород.
8. Лёсс, его свойства и условия образования.
9. Кристаллические структуры глинистых минералов.
10. Условия образования и применение каолинитовых, гидрослюдистых и монтмориллонитовых глин.
11. План макроскопического описания глин.
12. Какие методы используются для диагностики минерального состава глинистых пород?
13. Катагенез глинистых пород и переход воды из химически связанного в свободное состояние.
14. Разновидности карбонатных пород и условия их образования.
15. Пористость, прочность и растворимость карбонатных пород.
16. Коллекторские свойства песчаных и карбонатных пород.
17. Охарактеризуйте соляные породы и условия их образования.
18. Фации морских отложений.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Метаморфизм – изменение структуры и состава породы, происходящее при повышении температуры и давления, при участии растворов, без расплавления породы. Например, при метаморфизме на месте глинистой породы может образоваться гранат-мусковит-кварцевый сланец. Метаморфизму подвергаются осадочные, магматические и ранее образованные метаморфические породы. Температура метаморфизма – от 100-200 ºС до температуры частичного плавления пород (650-1000 ºС).

Изохимический метаморфизм – не сопровождающийся изменением химического состава породы.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ

Зависит от состава исходных пород и от условий метаморфизма (температуры, давления и др.). В метаморфических породах встречаются многие обычные минералы магматических пород (кварц, полевые шпаты, слюды, амфиболы, пироксены) и осадочных пород (например, кальцит, доломит, глинистые минералы), а также собственно метаморфические минералы.

Например, в метаморфических породах, образующихся по богатым Al_2O_3 глинистым породам, могут возникать кианит $Al_2O[SiO_4]$ и альмандин $Fe_3\ Al_2[SiO_4]_3$, при метаморфизме богатых MgO ультраосновных пород (дунитов, перидотитов) - тальк $Mg_3\ [Si_4O_{10}](OH)_2$, серпентин $Mg_3\ [Si_2O_5](OH)_4$. В метаморфических породах, образующихся по основным магматическим породам (габбро, базальтам), которым свойственны высокие содержания CaO и MgO, возникают актинолит $Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_8O_{22}](OH)_2$, эпидот $Ca_2Fe^{+3}Al_2[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$ и др.

Названия породам даются путем перечисления минералов в порядке возрастания их количества: например, гранат-биотитовый сланец, ставролит-кварцевый сланец и т. п.

СТРУКТУРЫ И ТЕКСТУРЫ

Кристаллобластовые структуры:

порфиробластовая - порфиробласты метаморфических минералов среди мелкозернистой основной массы

гранобластовая - зерна изометричной формы

лепидобластовая - зерна в виде чешуек

нематобластовая - зерна призматической формы.

Текстуры:

- *сланцеватая* - параллельное расположение чешуек слоистых силикатов, из-за чего порода раскалывается на тонкие плитки; породы сланцеватой текстуры называются сланцами;
- *гнейсовидная* - менее строгая параллельность чешуек слоистых силикатов и их меньшее содержание, чем в сланцах; при раскалывании порода гнейсовидной текстуры дает, в отличие от сланцеватой текстуры, плитки толщиной не менее нескольких сантиметров;
- *линейная* – призматические минералы ориентированы в одном направлении (линейность);
- плойчатая - порода смята в мелкие складки;
- *полосчатая*;
- *массивная*.

КЛАССЫ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

Метаморфические породы разделяются на 5 классов: 1) регионально-метаморфические; 2) контактово-метаморфические; 3) ультраметаморфические; 4) тектоно-метаморфические; 5) метасоматические.

Регионально-метаморфические породы

Регионально-метаморфические породы - это наиболее распространенные метаморфические породы, которые развиты на обширных площадях в областях складчатости

и гранитообразования. В не подвергшихся складчатости прогибах, несмотря на значительное (до 25 км) погружение толщ, региональный метаморфизм не проявляется.

Метаморфическая фация – совокупность горных пород, образовавшихся при определенных температурах и давлении.

Зеленосланцевая фация (350-450 ºС)

В породах присутствуют хлорит, серицит, тальк, серпентин и др. Зерна минералов нередко очень мелкие.

Филлиты - тонкозернистые сланцеватые породы с шелковистым блеском плоскостей сланцеватости (из-за параллельного расположения обычно не различимых на глаз чешуек серицита и хлорита) и низкой твердостью. В связи с примесью углеродистого вещества часто имеют окраску от темно-серой до черной. Образуются при метаморфизме глинистых пород (метапелиты).

Зеленые сланцы - тонкозернистые породы, содержат хлорит, а также более твердые минералы (актинолит, эпидот, альбит и др.), из-за чего царапают стекло. Образуются при метаморфизме основных магматических пород, главным образом базальтов (метабазиты).

Серпентиниты – состоят из серпентина (иногда содержат хризотил-асбест), образуются по ультраосновным магматическим породам (дунитам, перидотитам).

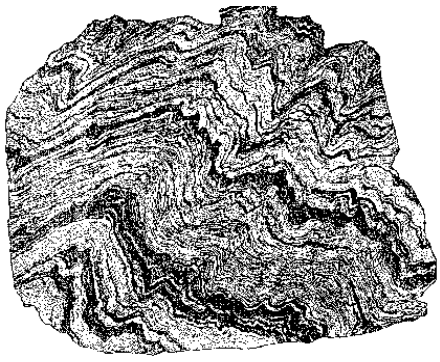


Рис. 39. Зеленый сланец плойчатой текстуры (по Ю. И. Половинкиной)



Рис. 40. Гранат (*гр*)-кварц (*кв*)-биотитовый (*би*) сланец

Амфиболитовая фация (550-700 ºС, 400-800 МПа)

Зерна минералов достаточно крупные, различимы макроскопически. Названия породам даются путем перечисления минералов в порядке возрастания их количества: например, гранат-биотитовый сланец, мусковит-кварцевый сланец и т. п.

Кристаллические сланцы (*кристаллосланцы*) - содержат гранат, биотит, мусковит, кварц и др. минералы; полевых шпатов не более 20 % (рис. 24). Образуются при метаморфизме глинистых пород.

Гнейсы - гнейсовидная текстура, более 20 % полевых шпатов. Образуются при метаморфизме кварц-полевошпатовых магматических (граниты) и осадочных (песчаники) пород.

Амфиболиты - содержат в значительных количествах роговую обманку; в зависимости от сопутствующих минералов выделяются плагиоклазовые, гранатовые, эпидотовые и другие амфиболиты. Образуются при метаморфизме основных магматических пород, преимущественно базальтов.

Гранулитовая фация (700-800 ºС, высокое давление)

Гранулиты - пироксеновые гнейсы (кварц, полевые шпаты, пироксен, гранат).

Большинство пород гранулитовой фации образуется в докембрии. Они обычно находятся в пределах щитов, но иногда присутствуют и в фанерозойских орогенных поясах (например, на Урале) в виде поднятых блоков докембрийского фундамента.

Эклогитовая фация (700 ºС, 1300 МПа)

Эклогиты - содержат красно-бурый гранат и зеленый пироксен.

Во всех фациях метаморфизма встречаются:

- *кварциты* - состоят из зерен кварца, отличаются от исходных кварцевых песчаников тем, что раскалываются с разрывом кварцевых зерен и образованием ровной поверхности скола;

- *мраморы* - состоят из зерен карбонатов (кальцита, доломита), отличаются от исходных карбонатных осадочных пород (например, известняков) более крупной зернистостью.

Таблица 5

Некоторые метабазиты и метапелиты

Исходные породы	Фация зеленых сланцев	Амфиболитовая фация	Эклогитовая и гранулитовая фации
Магматические породы основного состава	Зеленые сланцы	Амфиболиты	Эклогиты
Глинистые и кварц-полевошпатовые породы	Филлиты	Кристаллические сланцы и гнейсы	Гранулиты

С повышением степени метаморфизма плотность метаморфических пород возрастает: зеленые сланцы – 2,6-2,7 г/см^3, амфиболиты – 2,9-3,3 г/см^3, эклогиты – 3,3-3,6 г/см^3.

Ультраметаморфические породы

Ультраметаморфические породы образуются в условиях начинающегося плавления пород (550-670 ºС). *Мигматиты* - кристаллические сланцы и гнейсы с многочисленными возникающими в результате начинающегося плавления гранитными, аплитовыми или пегматитовыми выделениями.

Наиболее широко развиты полосчатые мигматиты. Присутствующий в них жильный материал гранитного состава в виде параллельных полос прослеживается иногда на десятки метров и первые километры.

Контактово-метаморфические породы

Контактово-метаморфические породы образуются на относительно небольших глубинах (до 1-3 км) вокруг массивов интрузивных пород. Температуры контактового метаморфизма 300-800 ºС, давление до 100-300 МПа. Магма, нагретая до 800 ºС и застывающая на глубине 1-2 км от земной поверхности, может прогреть породы у контакта

до 550 ºС. Продукты контактового метаморфима – *контактовые роговики* - нередко имеют очень мелкозернистую структуру.

Динамометаморфические породы (тектониты)

Динамометаморфические породы образуются главным образом в зонах разломов.

Тектонические брекчии – остроугольные обломки исходных пород сцементированы мелкодробленой массой (рис. 13, *а*).

Катаклазиты – продукты начальной стадии дробления (рис. 13, *б*).

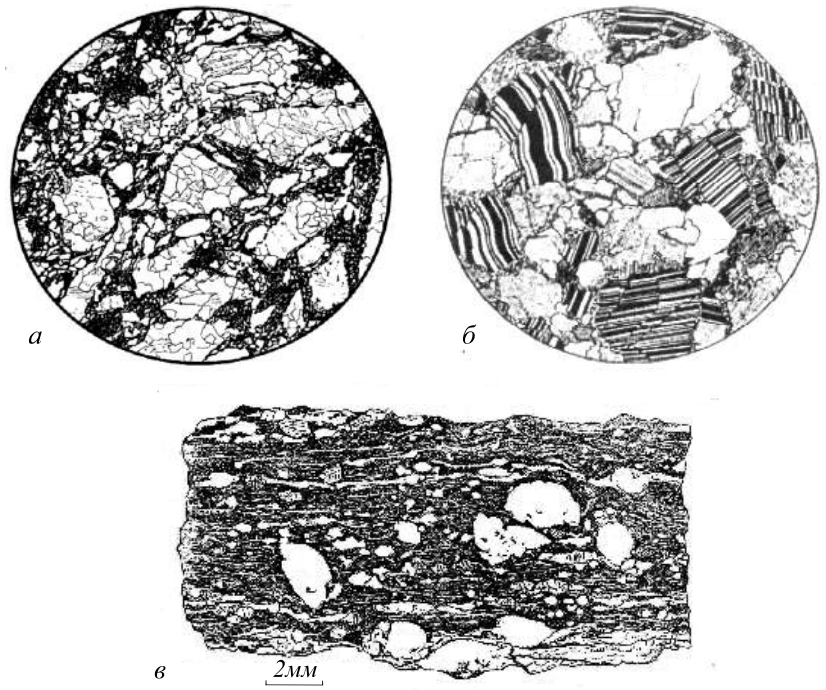


Рис. 41. Динамометаморфические породы: *а*- ***брекчия*** гранита; гранит разбит на угловатые обломки, связанные тонкоперетертым материалом того же гранита; *б* – ***катаклазированный*** гранит (ув. 30); *в* – ***милонитизированный*** гранит; обломки зерен полевых шпатов в тонко «истертой» породе; текстура породы параллельная, сланцеватая и очковая (по Ю. И. Половинкиной)

Милониты – результат самой сильной деформации, сложены более, чем на 50 % новообразованным мелкозернистым агрегатом. В отличие от катаклазитов, им свойственны сланцеватые и полосчатые текстуры. В мелкозернистой массе имеются реликты минералов исходной породы (рис. 13, *в*).

Метасоматические породы

Метасоматоз – метаморфизм с изменением химического состава породы (сопровождается привносом и выносом компонентов).

При метасоматических изменениях пористость пород часто увеличивается, объемный вес и предел прочности пород на сжатие нередко уменьшается.

А) **Кислотные метасоматиты**

Образуются под действием кислых растворов (кислотность обусловлена высокой концентрацией в растворах CO_2, Cl^{1-}, F^{1-}), что приводит к выносу из исходных пород оснований и накоплению SiO_2 и Al_2O_3..

Грейзены - кварц, мусковит (крупные чешуйки), иногда флюорит, турмалин, топаз и др. Образуются по породам кислого состава. Температура образования грейзенов

(грейзенизации) 350-450 град. Часто встречаются на месторождениях олова и вольфрама (рис. 42).

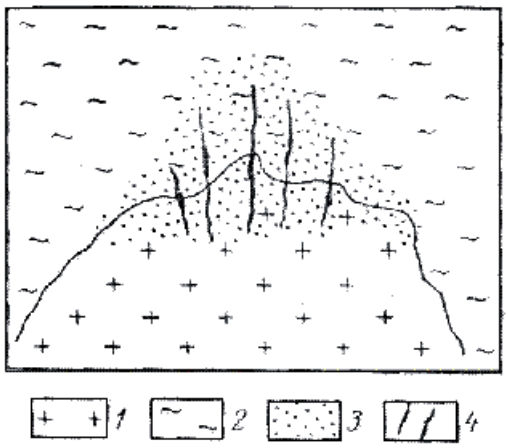
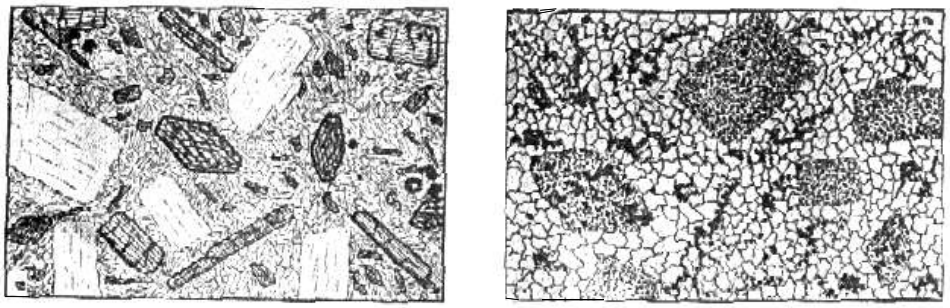


Рис. 42. Схема пространственных соотношений гранитов (1) и вмещающих их сланцев и гнейсов (2) с грейзенизированными поро-дами (3) и рудными жилами (4);
по Б. И. Омельяненко.

Березиты - кварц, серицит (очень мелкая белая слюда), пирит, карбонат. Образуются по породам кислого и среднего состава (рис. 27). Температура березитизации менее 350ºС. Встречаются на месторождениях золота (например, на Березовском месторождении золота, по которому и дано название породы), урана и др.

Лиственити (получили название из-за зеленой окраски) – кварц-карбонатные метасоматиты, содержащие слюды (в том числе зеленую хромовую слюдку). Карбонат обычно железисто-магнезиальный (не вскипает под действием разбавленной соляной кислоты). Как и березиты, образуются при 200-350 ºС, под действием растворов, богатых CO_2. Часто возникают по ультраосновным породам. Встречаются на месторождениях золота (Березовское) и др.



а *б*

Рис. 43. Березитизация диоритового порфирита (по Б. И. Омельяненко):
а – неизмененная порода: порфировые вкрапленники плагиоклаза и роговой обманки в мелкозернистой основной массе; *б* – березитизированная порода (внутренняя зона березитизации): вкрапленники плагиоклаза и роговой обманки замещены мелкозернистым пирит-кварц-серицитовым, а основная масса – пирит-кварцевым агрегатом (пирит – черное)

Аргиллизиты – метасоматические породы, при образовании которых исходные породы (часто кислые и средние вулканиты) замещаются глинистыми минералами (каолинитом, монтмориллонитом, гидрослюдами). Это происходит под действием кислых (pH менее 5) низкотемпературных (50-250 ºС) растворов, которые обычно являются нагретыми вадозными водами. Содержание CO_2 в растворах при аргиллизации может быть таким же, как при березитизации, но температура и давление ниже.

Вторичные кварциты - существенно кварцевые породы (кварца более 50%), образованные путем метасоматического окварцевания исходных пород разного состава, преимущественно кислых и средних магматических пород.

Тальк- и хлорит-карбонатные породы - образуются по ультраосновным породам (например, на Шабровском месторождении талька).

Б) **Скарны**

Темноокрашенные метасоматические породы, сложенные Ca-Mg-Fe-силикатами и алюмосиликатами, возникающие в результатете реакционного взаимодействия карбонатных и алюмосиликатных пород при участии магматогенных растворов.

Известковые скарны - *высокотемпературные* (гранат-андрадит, пироксен, магнетит и др.) и *низкотемпературные* (эпидот, амфиболы, кальцит, халькопирит и др.). Образуются преимущественно на контактах карбонатных пород с гранитами.

В) **Щелочные метасоматиты**

Образ при замещении исх субстрата минералами натрия и калия, которые образ уются вследствие фильтрации щелочных растворов.

Главнейшей особенностью *натриевых* метасоматитов является широкое развитие в них альбита (*альбитизированные породы). Калиевые метасоматиты* нередко характеризуются интенсивным развитием в замещаемых породах калиевого полевого шпата.

Пример описания образца метаморфической породы

Гранат-биотит-кварцевый сланец.

Порода сланцеватой текстуры, порфиробластовой структуры (порфиробласты представлены гранатом), с лепидогранобластовой основной массой, сложенной биотитом и кварцем. Количество минералов: гранат – 25%, биотит –35%, кварц – 40%.

Гранат образует правильные ромбододекаэдры красно-бурого цвета размерами до 5 мм, биотит - буровато-черные чешуйки размерами 1-2 мм, кварц - серые изометричные зерна без спайности, размер зерен около 1 мм.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

Белоусова О. Н., Михина В. В. Общий курс петрографии. М., Недра, 1972.

Миловский А. В. Минералогия и петрография. М., Недра, 1979.

Дополнительная:

Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических пород. М., Логос, 2001.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

В процессе изучения дисциплины необходимо в письменном виде подготовить ответы на эти вопросы.

1. Назовите факторы метаморфизма.
2. Охарактеризуйте текстуры метаморфических пород и условия их образования.
3. Назовите минеральный состав пород зеленосланцевой и амфиболитовой фаций регионального метаморфизма.
4. Продукты метаморфизма глинистых пород.
5. Продукты метаморфизма основных пород.
6. Приведите примеры метасоматических пород, возникших по

а) кислым, б) ультраосновным магматическим породам.

7. Минеральный состав и условия образования скарнов.
8. Охарактеризуйте метасоматические изменения пород под действием кислых растворов.
9. Изменения плотности и пористости горных пород при регионально-метаморфических и метасоматических изменениях.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

(Минералы, породы, термины)

Актинолит 32, 69
акцессорные) минералы 39
алевритовая структура 59
алевролит 59
аллювий 52, 67
алмаз 16, 27
альбит 34
алюмосиликаты 17
аметист 11, 22
амфиболит 71
амфиболы 18, 32
ангидрит 30, 65
андезит 41, 42, 43, 47
анизотропия 4
анортит 34
антимонит 27
апатит 30
аплит 44
аргиллизит 74
аргиллит 62
аридный климат 67
арсенопирит 27
афанитовая структура 40
Базальт 41, 42, 43, 46
барит 30
бары 58
березит 73
берилл 31
биотит 32
боксит 65
болотные фации 67
брекчия 56
бурый железняк 17
ван-дер-ваальсова связь 10
внутрикристаллическое набухание 22
водородная связь 10
вольфрамит 30
вторичный кварцит 74
вулканогенно-обломочные породы 38
Габбро 42, 47
галенит 27
галит 29, 53
гематит 29
генерация 8
гетит 29
гиббсит 51
гидратация 51
гидролиз 51, 55
гидрослюда 21, 33, 51
гипс 30, 53, 64
глауконит 67
глина 60, 61
глинистый сланец 62
глинозем 39
гнейс 71
гнейсовидная текстура 69
горнблендит 42, 46
горючий сланец 65
гравеллит 68
гравий 56
гранат 11, 31
гранит 42, 48
гранит-порфир 44
гранобластовая структура 69
гранодиорит 42, 48
гранулит 71
графит 27
грейзен 73
гумидный климат 68
Дацит 47
дельтовые фации 58, 66
делювий 52
диагенез 55
диатомит 65
диорит 42, 47
диоритовый порфирит 44
долерит 43
доломит 30, 55, 63
дресва 56
друза 9
дунит 42, 45
Зеленый сланец 70
золото 16, 27
Известняк 63
изоморфная примесь 11
изоморфная смесь 11
изоморфный ряд 11
ильменит 29
ионный обмен 22
Калиево-натриевые полевые шпаты 24, 34
кальцит 30
каменная соль 64
каолинит 20, 33, 51
катагенез 55, 62

катаклазит 72
катионообменные свойства 24
кварц 14, 33
кварцевый диорит 42, 45
кварцит 71
кианит 69
кимберлит 46
киноварь 27
коллектор 68
конгломерат 56
конкреция 9, 55
координационное число 10
координационный многогранник 10
корунд 29
кремнезем 39
кремень 65
кристаллический сланец 70
Лагунные фации 66
лампрофир 44
латерит 51
лепидобластовая структура 69
лесс 59
лимонит 17
линейная текстура 69
лиственит 73
люминесценция 15
Магматическая формация 45
магма 38
магнезит 30
магнетит 29
малахит 30
ме́ргель 63
миаскит 42, 47
мигматит 71
микрогранит 44
микроклин 34
милонит 72
молибденит 27
монтмориллонит 20, 33
монцонит 47
морион 22
морские фации 58, 66
мрамор 71
мусковит 32
натечные агрегаты 9
нематобластовая структура 69
нефелин 24, 34
Обсидиан 47
озерные фации 67
оливин 11, 18, 31
оолит 63
опал 29
опока 65
ортоклаз 34
Парагенезис 8
пегматит 44
пелитовая структура 60
пелитоморфная структура 63
перидотит 42, 45
песчаник 57
пирит 55
пироксен 18, 32
пироксенит 42, 46
пиролюзит 29
пироп 16
пирротин 27
плагиоклазы 11, 12, 23, 34
платина 27
плойчатая текстура 69
побежалость 15
полевые шпаты 23, 34
полиморфизм 10
порфиробластовая структура 69
порфировая структура 40
порфировидная структура 40
прибрежно-морские фации 58
пролювий 52, 68
псаммитовая структура 57
псефитовая структура 56
пьезоэлектрический эффект 14
Растворение под давлением 55
речные фации 58
риолит 41, 42, 45, 47
риф 63
роговая обманка 32
рубин 11
рутил 29
Сапропель 65
сера 27
серпентин 33
серпентинизация 48
серпентинит 70
сидерит 30
сиенит 42, 47
сиенит-порфир 44
сильвин 29, 53
сильвинит 64
скарн 74
сланцеватая текстура 69
слоистость 53

слойчатость.....53
слюды.....32
стилолитовый шов.....55
сфалерит.....11, 27
Тальк-.....32, 74
тектоническая брекчия.....72
терригенные осадки.....68
тефра.....43
типоморфизм.....8
топаз.....31
торф.....65
травертин.....64
трансгрессия.....68
трахит.....42, 47
трепел.....65
турмалин.....31
туф вулканический.....43, 59
туффит.....59
Ферромагнитные минералы.....13
физическое выветривание.....50
филлит.....70
флиш.....67
флюидные включения.....7
флюорит.....29
Халцедон.....33
халькопирит.....27
химическое выветривание.....51
хлорит.....33
хлорит-карбонатная порода.....74
хризотил-асбест.....33
хромит.....29
Цеолиты.....24
циркон.....31
Щелочные полевые шпаты.....24
Эклогит.....71
Элювий.....51, 67
Эоловые отложения.....58
эпидот.....31
Яшма.....65

.

Олег Анатольевич Суставов

ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИЯ ПЕТРОГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие
по дисциплинам для студентов специальности
080300 - «Поиски и разведка подземных вод
и инженерно-геологические изыскания» (ГИГ)

Редактор

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому Комплексу

_____ С.А. Уноров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.О.33 ОСНОВЫ РОССИЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

Специализация

Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

Авторы: Бачинин И.В. к.п.н, Старостин А.Н., к. ист. н.

Одобрены на заседании кафедры

Теологии

(название кафедры)

Зав. кафедрой _____

(подпись)

Бачинин И.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 14.09.2023

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

Факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

к.г.-м.н., доц. Вандышева К.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

Содержание

Методические указания по освоению дисциплины 3
Освоение лекционного курса 3
Самостоятельное изучение тем курса....3
Подготовка к практическим (семинарским) занятиям....6
Подготовка к тестированию 8
Подготовка к промежуточной аттестации 9

Методические указания по освоению дисциплины

Освоение лекционного курса

Лекции по дисциплине дают основной теоретический материал, являющийся базой для восприятия практического материала. После прослушивания лекции необходимо обратиться к рекомендуемой литературе, прочитать соответствующие темы, уяснить основные термины, проблемные вопросы и подходы к их решению, а также рассмотреть дополнительный материал по теме.

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Одним из важных элементов освоения лекционного курса является самостоятельная работа на лекции. Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. 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 знаниями.

Самостоятельное изучение тем курса

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных

преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования научного способа познания. Основные приемы 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, а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных 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 научными руководителями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• 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 – 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 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. 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. Студенты с этой целью заводят 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 научного 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 научному 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 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. 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 (семинарским) занятиям

Важной формой самостоятельной работы студента является систематическая и планомерная подготовка к практическому (семинарскому) занятию. После лекции студент должен познакомиться с планом практических занятий и списком обязательной и дополнительной литературы, которую необходимо прочитать, изучить и законспектировать. Разъяснение по вопросам новой темы студенты получают у преподавателя в конце предыдущего практического занятия.

Подготовка к практическому занятию требует, прежде всего, чтения рекомендуемых источников и монографических работ, их реферирования, подготовки докладов и сообщений. Важным этапом в самостоятельной работе студента является повторение материала по конспекту лекции. Одна из главных составляющих внеаудиторной подготовки – работа с книгой. Она предполагает: внимательное прочтение, критическое осмысление содержания, обоснование собственной позиции по дискуссионным моментам, постановки интересующих вопросов, которые могут стать предметом обсуждения на семинаре.

В начале практического занятия должен присутствовать организационный момент и вступительная часть. Преподаватель произносит краткую вступительную речь, где формулируются основные вопросы и проблемы, способы их решения в процессе работы.

Практические занятия не повторяют, а существенно дополняют лекционные занятия, помогая студентам в подготовке к промежуточной аттестации. Практические занятия являются одной из важнейших форм обучения студентов: они позволяют студентам закрепить, углубить и конкретизировать знания по курсу, подготовиться к практической деятельности. В процессе работы на практических занятиях студент должен совершенствовать умения и навыки самостоятельного анализа источников и научной литературы, что необходимо для научно-исследовательской работы.

Практическое (семинарское) занятие — это одна из организационных форм познавательной деятельности обучающихся, позволяющая закрепить полученные ранее знания, восполнить недостающую информацию, сформировать умения решать проблемы, укрепить позиции, научить культуре ведения дискуссии. Тематика обсуждения выдается на первых занятиях. Подготовка осуществляется во внеаудиторное время. Регламент – 3-5 мин. на выступление. В оценивании результатов наравне с преподавателем принимают участие студенты группы.

Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и др.) происходит коллективно, допускается корректная критика высказываний (мнений) своих сокурсников с обязательным приведением аргументов критики.

Участие каждого обучающегося в диалоге, обсуждении должно быть неформальным, но предметным.

1. Россия: географические факторы и природные богатства.

№ п/п	Вопросы	Код компетенции
1.	Анализ предпосылок и факторов становления российской государственности (исторических, социально-экономических, географических).	УК-5
2.	Природные ресурсы и национальные богатства России.	
3.	Культуры этносов России и их основные достижения.	
4.	Религии этносов России.	

2. Многообразие российских регионов

№ п/п	Вопросы	Код компетенции
1.	Российская Федерация: основные этапы становления современного государственного устройства.	УК-5
2.	Географическое, политическое, социально-экономическое, многообразие российских регионов.	
3.	Свердловская область: природно-экономический потенциал.	
4.	История родного города на примере города Екатеринбурга – столицы Татарстана.	

Результатом обсуждения проблемы на практическом (семинарском) занятии не могут быть однозначные выводы и формулировки. Действие его всегда пролонгировано,

что дает студентам возможность для дальнейшего обдумывания рассмотренных проблемных ситуаций, для поиска дополнительной информации по обсуждаемой теме.

Незадолго до проведения практического (семинарского) занятия преподаватель разделяет группу на несколько подгрупп, которая, согласно сценарию, будет представлять определенную точку зрения, информацию. При подготовке к групповой дискуссии студенту необходимо собрать материал по теме с помощью анализа научной литературы и источников.

Используя знание материала, исходя из изложенных изначальных концепций, каждая группа должна изложить свою точку зрения на обсуждаемый вопрос, подкрепив ее соответствующими аргументами.

Каждый из групп по очереди приводит аргументы в защиту своей позиции. Соответственно другая группа должна пытаться привести контраргументы, свидетельствующие о нецелесообразности, пагубности позиции предыдущей группы и стремится доказать, аргументированно изложить свою позицию.

Подготовка к тестированию

Тестирование - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Тестовая система предусматривает вопросы / задания, на которые слушатель должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность. Прежде всего, следует иметь в виду, что в предлагаемом задании всегда будет один правильный и один неправильный ответ. Это оговаривается перед каждым тестовым вопросом. Всех правильных или всех неправильных ответов (если это специально не оговорено в формулировке вопроса) быть не может. Нередко в вопросе уже содержится смысловая подсказка, что правильным является только один ответ, поэтому при его нахождении продолжать дальнейшие поиски уже не требуется.

На отдельные тестовые задания не существует однозначных ответов, поскольку хорошее знание и понимание содержащегося в них материала позволяет найти такие ответы самостоятельно. Именно на это слушателям и следует ориентироваться, поскольку полностью запомнить всю получаемую информацию и в точности ее воспроизвести при ответе невозможно. Кроме того, вопросы в тестах могут быть обобщенными, не затрагивать каких-то деталей.

Тестовые задания сгруппированы по темам учебной дисциплины. Количество тестовых вопросов/заданий по каждой теме дисциплины определено так, чтобы быть достаточным для оценки знаний обучающегося по всему пройденному материалу.

При подготовке к тестированию студенту следует внимательно перечитать конспект лекций, основную и дополнительную литературу по той теме (разделу), по которому предстоит писать тест.

Для текущей аттестации по дисциплине «Основы российской государственности» применяются тесты, которые выполняются по разделам № 1-5.

Образец тестового задания

1. Ключевую роль в формировании мировоззрения играют:
- мысли
- эмоции
- ценности
-все перечисленное

2. Какое место в мире по площади занимает Россия:
- первое

- второе
- третье
- пятое

3. К преимуществам географического положения России относят:
- межграничное положение между Европой и Азией
- большая протяженность транспортных магистралей
- сложность управления страной
+ выход к большому количеству морей и двум океанам

4. С каким государством у России самая большая сухопутная граница:
- Казахстан
- Белоруссия
- Китай
- Монголия

5. Первое летописное упоминание о Москве связано с именем князя:
- Ярослава Мудрого
- Владимира Мономаха
- Александра Невского
- Юрия Долгорукого

Подготовка к промежуточной аттестации

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Основы российской государственности*» 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 «*Основы российской государственности*».

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 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 *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.

МИНОБРНАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Уральский Государственный Горный Университет
Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

ОДОБРЕНО:
Зав. кафедрой ГИГГ
_____ С. Н. Тагильцев
«_13_» __апреля_ 2019 г.

Парфенова Л.П.

ПРАКТИКУМ

по Горнопромышленной гидрогеологии

для студентов специальности
21.05.02 «Прикладная геология»
специализации "Поиски и разведка подземных вод и инженерно - геологические изыскания"

Екатеринбург
2017

Задача № 1

Рссчитать вертикальный дренаж разрезной траншеи. Напорный водоносный горизонт приурочен к известнякам, залегающих в почве пластообразной залежи полезного ископаемого. Дренаж состоит из линейного ряда взаимодействующих водопонижающих скважин совершенного типа. Водопонижающие скважины расположены на нерабочем борту разрезной траншеи (рис. 56)

Задано: k=12 м/сут=0,5 м/ч; m = 25 м; H = 80 м; Sc = 50 м; r = 0,15 м; 2g = 200 м; R = 3800 м; L = 1600 м.

Решение:

$$n = \frac{1600}{200} + 1 = 8 + 1 = 9 \text{ шт.}$$

Определяем коэффициент короткости при нечетном числе дрен в ряду по формуле:

$$\lambda = \frac{(2 \cdot 9 + 1)\left[\ln \frac{100}{3{,}14 \cdot 0{,}15} + \frac{3{,}14 \cdot 3800}{200}\right]}{9\left[\ln \frac{3800}{0{,}15} + \sum_{i=1}^{i=9} 2 \ln \frac{3800^2}{200^2}\right]} = 3{,}68.$$

Дебит каждой водопонижающей скважины линейного ряда определяем по формуле:

$$Q_0' = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}5 \cdot 25 \cdot 50}{\ln \frac{100}{3{,}14 \cdot 0{,}15} + \frac{3{,}14 \cdot 3800}{2 \cdot 100}} = 60{,}3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

или с учетом короткости ряда:

$$Q''_0 = 60{,}3 \cdot 3{,}68 = 222 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Величину остаточного столба воды между скважинами ряда (рис. 56, точка А) определяем по формуле (v.21) для краевых участков при А = 1,6

(см. рис. 17 при $\frac{\sigma}{r_c} = 667$) и

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{200}{3800}\,1{,}6} \approx 0{,}92;$$

Для центрального участка (рис 56 точка Б) величину остаточного столба посередине между скважинами ряда определяем по формуле (V.6) подставляя в нее значения А = 1,6 и Альфа = 0,92, получим

$$H_a = 80 - \left[50\left(1 - 0{,}22\,\frac{200}{3800}\right)0{,}918\right] = 34{,}6 \text{ м}.$$

Величину остаточного столба воды в 300 м от ряда, т.е. на оси траншеи (см рис. 56, точка В), определяем по формуле (V.20), для краевых участков и при Х = 300м, А = 1,6, Альфа = 0,92 и Альфа = 3,68:

$$H_x = 80 - \left[50\left(1 - \frac{300}{3800}\right)0{,}92\,\frac{1}{3\,68}\right] = 68{,}55 \text{ м}.$$

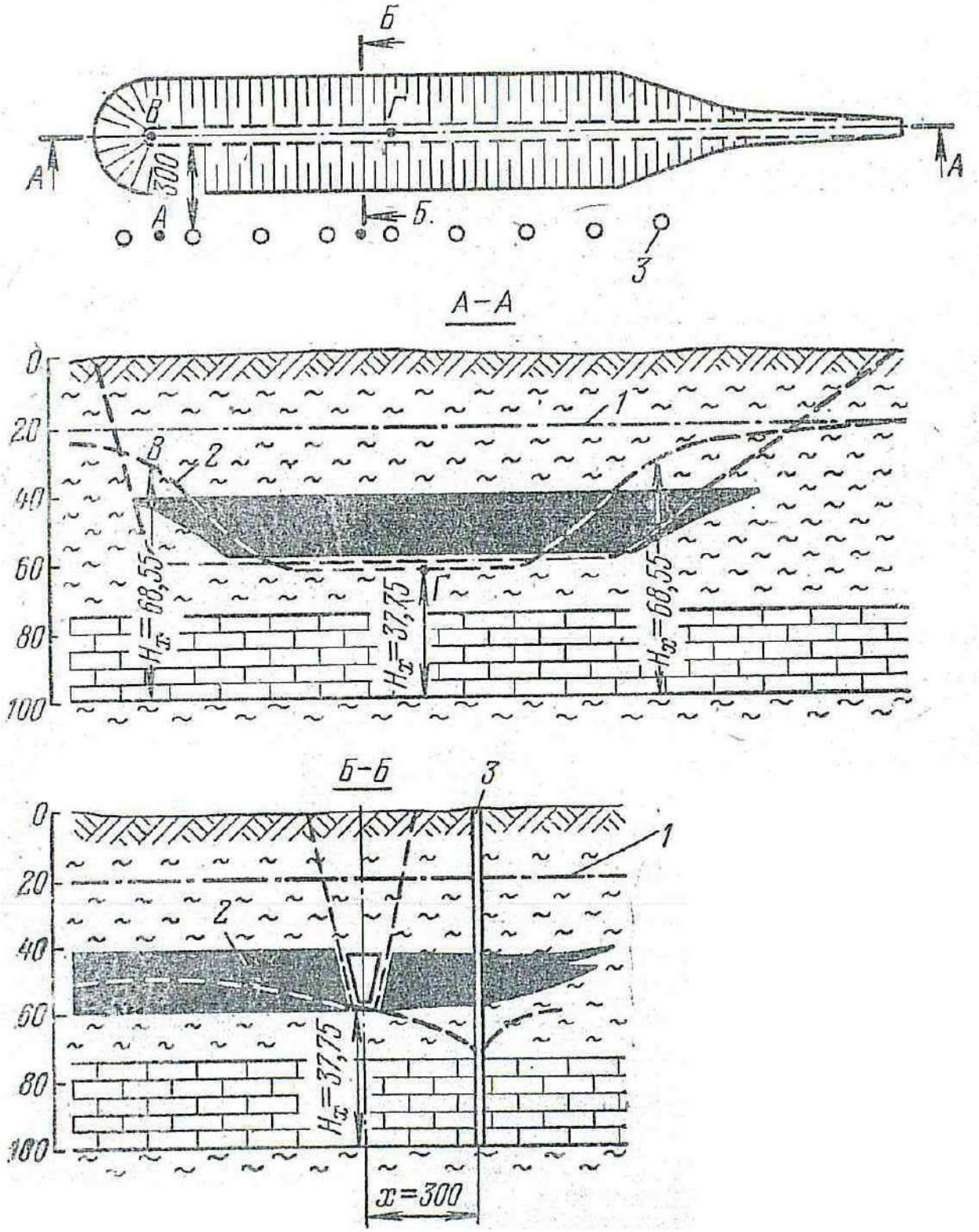


Рис. 56 Схема к расчету линейного ряда водопонижающих скважин:

1- статический уровень подземных вод, 2 – пониженный уровень подземных вод при работе водопонижающих скважин; 3 – водопонижающие скважины

Величину остаточного столба воды в 300 м от центральной части ряда (см. рис. 56, точка Г) определяем по формуле (V.5) и при x = 300 м, A = 1,6 и Альфа = 0,92

$$H_a = 80 - \left[50\left(1 - 0{,}22\frac{200}{3800}\right)0{,}92\frac{1}{3{,}68}\right] = 67{,}68 \text{ м.}$$

$$H_x = 80 - \left[50\left(1 - \frac{300}{3800}\right)0{,}918\right] = 37{,}75 \text{ м.}$$

Задача № 2

На карьере № 4 Волчанского буроугольного месторождения угольный пласт средней мощностью 20 м залегает в виде мульды протяженностью 1,5 км, шириной 0,5 км. Над пластом залегают песчаники. В пласте угля и песчаниках заключен безнапорный водоносный горизонт. Уровень воды понижается линейным рядом из пяти водопонижающих скважин, расположенных по продольной оси мульды, причем производительность каждой из них равна 60 $м^3$/ч.

Требуется определить время, необходимое для снижения уровня подземных вод на 1 м ниже почвы разрезной траншеи (точка М на рис. 1). Столб воды над почвой траншеи - равен 11 м.

З а д а н о : $к_1$ (угля) = 18,5 м/сут; k_2 (песчаников) = 3 м/сут;

М (угля) = 20 м; H_e = 75 м; в точке М H_e = 20 м; длина линейного ряда скважин *L* = 1000 м; площадь мульды *F* — 750 000 $м^2$; r = 320 м; μ = 0,05 (для угля и песчаника);. $Q_{сум}$ = 60*5 = 300 $м^3$/ч = 7200 $м^3$/сут; в точке *M* S = 12 м.

Р е ш е н и е . Рассматриваемая линейная установка водопонижающих скважин работает в условиях безнапорного кругового «закрытого» пласта. Радиус кругового пласта [см. формулу (11.21)]

$$R = \sqrt{\frac{750000}{3,14}} = 498 \text{ м.}$$

Проводим линейный ряд скважин к кольцевой системе, приведенный радиус которой

$$r_0 = \frac{L}{4} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ м.}$$

Приведенное расстояние точки М, в которой определяется понижение уровня подземных вод, до центра кольцевой системы определяется по формуле (V.119)

$$r^* = 1{,}1 * 320 = 352 \text{ м.}$$

Дренажная система несколько смещена относительно центра круговое пласта, но поскольку это смещение незначительно, его можно не учитывать и вести расчет по формуле **(V**.118), предварительно определив средневзвешенный коэффициент фильтрации водоносных пород (при этом обводненная мощность песчаников равна 75 - 20 =55 м):

$$k_{ср} = \frac{k1m1 + k2m2}{m1 + m2} = \frac{18{,}5 * 20 + 3{,}0 * 55}{20 + 55} = 7{,}15 \text{ м/сут}$$

и коэффициент уровнепроводности

$$a = \frac{kh_S}{\mu} = \frac{7{,}15 * 41{,}5}{0{,}05} = 5{,}95*10^3 \text{ м}^2\text{/сут,}$$

где

$$h_S = \frac{75 + 8}{2} = 41{,}5 \text{ м.}$$

Задаваясь различными величинами времени, например t = 40 сут, по формуле (V.118) определяем величину остаточного столба воды в точке М (см. рис. 1).

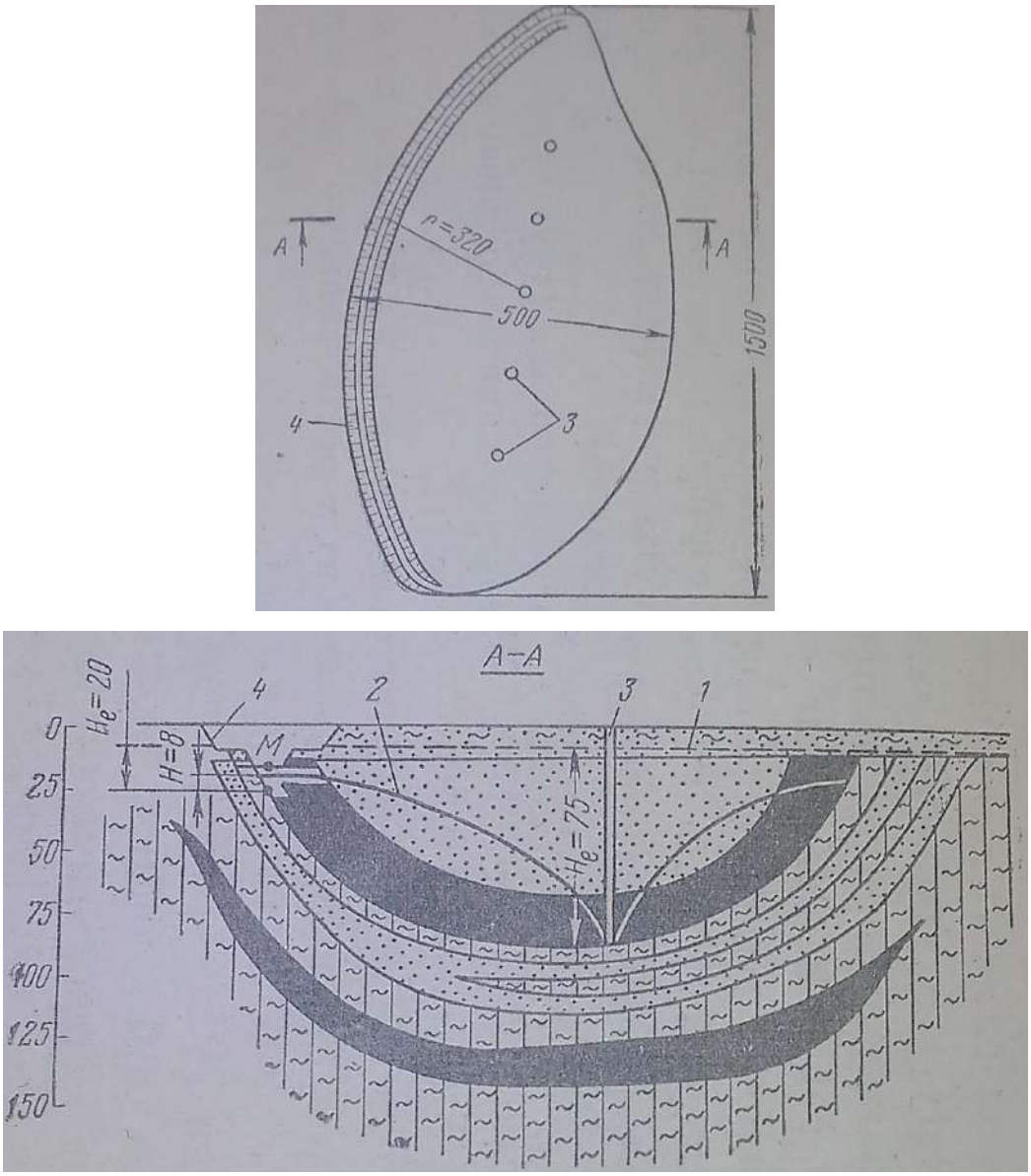


Рис. 1. Схема к расчету вертикального линейного совершенного дренажа при работе в безнапорном круговом «закрытом» пласте:

1 - статический уровень подземных вод; ***2*** - сниженный уровень подземных вод при работе водопонижающих скважин в течение 81 сут; 3 – водопонижающие скважины; ***4*** - разрезная траншея

Дренажная система несколько смещена относительно центра круговое пласта, но поскольку это смещение незначительно, его можно не учитывать и вести расчет по формуле **(V**.118), предварительно определив средневзвешенный коэффициент фильтрации водоносных пород (при этом обводненная мощность песчаников равна 75 - 20 =55 м):

$$k_{ср}=\frac{k1m1+k2m2}{m1+m2}=\frac{18,5*20+3,0*55}{20+55}=7,15 \text{ м/сут}$$

и коэффициент уровнепроводности

$$a=\frac{kh_S}{\mu}=\frac{7,15*41,5}{0,05}=5,95*10^3 \text{ м}^2/\text{сут},$$

где

$$h_S=\frac{75+8}{2}=41,5 \text{ м}.$$

Задаваясь различными величинами времени, например t = 40 сут, но формуле (V.118) определяем величину остаточного столба воды в точке М (см. рис. 1).

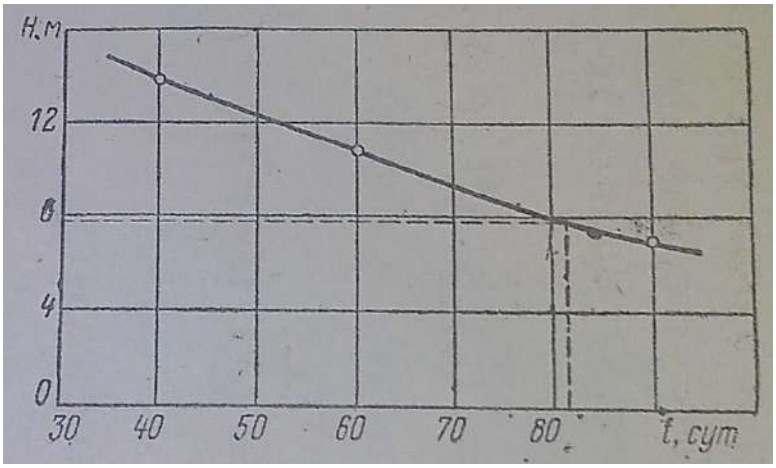


Рис. 2. Зависимость остаточного столба воды от времени H = f(t)

Причем по рекомендациям Ф. М. Бочевера [12] принимаем входящую в эту формулу величину H = 0,8*H_e = 0,8-75 = 60 м. Тогда при t — 40 сут

$$H = 20 - \frac{7200}{3,14 * 7,15 * 60} * \frac{5,95 * 60 * 10^3}{498^2} - \frac{7200}{2 * 3,14 * 7,15 * 60} * 2,3 \lg\frac{498}{352} = 13,19 \text{ м.}$$

Аналогичным образом произведены расчеты при t = 60 и t = 90 сут и получены значения H в точке M соответственно 10,82 и 7,04 м. По этим данным построен график зависимости H от t (рис. 2), из которого видно, что для достижения требуемого понижения уровня подземных вод в точке M, соответствующего величине остаточного столба воды 8 м, потребуются 81 сут.

Задача № 3

Рассчитать вертикальный двухлинейный дренаж для понижения уровня воды в песках ниже дна разрезной траншеи карьера (рис. 59) и оценить противосуффозионную устойчивость песчаных откосов в начальный период эксплуатации карьера. Дренаж состоит из двух симметрично расположенных взаимодействующих рядов водопонижающих скважин совершенного типа при их работе в неограниченном пласте в безнапорных условиях. Скважины располагаются вдоль рабочего и нерабочего бортов карьера. Расстояние между ними в ряду равно 80 м. Столб воды над дном траншеи составляет 16 м; дренаж участка требуется осуществить не более чем за 6 мес.

З а д а н о : k = 6,16 м/сут; $h = H$ = 25 м; H_Q = 1 м; 2σ = 80 м; B = 500 м; h_0 = 8 м; μ= 0,2; $L_1 = L_2$ = 1200 м; $l_1 = l_2$ = 600 м; $y_1 = y_2$ = 250 м; r_C = 0,1 м; t = 180 сут; φ= 37°.

Р е ш е н и е

Вначале определяем суммарное количество воды, которое необходимо откачать, чтобы в течение 6 мес на участке разрезной траншеи

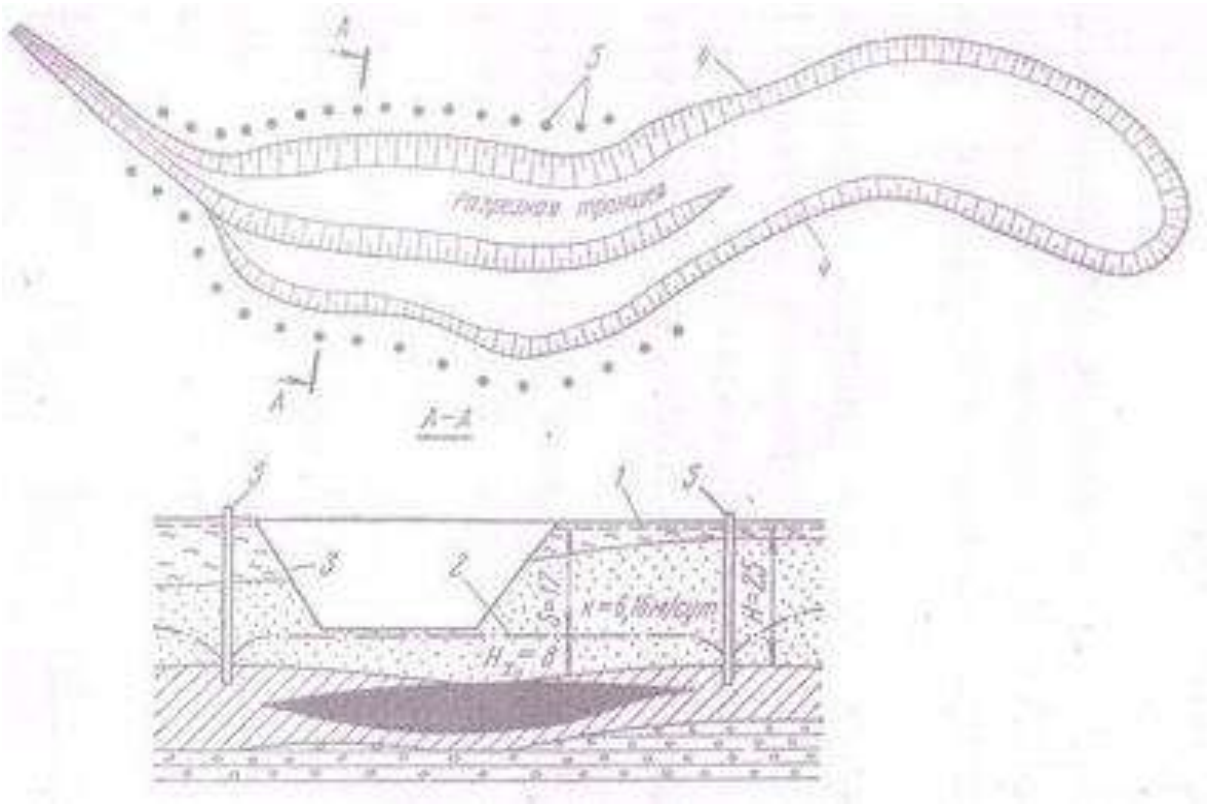


Рис. 59. Схема к расчету двухлинейной совершенной дренажной системы при работе ее о безнапорном неограниченном пласте:

1 - статический уровень надугольного водоносного горизонта; *2* - сниженный уровень надугольного водоносного горизонта через 6 мес. после включения в работу водопонижающих скважин; *3* - контур разрезной траншеи; *4* - граница карьера к моменту сдаси его в эксплуатацию; *5* - водопонижающие скважины

снизить уровень подземных вод в песках на 17 м, т. е. на 1 м ниже ее дна. Для этого предварительно определяем

$$h\text{ср} = \frac{\text{h} + \text{h}_0}{2} = \frac{25+8}{2} = 16{,}5м$$

Коэффициент уровнепроводности:

$$a = \frac{6{,}16 \cdot 16{,}5}{0{,}2} = 510 м^2 / сут;$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{a \cdot t}{l^2} = \frac{510 \cdot 180}{600^2} = 0{,}255;$$

$$y_1 = y_2 = \frac{y}{l} = \frac{250}{600} = 0{,}415.$$

По графику (см. рис. 20) находим

$$\overline{R} = \overline{R_1} = \overline{R_2} = 0{,}9;$$

$$\overline{l_1} = \overline{l_2} = \frac{l}{L} = \frac{600}{1200} = 0{,}5.$$

Тогда по формуле (V.78) $R_{СУМ} = \overline{R_1} \cdot \overline{l_1} + \overline{R_2} \cdot \overline{l_2} = 0{,}9 \cdot 0{,}5 + 0{,}9 \cdot 0{,}5 = 0{,}9.$

Определяем по формуле (V.24) суммарное количество воды, которое должны откачивать все скважины водопонижающей установки

$$Q_{СУМ} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 6{,}16(2 \cdot 25 - 17)17}{0{,}9} = 24100 м^3/сут = 1004 м^3/ч.$$

В каждом ряду закладывают по $n = \frac{1200}{80} + 1 = 16$ скважин. Следовательно, для снижения уровня подземных вод на 17 м в течение 6 мес каждая скважина должна эксплуатироваться с дебитом

$$Q_0' = \frac{1004}{32} = 31{,}4 м^3/ч.$$

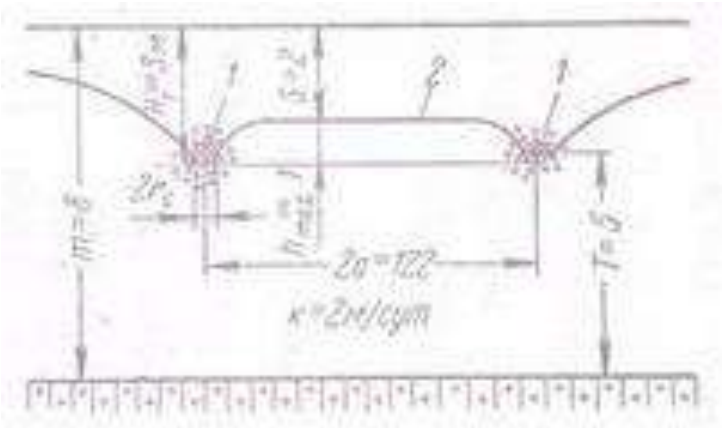


Рис. 60. Схема к расчету площадного (систематического) горизонтального несовершенного дренажа:
1 - осушители; *2* — сниженный уровень подземных вод при работе дренажа.

Для оценки противосуффозионной устойчивости песчаных уступов в начальный период эксплуатации карьера предварительно найдем допустимую высоту высачивания подземных вод на откосах $h_{0Л}$ по формуле (II.34) и условное заложение откоса m_0 по формуле (II.32):

$$h_{ОЛ} = \frac{2}{\sqrt{6,16}} = 0,81м;$$

$$m_0 = \frac{3,2}{tg37} = 4,2$$

Затем по формуле (II.35) рассчитаем допустимую глубину подземного потока на контуре водопонижающих скважин

$$h_д = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,81 \cdot 250 - 0,81^2(4,2 - 0,5)}{4,2 + 0,5}} = 9,3$$

Как видно, расчетная допустимая глубина подземного потока на 1,3 м превышает глубину потока, обеспечиваемую 32 водопонижающими скважинами, т. е. двухлинейная установка скважин при дальнейшей работе обеспечивает также противосуффозионную устойчивость откосов в начальный период эксплуатации карьера.

Задача № 4

Требуется рассчитать площадной систематический горизонтальный дренаж для осушения основания внутренних отвалов на марганцовом карьере, расположенных на участке размером 380 х 1000 м в кровле подрудных песков. Осушители несовершенного типа в соответствии с гипсометрией кровли этих песков закладываются по длине участка со сбросом воды в собиратель, расположенный в торце участка.

Задано: к = 2 м/сут; m = 8 м; H_1 = 3 м; S =2м; Т=5м; r_c = 0,3 м; ш =0,005.

Решение.

Предварительно находим

$$h_{max} = H_1 - S = 3 - 2 = 1 \text{ м};$$

$$B = 1{,}47 \lg \frac{1}{\sin \frac{3{,}14 \cdot 0{,}3}{5}} = 1{,}11;$$

$$Б = 2 \cdot 1{,}11 = 2{,}22.$$

Для установления барражного эффекта завесы найдем предварительно начальный градиент фильтрации I_0 по формуле и расстояние от центра карьера до внешней стенки завесы r_1 из выражения

$$I_0 = \frac{0{,}566}{\sqrt{0{,}007}} = 6{,}7;$$

$$r_1 = 500 + 0{,}5 = 500{,}5 \text{ м}.$$

При этом общий и удельный проскок воды через барражную завесу по формулам

$$Q = \frac{3{,}14 \cdot 0\,(20^2 - 0{,}67^2 - 2 \cdot 6{,}7 \cdot 10{,}35 \cdot 0{,}5)}{\frac{9 \cdot 0{,}5}{0{,}007 \cdot 577} + \ln \frac{2000}{500}} = 4440 \text{ м}^3/\text{сут} = 185 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$q = \frac{4440}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 500} = 1{,}4 \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{м});$$

сниженная глубина потока у внешней стенке барражной завесы h_1 по формуле

$$h_1 = \sqrt{20^2 - \frac{20^2 - 0{,}67^2 - 2 \cdot 6{,}7 \cdot 10{,}35 \cdot 0{,}5}{\ln \frac{2000}{500} + \frac{9 \cdot 0{,}5}{0{,}007 \cdot 577}} \ln \frac{2000}{500{,}5}} = 13{,}5 \text{ м};$$

сниженная глубина потока у внутренней стенке завесы h_{111} равна по условию допустимой глубине потока на этом контуре $h_д$ т.е. 4,4м.

Для сработки статических запасов в пределах барражного контура рассчитаем суммарный дебит водопонижающих скважин по формуле, задаваясь сроком их работы 4мес.

$$Q = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}1 \cdot 577^2 \cdot 20 \cdot 9\,(20 - 4{,}4)}{20 \cdot 9 \cdot 120 - 0{,}15 \cdot 0{,}1 \cdot 577^2} = 17\,700 \text{ м}^3/\text{сут} = 740 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Такой дебит могут обеспечить 15 водопонижающих скважин с производительностью по 50м^3/ч каждая.

Таким образом, завеса шириной 0,5 м с коэффициентом фильтрации заполнителя 0,007м/сут позволяет снизить высоту высачивания на песчаных откосах до 0,67 м и удельный приток в карьер до 1,4м^3/(сут м); при этом глубина потока за внешней и внутренней стенками завесы составит соответственно 13,5 и 4,4 м. Сработка статических запасов воды внутри барражного контура может быть обеспечена 15 водопонижающими скважинами с суммарным дебитом 740 м^3/ч, работающий в течении 4 мес.

Задача № 6

СНиП 2.04.03-85 "Канализация, наружные сети и сооружея"

$$Q_{\text{н.д}} = 1000 \cdot h_{\text{д}} \cdot \alpha \cdot F, \qquad \left[\frac{\text{м}^2}{\text{сут}}\right]$$

$Q_{\text{н.д.}}$ - приток в карьер;
$h_{\text{д}}$ - норма среднегодовых атмосферных осадков;
α - коэффициент поверхностного стока. α зависит от свойств покровных отложений: скальные 0,8-0,9; глинистые 0,5-0,7;
F - водосборная площадь карьера, км^2.

$h_{\text{д}}$ - для проектных расчетов берется из СНиП 23-01-99 "Строительная климатология"

Балансовая площадь - площадь выделенная по рельфу.

Нормальный приток талых вод

β - коэффициент учитывающий удаление снега из карьера. Принимается 0,5;
$h_{\text{с}}$ - среднегодовое количество твердых осадков;
$t_{\text{с}}$ - продолжительность интенсивного снеготаянья, [час]

Нормальный приток ливневых вод

$$Q_{л} = q \cdot \alpha \cdot F \cdot \eta, \qquad \left[\frac{м^3}{час}\right]$$

$$q = \frac{360 \cdot 20^n \cdot q_{20}(1 + C\ lgP)}{t_{л}^n}$$

q - средняя интенсивность ливневого дождя [м^3/час с 1 км^2];

η - коэффициент простераемости дождя по СНиП 2.04.03-85;

q_{20} - интенсивность ливневого дождя в течении 20 минут и повторяемостью P=1;

$t_л$ - продолжительность ливневого дождя в часах;

n, C - параметры, зависящие от географического положения карьера. СНиП 2.04.03-85

Пример.

Проектируется карьер со следующими параметрами:

- глубина 30 м;
- площадь лицензированного контура 75 000 м^2;
- разрез: покровные отложения суглинков до 5 м. Ниже скальные породы
- место расположения Челябинская область.

$h'_д$ = 435 мм - для март - октябрь, $h'_д$ = 104 мм - для ноябрь - март

$h_д$ = 539 мм

$h_с$ = 104 мм

$t_с$ = 15 сут

$$Q_{т} = \frac{0{,}5 \cdot 0}{}$$

Для Челябинской области q= 2080 [мм/км^2]

Если площадь > 1 км^2, то η = 1 (по Балашову)

$$Q_{л} = 2080 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}075 \cdot 1 = 78 \left[\frac{м^3}{час}\right]$$

Водопритоки за счет поверхностных вод

$Q_{н.д.}$	$Q_{т.}$	$Q_{л.}$
55,4 м/сут	130 $м^3$/сут	78 $м^3$/час

На основании сравнения полученных результатов обосновывается выбор насосного оборудования: с учетом круглогодичной нормальной работы и с учетом аварийной ситуаций.

Задача № 7

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Специализация № 2
Поиски и разведка подземных вод
и инженерно-геологические изыскания

Автор: Гуман О. М., д.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Тагильцев С. Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 29 от 21.09.2021
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 07.10.2021
(Дата)

Екатеринбург

Оглавление

АННОТАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ....3
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ....3
2. МЕСТО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРУКТУРЕ ООП ВО....3
3. ПОРЯДОК ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ....4
4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА....5
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА....8
6. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ГИДРОГЕОЛОГИИ....14
7. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ....15
8. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ И РАБОТ ПО ГЕОЭКОЛОГИИ 17
9. ПРЕЗЕНТАЦИИ....17
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ФОРМА ЗАДАНИЯ НА ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ (РАБОТУ)....19
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА....23
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОБРАЗЕЦ ШТАМПА....24

АННОТАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

Методические указания по составлению выпускной квалификационной работы (ВКР) подготовлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 21.05.02 «Прикладная геология», специализация «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания». Государственная итоговая аттестация - защита ВКР - предполагает написание ВКР в соответствии с требованиями, предъявляемыми к такого рода работам специалистами, защиту ВКР на заседании комиссии ГАК под руководством ведущих производственников отрасли в регионе.

В процессе формирования специалиста дипломное проектирование играет большую роль, завершая процесс обучения в университете.

Методические указания содержат требования к содержанию ВКР, к их оформлению, к презентационным материалам, к порядку выполнения.

ВКР состоит из пяти частей: общей, специальной, проектной, экономической, охрана труда при выполнении запроектированных работ.

ВКР состоит из трех частей: общей, специальной, результативной.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Цели работы – выявление и закрепление теоретических и практических знаний, полученных студентами в университете, при составлении ВКР и оценка степени подготовленности студента к самостоятельной работе в условиях современного производства.

Задачи работы:

1. Систематизация и расширение теоретических и практических знаний студентов по специальности и применение этих знаний при решении конкретных научных, производственных или экономических задач.
2. Приобретение практических навыков составления проектов (работ) по специальности.
3. Обучение основным приемам и методам проектирования, защиты результатов своей деятельности.
4. Приобретение опыта в составлении презентаций по теме ВКР.

2. МЕСТО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Выполнение ВКР относится к модулю Б.3.- «Государственная итоговая аттестация» основной образовательной программы по направлению подготовки 21.05.02 «Прикладная геология», специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания».

3. ПОРЯДОК ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Выполнение ВКР начинается с выдачи дипломного задания по форме, приведенной в приложении 1. Тема дипломного проекта (работы)выбирается студентом-дипломником совместно с руководителем – преподаватель выпускающей кафедры, утверждается заведующим выпускающей кафедры, закрепление за студентом темы дипломного проекта (работы) оформляется приказом ректора. В приказ включаются только студенты полностью закончившие теоретический курс обучения, сдавшие все экзамены, зачеты и курсовые проекты, предусмотренные учебным планом и программой обучения.

Темы ВКР должны носить научно-производственный характер и проект по степени обоснования и объему должен быть максимально приближен к проектам производственных организаций (или научно-техническим отчетам). В отдельных случаях, студентам, имеющим склонность к научным исследованиям, проект может быть заменен исследовательской работой. Эта форма ВКР наиболее трудоемкая, но в то же время более творческая и интересная, она способствует подготовке научных сотрудников, исследователей в различных областях знаний.

В исследовательской работе должны рассматриваться вопросы экономики, производиться расчеты оптимального варианта, определяться экономическая целесообразность применения новых методов. Экономическая целесообразность работы подтверждается справкой из производственных организаций, заинтересованных в результатах данной работы.

В ходе подготовки ВКР студент имеет возможность консультироваться с преподавателями кафедр техники и технологии разведки, геофизики, экономики. Список преподавателей-консультантов предоставляется студентам в начале процесса подготовки ВКР. По результатам консультаций составляются соответствующие разделы ВКР. Оценка и подпись преподавателя-консультанта должны быть приведены в задании на выполнение ВКР (приложение 1).

В течение первой недели дипломник разрабатывает и представляет руководителю календарный план работы над проектом на весь период дипломирования. Два раза в процессе дипломирования студент обязан отчитываться перед руководителем о ходе дипломного проектирования. В случае неподготовленности дипломника решается вопрос о продолжении процесса дипломирования или о допуске его к защите. Студен не выполнивший дипломный проект в срок по неуважительной причине отчисляется из университета за неуспеваемость, имеет право восстановиться в университете и защитить дипломный проект на следующий год. По окончанию университета ему выдается справка.

Законченный и набранный на компьютере, на одной стороне стандартного листа писчей бумаги ВКР подписывается дипломником и вместе с графическими приложениями и заключениями консультантов (по геофизическому, производственному и экономическому разделам), представляется на подпись ответственному руководителю ВКР, который ее оценивает.

Далее ВКР утверждается заведующим кафедрой и передается на отзыв представителям производства.

Ежегодно выпускающая кафедра подготавливает список рецензентов из специалистов профильных организаций, который утверждается ректором университета. Ответственный за дипломирование на выпускающей кафедре за четыре дня до защиты ВКР направляет студентов к внешним рецензентам.

После положительной оценки ВКР рецензентом, она передается для защиты в Государственную аттестационную комиссию (ГАК).

Во время публичной защиты дипломник должен в лаконичной форме (в течение 15 мин.) доложить основные вопросы, разработанные в каждой части (разделе) ВКР. Доклад должен начинаться с названия темы и цели проектирования. После краткого исторического обзора состояния вопроса, рассматриваемого в проекте, освещаются основные разделы выполненной работы. Более подробно дипломник должен остановиться на рассмотрении специальной части ВКР. Доклад заканчивается подробным анализом технико-экономических показателей проектируемых работ. Во время доклада необходимо постоянно обращаться к демонстрационной графике и представленной к защите коллекции образцов пород.

После доклада члены ГАКа задают вопросы, на которые нужно отвечать кратко, но исчерпывающе полно, тщательно продумав ответ. Также в сжатой форме должен быть построен ответ дипломника на замечания рецензента.

Государственная аттестационная комиссия на закрытом заседании рассматривает отзывы руководителя, рецензента, от производства, консультантов и после обсуждения результатов защиты выносит решение об оценке проекта (в случае разногласий между членами комиссии, вопрос решается голосованием) и присвоении квалификации горного инженера по специальности 21.05.02 Прикладная геология, специализация подготовки Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

В отдельных случаях ГАК может рекомендовать ВКР или их отдельные части для использования в промышленности или для опубликования в печати.

Студенту, получившему при защите неудовлетворительную оценку, разрешается повторная защита в следующую сессию, но на другую тему. Студент, не защитивший ВКР и в следующую сессию получает свидетельство об окончании университета с перечнем сданных дисциплин, но без присуждения квалификации горного инженера-геолога.

Все исходные материалы для выполнения ВКР, а также негативы фотографий и микрофотографий, шлифы и полировки, каменный материал и др. студент обязан сдать на кафедру, ВКР сдается в архив института на бумаге и на кафедру на цифровом носителе информации в конверте, на котором подписывается название ВКР, год, группа, ФИО студента, выполнившего ВКР.

4 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ВКР

ВКР оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-2001. Структурные элементы дипломного проекта следующие:

- титульный лист;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- общий раздел;
- специальный раздел;
- проектный раздел;
- экономический раздел;
- безопасность жизнедеятельности;
- заключение;
- список использованных источников;
- список текстовых приложений
- список графических (внетекстовых) приложений

Страницы текста ВКР должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327. Допускается представлять иллюстрации, таблицы и распечатки с ЭВМ на листах формата А3.

При написании текста должны быть поля: левое – не менее 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее и нижнее – по 20 мм.

Текст ВКР делят на разделы, подразделы, пункты. Заголовки разделов пишут симметрично тексту прописными буквами, без подчеркивания. Перенос слов в заголовках не допускается, в конце страницы заголовки не помещают, точка в конце заголовка не ставится. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей работы и обозначаться арабскими цифрами с точкой в конце. Введение и заключение не нумеруются. Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела, например: 2.3. (третий подраздел второго раздела); более дробные подразделения нумеруются в пределах разделов и подразделов, например 2.3.1. и т.д. (между цифрами и в конце номера ставятся точки). Страницы текста нумеруются арабскими цифрами, проставляемыми в верхнем правом углу. Титульный лист, дипломное задание входят в общую нумерацию, но номер страницы на них не ставят. Иллюстрации (таблицы, графики, рисунки), которые расположены на отдельных страницах, включаются в общую нумерацию страниц .

Таблицы нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. В правом верхнем углу таблицы, перед ее заголовком помещается надпись «Таблица 2.1» (первая таблица второго раздела). При переносе части таблицы на другую страницу пишется «Продолжение табл. 2.1». Таблицу помещают в тексте сразу за первым упоминанием о ней. Если в одной и той же графе таблицы приводятся целые числа и числа с десятичными знаками, следует соответственно в целых числах дополнительно после запятой проставлять нули. Одинаковые цифры заменять кавычками не допускается. Отсутствие данных отмечается прочерком в графе.

Все иллюстрации в тексте именуются рисунками и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. Например: Рис. 2.1 (первый рисунок второго раздела). Иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота текста или с поворотом по часовой стрелке.

Иллюстрации располагают после первой ссылки на них. Образец оформления:

Гидравлические насосы



а – коловратный; б – шестеренчатый

1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – цилиндр; 4 – лопатки; 5 – выходной патрубок; 6 – пружина лопаток; 7 – шестерни; 8 – шарик; 9 – пружина клапана

рис. 2.1.

Формулы вписываются в текст с использованием кнопок вставка - формула. Формулы следует выделять из текста свободными строками, если уравнение не вмещается в одной строке, оно может быть перенесено после знаков равенства и знаков (+), (-), (х), (:). Пояснения значений символов в формулах следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают словом «где» без двоеточия.

Формулы нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенные точкой. Номер указывается с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например, (3.1) – первая формула третьего раздела.

Ссылки в тексте на источники литературы допускается приводить в подстрочном примечании или указывать порядковый номер по списку литературы, выделяя в квадратные скобки; ссылки на иллюстрации – указывается соответствующие номер иллюстрации, например: рис. 2.1. Аналогично даются ссылки на формулы: «… в формуле (3.1)…» и таблицы, например, «…в табл. 2.1 …». Если ссылки даются на таблицы, иллюстрации и др., помещенные в другом разделе текста, то указывается: «… см. табл. 1.3».

При оформлении списка литературы по каждому изданию указывается фамилия и инициалы автора (авторов), точное название, место издания, наименование издательства, год издания, количество страниц. Для журнальной статьи указываются фамилия и инициалы автора, название статьи, название журнала, год выпуска, номер журнала, страницы, занимаемые в журнале статьей. Список литературы должен включать только издания, использованные в работе, т.е. те, которые цитировались, на которые делались ссылки или которые послужили основой для формулирования точки зрения студента. Все цифры, цитаты и чертежи, заимствованные из литературных источников, следует снабдить обязательными ссылками на источник с полным описанием издания в списке использованной литературы. Список использованной литературы составляется в строго приоритетном порядке, начиная с нормативных правовых актов федерального уровня, индивидуальных и коллективных монографий, научных статей и т.д.- Вначале в алфавитном порядке указывается опубликованная отечественная литература, затем

рукописная и в конце списка – иностранная литература. Для каждого литературного источника приводятся данные: номера по порядку, фамилия и инициалы автора, полное наименование работы, место издания, название издательства, год и повторность издания, объем в страницах, для рукописей указывается место хранения.

Все приложенные к ВКР чертежи на отдельных листах по своим форматам, условным обозначениям, раскраске, шрифтам и масштабам должны соответствовать существующим стандартам (представлять чертежи на листах произвольного размера не разрешается). Штампы на чертежах выполняются согласно приложению 3. Все графические приложения должны быть выполнены лично автором проекта, категорически запрещается передавать их выполнение другим лицам. При размещении карт в презентацию рекомендуется выполнить масштабирование рисунка в виде масштабной линейки. В конце дипломного проекта приводится список графических приложений.

ВКР должны быть переплетены, переплет жесткий, записаны на диск в формате pdf или doc, dwg.

До сдачи на рецензирование заведующий кафедры назначает инженера кафедры для проверки текста дипломного проекта по программе «Антиплагиат». На бланки дипломного задания инженер ставит свою подпись.

5. СОДЕРЖАНИЕ ВКР

Титульный лист оформляется по образцу, приложение 2.

Реферат должен содержать:

сведения об объеме отчета, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве частей отчета, количестве использованных источников;

перечень ключевых слов;

текст реферата.

[из п. 5.3.2 ГОСТ 7.32-2001]

Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста ВКР, которые в наибольшей мере характеризуют ее содержание и обеспечивают возможность информационного поиска. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и печатаются строчными буквами в строку через запятые [из п. 5.3.2.1 ГОСТ 7.32-2001]

Текст реферата должен отражать:

объект исследования или разработки;

цель работы;

метод или методологию проведения работы;

результаты работы;

основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики;

степень внедрения;

рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов НИР;

область применения;

экономическую эффективность или значимость работы;
прогнозные предположения о развитии объекта исследования.

Структура ВКР следующая:

- содержание;
- введение;
- общий раздел;
- специальный раздел;
- проектный раздел;
- экономический раздел;
- безопасность жизнедеятельности;
- заключение;
- список использованных источников;
- список текстовых приложений
- список графических (внетекстовых) приложений.

Содержание помещается в начале дипломного проекта (после дипломного задания). В нем указываются все разделы, подразделы и пр., имеющие самостоятельные заголовки. Указывается только страница, на которой начинается соответствующий раздел, подраздел.

Введение начинается с географического и административного положения района работ, полное наименование дипломного проекта с указанием цели запроектированных работ. Кратко описывается методика ранее проведенных работ, оцениваются их результаты, полнота исследований. Рассматриваются задачи, которые необходимо решить в результате проектируемых работ. Указывается организация, где студент проходил преддипломную практику, освещается характер работ, выполненных студентом самостоятельно. Указывается фамилия руководителей практики от производства и от кафедры (или факультета). В качестве иллюстрации к введению должна быть приложена мелкомасштабная обзорная карта (географическая или геологическая), на которую наносятся границы запроектированных работ.

Общий раздел включает физико-географическое описание района работ, геологическую, геофизическую, гидрогеологическую и инженерно-геологическую изученность, геологическое строение, гидрогеологические условия, инженерно-геологические условия, геоэкологические условия района проектируемых работ.

Физико-географическое описание начинается с характеристики административного положения участка проектируемых работ и экономики района.

Далее идет характеристика рельефа, где отмечается степень расчлененности рельефа, наиболее характерные абсолютные и относительные отметки поверхности, превышения основных форм рельефа над долинами рек (глубина вреза), описывается перечень террас, степень обнаженности и дренированности района работ.

Гидрографическая характеристика включает описание рек и озер, сведения о величине поверхностного стока (коэффициенты и модуль стока, объем стока), о качестве поверхностных вод, о водоохранных зонах, категории водотока или водоема.

В характеристике климатических условий приводятся следующие данные: температура воздуха, атмосферные осадки, влажность воздуха, атмосферное давление, господствующее направление ветров. Испарение и испаряемость, глубина сезонного промерзания, наличие многолетней мерзлоты, ее распространение, мощность, характер появления на поверхности земли. Все фактические данные по климату, как правило, приводятся в виде таблиц, графиков среднегодовых и среднемесячных значений за многолетний период.

Промышленно-экономическая характеристика включает данные о населенности района работ, обеспеченности предприятий местной рабочей силой, о путях сообщения, , об энергетической базе и топливных ресурсах, о водоснабжении района работ, о развитии промышленности и сельского хозяйства, , о перспективах дальнейшего развития экономики района исследований.

Иллюстрациями к этой главе могут быть гипсометрическая карта или схема, аэрокосмоснимки, фотографии, графики, рисунки, зарисовки.

Геологическая, геофизическая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая, геоэкологическая изученность включает краткий перечень основных исследований, проводившихся в районе работ. Дается краткий обзор каждого вида изученности, приводится критический анализ основных работ, основные результаты и возможность использования их при проектировании.

Глава сопровождается картограммой изученности, таблицей с основными результатами прошлых работ, схемами и т.п.

Геологическое строение включает описание стратиграфии и литологии, тектоники, геоморфологии, истории геологического развития, полезные ископаемые.

В разделе стратиграфия и литология приводится описание развитых в районе работ пород (от древних к молодым). Интрузивные образования и коры выветривания описываются отдельно в конце раздела. Для каждого стратиграфического подразделения указывается распространение, условия залегания, характеристика контактов, состав, крупность и форма минеральных образований, обломков, характер цемента, особенности пространственного изменения фаций и мощности, геохимические данные, фауна и флора.

Для скальных и полускальных пород особое внимание уделяется описанию трещиноватости (генезис, степень раскрытия, глубина и закономерность распространения), кавернозность, наличие заполнителя, количественные характеристики трещиноватости пород (модуль трещиноватости, модуль кусковатости, блочность, % раздробленного материала, RQD).

Для четвертичных отложений обязательным является описание генезиса, гранулометрического состава, состояния.

Глава иллюстрируется геологической картой, сводной стратиграфической колонкой, геологическими разрезами, фотографиями шлифов, образцов, обнажений, керна, диаграммами трещиноватости, зарисовками.

Тектоника начинается с привязки участка работ к крупным тектоническим структурам. дается тектоническое районирование, описываются развитые на участке работ структуры, их размеры и возраст, складчатые и разрывные нарушения, тектоническая трещиноватость. Характеризуется практическое значение тектоники

района для формирования коллекторских свойств или степени прочности горных пород, на активизацию физико-геологических процессов. Отмечается наличие и роль новейшей тектоники, современных тектонических движений, землетрясений в хозяйственном освоении территории.

Глава сопровождается тектонической схемой района (в тексте), диаграммами трещиноватости, зарисовками, фотографиями.

Геоморфология. В главе приводится систематическое описание всех выделенных на карте генетических типов и форм рельефа, условий их образования с характеристикой зависимости форм рельефа от состава пород, геолого-структурных и гидрогеологических особенностей района.

Большое внимание уделяется описанию неотектонических процессов, проявляющихся в районе. Подробно описываются речные долины, ледниковые и водно-ледниковые формы, указывается количество и типы террас, их ширина, высота и характер поверхности. Отмечается влияние геоморфологии района на глубину залегания, условия питания, циркуляции и разгрузки подземных вод.

В заключение дается краткое представление об истории развития рельефа и гидрографической сети, выводы о новейших тектонических движениях, и типе, характере, амплитудах, пространственной связи с древними структурами.

Описания иллюстрируются в тексте зарисовками, схемами, профилями долин, междуречий, фотографиями и аэрофотоснимками.

Глава сопровождается геоморфологической картой с нанесением на нее условными знаками современных физико-геологических явлений.

История геологического развития. В этой главе, на основе изложенного в предыдущих главах материала, описываются по отдельным этапам, от более древних к молодым, все стороны геологического развития исследованного района (осадко-накопление, тектоника, магматизм, метаморфизм, процессы континентального выветривания и т.д.), На основании фациально-литологического и тектонического анализов геологического разреза в исторической последовательности и взаимосвязи проводится восстановление физико-географической обстановки, условий седиментации и их изменений во времени. Глава должна явиться обоснованием для понимания современной картины гидрогеологических условий, развития физико-геологических процессов и особенностей физико-механических свойств пород.

Полезные ископаемые. В настоящем разделе дается краткая характеристика месторождений и проявлений полезных ископаемых на изучаемой площади, перспективы поисков и разведки месторождений (рудных, нерудных, техногенных полезных ископаемых, строительных материалов), роль гидрогеологических и гидрогеохимических методов в поисках полезных ископаемых.

Гидрогеологические условия. Если ВКР посвящена гидрогеологическим исследованиям, то настоящая глава должна быть изложена наиболее полно.

Описание гидрогеологических условий начинается с указания приуроченности района к определенной гидрогеологической структуре, водонапорной системе в соответствии с районированием России. Далее проводится конкретное описание

гидрогеологии района или участка работ, которое начинается с характеристики общей гидрогеологической стратификационной схемы, а затем производится детальное описание всех выделенных водоносных зон, комплексов и горизонтов в стратиграфической последовательности (от молодых к более древним) в следующем порядке:

1) приуроченность водоносных комплексов и горизонтов к тем или иным геологическим образованиям, их распространение, литологический состав, характер залегания и мощность, одновременно указывается наличие водоупорных горизонтов и подгоризонтов, их выдержанность в геологическом разрезе;

2) физические и водные свойства горных пород по данным лабораторных и полевых исследований;

3) гидравлический характер горизонтов, величины напоров, положение пьезометрической или свободной поверхности подземных вод;

4) фильтрационные свойства водоносных пород, расчет коэффициентов фильтрации, водопроводимости, уровне- и пьезопроводности, анализ зависимости дебитов от понижений;

5) характеристика водообильности водоносных горизонтов, комплексов, зон, определяемая фактическими данными по дебитам скважин, родников, колодцев;

6) химический, бактериологический и газовый состав подземных вод и оценка их пригодности для различных нужд народного хозяйства, агрессивность подземных вод;

7) области и условия питания, движения и разгрузки подземных вод, распространение напоров, особенности режима уровней, температуры и химического состава по данным сезонных, годовых и многолетних наблюдений;

8) взаимосвязь водоносных горизонтов между собой и с поверхностными водоемами;

9) практическое значение водоносного горизонта, сведения о запасах подземных вод, их восполняемости, об особенностях эксплуатации (для минеральных вод дается характеристика эксплуатации, каптажа, годовые изменения температуры, дебита, химического и газового состава).

В таком же порядке описываются все другие имеющиеся типы гидрогеологических подразделений как относительно водоупорные, так и водоупорные.

Кроме описания водоносных горизонтов, также в стратиграфической последовательности, в единой схеме описания всех выделенных подразделений характеризуются водоупорные породы, их литологический и гранулометрический состав, водные и физические свойства пород, фациальная изменчивость по простиранию и в вертикальном разрезе, изменения мощности, степень изолированности водоносных горизонтов друг от друга, от влияния поверхностных вод. При наличии такового, дается наиболее детальное описание регионального водоупора (водоупоров).

Отдельно описываются водопроницаемые, но практически безводные породы, указывается их распространение, мощность, фильтрационная способность, степень засоления. Кратко излагаются вопросы технологии и экономической эффективности использования подземных вод в народном хозяйстве, вопросы их охраны от загрязнения или истощения; описывается неблагоприятное влияние подземных вод на развитие

физико-геологических процессов и на условия строительства сооружений или эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Глава сопровождается гидрогеологической картой, гидрогеологическими разрезами, графиками химического состава воды и результатов опытных работ, геолого-гидрогеологической колонкой.

Инженерно-геологические условия. При составлении ВКР, связанной с решением инженерно-геологических задач, основной в разделе является настоящая глава.

В главе «инженерно-геологические условия» дается привязка описываемого участка к определенному инженерно-геологическому региону, области или району, согласно инженерно-геологическому районированию РФ. Достаточно подробно рассматриваются факторы, определяющие инженерно-геологические условия:

1) структурное положение и характер нарушенности горных пород тектоническими процессами;

2) геоморфологическое положение района (характер склонов и водоразделов, крутизна склонов);

3) инженерно-геологическая характеристика основных групп горных пород по инженерно-геологической классификации (физико-механические и водные свойства, степень выветривания, текстурно-структурные особенности, характер связей, анизотропия) по ГОСТ 25100. Более подробная характеристика дается специфическим грунтам в соответствии с СП 47.13330.

4) инженерно-геологические процессы и явления (факторы, определяющие их возникновение, приуроченность к различным формам рельефа, сезонность их действия, влияние на хозяйственное освоение территории, проектирование и строительство различных сооружений); описываются согласно СП 47.13330.

5) влияние климата на условия строительства в описываемом районе (глубина промерзания и оттаивания, количество атмосферных осадков, сезонность их выпадения);

6) гидрогеологические условия строительства в районе (уровень залегания грунтовых вод, наличие верховодки, агрессивность подземных вод).

В главе приводятся примеры влияния физико-геологических процессов на инженерные сооружения и на условия строительства в районе. Рассматриваются вопросы защиты инженерных сооружений от разрушения или примеры неблагоприятного воздействия сооружения на геологическую обстановку.

Глава сопровождается инженерно-геологической картой с колонкой и разрезами, фотоснимками, зарисовками, схемами. Основные показатели физико-механических свойств рекомендуется сводить в таблицу (размерность всех показателей должна приводится в системе «СИ»).

Геоэкологические условия. Кратко характеризуются природные и техногенные факторы, неблагоприятно влияющие на состояние окружающей среды района. Дается общий перечень актуальных для данного района направлений охраны природной среды (нерациональная разработка полезного ископаемого, загрязнение атмосферы, почв, грунтов, открытых водоемов и подземных вод, нарушение ландшафта и баланса территории и др.).

Указывается, какие конкретные меры охраны природы должны быть связаны со строительством и эксплуатацией народнохозяйственного объекта, которому посвящена тема ВКР.

В качестве примеров можно привести:

1) мероприятия по предотвращению загрязнений подземных вод при их эксплуатации, при искусственном пополнении запасов, при захоронении отходов и пр.;

2) мероприятия по борьбе с засолением и эрозией почв, с засолением подземных вод при орошении;

3) мероприятий для закрепления неустойчивых территорий, по предотвращению возникновения неблагоприятных физико-геологических процессов, мелиорация слабых грунтов;

4) мероприятия по сохранению устойчивости мерзлоты при строительстве в северных районах;

5) мероприятия по предотвращению подтопления территории.

Отмечаются вопросы охраны окружающей среды, актуальные непосредственно при ведении геологоразведочных работ, при инженерно-экологических изысканиях; указывается, что эти вопросы будут детально рассмотрены в специальной и проектной частях.

Основные документы, которыми следует руководствоваться: Градостроительный кодекс РФ, Закон РФ «О недрах» (от 08.02.95), Водный Кодекс РФ (от 18.10.95), Земельный кодекс РФ, Лесной кодекс РФ, СП 47.13330 и другие документы.

Глава сопровождается инженерно-экологической картой (современной или прогнозируемой) с фотоснимками, зарисовками, схемами.

В заключении по общей части ВКР оценивается полнота тех сведений, которые характеризуют район, и указываются вопросы, требующие выяснения в процессе проектируемых работ в зависимости от вида изысканий или исследований.

Специальная часть является весьма важным разделом проекта (работы), отражающим главное направление ВКР в целом и дающим научное и производственное обоснование проектируемых работ в районе исследованиям. В первых главах специальной части приводятся и анализируются результаты гидрогеологических,и инженерно-геологических и геоэкологических работ, выполненных на конкретном участке для обоснования объема проектируемых работ на конкретном объекте. В состав специальной части включается специальная глава, которая носит исследовательский или расчетный характер и является самостоятельной работой студента-дипломника.

В соответствии с темой ВКР схема построения текста специальной части различна.

Графика к специальной главе в каждом случае обсуждается с руководителем ВКР и может быть самого разнообразного содержания.

6. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ВКР ПО ГИДРОГЕОЛОГИИ

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки пресных подземных вод для целей водоснабжения города (поселка), комбината и т.п.

Гидрогеологическая разведка и режимные наблюдения при освоении … месторождения (указывается вид полезного ископаемого).

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки с целью осушения … месторождения (карьера, подземных горных выработок).

Гидрогеологические условия … и гидрогеохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых.

Гидрогеологические прогнозы в связи с отработкой … месторождения (указывается вид полезного ископаемого). Оценка ожидаемых водопритоков, обоснование дренажных мероприятий.

Гидрогеологические условия … и проект разведки минеральных вод на … участке.

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки промышленных вод на … участке.

Гидрогеологические условия … и гидродинамическое (технико-экономическое) обоснование оптимального варианта (водозабора) дренажа или расположения эксплуатационных скважин при отработке месторождений полезных ископаемых способом ПВ.

Гидрогеологические условия … и проект исследований на … массиве орошения.

Задачи мелиоративной гидрогеологии (прогноз режима подземных вод в районах мелиорации, обоснование мелиоративных систем).

Гидрогеологические условия и проект исследований при гидротехническом, гражданском и дорожном строительстве (оценка водопритоков и строительные котлованы, оценка фильтрационных потерь из водохранилищ и др.).

Гидрогеологические условия … района и оценка возможности захоронения промышленных стоков.

Гидрогеологические условия … района и обоснование схемы искусственного восполнения подземных вод на … месторождении.

Проблемы охраны и рационального использования подземных вод (прогноз процессов антропогенного загрязнения, обоснование зон санитарной охраны водозаборов и др.).

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки пресных подземных вод в районе распространения многолетней мерзлоты для целей водоснабжения.

Гидрогеологические условия … и проект исследования наледей как источника водоснабжения … (указывается объект).

7. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ВКР ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Общая инженерно-геологическая характеристика территории … и проект проведения государственной инженерно-геологической съемки на указанной территории в масштабе …

Инженерно-геологическая характеристика территории … (указывается наименование будущего города, промузла, промрайона) и проект изысканий для для подготовки документов территориального планирования.

Инженерно-геологическая характеристика … района и проект изысканий для выбора площадки строительства … (указывается объект).

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается объект в … районе) и проект изысканий в нем.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект изысканий для реконструкции объекта капитального стриотельства.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект исследований для уточнения имеющихся данных.

Предварительный расчет устойчивости откоса (котлована, карьера, подмываемого склона) и проект изысканий для уточнения имеющихся данных.

Предварительный расчет динамики (указывается изучаемый процесс) в … районе и проект изысканий и обоснования мер борьбы с … (указываются последствия неблагоприятного процесса).

Предварительный расчет … (указывается инженерно-геологический процесс) и проект дополнительных изысканий для разработки защитных мероприятий.

Требования к инженерно-геологическим условиям возведения … (наименование уникального сооружения), оценки возможных пунктов строительства и проект изысканий на … конкурентоспособных участках … (указываются участки).

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается наименование объекта) и проект специальных исследовательских работ … (указывается предмет исследований).

Инженерно-геологические условия участка … (указывается наименование и местоположение аварийного сооружения) и проект изысканий для обоснования методики ликвидации аварийного состояния сооружений.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект изысканий для обоснования методики закрепления слабых грунтов.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект режимных наблюдений и документации … (котлованов, тоннелей и т.п.) в процессе строительства.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается объект, район) и проект наблюдений при эксплуатации сооружения с целью защиты его от неблагоприятных процессов.

Типизация инженерно-геологических условий … района.

Изучение изменчивости факторов инженерно-геологических условий территории.

Проект проведения государственной мерзлотной съемки … территории в масштабе …

Мерзлотные и инженерно-геологические условия строительства … (указывается объект, район) и проект наблюдений за состоянием массива грунтов с целью предотвращения деградации мерзлоты в основании сооружения.

Требования к качеству грунта земляного сооружения … (указывается объект, район) и проект геотехнического контроля в процессе строительства.

Требования к свойствам закрепляемого слабого грунта (указывается район, объект) и проект наблюдений за качеством выполняемых работ.

Инженерно-геологическая характеристика территории … (города, промузла, промрайона) и проект изучения изменений природной обстановки в процессе строительного основания территории.

8. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ВКР ПО ГЕОЭКОЛОГИИ

Краткая характеристика природных и антропогенных условий и геоэкологическая съемка территории … (М 1:10000 – 1:20000).

Краткая характеристика природных и антропогенных условий , проект комплексного мониторинга окружающей среды объекта.

Краткая характеристика природных и антропогенных услови , проект инженерно-экологический изысканий для подготовки документов территориального планирования.

Краткая характеристика природных и антропогенных условий, проект инженерно-экологический изысканий для выбора площадок строительства.

Краткая характеристика природных и антропогенных условий, проект инженерно-экологический изысканий при подготовке проектной документации

Краткая характеристика природных и антропогенных условий, проект инженерно-экологический изысканий при строительстве зданий и сооружений.

Краткая характеристика природных и антропогенных условий , проект инженерно-экологический изысканий при рекультивации нарушенных земель.

Проект литогеохимической съемки М 1:10000 – 1:50000 с целью оценки экологического состояния окружающей среды.

Проект снеговой съемки М 1:10000 – 1:50000.

Проект литогидрогеохимической съемки донных отложений М 1:50000 – 1:200000.

Геоэкологические исследования при различных видах инженерной деятельности.

Радиоактивное загрязнение геологической среды.

Оптимальные условия складированы твердых бытовых и промышленных отходов в конкретных геологических условиях.

Комплексный мониторинг окружающей (геологической) среды.

Геоэкологическое районирование территории.

Приведенные перечни не охватывают всего многообразия задач гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических исследований, в связи с чем тема ВКР может быть сформулирована иначе.

9 ПРЕЗЕНТАЦИИ

Презентация ВКР выполняется с использованием программы Microsoft PowerPoint (полное название — Microsoft Office PowerPoint, от англ. power point — убедительный доклад) — программа подготовки презентаций и просмотра презентаций, являющаяся частью Microsoft Office и доступная в редакциях для операционных систем Microsoft Windows и macOS. Материалы, подготовленные с помощью PowerPoint предназначены для отображения на большом экране — через проектор, либо телевизионный экран большого размера.

Программа MS PowerPoint является специализированным средством автоматизации для создания и оформления презентаций, призванных наглядно представить работы исполнителя группе других людей. Программа обеспечивает разработку электронных документов особого рода, отличающихся комплексным мультимедийным содержанием и особыми возможностями воспроизведения. MS PowerPoint позволяет разрабатывать следующие документы:

- презентации, рассчитанные на распечатку на прозрачной пленке с целью их демонстрации через оптический проектор;
- презентации, рассчитанные на распечатку на 35-мм диапозитивной фотопленке с целью их демонстрации через оптический слайд-проектор;
- презентации, рассчитанные на воспроизведение через компьютерный проектор;
- материалы презентации для автономного показа на экране компьютера;
- материалы презентации для публикации в сетевом окружении с последующим автономным просмотром;
- материалы презентации для рассылки по электронной почте с последующим автономным просмотром адресатами;
- материалы презентации для распечатки на бумаге с целью последующей раздачи.

Любой документ MS PowerPoint представляет собой набор отдельных, но взаимосвязанных кадров, называемых слайдами. Каждый слайд в документе имеет собственный уникальный номер, присваиваемый по умолчанию в зависимости от места слайда. Последовательность слайдов в документе линейная. Слайды могут содержать объекты самого разного типа, например: фон, текст, таблицы, графические изображения и т.д. При этом на каждом слайде присутствует как минимум один объект - фон, который является обязательным элементом любого слайда.

Презентации являются обязательным приложением к ВКР.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ФОРМА ЗАДАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВКР (исследовательская работа)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

КАФЕДРА ГИДРОГЕОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ

«Утверждаю»
Зав.кафедрой ГИГГ,
проф. _____С. Н. Тагильцев
«___»_____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР)

Студенту
(фамилия, имя, отчество полностью)

1. Тема ВКР:
утверждена приказом по университету № ___/___ от «____» _____20 ___ г.

2. Срок сдачи студентом ВКР "__" _____ 20___ г.
3. Исходные данные для выполнения ВКР: фондовая и опубликованная литература, материалы производственной практики.
4. Содержание расчетно-пояснительной записки:
4.1. Общий раздел. …

4.2. Специальный раздел …
Цель исследований
Задачи исследований
Методы исследований
4.3.Результаты исследований
Внедрение исследований (со справкой от предприятия)

4.3. Экономический раздел
Расчет экономической эффективности от внедрения выполненных исследований

5. Графический материал

Геологическая карта района работ

Инженерно-геологическая или гидрогеологическая карта

Инженерно-геологические или гидрогеологические разрезы

Материалы, иллюстрирующие выполненные исследования

6. Консультанты по разделам дипломного проекта (работы)

Фамилия И.О. консультанта	Место работы, должность, ученая степень, звание	Раздел ВКР	Оценка консультанта, подпись
Макарова С.В.	Профессор каф. Экономики и менеджмента, канд. Эконом.наук, доцент	Экономический раздел	хорошо

Ф.И.О. руководителя ВКР
Оценка руководителя ВКР _____
7. График выполнения ВКР

Наименование раздела ВКР	
Общий раздел	15.03.2017
Специальный раздел	15.04.2017
Проектный раздел	10.05.2017
Экономический раздел	31.05.2017
Безопасность жизнедеятельности	31.05.2017

Дата выдачи задания «____» _____ 20___ г.

Руководитель ВКР
_____(подпись)

Задание на выполнение ВКР получил
_____(подпись)

Проверено по программе «Антиплагиат»_____

Примечание: Задание оформляется в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре, другой выдается студенту и подшивается к печатной версии ВКР.

ФОРМА ЗАДАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВКР
(при составлении проекта экологических, гидрогеологических, инженерно-геологических изысканий)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

КАФЕДРА ГИДРОГЕОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ

«Утверждаю»
Зав.кафедрой ГИГГ, проф.
_____С. Н. Тагильцев
«___»_____ 20___ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР)

Студенту
(фамилия, имя, отчество полностью)

1. Тема ВКР
утверждена приказом по университету № ___/___ от «____» _____20 ___ г.

2. Срок сдачи студентом ВКР 01 июня 2017 г.

3. Исходные данные для ВКР: фондовая и опубликованная литература, материалы производственной практики.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки:

4.1. Общий раздел. …

4.2. Специальный раздел …

4.3. Проектный раздел. …

4.4. Экономический раздел Сметная стоимость проектируемых работ

4.5. Безопасность жизнедеятельности. …

5. Графический материал

Геологическая карта района работ

Инженерно-геологическая или гидрогеологическая карта
Инженерно-геологические или гидрогеологические разрезы
Схема (или карта) проектируемых работ
Лист к спецглаве (обязательно заполняется название листа)
Лист к проектной части (обязательно заполняется название листа)
Основные экономические показатели проектируемых работ

6. Консультанты по разделам ВКР

Фамилия И.О. консультанта	Место работы, должность, ученая степень, звание	Раздел ВКР	Оценка консультанта, подпись
1	2	3	4
Кралина Л.И.	Доцент кафедры ТТР	Буровые работы	хорошо
Кузин А.В.	Доцент кафедры Геофизики, канд.геол-мин.наук, доцент	Геофизические исследования	
Макарова С.В.	Профессор каф. Экономики и менеджмента, канд. Эконом.наук, доцент	Экономический раздел	

Ф.И.О. руководителя ВКР
Оценка руководителя ВКР _____

7. График выполнения ВКР

Наименование раздела ВКР	
Общий раздел	15.03.2017
Специальный раздел	15.04.2017
Проектный раздел	10.05.2017
Экономический раздел	31.05.2017
Безопасность жизнедеятельности	31.05.2017

Дата выдачи задания «____» _____ 20___ г.

Руководитель ВКР
_____(подпись)

Задание по ВКР получил
_____(подпись)

Проверено по программе «Антиплагиат»_____
Примечание: Задание оформляется в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре, другой выдается студенту и подшивается к печатной версии ВКР.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ВКР

Министерство науки и образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет

Институт геологии и геофизики

Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ГИГ

_____С.Н.Тагильцев

«___» _____ 20___ г.

_____

(наименование выпускной квалификационной работы)

_____

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Пояснительная записка

Руководитель ВКР

_____

(Фамилия И.О.)

_____

(подпись)

«___»_____ 20___ г.

Разработал студент гр. _____ _____

(Фамилия И.О.)

_____

(подпись)

«___» _____ 200 __ г.

Екатеринбург

20___ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОБРАЗЕЦ ШТАМПА



МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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



О.М.Гуман

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02

Б.3. Государственная итоговая аттестация

(указывается шифр и вид по учебному плану)

Направление (специальность) подготовки **21.05.02** Прикладная геология

Профиль (специализация) подготовки Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

Квалификация (степень) выпускника горный инженер геолог
(бакалавр, магистр)

Форма обучения очная, заочная

Факультет Геологии и геофизики

Выпускающая(ие) кафедра(ы) Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии (ГИГГ)

Екатеринбург, 2017 г.

Оглавление

АННОТАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ....3
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ....3
2. МЕСТО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРУКТУРЕ ООП ВО....3
3. ПОРЯДОК ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ....4
4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА....5
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА....8
6. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ГИДРОГЕОЛОГИИ....14
7. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ....15
8. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ И РАБОТ ПО ГЕОЭКОЛОГИИ 17
9. ПРЕЗЕНТАЦИИ....17
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ФОРМА ЗАДАНИЯ НА ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ (РАБОТУ)....19
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА....23
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОБРАЗЕЦ ШТАМПА....24

АННОТАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

Методические указания по составлению дипломных проектов (работ)подготовлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 21.05.02 «Прикладная геология», специализация «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания». Государственная итоговая аттестация - защита дипломного проекта (работы)- предполагает написание дипломного проекта (работы) в соответствии с требованиями, предъявляемыми к такого рода работам специалистами, защиту дипломного проекта (работы) на заседании комиссии ГАК под руководством ведущих производственников отрасли в регионе.

В процессе формирования специалиста дипломное проектирование играет большую роль, завершая процесс обучения в университете.

Методические указания содержат требования к содержанию дипломных проектов (работ), к их оформлению, к презентационным материалам, к порядку дипломного проектирования.

Дипломный проект состоит из пяти частей: общей, специальной, проектной, экономической, охрана труда при выполнении запроектированных работ.

Дипломная работа состоит из трех частей: общей, специальной, результативной.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Цели дипломного проектирования – выявление и закрепление теоретических и практических знаний, полученных студентами в университете, при составлении дипломного проекта (работы) и оценка степени подготовленности студента к самостоятельной работе в условиях современного производства.

Задачи дипломного проектирования:

1. Систематизация и расширение теоретических и практических знаний студентов по специальности и применение этих знаний при решении конкретных научных, производственных или экономических задач.
2. Приобретение практических навыков составления проектов (работ) по специальности.
3. Обучение основным приемам и методам проектирования, защиты результатов своей деятельности.
4. Приобретение опыта в составлении презентаций по теме дипломного проекта (работы).

2. МЕСТО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дипломное проектирование относится к модулю Б.3.- «Государственная итоговая аттестация» основной образовательной программы по направлению подготовки 21.05.02 «Прикладная геология», специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания».

3. ПОРЯДОК ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Дипломное проектирование начинается с выдачи дипломного задания по форме, приведенной в приложении 1. Тема дипломного проекта (работы)выбирается студентом-дипломником совместно с руководителем – преподаватель выпускающей кафедры, утверждается заведующим выпускающей кафедры, закрепление за студентом темы дипломного проекта (работы) оформляется приказом ректора. В приказ включаются только студенты полностью закончившие теоретический курс обучения, сдавшие все экзамены, зачеты и курсовые проекты, предусмотренные учебным планом и программой обучения.

Темы дипломных проектов должны носить научно-производственный характер и проект по степени обоснования и объему должен быть максимально приближен к проектам производственных организаций (или научно-техническим отчетам). В отдельных случаях, студентам, имеющим склонность к научным исследованиям, дипломный проект может быть заменен дипломной работой. Эта форма дипломного проектирования наиболее трудоемкая, но в то же время более творческая и интересная, она способствует подготовке научных сотрудников, исследователей в различных областях знаний.

В дипломной работе должны рассматриваться вопросы экономики, производиться расчеты оптимального варианта, определяться экономическая целесообразность применения новых методов. Экономическая целесообразность дипломной работы подтверждается справкой из производственных организаций, заинтересованных в результатах данной работы.

В ходе дипломирования студент имеет возможность консультироваться с преподавателями кафедр техники и технологии бурения, геофизики, экономики. Список преподавателей-консультантов предоставляется студентам в начале процесса дипломирования. По результатам консультаций составляются соответствующие разделы дипломных проектов. Оценка и подпись преподавателя-консультанта должны быть приведены в дипломном задании (приложение 1).

В течение первой недели дипломник разрабатывает и представляет руководителю календарный план работы над проектом на весь период дипломирования. Два раза в процессе дипломирования студент обязан отчитываться перед руководителем о ходе дипломного проектирования. В случае неподготовленности дипломника решается вопрос о продолжении процесса дипломирования или о допуске его к защите. Студен не выполнивший дипломный проект в срок по неуважительной причине отчисляется из университета за неуспеваемость, имеет право восстановиться в университете и защитить дипломный проект на следующий год. По окончанию университета ему выдается справка.

Законченный и набранный на компьютере, на одной стороне стандартного листа писчей бумаги дипломный проект подписывается дипломником и вместе с графическими приложениями и заключениями консультантов (по геофизическому, производственному и экономическому разделам), представляется на подпись ответственному руководителю проекта, который оценивает его.

Далее дипломный проект утверждается заведующим кафедрой и передается на отзыв представителям производства.

Ежегодно выпускающая кафедра подготавливает список рецензентов из специалистов профильных организаций, который утверждается ректором университета. Ответственный за дипломирование на выпускающей кафедре за четыре дня до защиты дипломного проекта направляет студентов к внешним рецензентам.

После положительной оценки дипломного проекта рецензентом он передается для защиты в Государственную аттестационную комиссию (ГАК).

Во время публичной защиты дипломник должен в лаконичной форме (в течение 15 мин.) доложить основные вопросы, разработанные в каждой части (разделе) дипломного проекта (работы). Доклад должен начинаться с названия темы и цели проектирования. После краткого исторического обзора состояния вопроса, рассматриваемого в проекте, освещаются основные разделы выполненной работы. Более подробно дипломник должен остановиться на рассмотрении специальной части проекта. Доклад заканчивается подробным анализом технико-экономических показателей проектируемых работ. Во время доклада необходимо постоянно обращаться к демонстрационной графике и представленной к защите коллекции образцов пород.

После доклада члены ГАКа задают вопросы, на которые нужно отвечать кратко, но исчерпывающе полно, тщательно продумав ответ. Также в сжатой форме должен быть построен ответ дипломника на замечания рецензента.

Государственная аттестационная комиссия на закрытом заседании рассматривает отзывы руководителя, рецензента, от производства, консультантов и после обсуждения результатов защиты выносит решение об оценке проекта (в случае разногласий между членами комиссии, вопрос решается голосованием) и присвоении квалификации горного инженера по специальности 21.05.02 Прикладная геология, профиль (специализация) подготовки Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

В отдельных случаях ГАК может рекомендовать дипломные проекты или их отдельные части для использования в промышленности или для опубликования в печати.

Студенту, получившему при защите неудовлетворительную оценку, разрешается повторная защита в следующую сессию, но на другую тему. Студент, не защитивший дипломного проекта и в следующую сессию получает свидетельство об окончании института с перечнем сданных дисциплин, но без присуждения квалификации инженера.

Все исходные материалы для дипломного проекта, а также негативы фотографий и микрофотографий, шлифы и полировки, каменный материал и др. студент обязан сдать на кафедру, дипломный проект сдается в архив института на бумаге и на кафедру на диске или другом внешнем накопителе USB в конверте, на котором подписывается название дипломного проекта (работы), год, группа, ФИО студента, выполнившего дипломный проект (работу).

4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Дипломный проект оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-2001.

Структурные элементы дипломного проекта следующие:

- титульный лист;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- общий раздел;
- специальный раздел;
- проектный раздел;
- экономический раздел;
- безопасность жизнедеятельности;
- заключение;
- список использованных источников;
- список текстовых приложений
- список графических (внетекстовых) приложений

Страницы текста диплома должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327. Допускается представлять иллюстрации, таблицы и распечатки с ЭВМ на листах формата А3.

При написании текста должны быть поля: левое – не менее 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее и нижнее – по 20 мм.

Текст дипломного проекта делят на разделы, подразделы, пункты. Заголовки разделов пишут симметрично тексту прописными буквами, без подчеркивания. Перенос слов в заголовках не допускается, в конце страницы заголовки не помещают, точка в конце заголовка не ставится. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей работы и обозначаться арабскими цифрами с точкой в конце. Введение и заключение не нумеруются. Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела, например: 2.3. (третий подраздел второго раздела); более дробные подразделения нумеруются в пределах разделов и подразделов, например 2.3.1. и т.д. (между цифрами и в конце номера ставятся точки). Страницы текста нумеруются арабскими цифрами, проставляемыми в верхнем правом углу. Титульный лист, дипломное задание входят в общую нумерацию, но номер страницы на них не ставят. Иллюстрации (таблицы, графики, рисунки), которые расположены на отдельных страницах, включаются в общую нумерацию страниц .

Таблицы нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. В правом верхнем углу таблицы, перед ее заголовком помещается надпись «Таблица 2.1» (первая таблица второго раздела). При переносе части таблицы на другую страницу пишется «Продолжение табл. 2.1». Таблицу помещают в тексте сразу за первым упоминанием о ней. Если в одной и той же графе таблицы приводятся целые числа и числа с десятичными знаками, следует соответственно в целых числах дополнительно после запятой проставлять нули. Одинаковые цифры заменять кавычками не допускается. Отсутствие данных отмечается прочерком в графе.

Все иллюстрации в тексте именуются рисунками и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. Например: Рис. 2.1 (первый рисунок второго раздела). Иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота текста или с поворотом по часовой стрелке.

Иллюстрации располагают после первой ссылки на них. Образец оформления:

Гидравлические насосы



а – коловратный; б – шестеренчатый

1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – цилиндр; 4 – лопатки; 5 – выходной патрубок; 6 – пружина лопаток; 7 – шестерни; 8 – шарик; 9 – пружина клапана

рис. 2.1.

Формулы вписываются в текст с использованием кнопок вставка - формула. Формулы следует выделять из текста свободными строками, если уравнение не вмещается в одной строке, оно может быть перенесено после знаков равенства и знаков (+), (-), (х), (:). Пояснения значений символов в формулах следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают словом «где» без двоеточия.

Формулы нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенные точкой. Номер указывается с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например, (3.1) – первая формула третьего раздела.

Ссылки в тексте на источники литературы допускается приводить в подстрочном примечании или указывать порядковый номер по списку литературы, выделяя в квадратные скобки; ссылки на иллюстрации – указывается соответствующие номер иллюстрации, например: рис. 2.1. Аналогично даются ссылки на формулы: «… в формуле (3.1)…» и таблицы, например, «…в табл. 2.1 …». Если ссылки даются на таблицы, иллюстрации и др., помещенные в другом разделе текста, то указывается: «… см. табл. 1.3».

При оформлении списка литературы по каждому изданию указывается фамилия и инициалы автора (авторов), точное название, место издания, наименование издательства, год издания, количество страниц. Для журнальной статьи указываются фамилия и инициалы автора, название статьи, название журнала, год выпуска, номер журнала, страницы, занимаемые в журнале статьей. Список литературы должен включать только издания, использованные в работе, т.е. те, которые цитировались, на которые делались ссылки или которые послужили основой для формулирования точки зрения студента. Все цифры, цитаты и чертежи, заимствованные из литературных источников, следует снабдить обязательными ссылками на источник с полным описанием издания в списке использованной литературы. Список использованной литературы составляется в строго приоритетном порядке, начиная с нормативных правовых актов федерального уровня, индивидуальных и коллективных монографий, научных статей и т.д.- Вначале в алфавитном порядке указывается опубликованная отечественная литература, затем

рукописная и в конце списка – иностранная литература. Для каждого литературного источника приводятся данные: номера по порядку, фамилия и инициалы автора, полное наименование работы, место издания, название издательства, год и повторность издания, объем в страницах, для рукописей указывается место хранения.

Все приложенные к проекту чертежи на отдельных листах по своим форматам, условным обозначениям, раскраске, шрифтам и масштабам должны соответствовать существующим стандартам (представлять чертежи на листах произвольного размера не разрешается). Штампы на чертежах выполняются согласно приложению 3. Все графические приложения должны быть выполнены лично автором проекта, категорически запрещается передавать их выполнение другим лицам. При размещении карт в презентацию рекомендуется выполнить масштабирование рисунка в виде масштабной линейки. В конце дипломного проекта приводится список графических приложений.

Дипломный проект (работа) должны быть переплетены, переплет жесткий, записаны на диск в формате pdf или doc, dwg.

До сдачи на рецензирование заведующий кафедры назначает инженера кафедры для проверки текста дипломного проекта по программе «Антиплагиат». На бланки дипломного задания инженер ставит свою подпись.

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Титульный лист оформляется по образцу, приложение 2.

Реферат должен содержать:

сведения об объеме отчета, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве частей отчета, количестве использованных источников;

перечень ключевых слов;

текст реферата.

[из п. 5.3.2 ГОСТ 7.32-2001]

Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста отчета, которые в наибольшей мере характеризуют его содержание и обеспечивают возможность информационного поиска. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и печатаются строчными буквами в строку через запятые [из п. 5.3.2.1 ГОСТ 7.32-2001]

Текст реферата должен отражать:

объект исследования или разработки;

цель работы;

метод или методологию проведения работы;

результаты работы;

основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики;

степень внедрения;

рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов НИР;

область применения;

экономическую эффективность или значимость работы;
прогнозные предположения о развитии объекта исследования.

Структура дипломного проекта следующая:

- содержание;
- введение;
- общий раздел;
- специальный раздел;
- проектный раздел;
- экономический раздел;
- безопасность жизнедеятельности;
- заключение;
- список использованных источников;
- список текстовых приложений
- список графических (внетекстовых) приложений.

Содержание помещается в начале дипломного проекта (после дипломного задания). В нем указываются все разделы, подразделы и пр., имеющие самостоятельные заголовки. Указывается только страница, на которой начинается соответствующий раздел, подраздел.

Введение начинается с географического и административного положения района работ, полное наименование дипломного проекта с указанием цели запроектированных работ. Кратко описывается методика ранее проведенных работ, оцениваются их результаты, полнота исследований. Рассматриваются задачи, которые необходимо решить в результате проектируемых работ. Указывается организация, где студент проходил преддипломную практику, освещается характер работ, выполненных студентом самостоятельно. Указывается фамилия руководителей практики от производства и от кафедры (или факультета). В качестве иллюстрации к введению должна быть приложена мелкомасштабная обзорная карта (географическая или геологическая), на которую наносятся границы запроектированных работ.

Общий раздел включает физико-географическое описание района работ, геологическую, геофизическую, гидрогеологическую и инженерно-геологическую изученность, геологическое строение, гидрогеологические условия, инженерно-геологические условия, геоэкологические условия района проектируемых работ.

Физико-географическое описание начинается с характеристики административного положения участка проектируемых работ и экономики района.

Далее идет характеристика рельефа, где отмечается степень расчлененности рельефа, наиболее характерные абсолютные и относительные отметки поверхности, превышения основных форм рельефа над долинами рек (глубина вреза), описывается перечень террас, степень обнаженности и дренированности района работ.

Гидрографическая характеристика включает описание рек и озер, сведения о величине поверхностного стока (коэффициенты и модуль стока, объем стока), о качестве поверхностных вод, о водоохранных зонах, категории водотока или водоема.

В характеристике климатических условий приводятся следующие данные: температура воздуха, атмосферные осадки, влажность воздуха, атмосферное давление, господствующее направление ветров. Испарение и испаряемость, глубина сезонного промерзания, наличие многолетней мерзлоты, ее распространение, мощность, характер появления на поверхности земли. Все фактические данные по климату, как правило, приводятся в виде таблиц, графиков среднегодовых и среднемесячных значений за многолетний период.

Промышленно-экономическая характеристика включает данные о населенности района работ, обеспеченности предприятий местной рабочей силой, о путях сообщения, , об энергетической базе и топливных ресурсах, о водоснабжении района работ, о развитии промышленности и сельского хозяйства, , о перспективах дальнейшего развития экономики района исследований.

Иллюстрациями к этой главе могут быть гипсометрическая карта или схема, аэрокосмоснимки, фотографии, графики, рисунки, зарисовки.

Геологическая, геофизическая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая, геоэкологическая изученность включает краткий перечень основных исследований, проводившихся в районе работ. Дается краткий обзор каждого вида изученности, приводится критический анализ основных работ, основные результаты и возможность использования их при проектировании.

Глава сопровождается картограммой изученности, таблицей с основными результатами прошлых работ, схемами и т.п.

Геологическое строение включает описание стратиграфии и литологии, тектоники, геоморфологии, истории геологического развития, полезные ископаемые.

В разделе стратиграфия и литология приводится описание развитых в районе работ пород (от древних к молодым). Интрузивные образования и коры выветривания описываются отдельно в конце раздела. Для каждого стратиграфического подразделения указывается распространение, условия залегания, характеристика контактов, состав, крупность и форма минеральных образований, обломков, характер цемента, особенности пространственного изменения фаций и мощности, геохимические данные, фауна и флора.

Для скальных и полускальных пород особое внимание уделяется описанию трещиноватости (генезис, степень раскрытия, глубина и закономерность распространения), кавернозность, наличие заполнителя, количественные характеристики трещиноватости пород (модуль трещиноватости, модуль кусковатости, блочность, % раздробленного материала, RQD).

Для четвертичных отложений обязательным является описание генезиса, гранулометрического состава, состояния.

Глава иллюстрируется геологической картой, сводной стратиграфической колонкой, геологическими разрезами, фотографиями шлифов, образцов, обнажений, керна, диаграммами трещиноватости, зарисовками.

Тектоника начинается с привязки участка работ к крупным тектоническим структурам. дается тектоническое районирование, описываются развитые на участке работ структуры, их размеры и возраст, складчатые и разрывные нарушения, тектоническая трещиноватость. Характеризуется практическое значение тектоники

района для формирования коллекторских свойств или степени прочности горных пород, на активизацию физико-геологических процессов. Отмечается наличие и роль новейшей тектоники, современных тектонических движений, землетрясений в хозяйственном освоении территории.

Глава сопровождается тектонической схемой района (в тексте), диаграммами трещиноватости, зарисовками, фотографиями.

Геоморфология. В главе приводится систематическое описание всех выделенных на карте генетических типов и форм рельефа, условий их образования с характеристикой зависимости форм рельефа от состава пород, геолого-структурных и гидрогеологических особенностей района.

Большое внимание уделяется описанию неотектонических процессов, проявляющихся в районе. Подробно описываются речные долины, ледниковые и водно-ледниковые формы, указывается количество и типы террас, их ширина, высота и характер поверхности. Отмечается влияние геоморфологии района на глубину залегания, условия питания, циркуляции и разгрузки подземных вод.

В заключение дается краткое представление об истории развития рельефа и гидрографической сети, выводы о новейших тектонических движениях, и типе, характере, амплитудах, пространственной связи с древними структурами.

Описания иллюстрируются в тексте зарисовками, схемами, профилями долин, междуречий, фотографиями и аэрофотоснимками.

Глава сопровождается геоморфологической картой с нанесением на нее условными знаками современных физико-геологических явлений.

История геологического развития. В этой главе, на основе изложенного в предыдущих главах материала, описываются по отдельным этапам, от более древних к молодым, все стороны геологического развития исследованного района (осадко-накопление, тектоника, магматизм, метаморфизм, процессы континентального выветривания и т.д.), На основании фациально-литологического и тектонического анализов геологического разреза в исторической последовательности и взаимосвязи проводится восстановление физико-географической обстановки, условий седиментации и их изменений во времени. Глава должна явиться обоснованием для понимания современной картины гидрогеологических условий, развития физико-геологических процессов и особенностей физико-механических свойств пород.

Полезные ископаемые. В настоящем разделе дается краткая характеристика месторождений и проявлений полезных ископаемых на изучаемой площади, перспективы поисков и разведки месторождений (рудных, нерудных, техногенных полезных ископаемых, строительных материалов), роль гидрогеологических и гидрогеохимических методов в поисках полезных ископаемых.

Гидрогеологические условия. Если дипломный проект (работа) посвящен гидрогеологическим исследованиям, то настоящая глава должна быть изложена наиболее полно.

Описание гидрогеологических условий начинается с указания приуроченности района к определенной гидрогеологической структуре, водонапорной системе в соответствии с районированием России. Далее проводится конкретное описание

гидрогеологии района или участка работ, которое начинается с характеристики общей гидрогеологической стратификационной схемы, а затем производится детальное описание всех выделенных водоносных зон, комплексов и горизонтов в стратиграфической последовательности (от молодых к более древним) в следующем порядке:

1) приуроченность водоносных комплексов и горизонтов к тем или иным геологическим образованиям, их распространение, литологический состав, характер залегания и мощность, одновременно указывается наличие водоупорных горизонтов и подгоризонтов, их выдержанность в геологическом разрезе;

2) физические и водные свойства горных пород по данным лабораторных и полевых исследований;

3) гидравлический характер горизонтов, величины напоров, положение пьезометрической или свободной поверхности подземных вод;

4) фильтрационные свойства водоносных пород, расчет коэффициентов фильтрации, водопроводимости, уровне- и пьезопроводности, анализ зависимости дебитов от понижений;

5) характеристика водообильности водоносных горизонтов, комплексов, зон, определяемая фактическими данными по дебитам скважин, родников, колодцев;

6) химический, бактериологический и газовый состав подземных вод и оценка их пригодности для различных нужд народного хозяйства, агрессивность подземных вод;

7) области и условия питания, движения и разгрузки подземных вод, распространение напоров, особенности режима уровней, температуры и химического состава по данным сезонных, годовых и многолетних наблюдений;

8) взаимосвязь водоносных горизонтов между собой и с поверхностными водоемами;

9) практическое значение водоносного горизонта, сведения о запасах подземных вод, их восполняемости, об особенностях эксплуатации (для минеральных вод дается характеристика эксплуатации, каптажа, годовые изменения температуры, дебита, химического и газового состава).

В таком же порядке описываются все другие имеющиеся типы гидрогеологических подразделений как относительно водоупорные, так и водоупорные.

Кроме описания водоносных горизонтов, также в стратиграфической последовательности, в единой схеме описания всех выделенных подразделений характеризуются водоупорные породы, их литологический и гранулометрический состав, водные и физические свойства пород, фациальная изменчивость по простиранию и в вертикальном разрезе, изменения мощности, степень изолированности водоносных горизонтов друг от друга, от влияния поверхностных вод. При наличии такового, дается наиболее детальное описание регионального водоупора (водоупоров).

Отдельно описываются водопроницаемые, но практически безводные породы, указывается их распространение, мощность, фильтрационная способность, степень засоления. Кратко излагаются вопросы технологии и экономической эффективности использования подземных вод в народном хозяйстве, вопросы их охраны от загрязнения или истощения; описывается неблагоприятное влияние подземных вод на развитие

физико-геологических процессов и на условия строительства сооружений или эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Глава сопровождается гидрогеологической картой, гидрогеологическими разрезами, графиками химического состава воды и результатов опытных работ, геолого-гидрогеологической колонкой.

Инженерно-геологические условия. При составлении дипломного проекта, связанного с решением инженерно-геологических задач, основной в разделе является настоящая глава.

В главе «инженерно-геологические условия» дается привязка описываемого участка к определенному инженерно-геологическому региону, области или району, согласно инженерно-геологическому районированию РФ. Достаточно подробно рассматриваются факторы, определяющие инженерно-геологические условия:

1) структурное положение и характер нарушенности горных пород тектоническими процессами;

2) геоморфологическое положение района (характер склонов и водоразделов, крутизна склонов);

3) инженерно-геологическая характеристика основных групп горных пород по инженерно-геологической классификации (физико-механические и водные свойства, степень выветривания, текстурно-структурные особенности, характер связей, анизотропия) по ГОСТ 25100. Более подробная характеристика дается специфическим грунтам в соответствии с СП 47.13330.

4) инженерно-геологические процессы и явления (факторы, определяющие их возникновение, приуроченность к различным формам рельефа, сезонность их действия, влияние на хозяйственное освоение территории, проектирование и строительство различных сооружений); описываются согласно СП 47.13330.

5) влияние климата на условия строительства в описываемом районе (глубина промерзания и оттаивания, количество атмосферных осадков, сезонность их выпадения);

6) гидрогеологические условия строительства в районе (уровень залегания грунтовых вод, наличие верховодки, агрессивность подземных вод).

В главе приводятся примеры влияния физико-геологических процессов на инженерные сооружения и на условия строительства в районе. Рассматриваются вопросы защиты инженерных сооружений от разрушения или примеры неблагоприятного воздействия сооружения на геологическую обстановку.

Глава сопровождается инженерно-геологической картой с колонкой и разрезами, фотоснимками, зарисовками, схемами. Основные показатели физико-механических свойств рекомендуется сводить в таблицу (размерность всех показателей должна приводится в системе «СИ»).

Геоэкологические условия. Кратко характеризуются природные и техногенные факторы, неблагоприятно влияющие на состояние окружающей среды района. Дается общий перечень актуальных для данного района направлений охраны природной среды (нерациональная разработка полезного ископаемого, загрязнение атмосферы, почв, грунтов, открытых водоемов и подземных вод, нарушение ландшафта и баланса территории и др.).

Указывается какие конкретные меры охраны природы должны быть связаны со строительством и эксплуатацией народнохозяйственного объекта, которому посвящена тема дипломного проекта.

В качестве примеров можно привести:

1) мероприятия по предотвращению загрязнений подземных вод при их эксплуатации, при искусственном пополнении запасов, при захоронении отходов и пр.;

2) мероприятия по борьбе с засолением и эрозией почв, с засолением подземных вод при орошении;

3) мероприятий для закрепления неустойчивых территорий, по предотвращению возникновения неблагоприятных физико-геологических процессов, мелиорация слабых грунтов;

4) мероприятия по сохранению устойчивости мерзлоты при строительстве в северных районах;

5) мероприятия по предотвращению подтопления территории.

Отмечаются вопросы охраны окружающей среды, актуальные непосредственно при ведении геологоразведочных работ, при инженерно-экологических изысканиях; указывается, что эти вопросы будут детально рассмотрены в специальной и проектной частях.

Основные документы, которыми следует руководствоваться: Градостроительный кодекс РФ, Закон РФ «О недрах» (от 08.02.95), Водный Кодекс РФ (от 18.10.95), Земельный кодекс РФ, Лесной кодекс РФ, СП 47.13330 и другие документы.

Глава сопровождается инженерно-экологической картой (современной или прогнозируемой) с фотоснимками, зарисовками, схемами.

В заключении по общей части дипломного проекта оценивается полнота тех сведений, которые характеризуют район, и указываются вопросы, требующие выяснения в процессе проектируемых работ в зависимости от вида изысканий или исследований.

Специальная часть является весьма важным разделом проекта (работы), отражающим главное направление дипломного проекта в целом и дающим научное и производственное обоснование проектируемых работ в районе исследованиям. В первых главах специальной части приводятся и анализируются результаты гидрогеологических,и инженерно-геологических и геоэкологических работ, выполненных на конкретном участке для обоснования объема проектируемых работ на конкретном объекте. В состав специальной части включается специальная глава, которая носит исследовательский или расчетный характер и является самостоятельной работой студента-дипломника.

В соответствии с темой дипломного проекта схема построения текста специальной части различна.

Графика к специальной главе в каждом случае обсуждается с руководителем проектирования и может быть самого разнообразного содержания.

6. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ГИДРОГЕОЛОГИИ

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки пресных подземных вод для целей водоснабжения города (поселка), комбината и т.п.

Гидрогеологическая разведка и режимные наблюдения при освоении … месторождения (указывается вид полезного ископаемого).

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки с целью осушения … месторождения (карьера, подземных горных выработок).

Гидрогеологические условия … и гидрогеохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых.

Гидрогеологические прогнозы в связи с отработкой … месторождения (указывается вид полезного ископаемого). Оценка ожидаемых водопритоков, обоснование дренажных мероприятий.

Гидрогеологические условия … и проект разведки минеральных вод на … участке.

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки промышленных вод на … участке.

Гидрогеологические условия … и гидродинамическое (технико-экономическое) обоснование оптимального варианта (водозабора) дренажа или расположения эксплуатационных скважин при отработке месторождений полезных ископаемых способом ПВ.

Гидрогеологические условия … и проект исследований на … массиве орошения.

Задачи мелиоративной гидрогеологии (прогноз режима подземных вод в районах мелиорации, обоснование мелиоративных систем).

Гидрогеологические условия и проект исследований при гидротехническом, гражданском и дорожном строительстве (оценка водопритоков и строительные котлованы, оценка фильтрационных потерь из водохранилищ и др.).

Гидрогеологические условия … района и оценка возможности захоронения промышленных стоков.

Гидрогеологические условия … района и обоснование схемы искусственного восполнения подземных вод на … месторождении.

Проблемы охраны и рационального использования подземных вод (прогноз процессов антропогенного загрязнения, обоснование зон санитарной охраны водозаборов и др.).

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки пресных подземных вод в районе распространения многолетней мерзлоты для целей водоснабжения.

Гидрогеологические условия … и проект исследования наледей как источника водоснабжения … (указывается объект).

7. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Общая инженерно-геологическая характеристика территории … и проект проведения государственной инженерно-геологической съемки на указанной территории в масштабе …

Инженерно-геологическая характеристика территории … (указывается наименование будущего города, промузла, промрайона) и проект изысканий для для подготовки документов территориального планирования.

Инженерно-геологическая характеристика … района и проект изысканий для выбора площадки строительства … (указывается объект).

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается объект в … районе) и проект изысканий в нем.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект изысканий для реконструкции объекта капитального стриотельства.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект исследований для уточнения имеющихся данных.

Предварительный расчет устойчивости откоса (котлована, карьера, подмываемого склона) и проект изысканий для уточнения имеющихся данных.

Предварительный расчет динамики (указывается изучаемый процесс) в … районе и проект изысканий и обоснования мер борьбы с … (указываются последствия неблагоприятного процесса).

Предварительный расчет … (указывается инженерно-геологический процесс) и проект дополнительных изысканий для разработки защитных мероприятий.

Требования к инженерно-геологическим условиям возведения … (наименование уникального сооружения), оценки возможных пунктов строительства и проект изысканий на … конкурентоспособных участках … (указываются участки).

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается наименование объекта) и проект специальных исследовательских работ … (указывается предмет исследований).

Инженерно-геологические условия участка … (указывается наименование и местоположение аварийного сооружения) и проект изысканий для обоснования методики ликвидации аварийного состояния сооружений.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект изысканий для обоснования методики закрепления слабых грунтов.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект режимных наблюдений и документации … (котлованов, тоннелей и т.п.) в процессе строительства.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается объект, район) и проект наблюдений при эксплуатации сооружения с целью защиты его от неблагоприятных процессов.

Типизация инженерно-геологических условий … района.

Изучение изменчивости факторов инженерно-геологических условий территории.

Проект проведения государственной мерзлотной съемки … территории в масштабе …

Мерзлотные и инженерно-геологические условия строительства … (указывается объект, район) и проект наблюдений за состоянием массива грунтов с целью предотвращения деградации мерзлоты в основании сооружения.

Требования к качеству грунта земляного сооружения … (указывается объект, район) и проект геотехнического контроля в процессе строительства.

Требования к свойствам закрепляемого слабого грунта (указывается район, объект) и проект наблюдений за качеством выполняемых работ.

Инженерно-геологическая характеристика территории … (города, промузла, промрайона) и проект изучения изменений природной обстановки в процессе строительного основания территории.

8. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ И РАБОТ ПО ГЕОЭКОЛОГИИ

Краткая характеристика природных и антропогенных условий и геоэкологическая съемка территории … (М 1:10000 – 1:20000).

Краткая характеристика природных и антропогенных условий , проект комплексного мониторинга окружающей среды объекта.

Краткая характеристика природных и антропогенных услови , проект инженерно-экологический изысканий для подготовки документов территориального планирования.

Краткая характеристика природных и антропогенных условий, проект инженерно-экологический изысканий для выбора площадок строительства.

Краткая характеристика природных и антропогенных условий, проект инженерно-экологический изысканий при подготовке проектной документации

Краткая характеристика природных и антропогенных условий, проект инженерно-экологический изысканий при строительстве зданий и сооружений.

Краткая характеристика природных и антропогенных условий , проект инженерно-экологический изысканий при рекультивации нарушенных земель.

Проект литогеохимической съемки М 1:10000 – 1:50000 с целью оценки экологического состояния окружающей среды.

Проект снеговой съемки М 1:10000 – 1:50000.

Проект литогидрогеохимической съемки донных отложений М 1:50000 – 1:200000.

Геоэкологические исследования при различных видах инженерной деятельности.

Радиоактивное загрязнение геологической среды.

Оптимальные условия складированы твердых бытовых и промышленных отходов в конкретных геологических условиях.

Комплексный мониторинг окружающей (геологической) среды.

Геоэкологическое районирование территории.

Приведенные перечни не охватывают всего многообразия задач гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических исследований, в связи с чем тема дипломного проекта может быть сформулирована иначе.

9. ПРЕЗЕНТАЦИИ

Презентация дипломного проекта выполняется с использованием программы Microsoft PowerPoint (полное название — Microsoft Office PowerPoint, от англ. power point — убедительный доклад) — программа подготовки презентаций и просмотра презентаций, являющаяся частью Microsoft Office и доступная в редакциях для операционных систем Microsoft Windows и macOS. Материалы, подготовленные с помощью PowerPoint предназначены для отображения на большом экране — через проектор, либо телевизионный экран большого размера.

Программа MS PowerPoint является специализированным средством автоматизации для создания и оформления презентаций, призванных наглядно представить работы исполнителя группе других людей. Программа обеспечивает разработку электронных документов особого рода, отличающихся комплексным мультимедийным содержанием и особыми возможностями воспроизведения. MS PowerPoint позволяет разрабатывать следующие документы:

- презентации, рассчитанные на распечатку на прозрачной пленке с целью их демонстрации через оптический проектор;
- презентации, рассчитанные на распечатку на 35-мм диапозитивной фотопленке с целью их демонстрации через оптический слайд-проектор;
- презентации, рассчитанные на воспроизведение через компьютерный проектор;
- материалы презентации для автономного показа на экране компьютера;
- материалы презентации для публикации в сетевом окружении с последующим автономным просмотром;
- материалы презентации для рассылки по электронной почте с последующим автономным просмотром адресатами;
- материалы презентации для распечатки на бумаге с целью последующей раздачи.

Любой документ MS PowerPoint представляет собой набор отдельных, но взаимосвязанных кадров, называемых слайдами. Каждый слайд в документе имеет собственный уникальный номер, присваиваемый по умолчанию в зависимости от места слайда. Последовательность слайдов в документе линейная. Слайды могут содержать объекты самого разного типа, например: фон, текст, таблицы, графические изображения и т.д. При этом на каждом слайде присутствует как минимум один объект - фон, который является обязательным элементом любого слайда.

Презентации являются обязательным приложением к дипломному проекту.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ФОРМА ЗАДАНИЯ НА ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ (РАБОТУ)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

КАФЕДРА ГИДРОГЕОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ

«Утверждаю»
Зав.кафедрой ГИГ, проф.
_____С. Н. Тагильцев
«___»_____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ
НА ДИПЛОМНУЮ РАБОТУ

Студенту
(фамилия, имя, отчество полностью)

1. Тема дипломного проекта (работы)
утверждена приказом по университету № ___/___ от «____» _____20 ___ г.

2. Срок сдачи студентом дипломного проекта (работы) 01 июня 2017 г.
3. Исходные данные к дипломному проекту (работе): фондовая и опубликованная литература, материалы производственной практики.
4. Содержание расчетно-пояснительной записки:
4.1. Общий раздел. …

4.2. Специальный раздел …
Цель исследований
Задачи исследований
Методы исследований
4.3.Результаты исследований
Внедрение исследований (со справкой от предприятия)

4.3. Экономический раздел Расчет экономической эффективности от внедрения выполненных исследований

5. Графический материал

Геологическая карта района работ

Инженерно-геологическая или гидрогеологическая карта

Инженерно-геологические или гидрогеологические разрезы

Материалы, иллюстрирующие выполненные исследования

6. Консультанты по разделам дипломного проекта (работы)

Фамилия И.О. консультанта	Место работы, должность, ученая степень, звание	Раздел дипломного проекта (работы)	Оценка консультанта, подпись
Макарова С.В.	Профессор каф. Экономики и менеджмента, канд. Эконом.наук, доцент	Экономический раздел	хорошо

Ф.И.О. руководителя дипломного проекта (работы)
Оценка руководителя дипломной работы _____
7. График выполнения дипломного проекта (работы)

Наименование раздела дипломного проекта (работы)	
Общий раздел	15.03.2017
Специальный раздел	15.04.2017
Проектный раздел	10.05.2017
Экономический раздел	31.05.2017
Безопасность жизнедеятельности	31.05.2017

Дата выдачи задания «____» _____ 20___ г.

Руководитель дипломного проекта (работы)
_____(подпись)

Задание по дипломному проектированию получил
_____(подпись)

Проверено по программе «Антиплагиат»_____

Примечание: Задание оформляется в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре, другой выдается студенту и подшивается к расчетно-пояснительной записке.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

КАФЕДРА ГИДРОГЕОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ

«Утверждаю»
Зав.кафедрой ГИГ, проф.
_____С. Н. Тагильцев
«___»_____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ
ПО ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Студенту
(фамилия, имя, отчество полностью)

1. Тема дипломного проекта (работы)
утверждена приказом по университету № ___/___ от «____» _____20 ___ г.

2. Срок сдачи студентом дипломного проекта (работы) 01 июня 2017 г.

3. Исходные данные к дипломному проекту (работе): фондовая и опубликованная литература, материалы производственной практики.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки:

4.1. Общий раздел. …

4.2. Специальный раздел …

4.3. Проектный раздел. …

4.4. Экономический раздел Сметная стоимость проектируемых работ

4.5. Безопасность жизнедеятельности. …

5. Графический материал

Геологическая карта района работ

Инженерно-геологическая или гидрогеологическая карта
Инженерно-геологические или гидрогеологические разрезы
Схема (или карта) проектируемых работ
Лист к спецглаве (обязательно заполняется название листа)
Лист к проектной части (обязательно заполняется название листа)
Основные экономические показатели проектируемых работ

6. Консультанты по разделам дипломного проекта (работы)

Фамилия И.О. консультанта	Место работы, должность, ученая степень, звание	Раздел дипломного проекта (работы)	Оценка консультанта, подпись
1	2	3	4
Кралина Л.И.	Доцент кафедры ТТР	Буровые работы	хорошо
Кузин А.В.	Доцент кафедры Геофизики, канд.геол-мин.наук, доцент	Геофизические исследования	
Макарова С.В.	Профессор каф. Экономики и менеджмента, канд. Эконом.наук, доцент	Экономический раздел	

Ф.И.О. руководителя дипломного проекта (работы)
Оценка руководителя дипломного проекта _____

7. График выполнения дипломного проекта (работы)

Наименование раздела дипломного проекта (работы)	
Общий раздел	15.03.2017
Специальный раздел	15.04.2017
Проектный раздел	10.05.2017
Экономический раздел	31.05.2017
Безопасность жизнедеятельности	31.05.2017

Дата выдачи задания «____» _____ 20___ г.

Руководитель дипломного проекта (работы)
_____(подпись)

Задание по дипломному проектированию получил
_____(подпись)

Проверено по программе «Антиплагиат»_____
Примечание: Задание оформляется в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре, другой выдается студенту и подшивается к расчетно-пояснительной записке.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Министерство науки и образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет

Институт геологии и геофизики

Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ГИГ

_____С.Н.Тагильцев

«___» _____ 200__ г.

_____

(наименование темы дипломного проекта)

_____

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Пояснительная записка

Руководитель дипломного проектирования

_____
(Фамилия И.О.)

_____
(подпись)

«___»_____ 200__ г.

Разработал студент гр. _____

_____
(Фамилия И.О.)

_____
(подпись)

«___» _____ 200 __ г.

Екатеринбург

200__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОБРАЗЕЦ ШТАМПА



Методические указания
по составлению дипломных проектов (работ) для студентов специальности 080300 – «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» (ГИГ)

Составил Гуман О.М.

2-е издание, исправленное

Корректура кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60х84 1/16. Печать на ризографе
Печ.л 1,8 Уч.-изд.л. 1,5 Тираж 100 экз. Заказ № _____

Издательство УГГУ
620144, г.Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.01 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Факультета геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т.А.	Вандышева К.В
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 10.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ…….……..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……..12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...……...….13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……...…..28

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 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 – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям 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 «*Технологии интеллектуального труда*» 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 *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 «*Технологии интеллектуального труда*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий);

- подготовка к зачету.

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

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Особенности информационных технологий для людей с ограниченными возможностями.

Информационные технологии
Универсальный дизайн
Адаптивные технологии

Тема 2. Тифлотехнические средства/ Сурдотехнические средства/ Адаптивная компьютерная техника (Материал изучается по подгруппам в зависимости от вида ограничений здоровья обучающихся)

Брайлевский дисплей
Брайлевский принтер
Телевизионное увеличивающее устройство
Читающая машина
Экранные лупы
Синтезаторы речи
Ассистивные тифлотехнические средства
Ассистивные сурдотехнические средства
Адаптированная компьютерная техника
Ассистивные технические средства

Тема 3. Дистанционные образовательные технологии

Дистанционные образовательные технологии
Иинформационные объекты

Тема 4. Интеллектуальный труд и его значение в жизни общества

Система образования
Образовательная среда вуза
Интеллектуальный труд
Интеллектуальный ресурс
Интеллектуальный продукт

Тема 5. Развитие интеллекта – основа эффективной познавательной деятельности

Личностный компонент
Мотивационно-потребностный компонент
Интеллектуальный компонент
Организационно-деятельностный компонент
Гигиенический компонент
Эстетический компонент
Общеучебные умения
Саморегуляция

Тема 6. Самообразование и самостоятельная работа студента – ведущая форма умственного труда.

Самообразование
Самостоятельная работа студентов
Технологии интеллектуальной работы
Технологии групповых обсуждений

Тема 7. Технологии работы с информацией студентов с ОВЗ и инвалидов

Традиционные источники информации
Технологии работы с текстами
Технологии поиска, фиксирования, переработки информации
Справочно-поисковый аппарат книги
Техника быстрого чтения
Реферирование
Редактирование
Технология конспектирования
Методы и приемы скоростного конспектирования

Тема 8. Организация научно-исследовательской работы

Доклад
Реферат
Курсовая работа
Выпускная квалификационная работа
Техника подготовки работы
Методика работы над содержанием Презентация

Тема 9. Тайм-менеджмент

Время
Планирования времени
Приемы оптимизации распределения времени

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;

• 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, 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 заданиями 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.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. В соответствии с опросником «Саморегуляция» (ОС) (модификация методики А.К. Осницкого) оцените свои качества, возможности, отношение к деятельности в протоколе (132 высказывания) по 4-х бальной шкале: 4 балла – да; 3 балла – пожалуй да; 2 балла – пожалуй нет; 1 балл – нет.

Текст опросника

1. Способен за дело приниматься без напоминаний.
2. Планирует, организует свои дела и работу.
3. Умеет выполнить порученное задание.
4. Хорошо анализирует условия.
5. Учитывает возможные трудности.
6. Умеет отделять главное от второстепенного.
7. Чаще всего избирает верный путь решения задачи.
8. Правильно планирует свои занятия и работу.
9. Пытается решить задачи разными способами.
10. Сам справляется с возникающими трудностями.
11. Редко ошибается, умеет оценить правильность действий.
12. Быстро обнаруживает свои ошибки.
13. Быстро находит новый способ решения.
14. Быстро исправляет ошибки.
15. Не повторяет ранее сделанных ошибок.
16. Продумывает свои дела и поступки.
17. Хорошо справляется и с трудными заданиям.
18. Справляется с заданиями без посторонней помощи.
19. Любит порядок.
20. Заранее знает, что будет делать.
21. Аккуратен и последователен.
22. Продумывает, все до мелочей.
23. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.
24. Старателен, хотя часто не выполняет заданий.
25. Долго готовится, прежде чем приступить к делу.
26. Избегает риска.
27. Сначала обдумывает, потом делает.
28. Решения принимает без колебаний.
29. Уверенный в себе.
30. Действует решительно, настойчив.
31. Предприимчивый, решительный.
32. Активный.
33. Ведущий.
34. Реализует почти все, что планирует.
35. Начатое дело доводит до конца.
36. Предпочитает действовать, а не обсуждать.

37. Обдумывает свои дела и поступки.
38. Анализирует свои ошибки и неудачи.
39. Планирует дела, рассчитывает свои силы.
40. Прислушивается к замечаниям.
41. Редко повторяет одну и ту же ошибку.
42. Знает о своих недостатках.
43. Сделает задание на совесть.
44. Как всегда сделает на отлично.
45. Для него важно качество, а не отметка.
46. Всегда проверяет правильность работы.
47. Старается довести дело до конца.
48. Стирается добиться лучших результатов.
49. Действует самостоятельно, мало советуясь с другими.
50. Предпочитает справляться с трудностями сам.
51. Может принять не зависимое от других решение.
52. Любит перемену в занятиях.
53. Легко переключается с одной работы на другую.
54. Хорошо ориентируется в новых условиях.
55. Аккуратен.
56. Внимателен.
57. Усидчив.
58. С неудачами и ошибками обычно справляется.
59. Неудачи активизируют его.
60. Старается разобраться в причинах неудач.
61. Умеет мобилизовать усилия.
62. Взвешивает все «за» и «против».
63. Старается придерживаться правил.
64. Всегда считается с мнением других.
65. Его нетрудно убедить в чем-то.
66. Прислушивается к замечаниям.
67. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело.
68. Не планирует, мало организует свои дела, и работу.
69. Не выполняет заданий оттого, что отвлекается.
70. Условия анализирует плохо.
71. Не учитывает возможных трудностей.
72. Не умеет отделять главное от второстепенного.
73. Пути решения выбирает не лучшие.
74. Не умеет планировать работу и занятия.
75. Не пытается решать задачи разными способами.
76. Не может справиться с трудностями без помощи других.
77. Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет.
78. С трудом находит ошибки в своей работе.
79. С трудом находит новые способы решения.
80. С большим трудом и долго исправляет ошибки.

81. Повторяет одни и те же ошибки.
82. Часто поступает необдуманно, импульсивно.
83. С трудными заданиями справляется плохо.
84. Не справляется с заданием без напоминаний и помощи.
85. Не любит порядок.
86. Часто не знает заранее, что ему предстоит делать.
87. Непоследователен и неаккуратен.
88. Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением.
89. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
90. Не очень старателен, но задания выполняет.
91. Приступает к делу без подготовки.
92. Часто рискует, ищет приключений.
93. Сначала сделает, лотом подумает.
94. Решения принимает после раздумий и колебаний.
95. Часто сомневается в своих силах.
96. Нерешителен, небольшие помехи уже останавливают его.
97. Нерешительный.
98. Вялый, безучастный.
99. Ведомый.
100. Задумывает много, а делает мало.
101. Редко, когда начатое дело доводит до конца.
102. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
103. Действует без раздумий, «с ходу».
104. Не анализирует ошибок.
105. Не планирует почти ничего, не рассчитывает своих сил.
106. Не прислушивается к замечаниям.
107. Часто повторяет одну и ту же ошибку.
108. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
109. Сделает «спустя рукава».
110. Сделает как получится.
111. Сделает из-за угрозы получения плохой оценки.
112. Не проверяет правильность результатов своих действий.
113. Часто бросает работу, не доделав ее.
114. Результат неважен – лишь бы поскорее закончить работу.
115. О его трудностях и делах знают почти все.
116. Всегда надеется на друзей, на их помощь.
117. Действует по принципу: как все, так и я!
118. Любит однообразные занятия.
119. С трудом переключается с одной работы на другую.
120. Плохо ориентируется в новых условиях.
121. Неаккуратен.
122. Невнимателен.
123. Неусидчив.
124. Ошибку может исправить, если его успокоить.

125. Неудачи быстро сбивают с толку.
126. Равнодушен к причинам неудач.
127. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
128. Поступает необдуманно, импульсивно.
129. Не придерживается правил.
130. Не считается с мнением окружающих.
131. Его трудно убедить в чем-либо.
132. Не прислушивается к замечаниям.

Ключ для обработки и интерпретации данных

В тесте оценивается 132 характеристики саморегуляции. Они разбиты на тройки.

Всего 22 пары противоположных характеристик.

1. Целеполагание - 23. Неустойчивость целей.
2. Моделирование условий - 24. Отсутствие анализа условий.
3. Программирование действий - 25. Спонтанность действий.
4. Оценивание результатов - 26. Ошибки в работе.
5. Коррекции результатов и способ» действий - 27. Повторные ошибки.
6. Обеспеченность регуляции в целом - 28. Импульсивность.
7. Упорядоченность деятельности - 29. Непоследовательность, неаккуратность.
8. Детализация регуляции действий - 30. Поверхностность.
9. Осторожность в действиях - 31. Необдуманность, рискованность.
10. Уверенность в действиях - 32. Неуверенность в своих силах.
11. Инициативность в действиях - 33. Нерешительность.
12. Практическая реализуемость намерений - 34. Незавершенность дел.
13. Осознанность действий - 35. Действия наобум.
14. Критичность в делах и поступках -36. Равнодушие к недостаткам.
15. Ориентированность на оценочный балл -37. Попустительство.
16. Ответственность в делах и поступках - 38. Безответственность в делах.
17. Автономность - 39. Зависимость в действиях.
18. Гибкость, пластичность в действиях - 40. Инертность в работе.
19. Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий - 41. «Плохиш».
20. Практичность, устойчивость в регуляции действий - 42. Равнодушие к ошибкам, неудачам.
21. Оптимальность (адекватность) регуляции усилий - 43. Отсутствие последовательности.
22. Податливость воспитательным воздействиям - 44. Самодостаточность.

Необходимо найти сумму в каждой из троек характеристик и сопоставить ее с их противоположностью.

4-6 баллов - слабое проявление характеристики.

7-9 баллов - ситуативное проявление.

10-12 баллов - выраженность характеристики.

Бланк для ответов

ФИ_____
Пол_____ Возраст (дата рождения)_____ Гр._____ Дата_____ № ___

Шкала ответов

4 – да; 3 – пожалуй да; 2 – пожалуй нет; 1 – нет.

№			S		№		S
1	1			23	67		
	2				68		
	3				69		
2	4			24	70		
	5				71		
	6				72		
3	7			25	73		
	8				74		
	9				75		
4	10			26	76		
	11				77		
	12				78		
5	13			27	79		
	14				80		
	15				81		
6	16			28	82		
	17				83		
	18				84		
7	19			29	85		
	20				86		
	21				87		
8	22			30	88		
	23				89		
	24				90		
9	25			31	91		
	26				92		
	27				93		

10	28			32	94	
	29				95	
	30				96	
11	31			33	97	
	32				98	
	33				99	
12	34			34	100	
	35				101	
	36				102	
13	37			35	103	
	38				104	
	39				105	
14	40			36	106	
	41				107	
	42				108	
15	43			37	109	
	44				ПО	
	45				111	
16	46			38	112	
	47				113	
	48				114	
17	49			39	115	
	50				116	
	51				117	
18	52			40	118	
	53				119	
	54				120	
19	55			41	121	
	56				122	
	57				123	
20	58			42	124	
	59				125	
	60				126	

21	61			43	127	
	62				128	
	63				129	
22	64			44	130	
	65				131	
	66				132	

Качественные характеристики саморегуляции

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
1	Целеполагание	За дело приниматься без напоминаний, планирует, организует свои дела и работу. Задания и поручения выполняет.	23	Неустойчивость целей	Не планирует, мало организует свою работу. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело. Отвлекается.
2	Моделирование условий	Анализирует условия предстоящей деятельности, возможные трудности. Выделяет главное.	24	Отсутствие анализа условий	Не умеет отделять главное от второстепенного. Не предвидит ход дел, возможные трудности.
3	Программирование действий	Правильно планирует свои занятия и работу, избирает верный путь решения задачи.	25	Спонтанность действий	Не умеет планировать работу в занятия, затрудняется в выборе путей решения задач.
4	Оценивание результатов	Редко ошибается, умеет оценить правильность действий. Быстро обнаруживает свои ошибки.	26	Ошибки в работе	Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет. Не находит ошибок в своей работе.
5	Коррекция результатов и способов действий	Быстро находит новый способ решения. Быстро исправляет ошибки.	27	Повторные ошибки	С трудом находит новые способы решения. Повторяет одни и те же ошибки.
6	Обеспеченность регуляции в целом	Продумывает свои дела и поступки. Справляется с заданиями без посторонней помо-	28	Импульсивность	Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляется плохо.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		щи.			
7	Упорядоченность деятельности	Любит порядок. Аккуратен и последователен.	29	Непоследовательность	Часто не знает заранее, что ему предстоит делать, непоследователен и неаккуратен.
8	Детализация регуляции действий	Продумывает, все до мелочей. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.	30	Поверхностность	Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
9	Осторожность в действиях	Долго обдумывает и готовится, прежде чем приступить к делу. Избегает риска.	31	Необдуманность, рискованность	Приступает к делу без подготовки. Сначала сделает, лотом подумает.
10	Уверенность в действиях	Уверенный в себе. Решения принимает без колебаний. Решителен. Настойчив.	32	Неуверенность в своих силах	Решения принимает после колебаний. Сомневается в своих силах. Нерешителен.
11	Инициативен в действиях.	Предприимчивый, решительный. Активный. Ведущий.	33	Нерешительность	Нерешительный. Вялый, безучастный. Ведомый.
12	Практическая реализуемость намерений	Реализует почти все, что планирует. Начатое дело доводит до конца.	34	Незавершенность дел	Редко, когда начатое дело доводит до конца. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
13	Осознанность действий	Обдумывает, планирует свои дела и поступки. Анализирует свои ошибки и неудачи.	35	Действия наобум	Действует без раздумий, «с ходу», не рассчитывает своих сил.
14	Критичность в делах и поступках	Знает о своих недостатках. Редко повторяет ошибки. Прислушивается к замечаниям.	36	Равнодушие к недостаткам	Часто повторяет одну и ту же ошибку. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции		№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
15	Ориентированность на оценочный балл	Сделает задание на совесть. Для него важно качество, а не отметка.		37	Попустительство	Делает все «спустя рукава», как получится. Делает из-за угрозы плохой оценки.
16	Ответственность в делах и поступках	Гарантирует доведение дел до конца. Всегда проверяет правильность работы.		38	Безответственность в делах	Не проверяет результатов своих действий. Часто бросает работу, не доделав до конца.
17	Автономность	Действует и принимает самостоятельные решения. Предпочитает сам справляться с трудностями.		39	Зависимость в действиях	Всегда надеется на друзей, на их помощь.
18	Гибкость, пластичность в действиях	Легко переключается с одной работы на другую. Хорошо ориентируется в новых условиях.		40	Инертность в работе	Любит однообразные занятия. С трудом переключается с одной работы на другую.
19	Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий	Аккуратен. Внимателен. Усидчив.		41	«Плохиш»	Неаккуратен. Невнимателен. Неусидчив.
20	Практичность, устойчивость в регуляции действий	Справляется с неудачами и ошибками. Неудачи активизируют его. Старается разобраться в их причинах.		42	Равнодушие к ошибкам, неудачам	Неудачи быстро сбивают с толку. Равнодушен к их причинам.
21	Оптимальность (адекватность) регуляции усилий	Взвешивает все «за» и «против». Умеет мобилизовать усилия.		43	Отсутствие последовательности	Поступает необдуманно. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
22	Податливость воспитательным воздействиям	Всегда считается с мнением других. Прислушивается к замечаниям.		44	Самодостаточность	Не считается с мнением окружающих. Не прислушивается к замечаниям.

Задание: На основе самодиагностики саморегуляции сформулируйте рекомендации по саморегуляции.

2. Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

Методические указания

АННОТАЦИЯ (от лат. annotatio - замечание, пометка) – это краткая характеристика статьи, рукописи, книги, в которой обозначены тема, проблематика и назначение издания, а также содержатся сведения об авторе и элементы оценки книги.

Перед текстом аннотации даются выходные данные (автор, название, место и время издания). Эти данные можно включить в первую часть аннотации.

Аннотация обычно состоит из двух частей. В первой части формулируется основная тема книги, статьи; во второй части перечисляются (называются) основные положения. Говоря схематично, аннотация на книгу (прежде всего научную или учебную) отвечает на вопросы о чем? из каких частей? как? для кого? Это ее основные, стандартные смысловые элементы. Каждый из них имеет свои языковые средства выражения.

Аннотация на книгу помещается на оборотной стороне ее титульного листа и служит (наряду с ее названием и оглавлением) источником информации о содержании работы. Познакомившись с аннотацией, читатель решает, насколько книга может быть ему нужна. Кроме того, умение аннотировать прочитанную литературу помогает овладению навыками реферирования.

Языковые стереотипы, с помощью которых оформляется каждая смысловая часть аннотации:

1. Характеристика содержания текста:

В статье (книге) рассматривается…; Статья посвящена…; В статье даются…; Автор останавливается на следующих вопросах…; Автор затрагивает проблемы…; Цель автора – объяснить (раскрыть)…; Автор ставит своей целью проанализировать…;

2. Композиция работы:

Книга состоит из … глав (частей)…; Статья делится на … части; В книге выделяются … главы.

3. Назначение текста:

Статья предназначена (для кого; рекомендуется кому)…; Сборник рассчитан…; Предназначается широкому кругу читателей…; Для студентов, аспирантов…; Книга заинтересует…

РЕФЕРАТ (от лат.referre- докладывать, сообщать) – это композиционно организованное, обобщенное изложение содержания источника информации (статьи, ряда статей, монографии и др.). Реферат отвечает на вопрос: «Какая информация содержится в первоисточнике, что излагается в нем?»

Реферат состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; выводы референта. Изложение одной работы обычно содержит указание на тему и композицию реферируемой работы, перечень ее основных положений с приведением аргументации, реже - описание методики и проведение эксперимента, результатов и выводов исследования. Такой реферат называется про-

стым информационным. Студенты в российских вузах пишут рефераты обычно на определенные темы. Для написания таких тематических рефератов может быть необходимо привлечение более чем одного источника, по крайней мере двух научных работ. В этом случае реферат является не только информационным, но и обзорным.

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление текста, аналитико-синтетичесокое преобразование информации и создание нового текста. Реферат не должен превращаться в «ползанье» по тексту. Цель реферирования – создать «текст о тексте». Реферат – это не конспект, разбавленный «скрепами» типа *далее автор отмечает…* Обильное цитирование превращает реферат в конспект. При чтении научного труда важно понять его построение, выделить смысловые части (они будут основой для плана), обратить внимание на типичные языковые средства (словосочетания, вводные конструкции), характерные для каждой части. В реферате должны быть раскрыты проблемы и основные положения работы, приведены доказательства этих положений и указаны выводы, к которым пришел автор. Реферат может содержать оценочные элементы, например: *нельзя не согласиться, автор удачно иллюстрирует* и др. Обратите внимание, что в аннотации проблемы научного труда лишь обозначаются, а в реферате - раскрываются.

Список конструкций для реферативного изложения**:**

Предлагаемая вниманию читателей статья (книга, монография) представляет собой детальное (общее) изложение вопросов…; Рассматриваемая статья посвящена теме (проблеме, вопросу…);

Актуальность рассматриваемой проблемы, по словам автора, определяется тем, что…; Тема статьи (вопросы, рассматриваемые в статье) представляет большой интерес…; В начале статьи автор дает обоснование актуальности темы (проблемы, вопроса, идеи); Затем дается характеристика целей и задач исследования (статьи);

Рассматриваемая статья состоит из двух (трех) частей…; Автор дает определение (сравнительную характеристику, обзор, анализ)…; Затем автор останавливается на таких проблемах, как…; Автор подробно останавливается на истории возникновения (зарождения, появления, становления)…; Автор подробно (кратко) описывает (классифицирует, характеризует) факты…; Автор доказывает справедливость (опровергает что-либо)…; Автор приводит доказательства справедливости своей точки зрения…; В статье дается обобщение…, приводятся хорошо аргументированные доказательства…;

В заключение автор говорит о том, что…; Несомненный интерес представляют выводы автора о том, что…; Наиболее важными из выводов автора представляются следующие…; Изложенные (рассмотренные) в статье вопросы (проблемы) представляют интерес не только для…, но и для…

КОНСПЕКТИРОВАНИЕ – письменная фиксация основных положений читаемого или воспринимаемого на слух текста. При конспектировании происходит свертывание, компрессия первичного текста.

КОНСПЕКТ- это краткое, но связное и последовательное изложение значимого содержания статьи, лекции, главы книги, учебника, брошюры. Запись-конспект позволяет восстановить, развернуть с необходимой полнотой исходную информацию, поэтому при конспектировании надо отбирать новый и важный материал и выстраивать его в соответствии с логикой изложения. В конспект заносят основные (существенные) положения, а также фактический материал (цифры, цитаты, примеры). В конспекте последующая мысль должна вытекать из предыдущей (как в плане и в тезисах). Части конспекта должны быть связаны внутренней логикой, поэтому важно отразить в конспекте главную мысль каждого абзаца. Содержание абзаца (главная мысль) может быть передано словами автора статьи (возможно сокращение высказывания) или может быть изложено своими словами более обобщенно. При конспектировании пользуются и тем и другим приемом, но важно передать самые главные положения автора без малейшего искажения смысла.

Различают несколько видов конспектов в зависимости от степени свернутости первичного текста, от формы представления основной информации:

1. конспект-план;
2. конспект-схема;
3. текстуальный конспект.

Подготовка конспекта включает следующие этапы:

1. Вся информация, относящаяся к одной теме, собирается в один блок – так выделяются смысловые части.
2. В каждой смысловой части формулируется тема в опоре на ключевые слова и фразы.
3. В каждой части выделяется главная и дополнительная по отношению к теме информация.
4. Главная информация фиксируется в конспекте в разных формах: в виде тезисов (кратко сформулированных основных положений статьи, доклада), выписок (текстуальный конспект), в виде вопросов, выявляющих суть проблемы, в виде назывных предложений (конспект-план и конспект-схема).
5. Дополнительная информация приводится при необходимости.

РЕЦЕНЗИЯ - это письменный критический разбор какого-либо произведения, предполагающий, во-первых, комментирование основных положений (толкование авторской мысли; собственное дополнение к мысли, высказанной автором; выражение своего отношения к постановке проблемы и т.п.); во-вторых, обобщенную аргументированную оценку, в третьих, выводы о значимости работы.

В отличие от рецензии ОТЗЫВ дает самую общую характеристику работы без подробного анализа, но содержит практические рекомендации: анализируемый текст может быть принят к работе в издательстве илина соискание ученой степени.

Типовой план для написания рецензии и отзывов:

1. Предмет анализа: *В работе автора…; В рецензируемой работе…; В предмете ана*лиза…

2. Актуальность темы: Работа посвящена актуальной теме…; Актуальность темы обусловлена…; Актуальность темы не вызывает сомнений (вполне очевидна)…

3. Формулировака основного тезиса: Центральным вопросом работы, где автор добился наиболее существенных (заметных, ощутимых) результатов, является…; В работе обоснованно на первый план выдвигается вопрос о…

4. Краткое содержание работы.

5. Общая оценка: Оценивая работу в целом…; Таким образом, рассматриваемая работа…; Автор проявил умение разбираться в…; систематизировал материал и обобщил его…; Безусловной заслугой автора является новый методический подход (предложенная классификация, некоторые уточнения существующих понятий); Автор, безусловно, углубляет наше представление об исследуемом явлении, вскрывает новые его черты…

6. Недостатки, недочеты: Вместе с тем вызывает сомнение тезис о том…; К недостаткам (недочетам) работы следует отнести допущенные автором длинноты в изложении (недостаточную ясность при изложении)…; Работа построена нерационально, следовало бы сократить…; Существенным недостатком работы является…; Отмеченные недостатки носят чисто локальный характер и не влияют на конечные результаты работы…; Отмеченные недочеты работы не снижают ее высокого уровня, их скорее можно считать пожеланиями к дальнейшей работе автора…; Упомянутые недостатки связаны не столько с…, сколько с…

7. Выводы: Представляется, что в целом работа… имеет важное значение…; Работа может быть оценена положительно, а ее автор заслуживает…; Работа заслуживает высокой (положительной, отличной) оценки…; Работа удовлетворяет всем требованиям…, а ее автор, безусловно, имеет (определенное, законное, заслуженное, безусловное) право…

Задание

а) Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

3. Проанализируйте отрывок из студенческой курсовой работы, посвященной проблеме связи заголовка и текста. Соответствует ли язык сочинения нормам научного стиля? На основании анализа проведите правку текста:

Заголовок, будучи неотъемлемой частью газетных публикаций, определяет лицо всей газеты. Сталкиваясь с тем или иным периодическим изданием, читатель получает первую информацию о нем именно из заголовков. На примере газеты «Спорт – экспресс» за апрель – май 1994 г. я рассмотрю связь: заголовок – текст, ведь, как говорится в народной мудрости «встречают по одежке, а провожают – по уму». Но даже при наличии прекрасной одежки (заглавий) и величайшего ума (самих материалов) стилистическая концепция газеты будет не полной, если будет отсутствовать продуманная и логичная связь между содержанием и заголовком. Итак, стараясь выбрать наиболее продуманные заглавия,

я попытаюсь проследить за тем, по какому принципу строится связь между содержанием и заголовком самой популярной спортивной газеты России «Спорт – экспресс». А к тому же я остановлюсь и на классификации заголовков по типу их связей с газетным текстом вообще.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» 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 «*Технологии интеллектуального труда*».

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 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 *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.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФТД.03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

Специализация

Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Управления персоналом	Факультета геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т.А	Вандышева К.С
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 10.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2	Методические указания по подготовке к опросу	9
3	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	11
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	14
	Заключение	17
	Список использованных источников	18

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;
- развитияисследовательских 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 можновыделить следующиеэтапы:

- 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, 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.

---

[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 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).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременностьи эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использованиедополнительного 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 к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

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. Правильнаяорганизация 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) систематическаясамостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестноевыполнение заданий;

3) выяснениеи 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