

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО
ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ
КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по модулю

**«ГЕОМЕТРИЯ И КВАЛИМЕТРИЯ ПЛАСТОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ»**

направление

«МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО»

ТАШКЕНТ -2019

Данный учебно-методический комплекс разработан на основании учебного плана и программы утвержденного приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № 1023 от 2 ноября 2019 года

Разработал: С.С. Саййидқосимов - д.т.н. профессор ТашГТУ

Рецензенты: И.И. Иногамов – к.т.н. доцент ТашГТУ

Данный учебно-методический комплекс рекомендован к использованию Советом Ташкентского государственного технического университета (протокол № 1 от 24.09. 2019 года).

СОДЕРЖАНИЕ

I.	Рабочая программа.....	2
II.	Интерактивные методы обучения, используемые в модуле.....	9
III.	Теоретические материалы.....	15
IV.	Материалы практических занятий.....	68
V.	Банк кейсов.....	86
VI.	Глоссарий.....	89
VII.	Список литературы.....	91

І. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Введения

Пространственно-геометрических закономерностях размещения форм горных пород и полезных ископаемых, условий их залегания, физико-химических и качественных свойств и процессов, происходящих в недрах при их разработке, прогнозирование и управление качеством минерального сырья на базе маркшейдерских информационных технологий определяет место данной дисциплины в высшем профессиональном образовании.

Цель и задачи учебного модуля

Целью модуля Целями освоения дисциплины "Геометрия недр" являются формирование у профессиональных знаний по маркшейдерскому делу. Приобретение студентами знаний, умений и навыков в области теории и практики математического моделирования геометрических моделей показателей с целью прогнозирования условий отработки месторождений, методов учета и движения запасов, добычи и потерь полезного ископаемого.

Задание модуля Задачами изучения данного курса являются: - ознакомление студентов с теоретическими основами геометризации форм, условий залегания, размещения качественных свойств месторождений; - развития у студентов пространственного геометрического мышления, дает навыки научного исследования при анализе горно-геометрических моделей и их свойств; - практические месторождения, и. - процессов происходящих в недрах при их разработке месторождений; - методы обработки и оценки точности исходных данных; - методы подсчета запасов, учета добычи, анализа движения запасов, потерь и разубоживания полезных ископаемых; - методы практического применения результатов геометризации при решении конкретных задач.

Требования, предъявляемые к знаниям, умениям и навыкам по модулю

Слушатель, в пределах задач модуля «Геометрия и квалиметрия пластовых месторождений» должен:

иметь представление и охарактеризовать:

- способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии в маркшейдерском деле;
- по основам профессиональных знаний и готовностью к использованию их в горном деле;
- базовыми знаниями в областях информатики и современных информационных технологий, навыками использования программных средств

и работы в компьютерных сетях, умение создавать базы данных и использовать ресурсы Интернет;

- способностью к анализу и синтезу;
- умением понять поставленную задачу;
- умением формулировать результаты;
- умением на основе маркшейдерского анализа представить пространственное расположение объектов горного производства;
- умением самостоятельно увидеть следствия сформулированного результата;

Умением ориентироваться в постановках задач в маркшейдерском деле:

слушатели по итогам изучения дисциплине “Инновационная маркшейдерская служба в горном деле” приобретут **знания** составления электронных учебно-методических баз данных.

знать:

- сущность основных понятий изучаемых в маркшейдерском деле;
- основные формулировки понятий маркшейдерского обеспечения рационального недропользования;
- основные методы математического моделирование геологических объектов и процессов горного производства.

уметь:

- самостоятельно использовать теоретические и практические знания для решения задач различных типов и уровней сложности, как в рамках изучаемой дисциплины, так и в других дисциплинах, использующих материалы в маркшейдерском деле;
- анализировать полученные результаты, и прогнозировать их на неизученные участки месторождения.

владеть навыками:

- символикой изучаемой дисциплины;
- терминологией изучаемой дисциплины;
- навыками практического использования математического аппарата дисциплины для решения различных задач, возникающих в дальнейшей учебной и профессиональной деятельности;
- навыками научного творчества.
- пользования и применения на практике компьютерных и коммуникационных технологий;

- создания показательных презентаций для лекционных и практических занятий с применением современных педагогических и информационных технологий, их применения на практике;
- создания и использования электронной учебно-методической базы по данному модулю дисциплины.

Рекомендации по проведению и организации учебного модуля

При проведении обучения запланировано использование современных методов, педагогических и информационно-коммуникативных технологий:

- лекции запланировано проводить в форме презентаций с использованием современных компьютерных технологий;
- практические занятия запланировано проводить с помощью интерактивных методов (кейс-стади, деловые игры, интервью и др.).

Взаимосвязь учебного модуля с другими модулями

Содержание модуля непосредственно связано с другими блоками учебного плана и служит для решения вопросов перспективы разработки и переработки полезных ископаемых и машины и комплексы в горном деле путем внедрения новой техники и технологий данной отрасли.

Роли модуля в высшем образовании

Формирование системных навыков, умений и компетенций на основе поэтапного формирования знаний. Обновление ранее полученных знаний навыков на основе переподготовки специалистов горного профиля.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВ МОДУЛЯ

№	Темы	Учебная нагрузка, час			
		Итого	Теоритические	Практические	Выездные занятия
1.	Проекции с числовыми отметками	4	2	2	
2.	Аксонметрические и аффинные проекции	8	2	2	4
3.	Линейные проекции	4	2	2	

Итого:	16	6	6	4
---------------	-----------	----------	----------	----------

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

1-тема: Проекция с числовыми отметками

Полное и ясное представление об изображаемом предмете, его элементах и их взаимном расположении. Основные принципы прямоугольного проецирования и способ получения ортогонального чертежа в системе трех плоскостей проекций. Положение прямой линии в пространстве. Определение искомого линейные к угловые величины, лежащие в заданной плоскости. Определение расстояния от точки до прямой.

2-тема: Аксонометрические и аффинные проекции

Параллельное проектирование, обеспечивая получение достаточной наглядности изображения предмета. Сущность метода аксонометрических преобразований. Сущность метода аффинных преобразований (аффинных проекций). Аксонометрическое изображение прямой, плоскости или других элементов объекта, заданных комплексом точек. Построение аксонометрических изображений горных выработок .

3-тема: Линейные проекции

Построение изображений с помощью стереографической сетки. Переход от стереографической проекции к изображению плоскостей в плане. Стереоаксонометрические проекции и методы построения изображений.

СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ МОДУЛЯ

1-практическое занятие: Решение горно-геологических задач в проекциях с числовыми отметками.

Решение горно-геологических задач в проекциях с числовыми отметками: проекции прямой и точки, проекции плоскостей, совместное положение плоскости, точки и прямой, взаимное положение плоскостей и прямых.

2-практическое занятие: Построение проекций оси скважины на вертикальную и горизонтальную плоскости. определение основных мощностей через видимую мощность.

По результатам инклинометрической съемки скважины построить план скважины и проекцию ее на вертикальную плоскость разведочной линии. Определение искомого горизонтальная и нормальная мощность.

3-практическое занятие: Построение гипсометрии пласта, линии выхода на поверхность, плана изоглубин, геологической карты, плана мощностей и блок-диаграммы участка угольного месторождения.

На участке, рельеф поверхности которого представлен на плане в масштабе 1:5000, производится разведка каменноугольного пласта вертикальными буровыми скважинами и шурфами.

Форма обучения

Форма обучения отражает такие внешние стороны учебного процесса, как способ его существования: порядок и режим; способ организации обучения: лекция, семинар, самостоятельная работа и пр; способ организации совместной деятельности обучающего и обучающихся: фронтальная, коллективная, групповая, индивидуальная.

При обучения важным является выбор формы организации учебной деятельности участников:

- **Фронтальная** – одновременное выполнение общего учебного задания всеми участниками. Характер полученного результата: итог индивидуальных достижений. При этом более подготовленные выполняют больший объем работы.

- **Коллективная** – коллективное, совместное выполнение общего учебного задания всеми студентами. Характер полученного результата: итог коллективного творчества.

- **Групповая** – совместное выполнение единого задания в малых группах. Характер полученного результата: итог группового сотрудничества на основе вклада каждого.

- **Индивидуальная** – индивидуальное выполнение учебного задания. Характер полученного результата: итог индивидуального творчества. Обычно предшествует групповой работе.

II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ.

МЕТОД "МОЗГОВОЙ ШТУРМ"

"Мозговой штурм"

Мозговой штурм (брейнсторминг - мозговая атака) – метод коллективной генерации идеи решения научной или практической задачи.

Во время мозгового штурма участники стремятся совместно решить сложную проблему: высказывают свое мнение по решению задачи (генерируют), отбирают наиболее соответствующие, эффективные и оптимальные идеи без критики остальных вариантов, обсуждают отобранные идеи и развивают их, а также оцениваются возможности их обоснования или опровержения.

Основная цель мозговых атак – активизация учебной деятельности, самостоятельное изучение проблемы и развитие мотивации его решения, культура общения, формирование коммуникативных навыков, избавление от инерции мышления и преодоление привычного хода мышления при решении творческой задачи.

- **Прямой коллективный мозговой штурм** – обеспечивает сбор максимального числа мнений насколько это возможно. Вся группа исследования (не более 20 человек) занимается решением одной проблемы.

- **Массовый мозговой штурм** – дает возможность резко повысить эффективность генерации идей в большой аудитории, разделенной на микрогруппы.

- В каждой группе решается один из аспектов проблемы.

Пример занятия по методу "Мозговой штурм"

1. Для какого типа теодолита допускается отклонение вертикальной нити сетки не более, чем три ширины штриха?
2. Для какого типа теодолита допускается отклонение коллимационной погрешности не более 4,5"?
3. Для какого типа теодолита допускается угловой эксцентриситет круга не более 20"?
4. Для какого типа теодолита эксцентриситет алидады ГК определяют по изменению 2С?
5. Какое расхождение угла i допускается для технических нивелиров?
6. Какая поверка у нивелиров с компенсаторами является основной?

7. Как определяются размеры профильной линии наблюдательной станции?
8. Какие точки являются точками критических деформаций в мульде сдвижения
9. Рекомендации правил охраны сооружений и меры охраны ответственных инженерных сооружений
10. Нормативные документы регулирующие вопросы по сдвигению горных пород
11. Приборы применяемые при гироскопическом ориентирований подземных горных выработок.

Таблица SWOT-анализа

SWOT – наименование происходит от начальных букв следующих английских слов:

Strengths– сильные стороны, предполагает наличие внутренних ресурсов;

Weakness– слабые стороны или наличие внутренних проблем;

Opportunities– возможности; наличие возможностей для развития предприятия;

Threats– угрозы, угрозы от внешней среды.

Как правило, успешность SWOT-анализа зависит не от предприятия, а зависит от учета результата при разработке стратегических целей и проектов в будущем. При его использовании его элементы могут быть интерпретированы следующим образом:

Пример занятия по методу "SWOT"

Электронные теодолиты

S	Сильные стороны электронных теодолитов	Быстрая, эффективная, качественная работа
W	Слабые стороны электронных теодолитов	Невозможна работать в полевых условиях без компьютера
O	Опции пользования электронными теодолитами	Можно выполнять несколько работ одновременно (память теодолитов позволяет)
T	Барьеры (внешние)	Для пользования этих устройств нужно иметь программное обеспечение той же компании.

Пример занятия по методу "Кластер"

КЕЙС-СТАДИ

«Кейс-стади» (Case-study) – это система обучения, основывающаяся на анализе, решении и обсуждении реальных и смоделированных (вымышленных) ситуаций. Метод «кейс-стади» интегрирует в себе технологии развивающего обучения, включая процедуры индивидуального,

группового и коллективного развития, и формирования различных личностных качеств обучаемых.

Под методом «кейс-стади» понимается активный метод обучения, основанный на организации преподавателем в группе обучающихся обсуждения задания, представляющего собой описание конкретной ситуации с явной или скрытой проблемой.

Кейс-стади (от англ. слова *case* – реальная ситуация) – метод конкретных реальных ситуаций.

Сущность кейс-стади – изучение общих закономерностей на примере анализа конкретных случаев.

Что такое кейс? Кейс – это жизненная история, включающая в себя необходимую информацию: для принятия решения, для разрешения конфликта или проблемы, которая может быть предложена для обсуждения в группе и выявления позиций слушателей по существу вопроса.

Особое место в организации обсуждения и анализа кейса принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма». В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности участников.

Критерии оценки кейсов:

грамотное решение проблемы;	новизна и неординарность решения проблемы;	краткость и четкость изложения теоретической части;	качество оформления решения проблемы;	этика ведения обсуждения (дискуссии).
-----------------------------	--	---	---------------------------------------	---------------------------------------

Пример занятия по методу «Кейс-стади»

Вычисление и оценка точности определения координат пункта съёмочной сети обратной засечкой с использованием компьютерных технологий

Цель работы. Обработать полевые измерения и дать заключение о надёжности определения пункта съёмочной сети разреза для съёмки горных выработок в масштабе 1:2000.

Исходные данные

1. Координаты четырех пунктов опорной сети разреза и высота визирования на пункты (прил. 3).
2. Измеренные горизонтальные направления, высота инструмента на пункте съёмочной сети и углы наклона с определяемого пункта (прил. 4).

Порядок выполнения работы

1. Составить в удобном масштабе (1:10000 или 1:25000) схему расположения пунктов маркшейдерской опорной сети разреза и определяемого пункта съёмочной сети.

2. Загрузить программу «zasechki.exe», выбрать в основном меню программы блок «Работа с каталогом», операцию «Редактирование, просмотр каталога». Проверить, имеются ли в каталоге сведения о пунктах опорной сети, к которым произведена привязка определяемого пункта съёмочной сети, и верно ли занесены сведения о координатах. В операцию «Редактирование, просмотр каталога» можно внести исправления, если неверно набраны координаты, при отсутствии в каталоге имени пункта необходимо выбрать операцию «Добавление новых пунктов в каталог» и произвести пополнение каталога.

3. Установить два возможных варианта определения пункта съёмочной сети обратной засечкой.

4. В меню программы выбрать блок «Вычисление координат», способ «Обратная засечка» вычислить координаты X и Y пункта съёмочной сети из решения двух оптимальных схем обратной засечки и погрешность пункта в плане для каждой схемы. Привести математический аппарат, реализованный в программе для вычисления координат.

5. Установить из двух вариантов обратных засечек разность в положении пункта съёмочной сети в плане, сравнить её с допустимой по «Инструкции...» [8].

6. Вычислить из двух вариантов высотную отметку определяемого пункта съёмочной сети с учётом поправки за кривизну Земли и рефракцию, расхождение высотных отметок сравнить с допустимым по "Инструкции..." [8].

Привести математический аппарат, реализованной в программы.

7. Дать заключение о надёжности определения пункта съёмочной сети разреза способом обратной геодезической засечки.



Этап I. Погружение в проблему:

- Приветствие. Визуализация.
- Актуализация проблемы.
- Круг вопросов для обсуждения.
- Презентация системы работы.
- Выводы.

Этап II. Осмысление содержания:

- Презентация новой информации.

Этап III. Разработка кейса:

- Презентация промежуточной информации.
- Промежуточные выводы.
- Представление окончательной информации и выводов.

III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1-ТЕМА: ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

План:

1. *Общие сведения.*
2. *Проекции точек, прямых и плоскостей.*
3. *Проекции точек, прямых и плоскостей.*
4. *Метод совмещения.*
5. *О поверхностях.*

Ключивые слова: горная геометрия, разрез, план, проекция, угол падения, угол направления, геометризация, изолиния, полные ископаемые.

1.1. Общие сведения

В горной геометрии вследствие особенностей ее метода, характера исходных материалов и требуемых результатов широко применяются графические и графоаналитические приемы решения. Поэтому вопрос о графическом изображении залежей полезных ископаемых, геологических структур и горных выработок, а также о различных геометрических построениях, с помощью которых определяются искомые величины или составляются рабочие схемы, имеет в горной геометрии первостепенное значение.

Каждый чертеж (график) должен давать полное и ясное представление об изображаемом предмете, его элементах и их взаимном расположении, т. е. он должен обладать наглядностью. Кроме того, он так должен быть построен, чтобы по изображению предмета было легко установить интересующие размеры предмета, т. е. помимо наглядности чертеж должен обладать определенными метрическими свойствами (удобоизмеримостью).

Как известно из начертательной геометрии, разные методы изображений и построений по-разному обеспечивают указанные свойства чертежей (графиков).

В основе всех способов изображений и построений лежит метод проекций, которые по способу проектирования делятся на центральные и параллельные.

Изображение, полученное при помощи центрального проектирования, называется перспективой.

При построении перспективного изображения предмета на плоскости бумаги (плоскости проекции) вне ее выбирается точка, называемая центром или полюсом проекции, и соединяется прямыми линиями с характерными точками изображаемого предмета. Пересечение указанных прямых с плоскостью проекции дает изображение на последней характерных точек предмета. Их совокупность позволяет на плоскости проекции построить требуемое перспективное изображение.

Перспективные изображения отличаются хорошей наглядностью и применяются в тех случаях, когда от чертежа требуется прежде всего наглядность.

Однако вследствие значительных искажений, возникающих при данном методе проектирования, чертежи, построенные в перспективной проекции, отличаются низкими метрическими свойствами. При этом виде проектирования параллельные прямые в общем случае на перспективном изображении пересекаются, равные и параллельные отрезки изображаются отрезками разной величины, а одинаковые углы между прямыми изображаются разными углами.

Отмеченный недостаток перспективных изображений ограничивает их использование в горной геометрии при составлении наглядных обзорных материалов. Однако следует указать, что некоторые построения (основанные на принципе центрального проектирования), выполняемые с целью определения тех, или иных искомых величин, сравнительно часто используются при решении отдельных горногеометрических задач. К ним относится нахождение угловых величин при помощи стереографических и линейных проекций.

Проектирование предмета пучком параллельных лучей на искомую плоскость дает возможность получить на ней параллельно-проекционный чертеж. Такой чертеж можно рассматривать как частный случай перспективы, когда центр проекции отнесен в бесконечность.

Достоинством параллельно-проекционных чертежей по сравнению с перспективой является лучшая их удобоизмеримость. При параллельном проектировании параллельные прямые проектируются параллельными прямыми, а отношение длин отрезков параллельных прямых равно отношению длин их проекций. Эти особенности параллельных проекций помогают распознавать на чертеже форму сложных конфигураций, облегчают процесс построения чертежа и определение искомых величин. Однако

наглядность чертежей, построенных при помощи параллельного проектирования, хуже, чем в перспективных проекциях.

Изменяя направление проектирующих лучей и положение плоскости проекций, можно получить бесчисленное количество изображений одного и того же предмета, различно удовлетворяющих требованиям наглядности и удобоизмеримости.

Лучшие метрические качества чертежей обеспечивает частный случай параллельного проектирования - ортогональные проекции на одну или несколько плоскостей.

Общий случай параллельного проектирования - косоугольные проекции - в смысле наглядности и удобоизмеримости занимают промежуточное положение между перспективными и ортогональными параллельными проекциями.

Указанные выше особенности параллельных проекций обуславливают широкое их применение в технике, в том числе в маркшейдерском деле.

В маркшейдерском деле, особенно в горной геометрии, наибольшее применение получил метод ортогонального проектирования на одну плоскость - проекции с числовыми 'отметками'. Использование их позволяет компактно и полно характеризовать показатели (формы, качества и процессы), выявляемые при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых.

При пологом и наклонном залегании залежей для изображения структурных и качественных показателей их, а также для изображения выработок используются ортогональные проекции на горизонтальную плоскость и система вертикальных разрезов.

Для условий крутого падения проекция на горизонтальную-плоскость дополняется проекцией на вертикальную плоскость. За последнюю при этом берется вертикальная плоскость, проходящая параллельно среднему простиранию залежи.

Иногда для более полной характеристики показателей залежи применяются проекции на наклонную плоскость, параллельную среднему простиранию и углу падения залежи.

Так как чаще всего применяются проекции на горизонтальную плоскость, мы в дальнейшем при рассмотрении проекций-с числовыми

отметками будем считать, что плоскость проекции занимает горизонтальное положение.

В некоторых случаях (при составлении блоковых карточек на рудниках или рабочих планов лав на угольных шахтах) горные выработки и показатели залежи изображают в плоскости последней, т. е. пользуются при этом разверткой.

При составлении маркшейдерских чертежей и при графическом решении геометрических задач важно правильно выбрать, способ и масштаб построения.

Выбор способа построения определяется назначением составляемого графика и необходимостью удовлетворения основных требований, предъявляемых к техническому чертежу. К их числу кроме наглядности и удобоизмеримости следует отнести простоту построения и обеспечение требования динамичности графика, т. е. возможности отражать на нем развитие работ и изменение показателей залежи. В связи с этим возникает необходимость систематического пополнения или быстрого пересоставления графиков. Последнее в значительной степени обеспечивается механизацией графических работ.

Выбор масштаба построения обуславливается точностью исходных данных и требуемой точностью результата, получаемого с помощью графического построения. При этом следует различать два случая:

- 1) точность исходных данных превышает необходимую точность результата;
- 2) точность исходных данных ниже необходимой точности результата.

В первом случае масштаб графических построений выбирается с расчетом получения результатов заданной точности, а во втором - масштаб построений должен отвечать точности исходных данных.

Масштаб M графического построения, имеющего целью определение линейной величины, находится из выражения

$$M = \frac{a}{D} \quad (1.1)$$

где a - линейная ошибка графических построений, принимаемая в точных построениях (например, при построении координатной сетки) равной 0,1 мм,

а в рядовых графических построениях - 0,2 - 0,3 мм; D - необходимая линейная точность определения искомой величины, задаваемая условиями задачи.

1.2. Проекция точек, прямых и плоскостей

Исходным элементом в геометрических представлениях является точка. В самом деле, представление о прямых плоскостях, геометрических телах любой формы и их взаимных отношениях создается по совокупности их характерных точек

При использовании проекций с числовыми отметками положение изображаемых характерных точек в пространстве определяется их ортогональными проекциями на плоскости и расстояниями по нормали от этих точек до плоскости проекций, выраженными числом. Указанные числа, называемые отметками, выписываются около проекций точек.

Отсюда возникло и название метода - проекции с числовыми отметками. Если изображаемые точки лежат выше горизонтальной плоскости, принимаемой за нулевую плоскость, то их отметки считаются положительными, если ниже - отрицательными.

Положение точек в пространстве по результатам съемок определяется прямоугольными пространственными координатами (x , y , z). При изображении точек в проекциях с числовыми отметками на горизонтальной плоскости x и y выражаются графически, а z числом (отметкой точки). При этом ориентировка координатных осей в пространстве берется так же, как и в геодезии и маркшейдерском деле.

На рис. 1,а представлено положение точек A , B , и C в пространстве относительно горизонтальной плоскости проекций H .

На рис. 1,б те же точки изображены в проекции с числовыми отметками. Проекции точек обозначены малыми буквами.

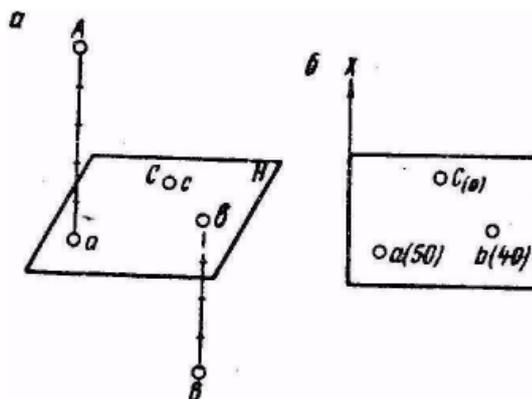


Рис. 1. Проекция точек:

а - положение точек в пространстве, б - изображение точек в проекции с числовыми отметками

Прямая линия в проекции с числовыми отметками изображается прямой линией. В частном случае, когда прямая перпендикулярна плоскости проекций, проекция прямой - точка.

Положение прямой линии в пространстве вполне определяется двумя точками, взятыми на прямой, или одной точкой и направлением ее. Последнее обычно берется в сторону понижения прямой и определяется двумя угловыми величинами: в горизонтальной плоскости - дирекционным углом α_0 или азимутом; в вертикальной плоскости - углом наклона σ_0 прямой к горизонту. Тангенс угла наклона σ_0 называется уклоном прямой и обозначается буквой i . Величина его иногда пишется над проекцией прямой в виде десятичной дроби. На рис. 2 изображены в проекциях с числовыми отметками две прямые линии. Одна из них задана двумя точками, а вторая - одной точкой и направлением.

Пользуясь проекцией прямой, легко найти истинную длину ее, угол наклона к горизонту путем построения вертикального профиля прямой.

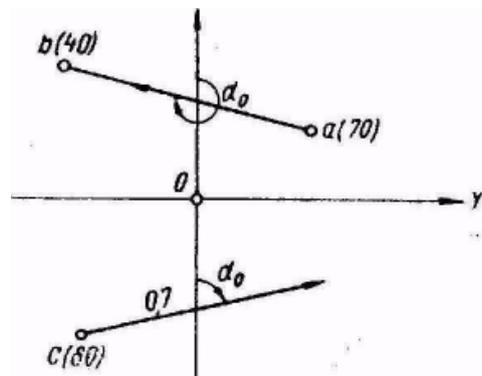


Рис. 2. Проекция прямых линий

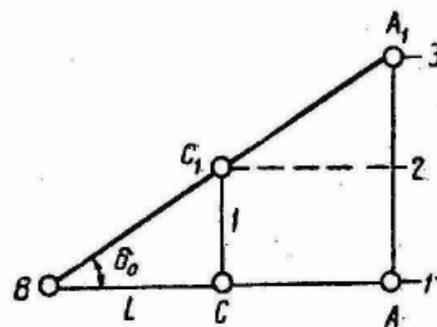


Рис. 3. Уклон и интервал прямой

Для характеристики уклона прямой в горногеометрических задачах пользуются не только числом i , но и графической величиной - интервалом. Интервалом называется проекция отрезка прямой, разность отметок на концах которого равна единице. Интервал обозначается буквой L .

Из рис. 3 видно, что уклон i есть величина, обратная интервалу

$$i = \operatorname{tg} \delta_0 = \frac{C_1 C}{BC} = \frac{1}{L}$$

или

$$L = ctg\delta_0 \quad (1,2)$$

Решение многих задач требует наличия на проекции прямой точек с отметками, выраженными целыми числами. Получение указанных точек называется градуированием проекций прямой.

При больших значениях угла σ_0 градуирование одним интервалом L неудобно ввиду незначительной его величины, особенно в мелких масштабах. В этом случае градуирование прямой производится 5, 10, 20 и более интервалами.

Перед градуированием находится величина интервала или кратная ей величина. При задании прямой координатами двух точек интервал равен проекции отрезка прямой, деленной на разность отметок данных точек. Если прямая задана координатами одной точки и направлением, то интервал находится графически или вычислением из выражения (I, 2).

Пусть прямая задана координатами точки A и направлением $\alpha_0\sigma_0$. Требуется изобразить ее в проекции с числовыми отметками и градуировать $10L$. По горизонтальным координатам точки A строится ее проекция (рис. 4). По α_0 через точку $A(63,5)$ проводится направление прямой. В правой части рисунка построен профиль прямой, на котором в масштабе плана по вертикальной шкале KK' от уровня 63,5 нанесены точки с отметками, кратными десяти.

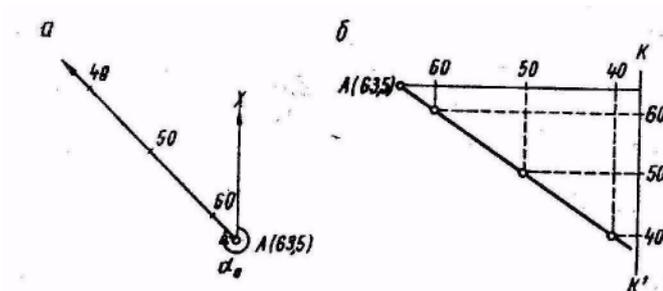


Рис. 4. Градуирование прямой:
а — проекция прямой, б — профиль прямой

Спроектировав их последовательно на профиль прямой и на линию горизонта, на последней будет осуществлено градуирование проекции прямой в плоскости профиля. Для решения задачи остается перенести полученный результат на план.

Прямые в пространстве могут быть параллельны друг другу, пересекаться и скрещиваться.

При параллельности прямых проекции их тоже параллельны, интервалы равны и числовые отметки убывают или возрастают в одну и ту же сторону.

Пересекающиеся в пространстве прямые линии в проекции с числовыми отметками изображаются пересекающимися прямыми. Точка их пересечения имеет отметку, общую для обеих прямых. В частном случае, когда пересекающиеся в пространстве прямые расположены в одной проектирующей плоскости, проекции их изображаются одной прямой.

Если прямые в пространстве не пересекаются, а скрещиваются, они в точке их пересечения на плоскости проекции будут иметь разные отметки.

Положение плоскости в пространстве в проекции с числовыми отметками определяется:

- 1) координатами трех точек, не лежащих на одной прямой;
- 2) прямой линией и точкой, расположенной вне этой прямой;
- 3) координатами одной точки и двумя выходящими из нее направлениями;
- 4) двумя параллельными прямыми.

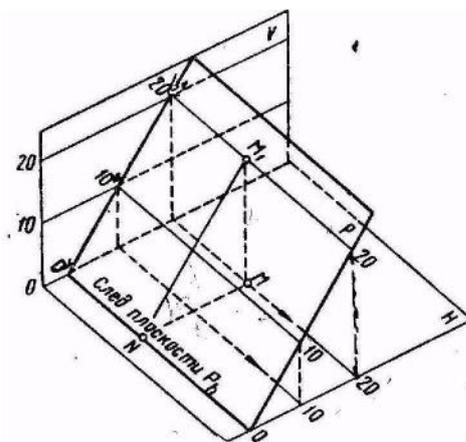


Рис. 5. Проекция плоскости P

При любом задании плоскости решение встречающихся задач сводится к изображению плоскости в проекции с числовыми отметками и к определению элементов залегания плоскости.

В маркшейдерской практике плоскость задается чаще координатами трех точек или пересекающимися в некоторой точке направлениями.

На рис. 5 показано положение некоторой плоскости P относительно горизонтальной плоскости H и вертикальной плоскости V , т. е. ее положение в пространстве. Линия пересечения плоскости P с плоскостью H называется следом плоскости и обозначается P_h . Линия M_1N , лежащая в плоскости P , перпендикулярна следу P_h , называется линией падения плоскости, или линией наибольшего ската. Угол, образованный этой линией с горизонтальной плоскостью проекций H , называется углом падения плоскости и обозначается буквой σ .

Если рассечь плоскость P равностоящими горизонтальными плоскостями, то в сечениях получим равноотстоящие друг от друга горизонтальные линии, называемые горизонталями плоскости P . На рис. 5 показаны горизонтали 0, 10, 20. Нетрудно видеть, что они перпендикулярны линии падения плоскости и фиксируют простирание последней. Направление простирания плоскости берется влево от направления линии падения и измеряется горизонтальным углом между положительным направлением оси x и направлением простирания - дирекционным углом α , отсчитываемым по часовой стрелке. Сокращенно α называется углом простирания плоскости.

При изображении плоскости P в проекции с числовыми отметками на плоскость проекции H проектируются горизонтали плоскости P . На рис. 5 они представлены параллельными прямыми $0'$, $10'$, $20'$. Как следует из рисунка, проекции горизонталей с надписанными около них отметками вполне определяют положение плоскости в пространстве. Поэтому и принято изображать плоскости в проекциях с числовыми отметками в виде горизонталей.

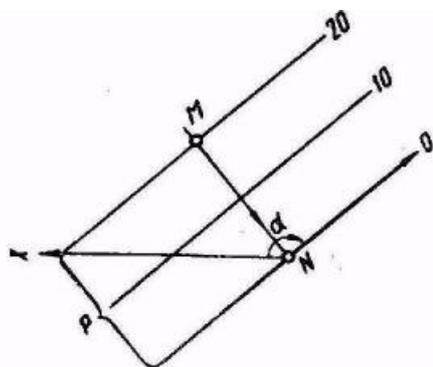


Рис. 6. Изображение плоскости P в проекции с числовыми отметками

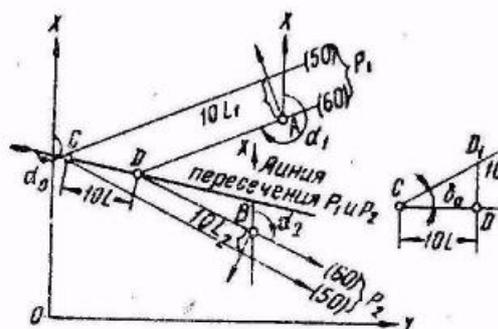


Рис. 7. Пересечение плоскостей

На рис. 6 плоскость P , показанная на рис. 5, изображена в проекции с числовыми отметками горизонталями 0, 10 и 20. Для изображения плоскости и характеристики ее элементов залегания достаточно двух горизонталей.

Кратчайшее расстояние s между горизонталями на плане зависит от угла падения плоскости и выражается соотношением

$$s = h \operatorname{ctg} \delta \quad (1,3)$$

где h - вертикальное расстояние между горизонталями (сечение горизонталей); σ - угол падения плоскости.

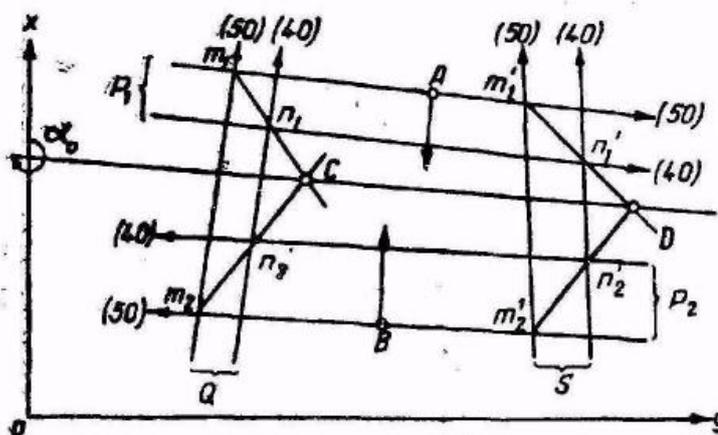


Рис. 8. Определение линии пересечения плоскостей с использованием наклонных вспомогательных секущих плоскостей

При любом задании плоскости ее изображение в горизонталях сводится к градуированию известных направлений в плоскости и к проведению горизонталей по точкам с одинаковыми отметками.

Плоскость, изображенная горизонталями, вполне определяет ее элементы залегания.

Плоскости в пространстве могут быть параллельными или пересекающимися.

Если плоскости параллельны, то горизонтали их тоже параллельны, линии падения имеют равные интервалы и падение их направлено в одну и ту же сторону.

Если плоскости P_1 и P_2 пересекаются (рис. 7), то линией их пересечения будет линия, соединяющая точки пересечения горизонталей указанных плоскостей с одинаковыми отметками (точки C и D). Здесь α_0 - простирание

линии пересечения плоскостей P_1 и P_2 , а σ_0 - угол наклона к горизонту-этой линии.

Если горизонталы двух пересекающихся плоскостей P_1 и P_2 пересекаются вне пределов чертежа (рис. 8), то для построения линии пересечения указанных плоскостей последние пересекаются двумя произвольными вспомогательными плоскостями Q и S . При этом строятся одинаковые горизонталы плоскостей P_1 , P_2 , Q и S , например горизонталы с отметками 50 и 40.

Горизонталы первых двух плоскостей строятся по элементам залегания их в точках A и B , а для плоскостей Q и S проводятся произвольно. Линии пересечения (m_1n_1 и m_2n_2) плоскости Q с плоскостями P_1 и P_2 позволяют найти точку C , принадлежащую линии пересечения заданных плоскостей. Аналогично, при помощи вспомогательной плоскости S , находится на той же линии пересечения точка D . По точкам C и D строится линия пересечения плоскостей P_1 и P_2 , а по отметкам этих точек определяется простирание и угол наклона ее к горизонтали.

Вспомогательным плоскостям Q и S можно придавать вертикальное положение (рис. 9). В этом случае точки c и d , лежащие на линии пересечения, находятся из построения вертикальных сечений, выполняемых отдельно (например, сечение Q) или совмещении на плане (сечение S).

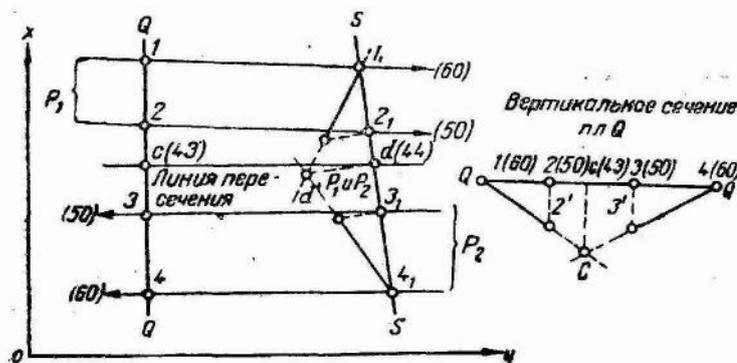


Рис. 9. Определение линии пересечения плоскостей с использованием вертикальных сечений

Линии пересечения плоскостей при решении горногеометрических задач реально представляют структурные линии складчатого или осложненного разрывами залегания пород.

При решении практических задач представляют интерес взаимные положения прямых и плоскостей, выражающие взаимные отношения

выработок и залежей. Здесь могут быть два случая: прямая пересекает плоскость и прямая расположена в плоскости.

Пусть в точке A (рис. 10) плоскость P имеет элементы залегания α и σ , а из точки B задана прямая по направлению $\alpha_0\sigma_0$. На рис. 10,а плоскость P изображена горизонталями 70 и 60. Определить координаты точки пересечения C прямой с плоскостью и истинную длину отрезка прямой BC . Для этого возьмем вертикальное сечение по заданной прямой (рис. 10,б). В плоскости этого сечения изобразятся заданная прямая и плоскость P в виде прямых, дающих искомые элементы - точку пересечения и истинную длину отрезка. По совокупности рис. 10,а и 10,б определяются координаты точки C .

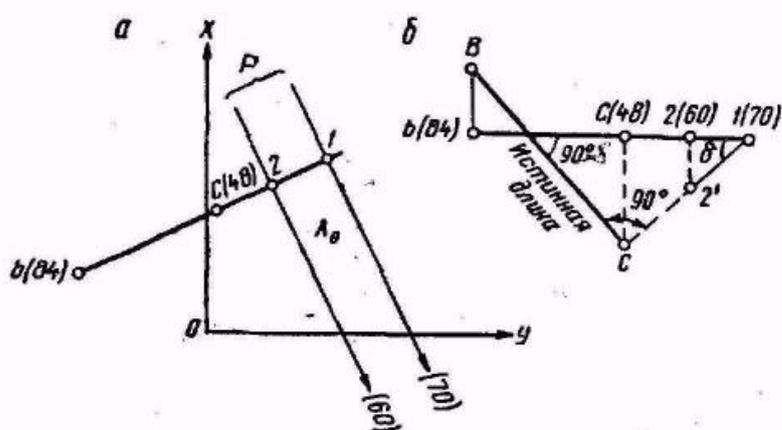


Рис. 10. Прямая пересекает плоскость

Простираение прямой в плоскости может быть любым, а угол наклона прямой при этом может изменяться от 0° (прямая параллельна простираению плоскости) до угла падения σ плоскости (прямая совпадает с линией падения плоскости).

Практический интерес представляет решение следующих задач:

а) найти угол наклона σ_0 прямой, лежащей в заданной плоскости и имеющей направление α_0 .

б) провести в плоскости прямую с заданным уклоном. Пусть на рис. 11, а плоскость P в точке A задана элементами залегания α , σ и изображена горизонталями 100 и 50.

Из точки 1 по направлению α_0 проведена прямая 1-2. Найти σ_0 этой прямой. Последний находится путем построения вертикального сечения 1-2.

На рис. 11, б изображена горизонталями 100 и 50 плоскость P по ее элементам залегания α , σ . Из точки 1 по восстанию плоскости P требуется

задать прямую с углом наклона 60. В правой части рисунка получена величина заложения (1-2) прямой с этим углом наклона между горизонталями 100 и 50. Как следует из рисунка, задача имеет два решения - заданную прямую можно провести по направлению α_0 и α_0' .

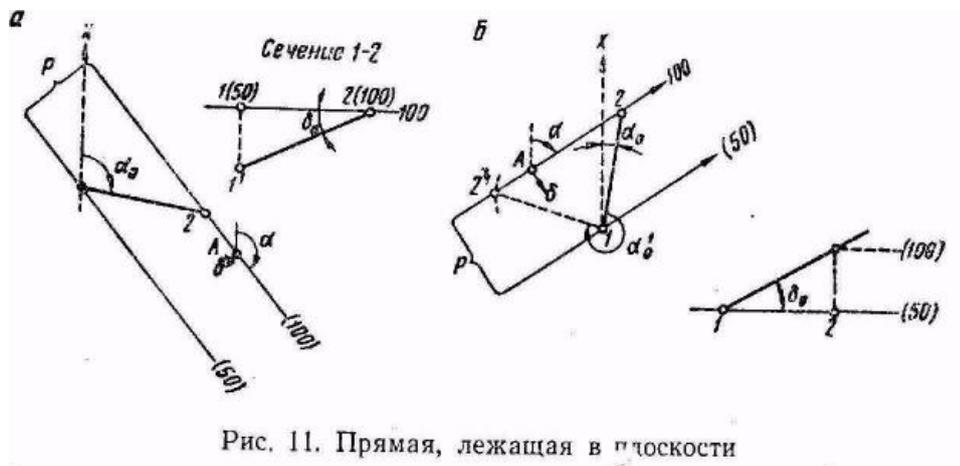


Рис. 11. Прямая, лежащая в плоскости

1.3. Метод совмещения

При использовании проекций с числовыми отметками в решении горногеометрических задач широко применяется метод совмещения, позволяющий определять искомые линейные и угловые величины, лежащие в заданной плоскости.

Рассмотрим решение указанным методом ряда часто встречающихся геометрических задач.

Совмещенное положение точки. Пусть некоторая точка $b(100)$ лежит в плоскости P , в свою очередь заданной координатами точки $k(75)$ и элементами залегания плоскости α и σ (рис. 12).

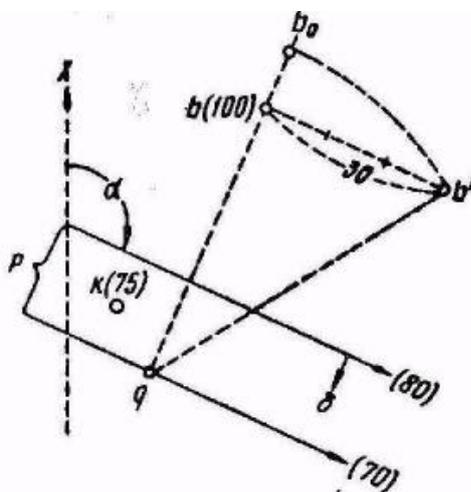


Рис. 12. Совмещенное положение точки

Требуется найти положение точки $b(100)$ при совмещении плоскости P с плоскостью плана. Указанное положение точки \mathbf{B} называется совмещенным. Данная задача является элементарной для решения геометрических задач методом совмещения.

Совмещение плоскости P с плоскостью плана осуществляется путем вращения ее около какой-нибудь горизонтали, например горизонтали 70, принимаемой за ось вращения. При этом точка $b(100)$, как любая точка плоскости P , будет перемещаться по линии восстания qb на расстояние bb_0 , равное разности между истинной длиной qb' линии восстания и ее горизонтальной проекцией qb . Таким образом, $qb' = qb_0$. Точка b_0 фиксирует совмещенное положение точки $b(100)$.

Определение расстояния от точки до прямой. Даны точка $C_{(65)}$, и прямая $a_{(80)}b_{(40)}$ (рис. 13). Требуется определить кратчайшее расстояние от точки c до заданной прямой. Точка $C_{(65)}$ и прямая $a_{(80)}b_{(40)}$ определяют положение плоскости, в которой они расположены. Градуированием прямой ab найдем на ней точку d с отметкой 65. Прямая cd - горизонталь указанной плоскости. Вращением последней около горизонтали 65 найдем совмещенное положение точек $a_{(80)}$ и $b_{(40)}$, т. е. совмещенное положение прямой ab . Прямая a_0b_0 равна истинной длине прямой $a_{(80)}b_{(40)}$. Теперь прямая a_0b_0 и данная точка c лежат в плоскости плана. Перпендикуляр ce' , опущенный из точки c на прямую a_0b_0 , является искомым кратчайшим расстоянием от точки до прямой.

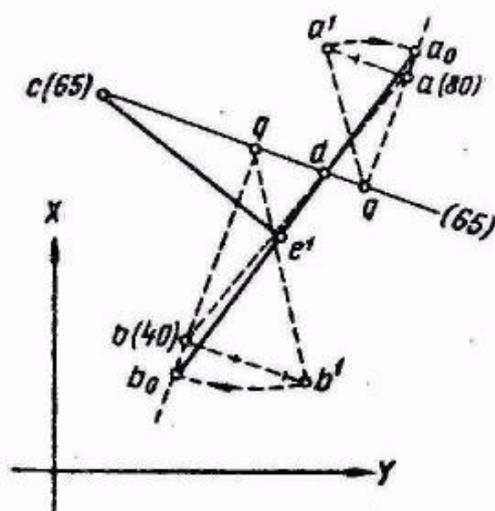


Рис. 13. Определение расстояния от точки до прямой

Определение угла между пересекающимися прямыми. Данная задача часто встречается в горногеометрической практике, например при

определении угла между осью выработки и нормалью к залежи при построении нормального разреза и т. д.

Из точки $a_{(120)}$ (рис. 14) заданы элементами залегания две прямые $ab(\alpha_1\sigma_1)$ и $ac(\alpha_2\sigma_2)$. Требуется найти истинную величину угла β между ними. Искомый угол лежит в наклонной плоскости, определяемой указанными прямыми. Из вспомогательного построения, расположенного справа от основного рисунка, находятся на заданных прямых точки 1 и 2, имеющие одинаковые (100) отметки. Их положение на основном рисунке фиксирует горизонталь 100 плоскости. Вращением последней около этой горизонтали находят совмещенное положение вершины искомого угла - точки a_0 . Соединяя a_0 с неподвижными точками 1 и 2, находят истинную величину искомого угла

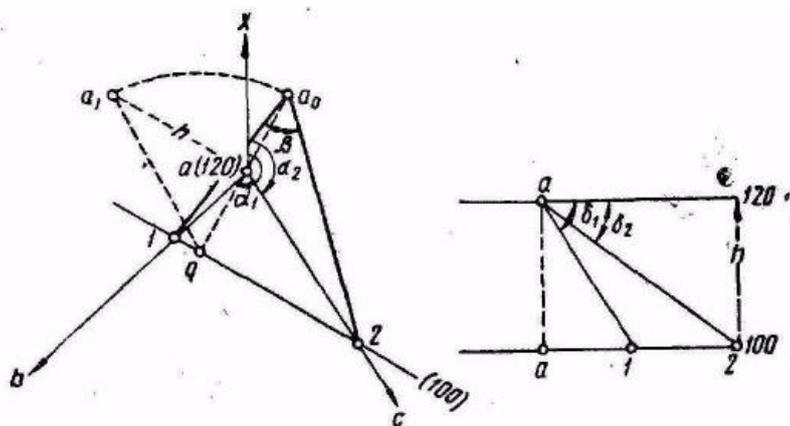


Рис. 14. Определение угла между пересекающимися прямыми

β .

Определение угла между пересекающимися плоскостями. Эти задачи также часто встречаются при горногеометрических работах, например при определении угла складки, угла смещения между выделенными системами трещин и др.

Пусть точками $a_{(80)}$ и $b_{(80)}$, а также элементами залегания заданы пересекающиеся плоскости P_1 и P_2 (рис. 15).

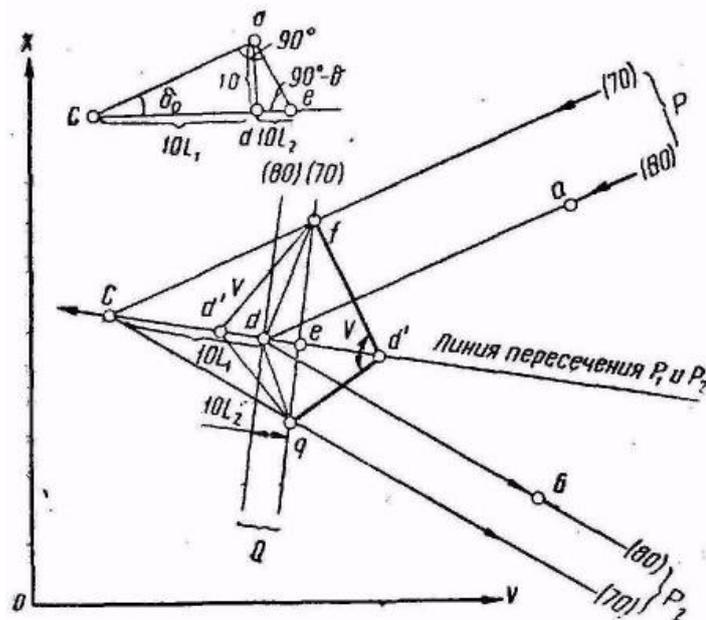


Рис. 15. Определение угла между пересекающимися плоскостями

Последние на рисунке изображены горизонталями 80 и 70. Линия cd и ее продолжение - линия пересечения плоскостей P_1 и P_2 . Истинная величина угла между пересекающимися плоскостями лежит в нормальносекущей плоскости Q . Ее горизонталь перпендикулярна линии пересечения, а угол падения равен дополнению до 90° от угла наклона σ_0 линии пересечения плоскостей P_1 и P_2 . Изображение плоскости горизонталями 80 и 70 ясно из рис. 15. Угол fdq - проекция искомого угла. Вращением плоскости Q около горизонтали 70 находят по предыдущему совмещенное положение вершины d' искомого угла и истинная его величина $fd'q=V$.

Определение угла между прямой и плоскостью. Мерой этого угла является угол между прямой и ортогональной проекцией ее на заданную плоскость.

На рис. 16, а дано пространственное изображение плоскости P и прямой Ab , пересекающей P в точке b . Если из точки A опустить перпендикуляр Aa на плоскость P , то угол $Aba=\beta$ будет искомым углом, так как отрезок ab по построению является проекцией заданной прямой Ab на плоскость P .

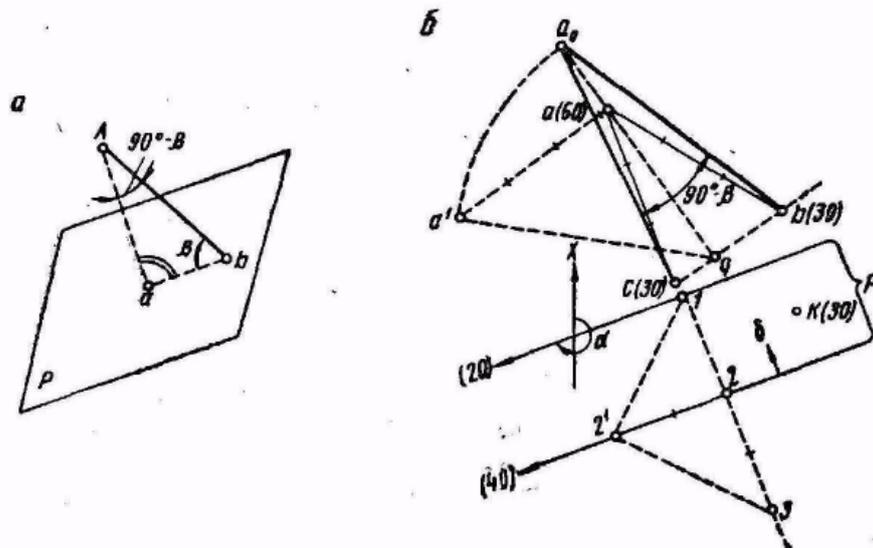


Рис. 16. Определение угла между прямой и плоскостью

Угол β просто вычисляется, если найти величину угла $aAb=90^\circ-\beta$ и заключенного между заданной прямой Ab и нормалью Aa к плоскости P . Таким образом, задача в основном сводится к нахождению истинной величины угла между двумя пересекающимися прямыми.

На рис. 16, б изображены в проекции с числовыми отметками: плоскость P , заданная точкой $k_{(30)}$ и элементами залегания α и σ , а также прямая Ab , заданная координатами точек A и b . Последняя могла быть задана координатами точки A и элементами залегания прямой - простиранием и углом наклона к горизонту.

Плоскость P на рис. 16,б изображена по исходным данным горизонталями 40 и 20. Проекция прямой $a_{(60)}b_{(30)}$ проградирована кратно 10. Из точки $a_{(60)}$ на рисунке 16, б проведем прямую, перпендикулярную плоскости P . Градуируя ее также кратно 10, получим точку с отметкой, равной отметке точки b , т. е. точку c . Отрезок $a_{(30)}b_{(30)}$ является горизонталью 30 плоскости, в которой располагаются пересекающиеся в точке $a_{(60)}$ заданная прямая и нормаль к плоскости P .

Аналогично предыдущему, вращением плоскости около горизонтали 30, строится совмещенное положение вершины угла между указанными прямыми и измерением, находится истинная величина этого угла ($\angle caob$), равная $90^\circ-\beta$, откуда вычислением определяется искомый угол β между прямой Ab и плоскостью P .

1.4. Проекция многогранников

В инженерной практике часто приходится иметь дело с телами, которые при определенных условиях принимаются за многогранники (котлованы, насыпи, отвалы пород, склады полезного ископаемого и другие объекты).

По заданным проектным параметрам и положению объектов относительно опорной сети и других элементов ситуации поверхности производится перенос их в натуру. Последнее, а также определение объемов работ, количества материала в объемной мере и решение других практических вопросов требуют изображения тел, принимаемых за многогранники, и решения с ними некоторых геометрических задач.

В проекциях с числовыми отметками многогранники задаются проекциями их ребер с обозначением на них отметок. Имея отметки точек на ребрах многогранников, можно провести через точки с одинаковыми отметками ряд горизонтальных плоскостей. Сечения последних с гранями многогранников дают прямые, являющиеся горизонталями этих граней.

Контур многогранника в пересечении с поверхностью земли сводится к построению плоского сечения многогранника. Таким образом, геометрические задачи на многогранники, решаемые в проекции с числовыми отметками, сводятся к градуированию прямых, изображению горизонталями совокупности плоскостей и построению линий пересечения плоскостей, т. е. к решениям ранее рассмотренных задач. Особенности решения задач на многогранники применительно к отдельным вопросам горной геометрии будут рассмотрены в соответствующих разделах курса.

1.5. О поверхностях

Всякую поверхность можно рассматривать как геометрическое место всех последовательных положений линии, движущейся в пространстве определенным образом. Движущаяся в пространстве линия, прямая или кривая, образующая поверхность, называется образующей поверхности, а линия, по которой движется образующая, называется направляющей.

Основу классификации поверхностей составляет вид их образующих. Поверхности, образованные движением в пространстве кривых линий, называются кривыми поверхностями. Поверхности с прямолинейными образующими носят название линейчатых поверхностей.

Свойство последних разворачиваться или не разворачиваться на плоскости без образования разрывов и складок служит основанием для

подразделения линейчатых поверхностей на две группы: 1) линейчатые развертывающиеся поверхности и 2) линейчатые не развертывающиеся, или косые поверхности.

Применительно к задачам горной геометрии из всего разнообразия поверхностей выделим цилиндрическую, коническую и топографическую поверхности.

Цилиндрическая поверхность является поверхностью, образованной движением в пространстве прямой линии по некоторой направляющей; при этом образующая во все время своего движения остается параллельной некоторому направлению.

Образующая и направляющая не должны лежать в одной плоскости, так как при несоблюдении этого условия цилиндрическая поверхность обращается в плоскость.

Все образующие цилиндрической поверхности параллельны между собой, т. е. элементы залегания - глы простираения и падения - одинаковы для всех образующих.

Любая линия, проведенная на цилиндрической поверхности, может быть принята за направляющую. Следовательно, направляющая цилиндрической поверхности может быть плоская кривая и кривая двойкой кривизны. В решении горногеометрических задач направляющая цилиндрической поверхности выступает в форме плоского горизонтального (горизонталь поверхности) или вертикального (профиль поверхности) сечения.

Плоскость, перпендикулярная к образующим цилиндрической поверхности, пересекает последнюю по кривой, являющейся нормальным сечением цилиндрической поверхности.

Сечение цилиндрической поверхности горизонтальной плоскости дает кривую на поверхности, называемую горизонталью. При решении горногеометрических задач в проекции с числовыми отметками цилиндрическая поверхность на плане изображается горизонталями. Исходными данными при этом являются направляющая и элементы залегания образующей поверхности, отнесенные к определенным точкам. Градуирование образующих позволяет найти на них точки с отметками, кратными выбранному сечению. Соединение точек с одинаковыми' отметками плавной кривой дает горизонтали цилиндрической поверхности.

Коническая поверхность является поверхностью, образованной движением прямой линии в пространстве по некоторой направляющей, причем один конец образующей во все время движения опирается на постоянную точку, называемую вершиной конической поверхности. Следовательно, все образующие конической поверхности пересекаются в ее вершине.

Направляющей конической поверхности, как и цилиндрической, может быть какая угодно кривая, проведенная на конической поверхности. При решении горногеометрических задач направляющая конической поверхности обычно берется в виде горизонтали или вертикального профиля этой поверхности.

В проекции с числовыми отметками коническая поверхность на плане изображается горизонталями. Исходными данными для этого служат положения вершины конуса и направляющей поверхности. Пользуясь ими, проводят образующие конической поверхности и градуируют кратко выбранному сечению горизонталей. После этого по точкам с одинаковыми отметками строят горизонтали конической поверхности.

Особенности использования свойств цилиндрической и конической поверхностей при построении складчатых структур по данным горных и разведочных работ будут отмечены ниже при изложении соответствующего раздела курса.

Топографической называется неправильная поверхность, которая не может быть описана или выражена математической формулой. Такой поверхностью является поверхность земли. Методы изучения и изображения поверхности земли в совершенстве разработаны в топографии. В топографии нашел наиболее широкое применение метод проекции с числовыми отметками, который получил название метода изолиний.

Плодотворность использования этого метода в геометризации месторождений полезных ископаемых доказана многими работами П.К. Соболевского и опытом проведения этого рода работ.

Более детальное изложение особенностей приложения метода изолиний к решению задач геометризации месторождения будет дано ниже - в соответствующем разделе курса.

1.6. Достоинства и недостатки метода проекций с числовыми отметками

Достоинство проекций с числовыми отметками заключается в том, что они дают возможность быстро изображать предметы, распространяющиеся на значительные расстояния, два измерения которых превосходят третье. Поэтому, хотя проекции с числовыми отметками позволяют решать все те задачи, которые обычно решаются в ортогональных проекциях на две плоскости, они применяются главным образом для изображения земной поверхности, пластов горных пород и дна водных бассейнов.

Планы и карты земной поверхности, горных пород и дна водных бассейнов, составленные в проекциях с числовыми отметками, а также исполненные по ним различного рода профили и разрезы дают возможность просто и быстро решать многочисленные и разнообразные задачи инженерной практики, относящиеся к вопросам технического проектирования сооружений на земной поверхности и в недрах земли.

Одновременно этот метод является превосходным средством выполнения отдельных промежуточных решений и Построений. Получаемая при этом точность решения задач оказывается вполне достаточной при решении как общих, так и частных вопросов, касающихся выбора тех или иных проектов. Такие задачи могут вполне решаться графически. Однако сочетание графического метода решения с числовыми расчетами нередко упрощает дело и быстрее приводит к цели.

Основным недостатком метода проекций с числовыми отметками является малая наглядность изображения, требующая значительной работы воображения для пространственного представления изображаемых объектов. В этом отношении он значительно уступает другим методам проектирования (перспективные, аксонометрические проекции, ортогональные проекции на две плоскости).

В заключение для иллюстрации прикладного значения метода проекций с числовыми отметками перечислим некоторые из многочисленных задач, решаемых с его помощью:

1. Составление планов и карт разного назначения в изолиниях.
2. Составление профилей изображаемых поверхностей по различным направлениям.
3. Построение промежуточных профилей на основании заданных (интерполирование профилей).

4. Проведение направлений с заданным (проектным) уклоном.
 5. Определение границ насыпей и выемок и других сооружений. Определение объемов.
 6. Определение элементов залегания пластов и жил по данным разведки.
 7. Построение линий выходов залежей, или геологических контактов на поверхность земли или под наносы.
 8. Подсчет запасов полезного ископаемого по планам в изолиниях и др.
- Решение этих горногеометрических задач в проекциях с числовыми отметками будет рассмотрено в соответствующих местах курса.

Контрольные вопросы

1. Проекция с числовыми отметками (ПЧО). Проекция прямых, градуирование, элементы залегания.
2. Проекция плоскостей. Способы задания плоскостей и построение в ПЧО. Элементы залегания.
3. Соотношения между прямыми. Метод совмещения плоскостей. Определение угла между прямыми, кратчайшее расстояние от прямой до плоскости, угол между прямой и плоскостью. Соотношения между плоскостями.
4. Линейная и геометрическая проекция. Сущность линейных проекций. Проекция прямых и плоскостей. Решение задач.
5. Сущность стереографического проектирования. Свойства стереографических проекций. Проекция прямых и плоскостей. Решение задач.
6. Азимутальные стереографические сетки Вульфа и Каврайского. Их построение. Решение задач при помощи сеток.
7. Полярные стереографические сетки. Их применение при обработке больших массивов плоскостных элементов.

Список литературы

1. Геодезия и маркшейдерия: учеб. для вузов по специальности "Физ. процессы горн. или нефтегазового пр-ва". направления подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело" / В.Н. Попов [и др.] ; под ред. В.Н. Попова, В.А. Букринского. - 2-е изд., стер. - М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2007. - 452 с.
2. Снетков В. И. Математическая статистика в горном деле : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело" / В. И. Снетков; Иркут. гос. техн. ун-т. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. - 183 с.

2-ТЕМА: АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ И АФФИННЫЕ ПРОЕКЦИИ

План:

1. *Общие сведения*
2. *АксонOMETрические проекции*
3. *Аффинные проекции*
4. *Аффинные проекции*

Ключивые слова: аксонOMETрические проекции, аффинные проекции, блок-диаграмма, каркас, горные выработки.

1.7. Общие сведения

В комплект графической документации геологоразведочных и горных работ могут входить обзорные графики, графики, изображающие отдельные сложные узлы горных выработок или геологических структур, и схемы специального назначения. Для этих материалов наглядность имеет большее значение, чем удобоизмеримость; Поэтому в данном случае необходимо иметь графики, которые в первую очередь обеспечивают наиболее полное пространственное (объемное) представление об изображаемых объектах.

Наглядные маркшейдерские графики горных выработок, как правило, строятся по их изображению в проекциях с числовыми отметками. Для этого преимущественно пользуются погоризонтными планами.

Геологические структуры по данным геологической съемки и разведки характеризуются картой выходов пород на поверхность земли или под наносы и системой вертикальных разрезов по разведочным линиям. Карта и разрезы являются основой для построения наглядного изображения геологической структуры, обычно называемого блок-диаграммой. Параллельное проектирование, обеспечивая получение достаточной наглядности изображения предмета, простоту построения и удовлетворения в какой-то мере требованию удобоизмеримости объемного чертежа, нашло широкое применение в маркшейдерской практике.

Разработаны разные способы использования принципа параллельного проектирования при построении объемных графиков. Широко применяют методы аксонOMETрии (осеизмерения) и аффинных преобразований.

Сущность аксонOMETрического метода лучше всего показать на примере изображения простейшего элемента - точки. При изображении любого тела дело сводится к проектированию (изображению на плоскостях) характерных его точек.

Отнесем изображаемую точку A' (рис. 17) к системе прямоугольных координат x', y', z' с началом в точке o' . Спроектируем по некоторому направлению P точку A' вместе с осями прямоугольных координат $o'x', o'y', o'z'$ на произвольно выбранную плоскость проекций K .

Проекцию начала координат o' обозначим буквой o , а проекции осей x', y', z' обозначим соответственно буквами x, y, z . Последние называются аксонометрическими осями. Проекцию точки A' обозначим буквой A . Она называется аксонометрической проекцией точки A' . Точка a_3 называется аксонометрической проекцией точки a_3' , или вторичной горизонтальной проекцией точки A' . Аналогично могут быть получены вторичные проекции на других координатных плоскостях. Отрезки на плоскости проекций K , параллельные аксонометрическим осям x, y, z , определяющие положение точки A , есть аксонометрические координаты этой точки. На рис. 17 изображен отрезок a_3A (аксонометрическая координата z точки A).

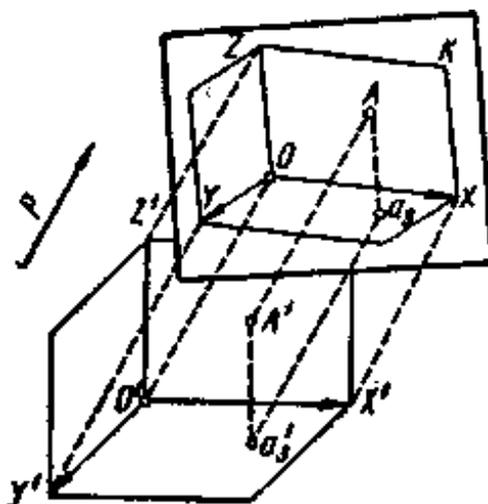


Рис. 17. Сущность аксонометрического проектирования

Из рис. 17, следует, что точка A может быть аксонометрической проекцией любой точки, лежащей на направлении $A'A$. Следовательно, одной аксонометрической проекцией положение точки не определяется. Аксонометрические координаты точки можно получить, если кроме аксонометрической проекции будет дана хотя бы одна вторичная проекция точки, например a_3 . Таким образом, в аксонометрической проекции точка вполне определяется: а) тремя аксонометрическими координатами, б) аксонометрической и вторичной проекциями и в) двумя вторичными проекциями. Всякое изменение точки A' в пространстве обязательно изменяет

хотя бы одну из ее координат, а вместе с тем и изображение этой координаты, т. е. аксонометрические координаты точки будут уже иными.

Аксонометрическим проекциям присущи следующие основные свойства:

1) если линии в пространстве параллельны друг другу, то их аксонометрические проекции взаимно параллельны;

2) если отрезки прямых или углы лежат в плоскости, параллельной плоскости аксонометрических проекций, то они проектируются на последнюю не искажаясь;

3) если линии в пространстве пересекаются, то и аксонометрические проекции их пересекаются, причем точки пересечения их проекций являются проекцией точек пересечения самих линий в пространстве;

4) все параллельные отрезки искажаются при проектировании в одном и том же отношении. При построении объемных маркшейдерских графиков широко используются в качестве исходных материалов погоризонтные планы.

Это обстоятельство ставит в выгодное положение построения, основанные на использовании свойств аффинных преобразований, устанавливающих непосредственную проективную связь между различными горизонтальными плоскостями и плоскостью картины.

Сущность метода **аффинных преобразований (аффинных проекций)** заключается в следующем. Пусть в горизонтальной плоскости H (рис. 18), называемой предметной, располагается фигура Q ; пучком прямых, параллельных направлению S , каждая точка этой фигуры проектируется на картинную плоскость H' , расположенную под углом ψ к плоскости H . Соединяя полученные, таким образом, точки на плоскости P , будет иметь на последней параллельную проекцию Q' фигуры Q .

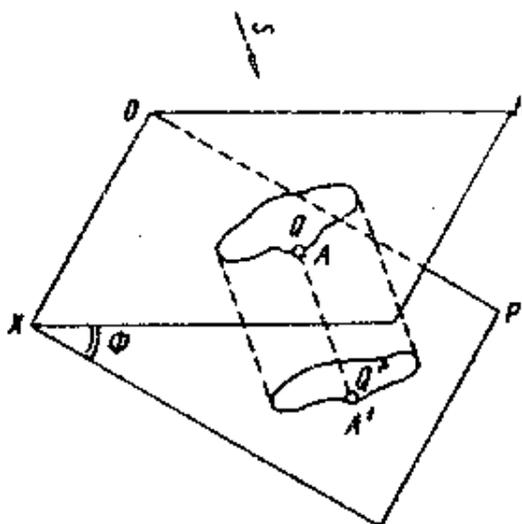


Рис. 18. Сущность метода аффинных преобразований

При указанном проектировании каждой точке (например, точке A) плоскости H будет соответствовать единственная точка A' плоскости P и, наоборот, каждой точке плоскости P будет соответствовать единственная точка плоскости H . Таким образом, в результате параллельного проектирования между точками плоскостей H и P устанавливается взаимно однозначное соответствие, называемое родственным, или аффинно-перспективным. Линия пересечения плоскостей H и P , принимаемая при построении аффинных изображений за ось x , называется осью родства. Точки A и A' называются родственными точками.

Как следует из рис. 18, аффинная проекция Q' фигуры Q определяется взаимным положением плоскостей H и P и направлением проектирования S . Последнее преимущественно берется перпендикулярным к оси родства (оси x).

Перечисленные выше основные свойства аксонометрических проекций присущи и аффинным проекциям, так как в основе тех и других лежит один и тот же принцип параллельного проектирования.

1.8. Аксонометрические проекции

В целях обеспечения необходимой наглядности и удобоизмеримости аксонометрического изображения объекта можно задаваться любым положением плоскости проекций K и любым направлением проектирования P относительно плоскости проекций. При этом размеры предмета на чертеже в направлениях, параллельных координатным осям, искажаются в том же отношении, что и сами оси.

Лучшая удобоизмеримость аксонометрического изображения предмета достигается в том случае, если координатные оси в пространстве совпадают с основными размерами предмета. Поэтому при изображении горных выработок или геологических структур стремятся координатные оси (x' , y' , z') в пространстве брать условными и параллельными соответственно направлениям линии простирания и падения залежи и отвесной линии. При этом отношение аксонометрических координатных осей к соответствующим координатным осям в пространстве характеризует искажения основных размеров предмета на чертеже. Так, отношение $\frac{x}{x'}$ служит мерой искажения на аксонометрическом изображении в направлении, параллельном оси ox . Обозначается это отношение буквой p . Аналогичным образом выражаются отношения

$$\frac{y}{y'} = q \text{ и } \frac{z}{z'} = r.$$

Величины p , q , r называются показателями искажения координат, так как показывают, как искажаются в проекциях линии, параллельные осям координат, или координаты какой-нибудь точки.

Отложим на осях координат в пространстве от начала o' отрезки, равные единице длины. Тогда $x'=1$, $y'=1$ и $z'=1$. Подставив их в выражения для p , q , r , найдем, что $p=x$, $q=y$, $r=z$. Таким образом, показатели искажения координат выражают длины аксонометрических проекций отрезка, равного единице и отложенного на осях координат в пространстве.

Показатели искажений координат для разных осей, вообще говоря, различны, но иногда они могут быть попарно или все равны друг другу. На этом признаке основана классификация аксонометрических проекций.

Если показатели искажений вдоль всех трех осей координат различны ($p \neq q \neq r$), то проекции называются триметрическими.

Проекции называются диметрическими, если показатели искажений координат вдоль двух каких-нибудь осей одинаковы, например $p=q$, $p=r$ или $q=r$.

Проекции называются изометрическими, если все показатели искажений координат равны друг другу.

Для того чтобы иметь возможность судить о расположении координатных осей, определять по чертежу размеры предмета, параллельные

осям, около изображения дается система аксонометрических осей, проградуированных в соответствии с принятым численным масштабом, и указываются показатели искажений координат (рис. 19). Подобная система аксонометрических осей с соответственными тремя линейными масштабами называется аксонометрическим масштабом. Последний характеризует условия принятого аксонометрического проектирования.

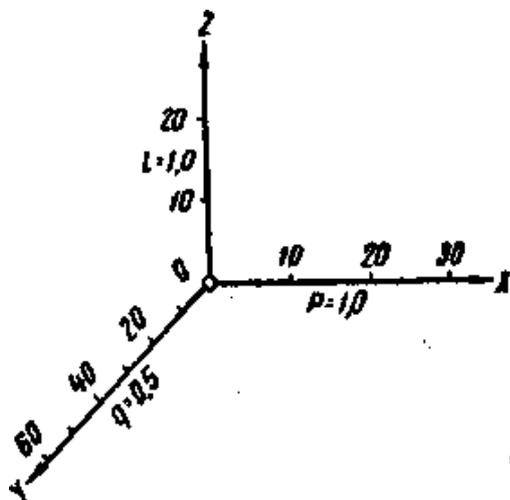


Рис. 19. Аксонометрический масштаб

Направление проектирования P по отношению к плоскости проекций K может быть косоугольным или прямоугольным. В первом случае аксонометрические проекции называются косоугольными и являются общим видом параллельного проектирования, во втором случае - прямоугольными.

Для косоугольных аксонометрических проекций основой являются теорема Польке: «Три произвольные прямые на плоскости чертежа, пересекающиеся в одной точке, могут быть приняты за аксонометрические проекции данных прямоугольных координатных осей в пространстве, а три произвольные конечные числа p , q , r могут быть приняты показателями искажений» и выражение

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2 + ctg^2 \delta \quad (11,1)$$

где p , q , r - показатели искажений координат; σ - угол между направлением проектирования и плоскостью проекций.

На рис. 20 изображены пространственные координатные оси $o'x$, $o'y$, $o'z$ и плоскость аксонометрических проекций $x y z$. При проектировании начала пространственных координат o' по нормали $o'o_2$ к плоскости проекций на

последней изображаются аксонометрические координаты o_2x , o_2y , o_2z (прямоугольное проектирование).

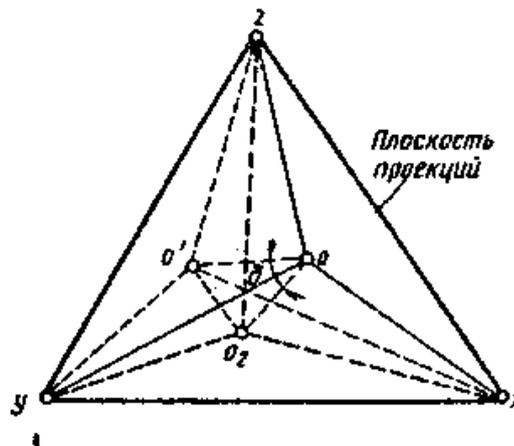


Рис. 20. Косоугольная и прямоугольная проекции пространственных координатных осей $O'x$, $O'y$, $O'z$

Если возьмем произвольное направление проектирования $o'o$, образующее с плоскостью проекций угол, отличный от прямого, то на ней изобразятся аксонометрические координаты ox , oy , oz (косоугольное проектирование). Здесь угол $o'o_2$ является углом σ .

При прямоугольном проектировании выражение (II, 1) принимает вид:

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2 \quad (11,2)$$

при котором можно задаваться значениями показателей искажений в пределах, определяемых формулой (II, 2).

Углы (S , T , U) между аксонометрическими осями при прямоугольном проектировании находятся в зависимости от принятых значений p , q , r по известным из курсов начертательной геометрии формулам

$$\begin{aligned} \cos S &= -\frac{1}{2qr} \sqrt{(p^2 + q^2 - r^2)(p^2 - q^2 + r^2)} \\ \cos T &= -\frac{1}{2pr} \sqrt{(p^2 + q^2 - r^2)(-p^2 + q^2 + r^2)} \\ \cos U &= -\frac{1}{2pq} \sqrt{(p^2 - q^2 + r^2)(-p^2 + q^2 + r^2)} \end{aligned}$$

или таблицам.

Из изложенного следует, что косоугольные проекции дают большую свободу в выборе условий проектирования. При этом можно задаваться аксонометрическими осями под произвольными углами друг к другу и выбирать наиболее удобные показатели искажений.

В практике получила признание косоугольная аксонометрическая проекция с показателями: $p=r=1$, $q=0,5$ и $\angle xoy=135^\circ$, обеспечивающая при изображении горных выработок простоту построения, хорошую наглядность и подходящие метрические свойства графика.

Объект любой сложной формы, с точки зрения изображения его на чертеже, представляет собой комплекс характерных точек. Поэтому порядок построения аксонометрического изображения объекта по его плану в проекции с числовыми отметками целесообразно проследить на примере изображения точки.

Пусть на рис. 21,а дана ортогональная проекция m_{16} точки M' . Ее положение в пространстве относительно условного начала o' определяется величинами $\Delta x'$, $\Delta y'$ и отметкой 16. На рис. 21,б построен аксонометрический масштаб косоугольной диметрической проекции для заданного численного масштаба.

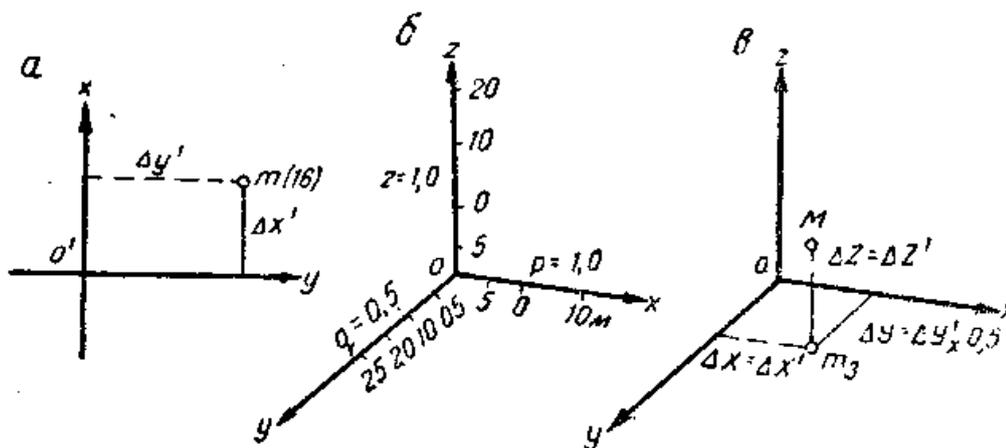


Рис. 21. Аксонометрическое изображение точки

Пользуясь данными, указанными на рис. 21, в, сначала строят горизонтальную вторичную проекцию m_3 , а затем и аксонометрическую проекцию M точки M' , отстоящую в масштабе построения от m_3 на величину отметки.

Аксонометрическое изображение прямой, плоскости или других элементов объекта, заданных комплексом точек, будет производиться

аналогично рассмотренному. Для этого все характерные точки предмета, изображенные на плане в проекциях с числовыми отметками, строят в аксонометрической проекции и соединяют между собой линиями так же, как они соединены в натуре.

Построение аксонометрических изображений горных выработок обычно производят по погоризонтным маркшейдерским планам в следующем порядке.

Пусть на рис. 22, а изображены горизонты -30 м, -230 м и -335 м части рудника.

Выбирают начало условных координат, направление координатных осей и коэффициенты искажений по этим осям. Начало координат целесообразно приурочивать к характерной точке, имеющейся на всех погоризонтных планах, например оси вертикальной выработки. Направления координатных осей x' и y берут совпадающими с направлениями основных выработок. Коэффициенты выбирают такими, чтобы они не нарушали наглядности и были удобными при построении.

В рассматриваемом примере аксонометрический масштаб характеризуется следующими данными: $p=r=1$, $q=0,5$ и ось y располагается под углом 45° к оси x .

Для каждого горизонта на кальке строят аксонометрическую координатную сетку с учетом принятых направлений осей и показателей искажений.

Далее на кальку наносят контуры горных выработок. В рассматриваемом примере размеры, параллельные оси x , берутся без искажений, а параллельные оси y уменьшаются вдвое.

Для получения изображения объекта кальки отдельных горизонтов монтируют на ватмане в общий график, ориентируясь при этом по координатным сеткам. Относительные положения отдельных горизонтов по оси z определяются их высотами и показателем искажения z . Изображения горизонтов с калек переносят на ватман. Соединяют между собой выработки смежных горизонтов. Наносят недостающие линии и тени, делающие изображение выработок объемным (рис. 22,б).

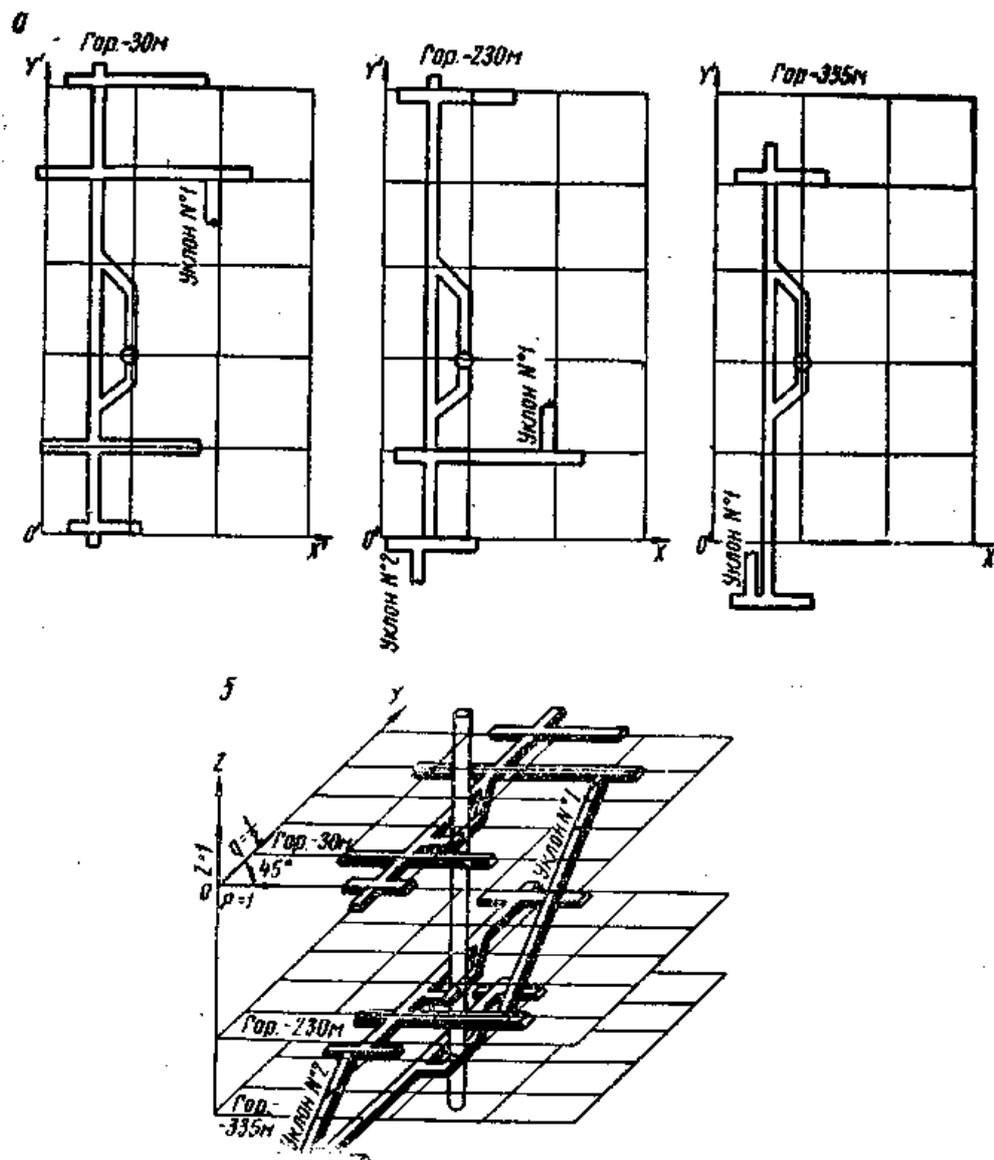


Рис. 22 Построение плана в аксонометрической проекции (по Г. А. Ушакову):
 а — погоризонтные планы горных выработок, б — аксонометрическое изображение горных выработок

По мере продвижения горных работ графики пополняют. При построении наглядных маркшейдерских графиков для условий со сложными контурами горных выработок иногда применяется так называемая плановая аксонометрия.

При этом погоризонтные маркшейдерские планы в аксонометрическое изображение выработок входят без искажений, получая в соответствии с высотами, направлением проектирования и показателем искажения r некоторые сдвиги по оси z .

На рис. 23 изображены в плановой аксонометрии горные выработки, представленные на рис. 22. Построение и пополнение этого графика значительно упрощается. Однако сравнение рисунков 22,б и 23

свидетельствует о лучшей наглядности первого и более высоких метрических качествах второго.

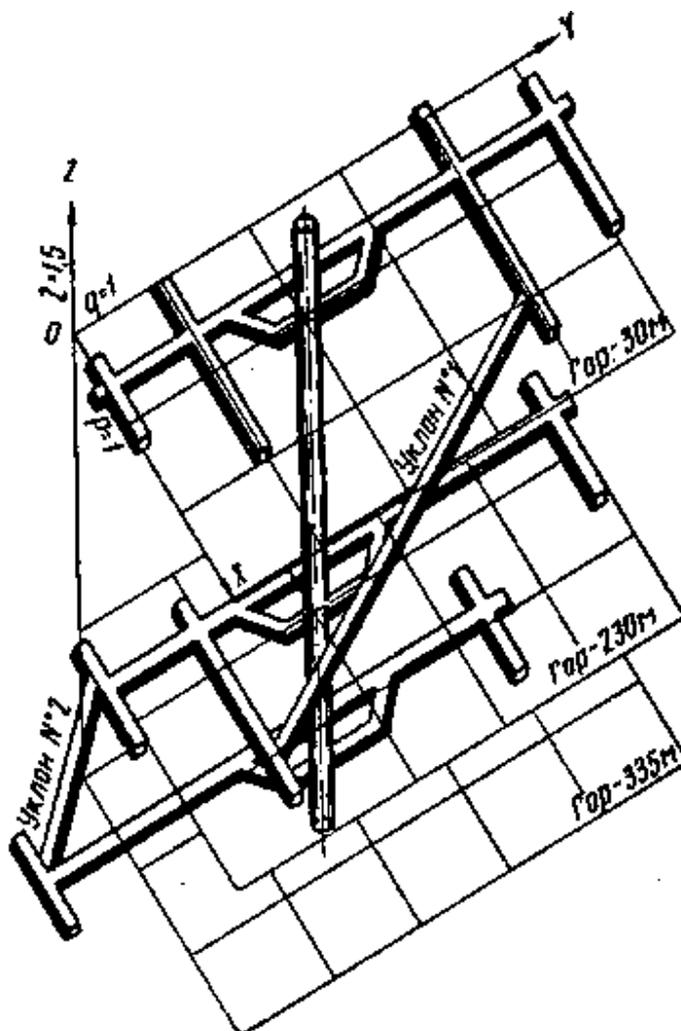


Рис. 23. Изображение горных выработок рис. 22 в плановой аксонометрии (по Г. А. Ушакову)

Косоугольные аксонометрические проекции удобно применять при построении блок-диаграмм геологических структур с использованием вертикальных геологических разрезов по заданным направлениям, например по разведочным линиям.

Для простоты построения на блок-диаграммах направления координатных осей принимают совпадающими с направлениями основных размеров структуры, т. е. с высотой, простиранием и направлением вкост простирания. Лучшие метрические свойства изображения структуры при

обеспечении его наглядности достигаются, когда показатели искажения по осям равны единице. Аксонометрические координатные оси, в плоскости которых располагаются вертикальные, параллельные или близкие к «им поперечные разрезы, должны быть перпендикулярны друг другу и иметь показатели искажения, равные единице. При этом указанные разрезы переносятся на блок-диаграмму без искажений.

При значительных высотах структур или малых расстояниях между вертикальными разрезами в целях уменьшения перекрытий в соседних сечениях показатели искажения по оси, совпадающей с простиранием структуры, увеличиваются в некотором кратном отношении к единице, например в два раза, или делается соответствующая разрядка вертикальных разрезов.

На рис. 24 построена блок-диаграмма геологической структуры участка в пределах трех геологических разрезов.

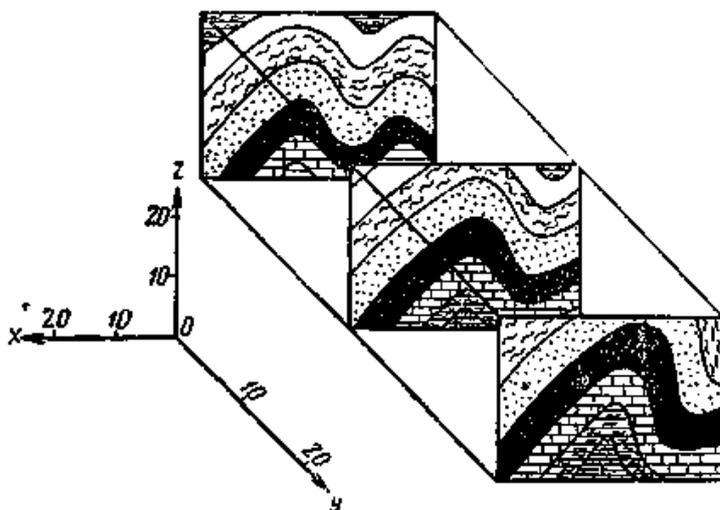


Рис. 24. Изображение блок-диаграммы геологической структуры в косоугольной аксонометрической проекции (по И. Д. Гольдину)

Расположенный слева аксонометрический масштаб свидетельствует о том, что вертикальные геологические разрезы на блок-диаграмму перенесены без искажений. Во избежание значительных перекрытий показатель искажения λ здесь взят равным двум. Ось y делит угол $хоz$ пополам.

Приведенные примеры составления наглядных маркшейдерских графиков иллюстрируют большие возможности использования метода аксонометрии для этих целей.

1.9. Аффинные проекции

Использование аффинных преобразований при построении наглядных графиков требует установления зависимости между координатами соответствующих точек картинной и предметной плоскостей. Координаты точек картинной плоскости называются аффинными координатами.

При изображении наглядных графиков пространственных тел приходится иметь дело с точками, лежащими на разных горизонтах, т. е. не только в предметной плоскости, но и в предметном октанте, заключенном между координатными плоскостями.

На рис. 25 изображена плоскость плана H (предметная плоскость) и картинная плоскость P . Угол между ними обозначим буквой Φ . Возьмем в предметной плоскости H точку $B(x_0y_0z_0)$ и в предметном октанте - точку $A(x_0y_0z_0)$.

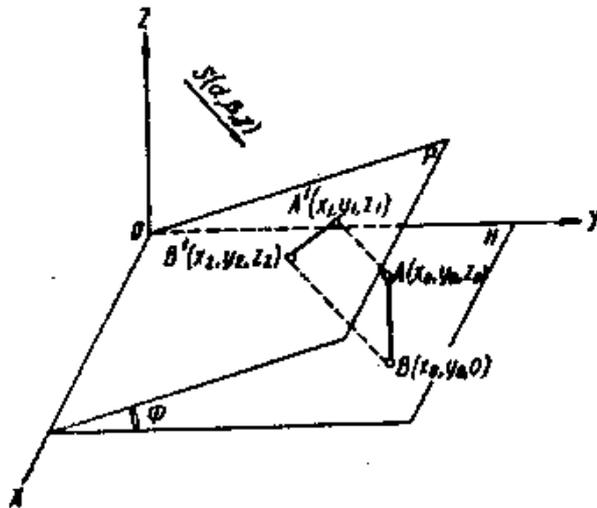


Рис. 25. Аффинные координаты (общий случай проектирования)

Примем линию пересечения плоскостей H и P (ось родства) за ось x , линию, ей перпендикулярную и лежащую в плоскости H , - за ось y ; ось z вертикальна. Пусть направление проектирования S составляет с осями координат углы, косинусы которых обозначим через α , β , γ , тогда точки $B'(x_2y_2z_2)$ и $A'(x_1y_1z_1)$ лежащие в картинной плоскости P , будут соответственно родственны точкам B и A . Из теории аффинных проекций известно, что аффинные координаты любой точки, лежащей в предметном октанте, для общего случая проектирования (см. рис. 25) найдутся из выражений:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= x_0 - \alpha \frac{my + nz_0}{m\beta + n\gamma}; \\ y_1 &= n \frac{\gamma y_0 - \beta z_0}{m\beta + n\gamma}; \\ z_1 &= m \frac{\gamma z_0 - \beta y_0}{m\beta + n\gamma}. \end{aligned} \right\} \quad (11,3)$$

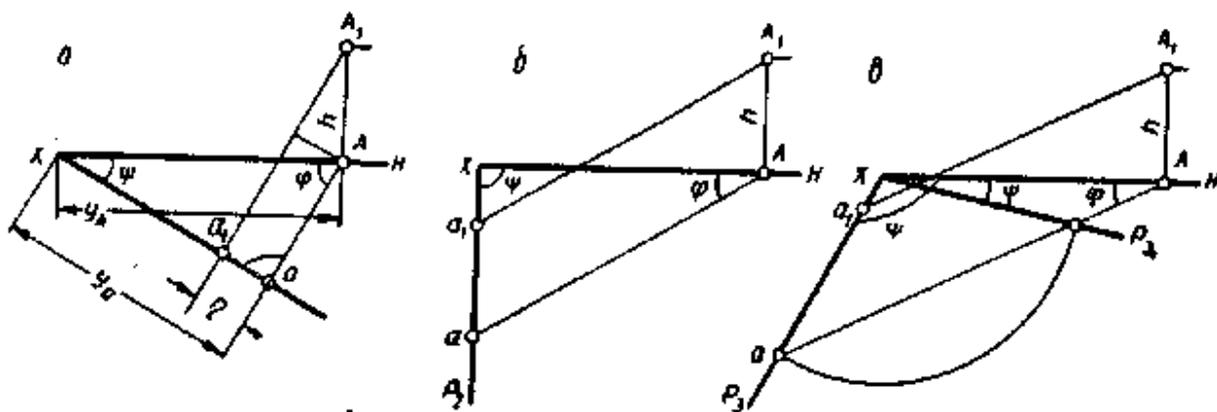


Рис. 26. Частные случаи применения аффинных преобразований к построению наглядных изображений

Для точки, находящейся в предметной плоскости (точка B на рис. 25), аффинные координаты для рассматриваемых условий проектирования определяются формулами:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_0 - \alpha \frac{my_0}{m\beta + n\gamma}; \\ y_1 &= n \frac{\gamma y_0 - \beta z_0}{m\beta + n\gamma}; \\ z_1 &= m \frac{\gamma z_0 - \beta y_0}{m\beta + n\gamma}. \end{aligned} \right\} \quad (11,4)$$

отличающимися от (II, 3) тем, что здесь $z=0$.

Формулы (II, 3) и, (II, 4) показывают, что аффинные координаты зависят от координат проектируемой точки ($x_0 y_0 z_0$) и от условий проектирования (α, β, γ, m и n). Здесь тип определяются углом Φ и численно равны: $m = \sin \Phi$ и $n = \cos \Phi$.

Применительно к конкретным условиям графического построения наглядных изображений берут частные случаи проектирования. Обычно направление S проектирующих лучей берется перпендикулярным к оси родства (оси x).-При этом картинная плоскость P к плоскости плана H может располагаться под любым углом (рис. 26), а проектирование по отношению к плоскости P может быть прямоугольным (рис. 26, а) или косоугольным (рис.

26,б и в). Как следует из рис. 26, для рассматриваемых условий проектирования важной величиной, определяющей направление проектирующих лучей, является угол наклона их φ к горизонту.

В качестве иллюстрации применения аффинных преобразований при построении наглядных маркшейдерских графиков рассмотрим частный случай прямоугольного проектирования (см. рис 26, а), при котором проектирующие лучи, будучи перпендикулярны оси родства и плоскости P_1 , образуют с плоскостью H угол φ .

Для рассматриваемых условий аффинные координаты точки, лежащей в плоскости плана H , определяются выражениями:

$$\left. \begin{aligned} x_a &= x_A; \\ y_a &= y_A \sin \varphi. \end{aligned} \right\} \quad (\text{II.5})$$

Если бы изображаемая точка находилась в предметном октанте (точка A_1 на рис. 26, а) и имела превышение h над плоскостью H , то в картинной плоскости она заняла бы положение a_1 , т. е. переместилась относительно точки a на величину

$$\mu = h \cos \varphi \quad (\text{II.6})$$

Формулы (II.5) и (II.6) получены для заданных условий проектирования из формул (II.3) и (II.4). Формула (II.6) дает простое выражение для обработки высот точек. Ось z по проекции совпадает с аффинной ординатой y_a ; легко видеть, что для условий рис. 26,б $\mu=h$ и для рис. 26,в $\mu>h$.

На рис. 27 показан план горных выработок. Требуется графически построить аффинное их изображение при указанных выше условиях проектирования. Выбранное направление проектирования должно обеспечить объемное представление о расположении выработок в пространстве и исключить нежелательные перекрытия на аффинном изображении.

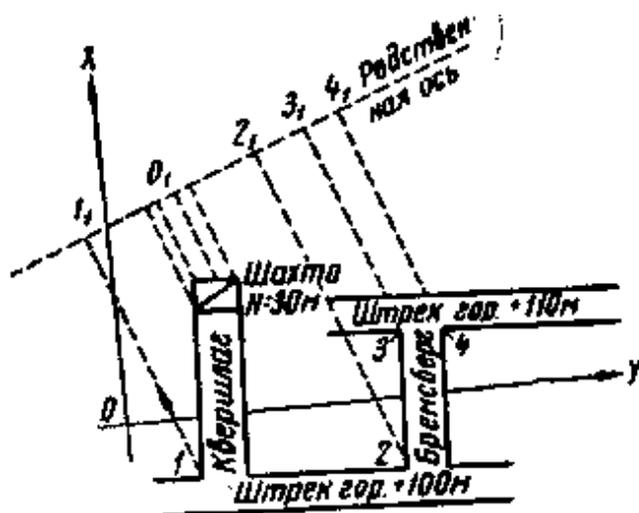


Рис. 27. План горных выработок

На плане перпендикулярно выбранному направлению проектирования проводят родственную ось. Чтобы меньше загромождать чертеж, удобнее ее проводить вне изображаемого комплекса.

На родственную ось перпендикулярно проектируют характерные точки $1, 2, 3, 4$ к т. д. плана, подлежащие перенесению графическим путем на аффинное изображение. Таким образом, на родственной оси получаются соответственно точки $1_1, 2_1, 3_1, 4_1$ и т.д. Одна из них, например точка O_1 принимается за начальную, относительно которой определяют положения на родственной оси всех других точек, представляющие собой абсциссы изображаемых точек. Отрезки $1-1_1, 2-2_1$ и т. д. являются ординатами y_a этих точек на плане (см. рис. 27).

Далее на чистом листе бумаги, на котором строится аффинное изображение, проводят родственную ось для начального горизонта, например для горизонта 100, с таким расчетом, чтобы весь чертеж на листе разместился желательным образом (рис. 28). На ней отмечают начальную точку O_1 с рис. 27 без изменений, согласно выражению (II, 5), переносят абсциссы O_1-1_1, O_1-2_1 и т. д. всех характерных точек горизонта 100. Это будут отрезки на родственной оси $O_1-1'_1, O_1-2'_1$ и т. д. (см. рис. 28).

Из полученных таким образом точек $1'_1, 2'_1$ и т.д. перпендикулярно родственной оси проводят ординаты y_a . Величина их находится графически или вычисляется по формуле (II, 5); это будут отрезки $1_1-1', 2'_1-2'$ и др. Точки $1', 2'$ и т. д. являются аффинными изображениями соответственных точек плана.

После этого точки $1', 2'$ и другие горизонта 100 соединяют прямыми в том же порядке, что и в натуре, производят необходимую дорисовку и накладку теней, обеспечивающие наглядное изображение горных выработок этого горизонта.

Точки следующего горизонта 110 строят аналогично. Для этого на рис. 28 проводят вторую родственную ось, отстоящую от первой, согласно формуле (II, 6), на расстоянии $\mu = 10 \cos \varphi$. На нее переносят перпендикулярно начальную точку O_1 первой родственной оси. От полученной таким образом нулевой точки O_2 откладывают абсциссы $O_2-3'_1, O_2-4'_1$ и др., равные соответственно абсциссам плана O_2-3_1, O_2-4_1 и т. д. Из точек $3'_1, 4'_1$ др. проводят ординаты $y_{a-3'_1-3'}, 3'_1-3', 4'_1-4'$ и др., дающие точки $3', 4'$ и т.д. аффинного изображения. Соединяя их между собой и с точками соседнего горизонта, строят наглядное изображение выработок двух горизонтов. ,

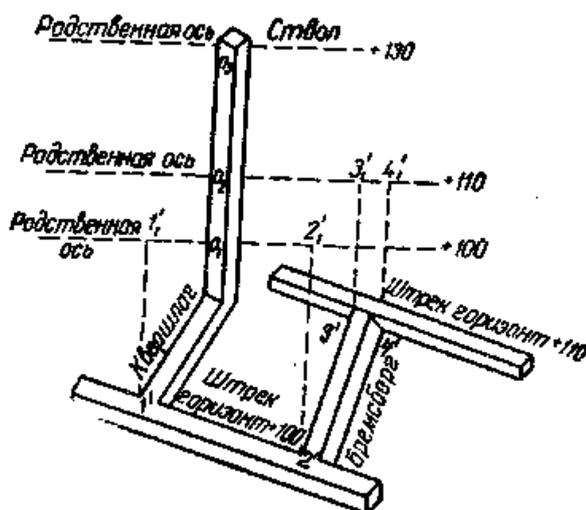


Рис. 28. Аффинное изображение горных выработок

Указанным способом строится аффинное изображение тел любой сложности.

Все пунктирные линии рис. 27 и 28 вычерчивают только в карандаше как вспомогательные и впоследствии стирают.

Из изложенного выше следует, что графические методы построения наглядных изображений являются довольно трудоемкими, так как требуют обработки большого количества точек и линий.

Для упрощения и ускорения построений, особенно при изображении сложных объектов, применяют специальные чертежные приборы,

отвечающие требованиям того или иного способа построения наглядного графика.

В разное время было предложено много чертежных приборов для механического воспроизведения объемных изображений. Однако все они не получили такого широкого распространения, как, например, планиметры и пантографы. Это косвенным образом характеризует место и значение наглядных изображений в инженерной графике.

В качестве иллюстрации приведем здесь аффинограф А-2 И. Д. Гольдина, доведенный до заводского исполнения. Опытные его образцы изготовлены Харьковским заводом маркшейдерских инструментов.

Напомним, что приборы, при помощи которых механически получается аффинное преобразование ортогональных проекций, называются аффинографами. Все типы аффинографов делятся на два класса - пространственные и плоские. Первые не получили достаточного распространения. Плоские аффинографы конструктивно проще пространственных и достаточно эффективно обеспечивают получение аффинных преобразований, поэтому они пользуются большим признанием.

В плоских аффинографах все элементы конструкции двигаются в плоскостях, параллельных предметной плоскости. С этой же плоскостью совмещена и картинная плоскость, на которой вычерчивается аффинное изображение.

Схема аффинографа А-2 представлена на рис. 29. Как следует из этого рисунка, кинематическая схема прибора основана на шарнирных параллелограммах. По направляющей штанге 4, прикрепленной кронштейнами 3 к верхнему краю чертежной доски или стола, перемещаются две каретки 5, к которым присоединен плоский шарнирно-рычажный механизм, представляющий собой сочетание пантографа и транслятора, в виде двух спаренных параллелограммов. Штанги 2 являются общими для пантографа и транслятора. На пересечении коротких штанг 13 пантографа помещено обводное острие 12. К штанге 11 транслятора на кронштейне 15 прикреплена линейка 8 с продольной прорезью для перемещения пишущего острия 9. Средняя штанга 7 транслятора служит направляющей для каретки 6, прикрепленной к шарниру 14.

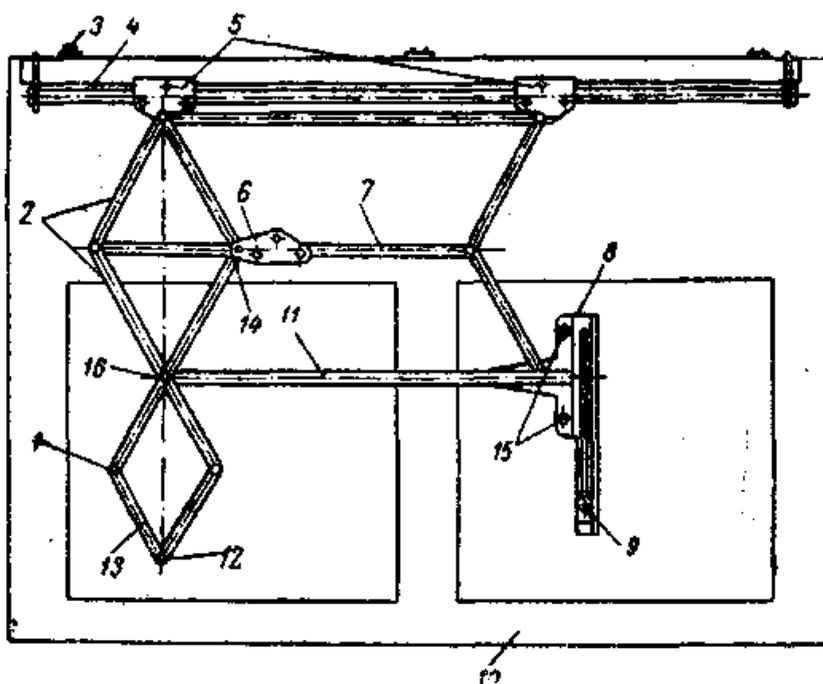


Рис. 29. Схема аффиннографа А-2 И. Д. Гольдина

Вся система прибора опирается на три поворотных ролика и может легко перемещаться по ним. Кроме того, она может поворачиваться около направляющей 4 при поднятии системы над чертежом.

Перемещение обводного острья 12 перпендикулярно направляющей 4, расположенной вдоль оси родства, вызовет соответствующее преобразованное перемещение среднего шарнира 16 пантографа в том же направлении. Коэффициент преобразования зависит от соотношения длины сторон пантографа. В рассматриваемом приборе он равен 0,58. Пишущий штифт 9, вынесенный в приборе вправо, копирует все движение центрального шарнира 16.

Как следует из рис. 29, в приборе достигнуто удобное для работы расположение исходного и получаемого изображения слева и справа от исполнителя.

Для обеспечения аффинных преобразований в направлении, перпендикулярном оси родства, использована в качестве ограничителя направляющая 7, расположенная поперек направления преобразования. При этом гарантируется устойчивость направляющей, которая, являясь стороной шарнирного параллелограмма, всегда будет параллельна оси родства.

Во всех положениях прибора шарниры 12 и 16 размещаются на одном перпендикуляре к оси родства. Следовательно, пишущее острие 9, связанное с

шарниром 16, будет осуществлять преобразование в направлении, перпендикулярном к родственной оси.

При перемещении обводного острия параллельно оси родства вся система скользит на каретках 5 по основной направляющей 4 и пишущее острие 9 изображает прямую, равную по величине и направлению данной.

Все остальные направления перемещения обводного и пишущего острия складываются из этих двух перемещений.

Перемещение пишущего острия 9 по продольной прорези линейки 8 на величину μ соответствует перемене изображаемого горизонта на величину h .

Точность построения аффинографом соответствует точности построений, выполняемых пантографом, т. е. отвечает требованиям графического решения технических задач.

Механическое выполнение наглядного графика особенно желательно при изображении сложных контуров и сложных скрытых или условных поверхностей, с которыми приходится иметь дело при составлении структурных и качественных графиков месторождений полезных ископаемых.

Наглядность изображения сложной поверхности значительно улучшается, если участок ее ограничить четким и простым контуром. Тогда изображение получается в виде блока, похожего на пространственный макет. При этом контур участка лучше брать прямоугольной формы со сторонами, параллельными средним направлениям простирания и падения.

В заключение следует напомнить, что наглядные графики имеют назначение дать объемное представление о сложных узлах того или иного объекта. Решение по ним метрических задач целесообразно производить только при приближенных предварительных расчетах. При этом задачи сводятся главным образом к определению расстояний между заданными точками и к нахождению по объемному графику углов между направлениями. Решение их чаще выполняется графическим методом. Точные технические расчеты проще производятся на чертежах в проекциях с числовыми отметками.

Контрольные вопросы

1. Аксонометрические проекции. Сущность аксонометрических проекций. Виды проекций.
2. Векторная проекция.

3. Аффинные проекции. Сущность аффинных проекций.
4. Методы построения блок-диаграмм участков месторождений.
5. Поверхности топографического порядка, их свойства. Математические действия с поверхностями топографического порядка.
6. Плоскостная форма залегания залежей. Геометрические параметры и элементы залегания залежей. Способы определения элементов залегания.
7. Инклинометрическая съемка скважин. Построение проекции оси скважины на плоскость геологического разреза. Видимая мощность. Переход от видимой мощности к вертикальной, горизонтальной и нормальной мощностям.

Список литературы

3. Геодезия и маркшейдерия: учеб. для вузов по специальности "Физ. процессы горн. или нефтегазового пр-ва". направления подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело" / В.Н. Попов [и др.] ; под ред. В.Н. Попова, В.А. Букринского. - 2-е изд., стер. - М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2007. – 452 с.
4. Снетков В. И. Математическая статистика в горном деле : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело" / В. И. Снетков; Иркут. гос. техн. ун-т. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. - 183 с.

3-ТЕМА:ЛИНЕЙНЫЕ ПРОЕКЦИИ

План:

1. Общие сведения
2. Линейная и гномоническая проекция
3. Линейная и гномоническая проекции направлений и плоскостей
4. Определение углов между направлениями (прямыми)

Ключивые слова: аксонометрические проекции, аффинные проекции, блок-диаграмма, каркас, горные выработки, изомощность, изолиния, стереографические проекции.

1.10. Общие сведения

В горной геометрии часто приходится решать задачи, связанные с определением угловых величин (нахождение элементов залегания, определение истинных углов между направлениями и плоскостями и др.).

Указанные задачи удобно решать при помощи метода центрального проектирования. Для этого все заданные в пространстве линии и плоскости переносят параллельно самим себе в одну, точку, около которой описывают сферу радиусом R . Пересечения указанных линий и плоскостей со сферой

проектируют с помощью пучка лучей на плоскость. Полученные проекции точек и линий пересечения позволяют определять углы между заданными направлениями и плоскостями.

В зависимости от характера расположения центра проектирования (точки зрения) и плоскости проекций относительно сферы получают разные проекции.

Если центр проектирования находится в центре сферы, а горизонтальная плоскость проекций является касательной к поверхности сферы в точке z (рис. 30), то проекция называется линейной. При этом проекции направлений и плоскостей представляются в виде легко вычерчиваемых образов - точек и прямых. Расстояние их от постоянной точки z на плоскости проекций зависит от углов наклона σ направлений и плоскостей к горизонту и определяется выражением

$$zm = R \operatorname{ctg} \delta = R \operatorname{tg}(90^\circ - \delta) \quad (\text{III}, 1)$$

Угол $(90^\circ - \sigma)$ называется зенитным углом.

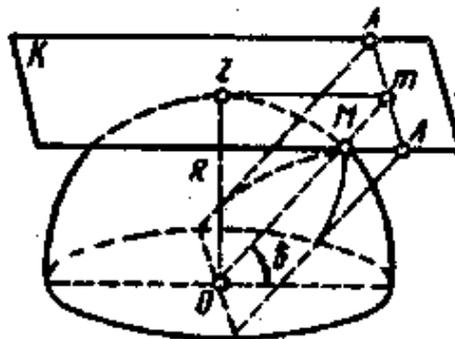


Рис. 30. Линейная проекция

Недостатком линейной проекции является то, что по мере уменьшения угла σ или увеличения зенитного угла проекции линий и плоскостей быстро удаляются за пределы чертежа. В самом деле, чем меньше σ , тем дальше располагается линейная проекция направления или плоскости от главной точки z проекции.

Если центр проектирования располагается в точке надира z' сферы, а горизонтальная плоскость проекции проходит через центр сферы (рис. 31), то проекция называется стереографической.

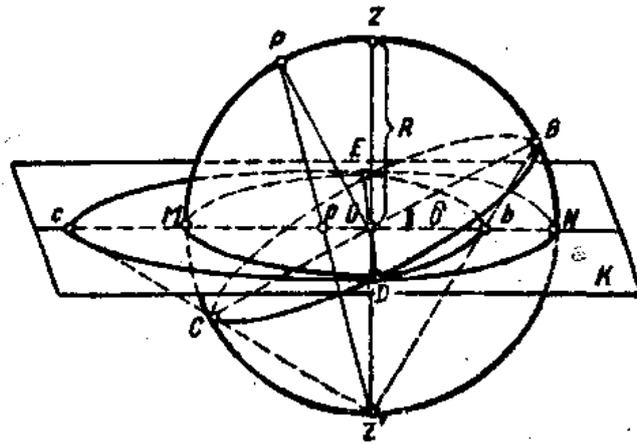


Рис. 31. Стереографическая проекция

Здесь проекции линий и плоскостей в пересечении со сферой дают точки и сферические линии, которые, будучи спроектированы из точки z' на плоскость K проекций, соответственно изобразятся на ней в виде точек, прямых и дуг окружности. Так, например, линия BC изобразится в стереографической проекции отрезком bc . Так как по условиям проектирования все линии проходят через центр сферы - точку O , то линия BC вполне будет определяться положением на проекции точки b .

Плоскость, проходящая через линию BC , дает на сфере большой круг $CEbD$, стереографическая проекция которого на плоскости K представится, как это будет доказано ниже, окружностью $cEbD$. В пределах круга горизонта (сечения сферы плоскостью K) стереографическая проекция плоскости $CEbD$ изобразится дугой EbD этой окружности.

Прямая ED , являющаяся линией пересечения наклонной плоскости $CEbD$ с плоскостью K , будет линией ее простираения. Отрезок bO - проекция прямой BO . Если последняя - линия падения плоскости $CEbD$, то bO - стереографическая проекция этой линии.

Из рис. 31 следует, что углы наклона плоскости $CEbD$ и прямой BC характеризуются величиной отрезка Ob из следующего выражения:

$$Ob = R \operatorname{tg} \left(\frac{90^\circ - \delta}{2} \right) \quad (\text{III}, 2)$$

Нормаль к плоскости $CEbD$ в точке O в пересечении со сферой даст точку P , называемую полюсом. Ее стереографическая проекция - точка p - называется гномостереографической проекцией плоскости $CEbD$.

Стереографическая проекция лишена отмеченного выше недостатка линейной проекции. В пределах круга проекций изображаются все

направления (линии) и плоскости, имеющие углы падения в диапазоне от 0 до 90°.

Из формул (III, 1) и (III, 2) следует, что для определения отрезков zm и Ob или для нахождения зенитных углов ($90^\circ - \sigma$) и углов падения б. линий и плоскостей удобно пользоваться шкалой тангенсов. Величина углового интервала шкалы при этом берется в зависимости от величины радиуса сферы. Так, например, на стандартных стереографических сетках Вульфа величина углового интервала равна 2° .

1.11. Линейная и гномоническая проекция

1.11.1. Линейная и гномоническая проекции направлений и плоскостей

Точка z на плоскости K линейной проекции (см. рис. 30) называется главной точкой. Через нее проводится исходное направление - ось x .

Выше мы видели, что направления и плоскости, имеющие углы падения меньше 45° , дают линейные проекции, далеко отстоящие от главной точки z . Чтобы обеспечить все построения в пределах чертежа, вводится вспомогательная проекция - гномоническая, позволяющая делать взаимный переход от направления к перпендикулярной к нему плоскости и, наоборот, - от плоскости к перпендикулярному к ней направлению.

Линейная проекция плоскости, перпендикулярной к данному направлению, является гномонической проекцией этого направления, а линейная проекция направления, перпендикулярного к данной плоскости, является гномонической проекцией последней. Следовательно, линейной проекцией направления будет точка, а гномонической проекцией - прямая линия. Наоборот, линейной проекцией плоскости будет прямая линия и гномонической проекцией - точка.

Обозначим большими буквами первой половины алфавита линейные проекции направлений и плоскостей, а малыми буквами той же части алфавита - их гномонические проекции. При этом направления на проекции будем обозначать одной буквой, а проекции плоскостей - двумя одинаковыми буквами. Линейная и гномоническая проекции одного и того же элемента обозначаются одинаковыми буквами. Так, например, гномоническая проекция -плоскости AA обозначается буквой a , а гномоническая проекция направления B - буквами bb .

С помощью линейных и гномонических проекций решаются горногеометрические задачи следующих типов;

- 1) по заданным элементам залегания направлений и плоскостей строятся их линейные или гномонические проекции;
- 2) по проекциям направлений и плоскостей определяются их элементы залегания;
- 3) определяются углы между направлениями и плоскостями.

Рассмотрим решения этих задач.

Пусть даны элементы залегания плоскости (α, σ) и направления (α_0, σ_0) . Требуется построить их линейные и гномонические проекции. Ход построения показан на рис. 32. Здесь x - положительное направление оси абсцисс, а z - главная точка проекций.

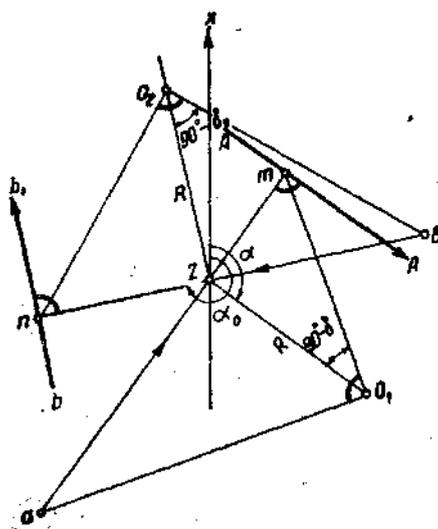


Рис. 32. Линейная и гномоническая проекции плоскости и направления

Из рис. 30 следует, что заданные плоскость и направление падают к главной точке z . При построении линейной проекции плоскости совместим треугольник zOm , лежащий в вертикальной плоскости, путем вращения около стороны zm с плоскостью проекций. Этот прием совмещения позволяет уяснить построение линейной проекции плоскости.

По заданному простиранию α плоскости через точку z проводят прямую, вдоль которой откладывают радиус R сферы (рис. 32). Перпендикулярно прочерченному простиранию через точку z проводят линию восстания плоскости. Затем при точке O_1 от прямой O_1z в сторону восстания плоскости строят угол, равный зенитному углу $(90^\circ - \sigma)$ плоскости. Пересечение стороны

этого угла с линией восстания плоскости дает точку m , лежащую в плоскости проекций. Прямая AA , проходящая через точку m и параллельная zO_1 , является искомой линейной проекцией плоскости и одновременно линией простираения плоскости. Направление простираения указано стрелкой.

Построим гномоническую проекцию данной плоскости. Из изложенного следует, что последняя строится как линейная проекция направления, перпендикулярного плоскости. Поэтому при точке O_1 от стороны O_1m в сторону падения плоскости строят прямой угол. Построенная таким образом сторона прямого угла в пересечении с продолжением линии падения mz плоскости дает точку a - искомую гномоническую проекцию плоскости.

При построении линейной проекции данного направления BO через главную точку z проекции проводят под углом α_0 прямую. Перпендикулярно к ней в точке z строят прямую $zO_2=R$. При точке O_2 строят угол $(90^\circ - \sigma_0)$, сторона которого в пересечении с прямой в точке B дает линейную проекцию заданного направления. Таким образом, здесь, так же как и при построении линейной проекции плоскости, используется вертикальный треугольник zOm (рис. 30), совмещенный с плоскостью проекций.

Гномоническая проекция направления, как мы видели выше, есть прямая, являющаяся линейной проекцией плоскости, перпендикулярной к указанному направлению. Для ее нахождения строится при точке O_2 прямая O_2n , перпендикулярная линии O_2B . Через точку пересечения n указанных прямых проводится линия bb_1 , параллельная zO_2 . Прямая bb_1 - искомая гномоническая проекция направления BO .

Необходимость перехода от линейной проекции к гномонической или обратного перехода вызывается требуемой точностью построений. Последняя определяется значениями углов наклона к горизонту задаваемых направлений и плоскостей. При $\sigma(\sigma_0) \leq 45^\circ$ рекомендуется пользоваться гномонической проекцией, а при всех других значениях - линейной проекцией.

Так как построение линейной и гномонической проекций производится одинаково и разница заключается лишь в замене направления плоскостью или в обратной замене, то ниже решение задач рассматривается только в линейной проекции.

Остановимся на обратной задаче, рассмотренной выше, - на определении элементов залегания направления или плоскости по их линейной проекции. Пусть на плоскости проекций (см. рис. 32) имеется линейная проекция AA

плоскости. Простираение плоскости AA найдется измерением угла между положительным направлением оси x и линией AA . Падение плоскости направлено к главной точке z проекции. Для определения величины падения угла σ опустим перпендикуляр из точки z на линию AA . Проведем zO_1 перпендикулярно zm , точку O_1 соединим с точкой m . Угол O_1mz будет искомым углом падения плоскости. Последний может быть найден с помощью линейной шкалы тангенсов по величине отрезка zm .

Теперь по линейной проекции направления OB определим его элементы залегания. Соединяем точки B и z прямой и из точки z проводим перпендикуляр $zO_2=R$ сферы. Точку O_2 соединяем прямой с точкой B . Угол zBO_2 - искомый.

Часто встречающаяся горногеометрическая задача - определение элементов залегания плоскости, заданной двумя направлениями (задача «на пересекающиеся шнуры»), - легко решается с помощью линейной проекции.

Пусть два направления, лежащие в плоскости, заданы элементами залегания. Требуется найти элементы залегания этой плоскости. По заданным элементам залегания направлений строят их линейные проекции - A и B (рис. 33). Последние, одновременно находясь в данной плоскости и плоскости проекций, имеют одинаковые отметки; следовательно, они лежат на линии простираения плоскости. Проведя через точку z направление zC , параллельное прямой AB , получим искомое простираение a плоскости.

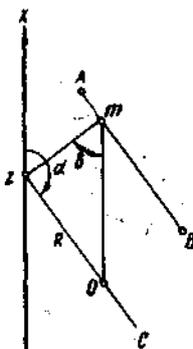


Рис. 33. Определение элементов залегания плоскости по двум направлениям с помощью линейной проекции

Для определения угла падения и плоскости восстановим перпендикуляр zm к прямой AB и на линии zC отложим радиус R сферы. Точку O соединим прямой с точкой m . Угол $Omz=\sigma$ - искомый угол падения плоскости.

1.11.2. Определение углов между направлениями (прямыми)

Теорема. Чтобы построить на чертеже истинный угол β между направлениями (прямыми) OA и OB , линейные проекции которых A и B даны, надо провести прямую AB и восстановить к ней перпендикуляр zm (рис. 34, а); к последнему перпендикулярно провести $zO=R$. и точку O соединить с точкой m ; затем при точке O от стороны mO построить прямой угол mOP ; разделить угол POz пополам и полученную точку S соединить с линейными проекциями направлений - точками A и B . Угол $ASB=\beta$.

На рис. 34,б дано определение истинного угла β между двумя направлениями, заданными их линейными проекциями - точками A и B . Ход построений пояснений не требует.

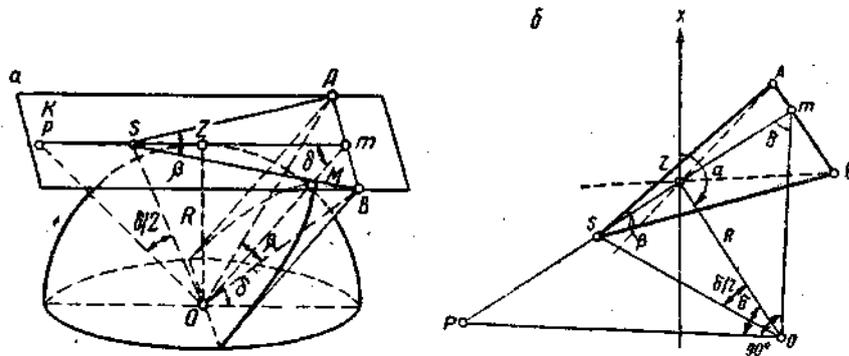


Рис. 34. Определение угла между направлениями: а - к доказательству теоремы, б - к решению задачи

1.11.3. Определение угла между плоскостями

Теорема. Чтобы построить на чертеже истинный угол ν между двумя плоскостями, линейные проекции которых AA и BB даны (рис. 35,а), нужно точку пересечения проекций m соединить с главной точкой проекций z ; перпендикулярно к zm провести линию zO , равную радиусу сферы R , и точку O соединить с точкой m ; угол zOm разделить пополам биссектрисой OP ; в точке P восставить перпендикуляр к линии zm до пересечения его с проекциями плоскостей в точках S и T ; полученные точки S и T соединить с точкой z . Угол SzT - искомый.

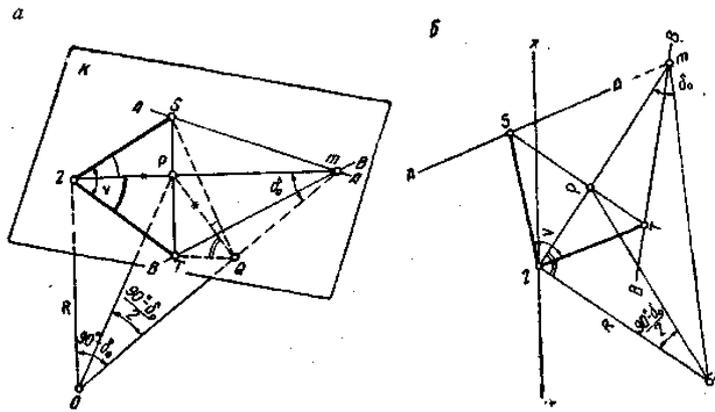


Рис. 35. Определение угла между плоскостями:
 а — к доказательству теоремы, б — к решению задачи

На рис. 35, б в соответствии с изложенным выполнено определение истинного угла γ между двумя плоскостями. Ход построения понятен без пояснений.

На рис. 36 дано решение аналогичной задачи для условий, когда линейные проекции плоскостей пересекаются за пределами чертежа. Рассмотрим этот частный случай.

Пусть на рис. 36 точка z - главная точка проекции и прямые AA и BB - линейные проекции плоскостей при радиусе сферы, равном R . Для определения истинного угла π между плоскостями здесь, так же как и при решении предыдущей задачи, необходимо построить линию пересечения и найти угол наклона ее к горизонту. При этом следует использовать принцип пропорциональности и подобия. Возьмем два вертикальных параллельных сечения по линиям il и qr , причем первое из них проходит через точку z . В совмещенном с плоскостью плана положении оно представлено на рис. 36 контуром ikl . Точка k , лежащая на линии пересечения, отстоит по высоте от точки z на расстоянии, равном радиусу сферы R .

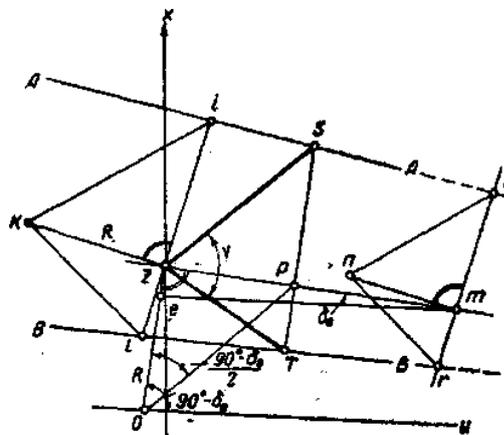


Рис. 36. Определение угла между плоскостями
 (линейные проекции плоскостей пересекаются
 вне чертежа)

Вертикальное сечение по линии qr представлено на фигуре контуром qnr ; точка n , также лежащая на линии пересечения, отстоит по высоте от точки m (плоскости плана) на расстоянии mn . Точки z и m , являясь проекциями точек k и n , характеризуют положение линии пересечения плоскостей в плане. Разность же высот точек k и n ($zk-mn=ze$) относительно плоскости плана характеризует угол σ_0 наклона линии пересечения к горизонту. Линия Ou параллельная em дает совмещенное с плоскостью плана положение линии пересечения. Далее, пользуясь $\angle zOu=90^\circ-\sigma_0$, находят точку P и угол ν так же, как это сделано в общей задаче.

Более частным случаем, чем только что рассмотренный, будет такой, когда линейные проекции плоскостей параллельны между собой. Здесь линия пересечения плоскостей в плане пойдет через точку z и будет параллельна проекциям их, т. е. будет горизонтальна. Совмещенное с плоскостью плана положение линии пересечения будет также параллельно проекциям плоскостей. Следовательно, $zP=zO=R$, откуда просто найдется точка P и построится угол ν .

1.11.4. Определение угла между прямой и плоскостью

Для решения этой задачи можно воспользоваться выводами относительно определения угла между направлениями. Пространственное представление о геометрических отношениях элементов, входящих в задачу, дает рис. 37, а. Здесь даны плоскость A и прямая Bb' . Требуется определить угол ν между прямой и плоскостью. Как видно из рис. 37, а, искомый угол ν образован данной прямой и ее прямоугольной проекцией bb' на плоскость A . Этот угол равен дополнению до 90° к углу β при точке B , составленному данной прямой и нормалью Bb к плоскости A . Следовательно, решение этой задачи сводится к решению уже известной задачи, а именно к определению угла $b'VB = \beta$ между прямыми Bb' и Bb , после чего искомый угол найдется из выражения

$$\nu = 90^\circ - \beta.$$

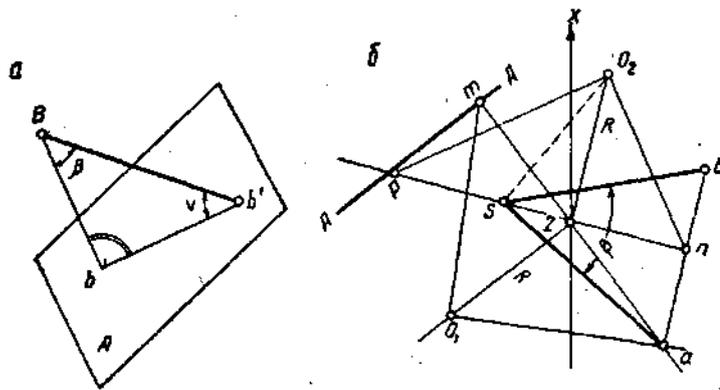


Рис. 37. Определение угла между прямой и плоскостью

Решим задачу в линейной проекции.

По данным элементам залегания прямой и плоскости строим их линейные проекции - точку B и прямую AA . Они изображены на рис. 37,б. Линейная проекция нормали к плоскости A или гномоническая проекция этой плоскости представится точкой a . Таким образом, мы имеем линейные проекции двух направлений - данной прямой (точку B) и нормали к плоскости A (точку a). Далее уже известным приемом определяем угол между этими направлениями, равный β . Вычитая его из 90° , получаем искомый угол γ .

Контрольные вопросы

1. Геометризация плоскостных форм залегания. Построение гипсометрических планов кровли и почвы, планов изоощностей. Определение линии выхода пласта под наносы (или на поверхность). Построение планов изоглубин.
2. Складчатая форма залегания. Элементы складок. Конические и цилиндрические складки.
3. Геометризация складок.
4. Графики схождения. Построение гипсометрических планов кровли (почвы) залежи с использованием графиков схождения. Построение разрезов.
5. Смещения. Элементы смещений. Геометрические параметры смещений.
6. Геометрическая классификация смещений. Геометризация смещений. Поиск смещенной части пласта.
7. Трециноватость горного массива. Геометрические показатели трециноватости.
8. Определение элементов залегания трещин. Обработка наблюдений. Учет трециноватости при решении некоторых горных задач.

Список литературы

1. Геодезия и маркшейдерия: учеб. для вузов по специальности "Физ. процессы горн. или нефтегазового пр-ва". направления подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело" / В.Н. Попов [и др.] ; под ред. В.Н. Попова, В.А. Букринского. - 2-е изд., стер. - М.: Изд-во Моск. гос. горн.ун-та, 2007. – 452 с.

2. Снетков В. И. Математическая статистика в горном деле : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело" / В. И. Снетков; Иркут. гос. техн. ун-т. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. - 183 с.

IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЕ.

РЕШЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

1. Цель работы. Изучение практических методов решения геометрических задач, возникающих в процессе обработки месторождений полезных ископаемых.

2. Содержание работы. Решение горно-геологических задач в проекциях с числовыми отметками:

- проекции прямой и точки;
- проекции плоскостей;
- совместное положение плоскости, точки и прямой;
- взаимное положение плоскостей и прямых.

Задача I. Проекция прямой и точки.

1. Даны две точки $A(x, y, z + n)$ и $B(x, y, z + n)$, принадлежащие одной прямой (табл. 1).

Требуется:

а) изобразить прямую на плане в масштабе 1:1000 в проекции с числовыми отметками;

б) проградировать прямую через h, m аналитическим и графическим методами.

Таблица 1

Тип задачи	X_A	Y_A	Z_A	X_B	Y_B	Z_B	h, m
1	25	48	123	77	80	71	10
2	80	73	10	25	34	75	10
3	10	23	23	79	67	95	10
4	30	25	82	50	45	115	5

Задача II. Дана прямая CD координатами точки C (x, y, z), дирекционным углом $\alpha_{CD} + n$ и углом падения $\delta + n$ (табл. 2).

Требуется:

- а) построить в масштабе 1:5000 проекцию этой прямой;
- б) проградировать прямую через h, m .

Таблица 2

Тип задачи	X_C	Y_C	Z_C	α_{CD}	δ	h, m
1	41	60	380	30	35	50
2	350	100	410	100	40	50
3	112	570	270	290	35	25
4	420	320	170	180	40	25

3. Исходные данные. Индивидуальные задания для каждого слушателя. Вариант задания зависит от порядкового номера слушателя в списке группы (N) и определяется согласно табл. 3. Тип задания (их всего четыре) и величина поправки n определяются в зависимости от номера варианта.

Таблица 3

Вариант	Тип задания	Поправка n
1 – 10	1	$n = N$
11 – 20	2	$n = N - 10$
21 – 30	3	$n = N - 20$
31 – 40	4	$n = N - 30$

Например, для варианта 26 выбираются задачи третьего типа, а величина поправки равна 6.

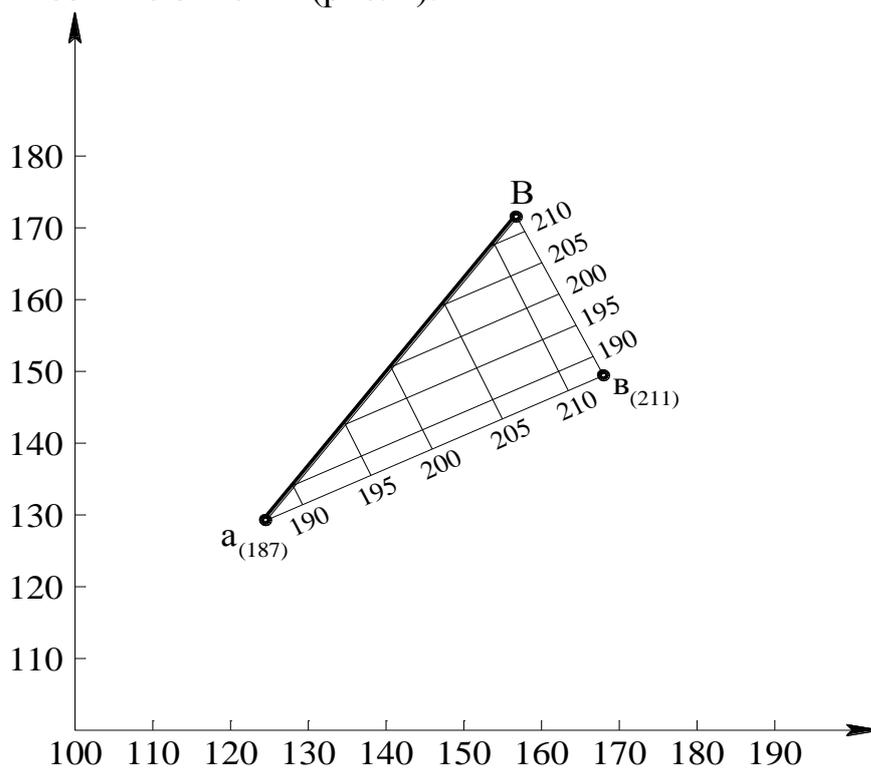
Указания для введения исправлений в зависимости от поправки приводятся в условиях всех заданий.

4. Порядок выполнения работ. Выполнение работ возможно как с использованием чертежных принадлежностей, так и с использованием графического пакета *AutoCad*.

Примеры решения задач.

Задача 1 – I. Дано $A (130, 125, 187)$, $B (150, 168, 211)$, $h = 5$ м.

Решение. По заданным координатам X и Y наносим на план проекции точек A и B , которые соединяют прямой линией. Около проекций точек записываем высотные отметки (рис. 1).



М 1:1000

Рис. 1

Для градуирования прямой AB графическим способом необходимо построить вертикальный разрез по этой прямой. Этот разрез может быть построен на отдельном чертеже или на плане способом совмещения. Для совмещения вертикальную плоскость, проходящую через прямую AB , вращают относительно какого-либо горизонта до совмещения этой вертикальной плоскости с горизонтальной. При этом все точки перемещаются по направлениям, перпендикулярным оси поворота. За горизонт поворота удобней всего выбрать горизонт точки с меньшей отметкой, для данного примера – 187.

Точка B находится выше точки A (оси поворота) на 24 м. Откладывая это расстояние по перпендикуляру, восстановленному из проекции точки B , к проекции прямой AB получаем совмещенное положение точки B . Совмещенное положение точки A совпадает с ее проекцией, соединив совмещенные точки, получаем совмещенное положение прямой AB . Горизонт, кратный 5 м и ближайший к 187 будет 190, его совмещенное положение будет изображаться прямой линией, параллельной оси (проекции AB), проходящей на расстоянии 3 м от нее. Далее через 5 м пойдут горизонты 195, 200 и т.д. до 210 м. Проектируя совмещенные положения точек 190, 195, ...210 на проекцию, решаем задачу по градуированию прямой.

Заметим, что если совмещенное положение прямой строится только для градуирования, то вертикальный масштаб может быть любым. Если же

необходимо определить угол наклона прямой, расстояние AB и т.д., тогда вертикальный масштаб должен быть одинаков с горизонтальным.

Для того чтобы проградировать прямую аналитическим способом, найдем заложение прямой при сечении h , составляя пропорцию:

$$\frac{l_{AB}}{H_{AB}} = \frac{d}{h},$$

где: l_{AB} – заложение прямой AB (длина проекции);

H_{AB} – разность отметок точек A и B ;

d – искомое заложение;

h – сечение градуирования.

Для данного примера ($l_{AB} = 48$ м; $H_{AB} = 24$ м; $h = 5$ м) определяем заложение как

$$d = \frac{l_{AB} \cdot h}{H_{AB}} = \frac{48 \cdot 5}{24} = 10 \text{ м.}$$

Для нахождения на проекции точки 190 определяем заложение на 3 м ($\frac{10}{5} \cdot 3 = 6$ м), которое откладываем на проекции от точки a . Остальные точки строим, откладывая заложение на 5 м.

Задача 2 – I. Дано: $C (320, 420, 215)$, $\alpha_{CD} = 258^\circ$, $\delta = 46^\circ$, $h = 50$ м.

Решение. Совмещенное положение прямой CD в этом случае строится не по высотным отметкам точек, а по углу наклона прямой.

Направление прямой всегда указывается в сторону падения (если в сторону восстания, то это оговаривается особо). На рис. 3 из проекции точки C проведено направление CD . Откладывая от проекции угол наклона δ , проводим совмещенное положение. Отметки горизонтов, кратные 50 м, будут меньше, чем горизонт поворота 215 . Горизонт 200 проводим в 15 м от проекции прямой, остальные идут через 50 м. Далее переносим точки 200 , 150 , 100 и т.д. на проекцию.

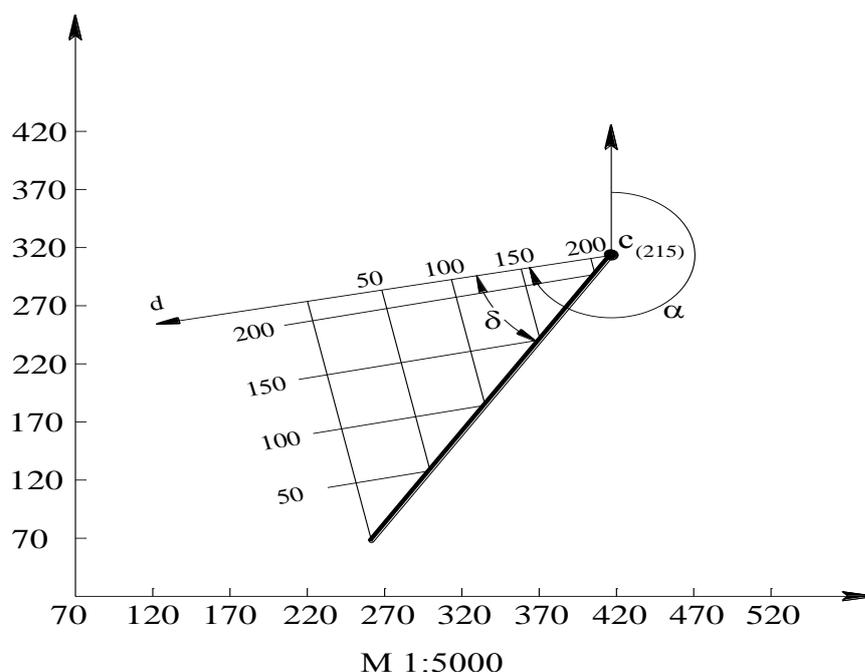


Рис. 2

5. Указания по оформлению отчета. Работа выполняется на листах формата *A4* в письменном или машинописном (компьютерный набор) виде с соблюдением требований по оформлению отчетов. Все выполненные работы сшиваются в общий отчет, для которого на плотной бумаге **ручным способом** (тушью) выполняется титульный лист.

При решении задач первой лабораторной работы рекомендуется придерживаться следующих правил:

1. Задания выполняются на листе миллиметровой бумаги размера *A4*. Размер чертежа для одной задачи 10x10 см. На одну страницу *A4*, таким образом, помещается две задачи (рис. 3).
2. Каждая задача обозначается тремя числами, например: 2–IV–(12), то есть вторая задача четвертого задания, вариант двенадцатый.
3. На листах следует наносить рамку сплошной основной линией на расстоянии 25 мм от левой стороны (для подшивки в альбом) и на расстоянии 10 мм от остальных сторон.
4. Подробные условия задач и методы их решения приводятся в пояснительной записке, а на чертеже – только цифровые данные.
5. Проекция точек обозначаются малыми, а совмещенные положения точек – большими буквами.
6. Основные элементы решения выделяются цветной тушью.
7. При выполнении работы в графическом пакете *AutoCad* выполняются указанные выше требования. Распечатки выполненных работ в этом случае должны быть в **цветном** виде.

8. Пояснения по выполнению заданий пишутся на белом листе формата А4 в альбомной ориентации. С левой стороны каждой страницы оставляется поле для подшивки.
1. Титульный лист отчета выполняется тушью на плотном листе ватмана формата А4 в альбомной ориентации.

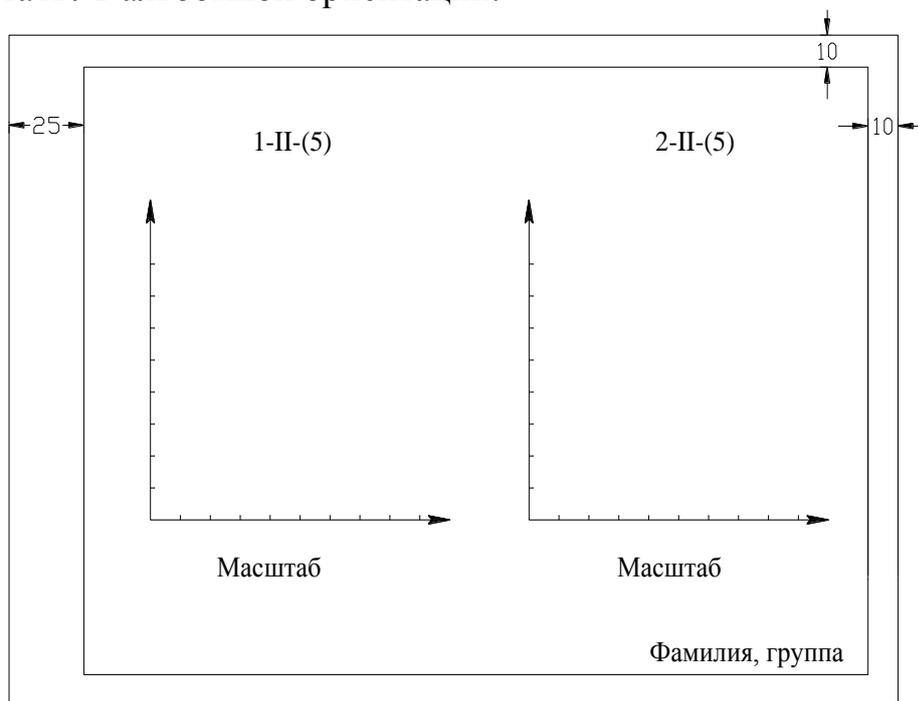


Рис. 3. Схема оформления заданий

2-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЕ. ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ ОСИ СКВАЖИНЫ НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ И ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПЛОСКОСТИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ МОЩНОСТЕЙ ЧЕРЕЗ ВИДИМУЮ МОЩНОСТЬ

1. Цель работы. Изучение практических методов решения геометрических задач, возникающих в процессе отработки месторождений полезных ископаемых.

2. Содержание работы. По результатам инклинометрической съемки скважины (табл. 1) построить план скважины и проекцию ее на вертикальную плоскость разведочной линии. Дирекционный угол этой линии равен $\alpha_{л-п}$.

Таблица 1

Точка замера	Глубина, м	Тип точки							
		1		2		3		4	
		Зенит. угол Q°	Дирек- ционный угол α°	Зенит. угол Q°	Дирек- ционны	Зенит. угол Q°	Дирек - ционн	Зе ни т.	Дире к- цион

					й угол α°		ый угол α°	уг ол Q°	ный угол α°
C	0	20	35	15	40	18	43	21	45
1	20	23	40	18	43	22	46	24	50
2	40	26	44	21	45	26	49	28	54
3	60	28	50	26	50	31	54	31	60
4	80	32	54	30	54	36	60	36	65
5	100	40	65	34	58	42	65	43	70
$\alpha_{л}^\circ$		30		35		38		39	
$M_{\text{вид}}, \text{м}$		0,7		1,1		1,4		1,7	
$\alpha_{р}^\circ$		175		80		195		85	
$\delta_{р}^\circ$		35		38		42		40	

В точке K , которая находится на расстоянии 15 м от точки 4, по керну определена видимая мощность пласта ($M_{\text{вид}} + 0,1n$). Найти горизонтальную и нормальную мощность пласта, если элементы залегания пласта $\alpha_{р}^\circ$, $\delta_{р}^\circ$ – п. Требуется также определить координаты точки K . Координаты устья скважины: $X_C = 185$ м, $Y_C = 208$ м, $H_C = 397$ м.

3. Исходные данные. Индивидуальные задания для каждого слушателя. Вариант задания зависит от порядкового номера слушателя в списке группы (N) и определяется согласно табл. 2. Тип задания (их всего четыре) и величина поправки n определяются в зависимости от номера варианта.

Таблица 2

Вариант	Тип задания	Поправка n
1 – 10	1	$n = N$
11 – 20	2	$n = N - 10$
21 – 30	3	$n = N - 20$
31 – 40	4	$n = N - 30$

Например, для варианта 26 выбираются задачи третьего типа, а величина поправки равна 6.

Указания для введения исправлений в зависимости от поправки приводятся в условиях всех заданий.

4. Порядок выполнения работ. Выполнение работ возможно как с использованием чертежных принадлежностей, так и с использованием графического пакета *AutoCad*.

Примеры решения задач.

Решение: 1. По средним значениям зенитных углов для интервалов С-1, 1-2, и т.д. и длинам этих интервалов строится профиль (или развертка) оси скважины (рис. 1, а; сплошная линия).

2. По средним значениям дирекционных углов интервалов и их горизонтальным проекциям (снимаемым с профиля) строится план скважины (см. рис. 1, а).

3. На плане через точку С проводится направление плоскости разведочной линии, а затем на нее проектируются точки 1,2... .

4. Так как при проектировании точек на вертикальную плоскость высотные отметки точек остаются постоянными, то откладывая расстояния С-1', С-2', и т.д. на профиле на соответствующих уровнях от вертикали точки С, получаем проекции точек.

Линия, соединяющая эти точки, является проекцией оси скважины на плоскость разведочной линии (рис. 1, б; пунктирная линия).

5. Плановые координаты точки К снимаются с плана, а высотная отметка с профиля ($H_K = H_C - \Delta H_{C-K}$).

6. По известным элементам залегания пласта и дирекционному углу оси скважины в точке К (средний для участка 4-5) находится угол наклона пласта в этом направлении δ_6 .

Решение можно вести в линейной проекции (рис. 1, в).

7. Строится разрез по направлению оси скважины на участке подсечения. Для этого откладывается видимая мощность под зенитным углом

$$Q_K = \frac{Q_A + Q_5}{2},$$

относительно этой мощности проводятся линия висячего и лежащего бока пласта по видимому углу наклона δ_6 .

Построение производится в более крупном масштабе, порядка 1:50 (рис. 1, г). На этом разрезе определяется вертикальная мощность пласта.

8. Так как вертикальная мощность на любом вертикальном разрезе будет одинаковой, то относительно этой мощности строится разрез вкрест простирания пласта. Контуры пласта проводят по углу наклона δ_r .

На этом разрезе определяются искомые горизонтальная и нормальная мощности (рис. 1, г).

Профиль и проекция
на вертикальную плоскость

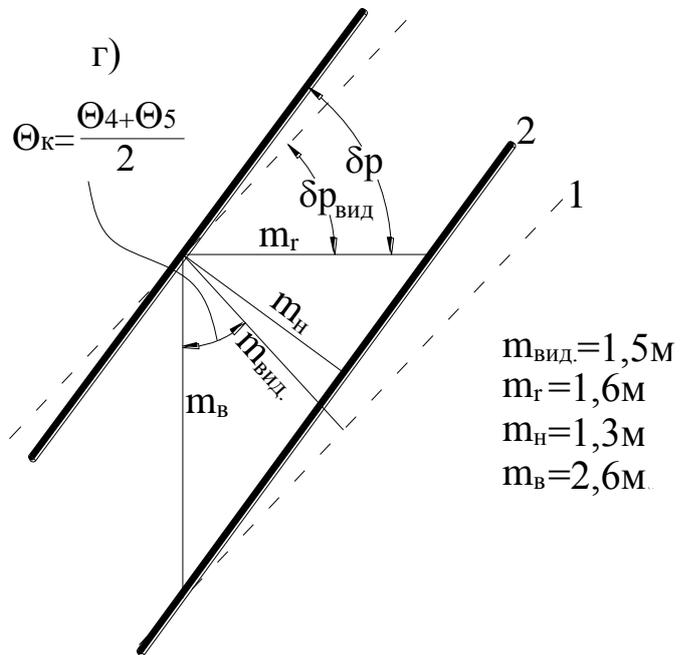
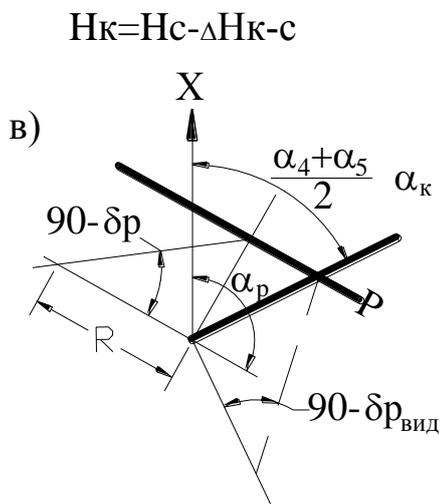
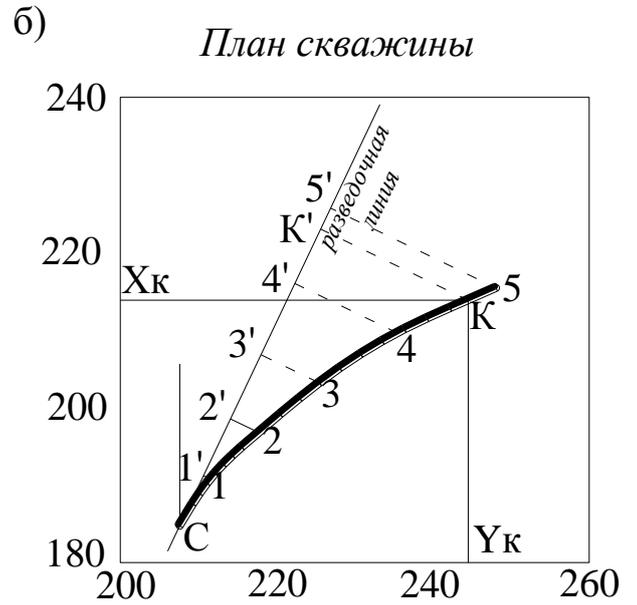
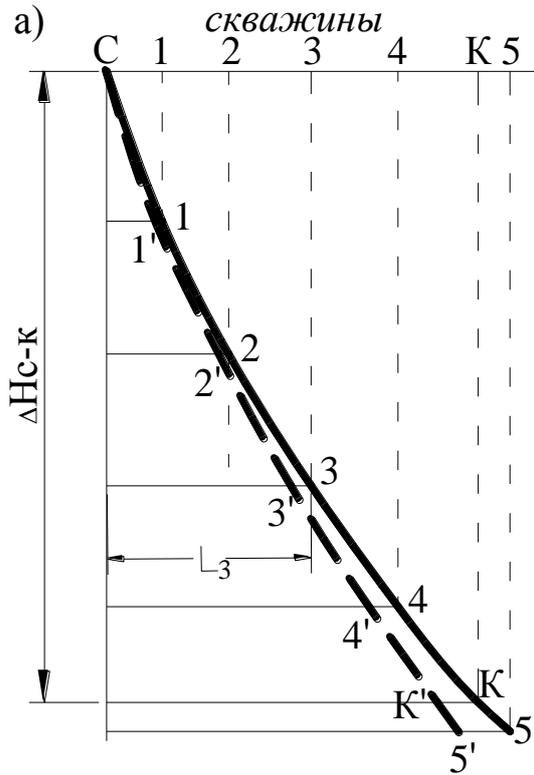


Рис. 1

Следует заметить, что по формулам:

$$M_H = M_{\text{вид}} \cos(\delta_e - Q_K) \sec \delta_e \cos \delta_p; \quad M_r = \frac{M_H}{\sin \delta_p}$$

Решение второй части задания (определение мощностей) можно производить аналитически.

5. Указания по оформлению отчета. Работа выполняется на листах формата *A4* в письменном или машинописном (компьютерный набор) виде с соблюдением требований по оформлению отчетов. Все выполненные работы сшиваются в общий отчет, для которого на плотной бумаге **ручным способом** (тушью) выполняется титульный лист.

При решении задач первой лабораторной работы рекомендуется придерживаться следующих правил:

9. Задания выполняются на листе миллиметровой бумаги размера *A4*. Размер чертежа для одной задачи 10x10 см. На одну страницу *A4*, таким образом, помещается две задачи (рис. 2).
10. Каждая задача обозначается тремя числами, например: 2–IV–(12), то есть вторая задача четвертого задания, вариант двенадцатый.
11. На листах следует наносить рамку сплошной основной линией на расстоянии 25 мм от левой стороны (для подшивки в альбом) и на расстоянии 10 мм от остальных сторон.
12. Подробные условия задач и методы их решения приводятся в пояснительной записке, а на чертеже – только цифровые данные.
13. Проекции точек обозначаются малыми, а совмещенные положения точек – большими буквами.
14. Основные элементы решения выделяются цветной тушью.
15. При выполнении работы в графическом пакете *AutoCad* выполняются указанные выше требования. Распечатки выполненных работ в этом случае должны быть в **цветном** виде.
16. Пояснения по выполнению заданий пишутся на белом листе формата *A4* в альбомной ориентации. С левой стороны каждой страницы оставляется поле для подшивки.
2. Титульный лист отчета выполняется тушью на плотном листе ватмана формата *A4* в альбомной ориентации.

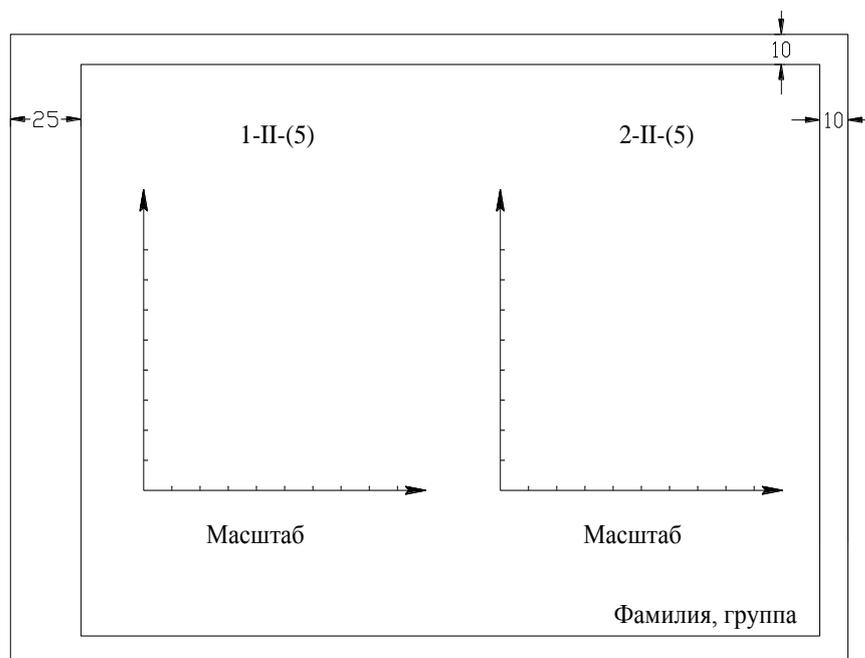


Рис. 2. Схема оформления заданий

3-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЕ. ПОСТРОЕНИЕ ГИПСОМЕТРИИ ПЛАСТА, ЛИНИИ ВЫХОДА НА ПОВЕРХНОСТЬ, ПЛАНА ИЗОГЛУБИН, ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ, ПЛАНА МОЩНОСТЕЙ И БЛОК-ДИАГРАММЫ УЧАСТКА УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. Цель работы. Изучение практических методов решения геометрических задач, возникающих в процессе отработки месторождений полезных ископаемых.

2. Содержание работы. На участке, рельеф поверхности которого представлен на плане в масштабе 1:5000 (рис. 1), произведена разведка каменноугольного пласта вертикальными буровыми скважинами и шурфами.

Результаты разведки приведены в табл. 1. Поправки вводятся в координаты скважин согласно табл. 2.

Известно, что в кровле пласта залегают песчаники мощностью 20 м и выше аргиллиты, а в почве – алевролиты мощностью 25 м и ниже известняки (мощности вертикальные).

Таблица 1

Выработка	Координаты		Отметка кровли и Н _к	Мощность М _в	Выработка	Координаты		Отметка кровли и Н _к	Мощность М _в
	X	Y				X	Y		
Шф.	645	645	357,5	5,0	Скв. 4	850	400	331,0	4,6
	435	475	386,5	5,1	Скв. 5	479	275	376,5	5,3
	300	312	405,5	5,5	Скв. 6	670	253	352,0	5,1
	120	137	424,0	5,2	Скв. 7	876	192	324,0	4,8
Скв. 1	813	610	337,0	4,8	Скв. 8	301	104	393,5	5,0
Скв. 2	985	575	318,5	4,4	Скв. 9	520	60	357,0	4,8
Скв. 3	650	440	357,0	5,0	Скв. 10	685	55	338,0	4,5

Таблица 2

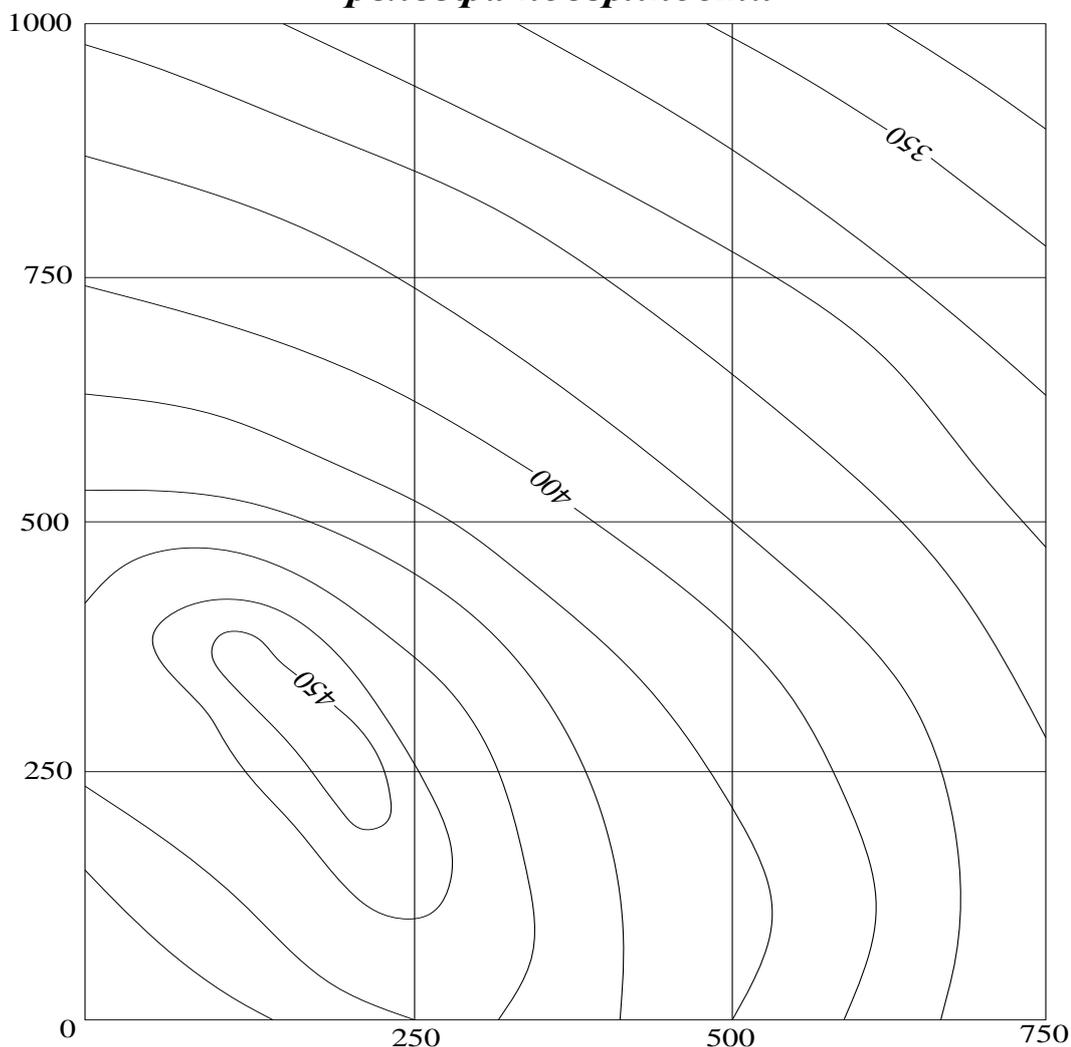
Тип задачи	Поправки	
	для X	для Y
1	+ 5 n	- 5 n
2	- 5 n	+ 5 n
3	+ 5 n	+ 5 n
4	- 5 n	- 5 n

Требуется:

- а) по результатам разведки построить гипсометрический план кровли угольного пласта сечением изолиний через 10 м;
- б) определить на плане линию выхода пласта на поверхность;
- в) построить план изоглубин угольного пласта;
- г) построить план изомощностей сечением через 0,1 м;
- д) построить вертикальный разрез по линии скв. 7 – шф. Ш;
- е) составить геологическую карту участка (карту выхода горных пород);

ж) построить блок-диаграмму участка месторождения в аксонометрической, аффинной или векторной проекции.

**План
рельефа поверхности**



М 1:5000

3. Исходные данные. Индивидуальные задания для каждого слушателя. Вариант задания зависит от порядкового номера слушателя в списке группы (N) и определяется согласно табл. 3. Тип задания (их всего четыре) и величина поправки n определяются в зависимости от номера варианта.

Таблица 3

Вариант	Тип задания	Поправка n
1 – 10	1	$n = N$
11 – 20	2	$n = N - 10$

21 – 30	3	$n = N - 20$
31 – 40	4	$n = N - 30$

Например, для варианта 26 выбираются задачи третьего типа, а величина поправки равна 6.

Указания для введения исправлений в зависимости от поправки приводятся в условиях всех заданий.

4. Порядок выполнения работ. Выполнение работ возможно как с использованием чертежных принадлежностей, так и с использованием графического пакета *AutoCad*.

Примеры решения задач.

Решение:

По данным табл. 1. на план наносятся разведочные выработки и около каждой записывается номер, отметка устья (определенная по горизонтали поверхности) и отметка кровли пласта.

По отметкам строится гипсометрия кровли пласта (рис. 2, а).

Строится план изоглубин путем вычитания гипсометрии кровли из топографического плана поверхности (рис. 2, а).

На отдельном чертеже вычерчивается план вертикальных мощностей (рис. 2, в).

На плане проводится линия разреза и по точкам пересечения этого разреза с горизонталями поверхности и изогипсами кровли на разрезе строятся линии поверхности и кровли (рис. 2, г). Откладывая от кровли вертикальные мощности пород, строим линии контактов этих пород.

При построении геологической карты используется план изоглубин. Так в точках выхода контакта *песчаник - аргиллит* глубина залегания пласта равна вертикальной мощности песчаника, то есть 20 м. Поэтому изоглубина 20 будет являться линией выхода контакта *песчаник - аргиллит* на поверхность.

Для построения контактов нижележащих пород можно построить условные «изовысоты» кровли пласта, если продолжить изогипсы за линию выхода. Тогда изовысота 5 (мощность пласта) будет линией выхода почвы пласта на поверхность, а изовысота 30 (5 + 25) линией выхода контакта *алевролит-известняк* (рис. 2, б).

Линии выхода контактов можно построить и при помощи системы вертикальных разрезов. Строим блок-диаграмму участка месторождения, Разберем её построение в векторной проекции.

Выбирается направление проектирования (рис. 2, *a*) и вертикальный масштаб (шкала на рис. 2). Линия с вертикальным масштабом располагается по направлению проектирования и против нуля устанавливается отметка старшей горизонтали, а затем горизонталь с этой отметкой переносится на чертеж (он вычерчивается на кальке), далее против нуля устанавливается отметка следующей горизонтали, которая также переносится на чертеж и т.д.

Затем определяются отметки углов плана и, устанавливая эти отметки на шкале, переносим точки на проекции. Принимая отметку основания блок-диаграммы (в данном случае *300*), устанавливаем ее на шкале и переносим границы плана на проекцию. Соединяем углы на проекции поверхности и основания вертикальными линиями и получаем основу блок-диаграммы.

Точки *1,2.....7* пересечения изогипс кровли с вертикальными гранями блок-диаграммы переносятся на блок-диаграмму по своим отметкам. Затем наносятся контакты пород (рис. 3).

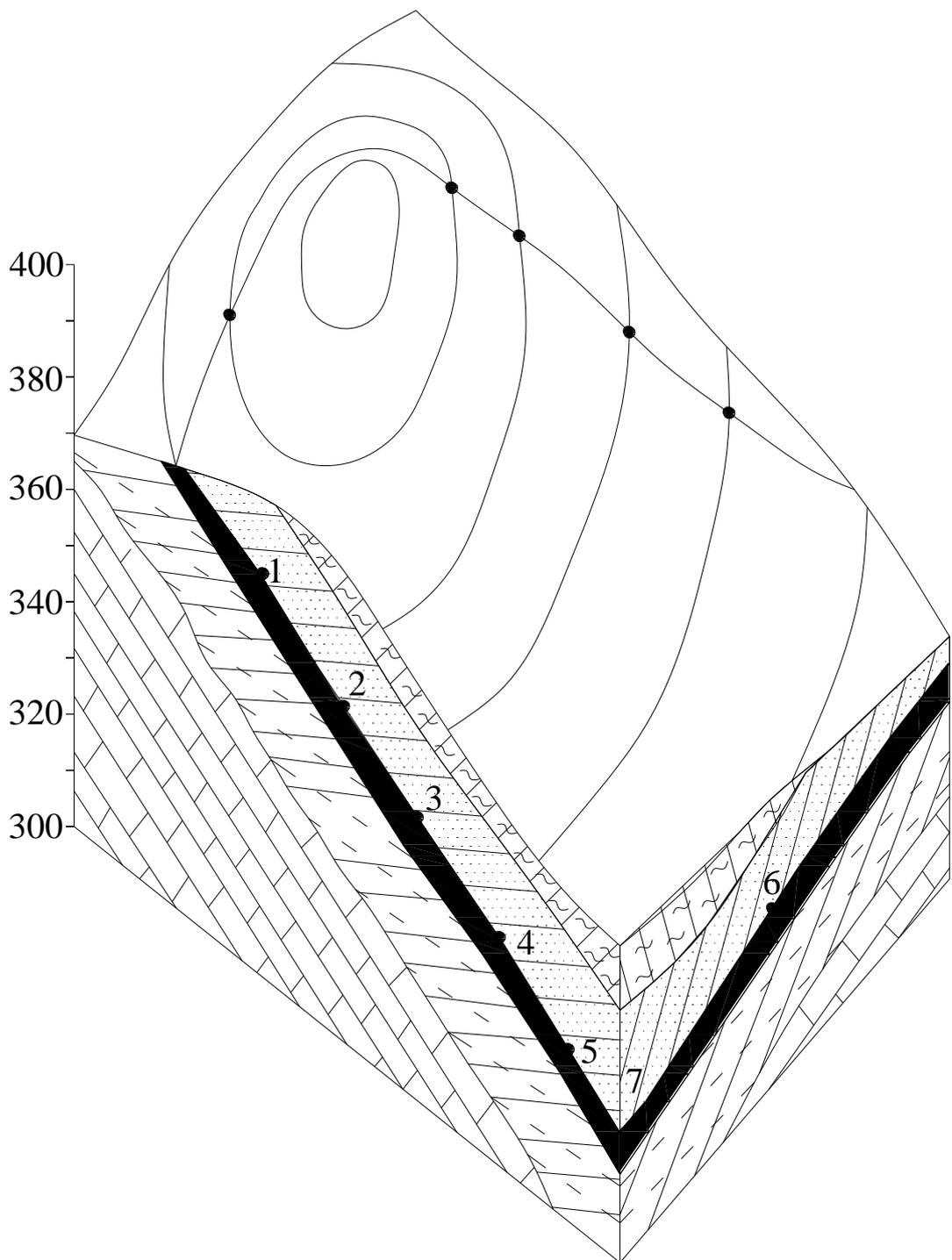


Рис. 3

5. Указания по оформлению отчета. Работа выполняется на листах формата *A4* в письменном или машинописном (компьютерный набор) виде с соблюдением требований по оформлению отчетов. Все выполненные работы сшиваются в общий отчет, для которого на плотной бумаге *ручным способом* (тушью) выполняется титульный лист.

При решении задач первой лабораторной работы рекомендуется придерживаться следующих правил:

17. Задания выполняются на листе миллиметровой бумаги размера *A4*. Размер чертежа для одной задачи 10x10 см. На одну страницу *A4*, таким образом, помещается две задачи (рис. 4).
18. Каждая задача обозначается тремя числами, например: 2–IV–(12), то есть вторая задача четвертого задания, вариант двенадцатый.
19. На листах следует наносить рамку сплошной основной линией на расстоянии 25 мм от левой стороны (для подшивки в альбом) и на расстоянии 10 мм от остальных сторон.
20. Подробные условия задач и методы их решения приводятся в пояснительной записке, а на чертеже – только цифровые данные.
21. Проекции точек обозначаются малыми, а совмещенные положения точек – большими буквами.
22. Основные элементы решения выделяются цветной тушью.
23. При выполнении работы в графическом пакете *AutoCad* выполняются указанные выше требования. Распечатки выполненных работ в этом случае должны быть в **цветном** виде.
24. Пояснения по выполнению заданий пишутся на белом листе формата *A4* в альбомной ориентации. С левой стороны каждой страницы оставляется поле для подшивки.
3. Титульный лист отчета выполняется тушью на плотном листе ватмана формата *A4* в альбомной ориентации.

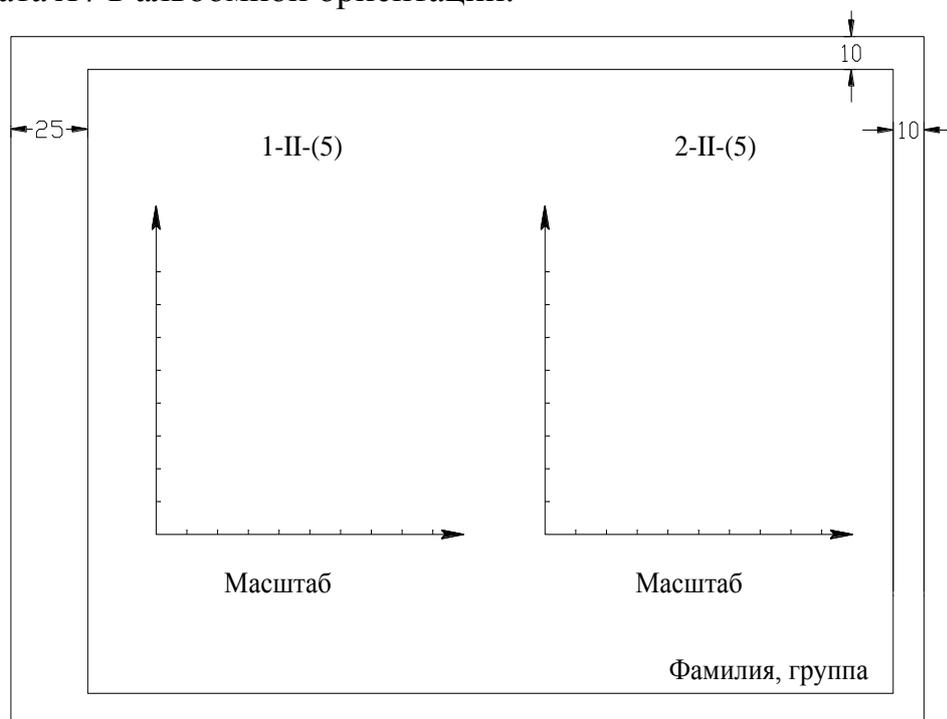


Рис. 4. Схема оформления заданий

V. БАНК КЕЙСОВ

КЕЙС № 1

Вычисление и оценка точности определения координат пункта съёмочной сети обратной засечкой



Цель работы. Обработать полевые измерения и дать заключение о надёжности определения пункта съёмочной сети разреза для съёмки горных выработок в масштабе 1:2000.

Исходные данные

1. Координаты четырех пунктов опорной сети разреза и высота визирования на пункты (прил. 3).
2. Измеренные горизонтальные направления, высота инструмента на пункте съёмочной сети и углы наклона с определяемого пункта (прил. 4).

Порядок выполнения работы

1. Составить в удобном масштабе (1:10000 или 1:25000) схему расположения пунктов маркшейдерской опорной сети разреза и определяемого пункта съёмочной сети.

2. Загрузить программу «zasechki.exe», выбрать в основном меню программы блок «Работа с каталогом», операцию «Редактирование, просмотр каталога». Проверить, имеются ли в каталоге сведения о пунктах опорной сети, к которым произведена привязка определяемого пункта съёмочной сети, и верно ли занесены сведения о координатах. В операцию «Редактирование, просмотр каталога» можно внести исправления, если неверно набраны координаты, при отсутствии в каталоге имени пункта необходимо выбрать операцию «Добавление новых пунктов в каталог» и произвести пополнение каталога.

3. Установить два возможных варианта определения пункта съёмочной сети обратной засечкой.

4. В основном меню программы выбрать блок «Вычисление координат», способ «Обратная засечка» вычислить координаты X и Y пункта съёмочной сети из решения двух оптимальных схем обратной засечки и погрешность пункта в плане для каждой схемы. Привести математический аппарат, реализованный в программе для вычисления координат.

5. Установить из двух вариантов обратных засечек разность в положении пункта съёмочной сети в плане, сравнить её с допустимой по «Инструкции...» [8].

6. Вычислить из двух вариантов высотную отметку определяемого пункта съёмочной сети с учётом поправки за кривизну Земли и рефракцию, расхождение высотных отметок сравнить с допустимым по "Инструкции..." [8].

Привести математический аппарат, реализованный в программе.

7. Дать заключение о надёжности определения пункта съёмочной сети разреза способом обратной геодезической засечки.

Кейс № 2

Учёт объёмов вскрыши и добычи полезного ископаемого

Цель работы. Определить количество полезного ископаемого на складе и объём вскрыши в забое по маркшейдерской съёмке.

Исходные данные

1. Координаты пунктов съёмочного обоснования склада полезного ископаемого (табл. 6).
2. Результаты съёмки поверхности склада полезного ископаемого тахеометрическим способом (прил. 5).
3. План горных работ первого вскрышного уступа (образец 15).

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с номером варианта установить способ подсчёта количества полезного ископаемого на складе и отчётный период (год и месяц) для учёта объёма вскрыши в экскаваторном забое (табл. 1).
2. Определить объём полезного ископаемого на складе:
 - нанести на план масштаба 1:500 пункты съёмочного обоснования; вычислить отметки реечных точек (пикетов) и произвести накладку результатов съёмки поверхности склада на план;
 - установить границы развала штабеля полезного ископаемого; при подсчёте объёмов склада способом вертикальных параллельных сечений построить вертикальные сечения через 20 м перпендикулярно продольной оси склада;
- при подсчёте объёмов склада способом горизонтальных сечений или способом объёмной палетки построить горизонтали основания склада (по отметкам контурных точек) и изосечения поверхности штабеля;
- произвести контроль определения объёма поверхности склада аналитическим способом на ПЭВМ;
- дать заключение о точности и производительности основного и контрольного способов определения кубатуры полезного ископаемого на складе;
- определить массу штабеля угля на складе с учётом фактической и нормативной зольности угля и породы, приняв: плотность угля $\gamma = 1,03 \text{ т/м}^3$; норму зольности по разрезу $A_n = 15 \%$; фактическую зольность $A_f = 20 \%$; зольность засоряющей породы $A_p = 80 \%$.

Таблица 6

Координаты пунктов съёмочного обоснования

Номер пункта	Координаты, м			Варианты, для которых изменяется отметка соответствующего пункта ²
	X	Y	Z	

п. 12	200,040	004,031	90,58	
1	221,502	128,511	89,51	01 - 07
2	288,031	090,012	90,32	08 - 15
3	289,008	005,013	91,34	16 - 22
4	215,507	049,025	90,45	23 - 30

3. Определить объём вскрыши за отчётный период:

- с поуступного плана горных работ снять копию положения забоя вскрышного уступа на начало и конец отчётного периода;
- выбрать и обосновать способ подсчёта объёма вскрыши;
- произвести подсчёт объёмов вскрыши за отчётный период.

Рекомендуемая литература [1, 7, 8, 10, 11].

Десятые доли метров одного из пунктов съёмочной сети (табл. 6) заменить второй цифрой номера варианта. Например, для варианта № 1 следует принять отметки: $Z_1 = 89,11$; $Z_2 = 90,32$; $Z_3 = 91,34$; $Z_4 = 90,45$, а для варианта № 15 изменить отметку только второго пункта ($Z_2 = 90,52$), отметки остальных пунктов принять по табл. 5 и т. д.

Список использованные литературы

1. Boston, Louis F. Buff. High Grade Engineering, Surveying And Mining Instruments. Nabu Press. 2010
2. William A. Hustrulid, Richard L. Bullock. Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies. Society for Mining. 2011
3. Barry A. Wills, James Finch. Wills' Mineral Processing Technology. Butterworth-Heinemann. 2012
4. Balbir S. Dhillon. Mining Equipment Reliability, Maintainability, and Safety. Springer 2011

VI. ГЛОССАРИЙ

Термин	Примечание на русском языке	Примечание на английском языке
<p>Горное дело</p> <p>Mining</p>	<p>сфера человеческой деятельности, связанная с освоением и использованием недр <u>Земли</u>. Включает все виды воздействия людей на <u>земную кору</u>, прежде всего с целью <u>извлечения полезных ископаемых</u>, их первичной переработки, а также научные исследования, связанные с технологиями горного производства.</p>	<p>the scope of human activity related to the development and use of the bowels of the Earth. It includes all types of human impact on the earth's crust, primarily with the aim of extracting minerals, their primary processing, as well as scientific research related to mining technology.</p>
<p>Недра</p> <p>bosom</p>	<p>часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии — ниже земной поверхности и дна водоёмов и водотоков, простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения.</p>	<p>part of the earth's crust, located below the soil layer, and in its absence, below the earth's surface and the bottom of water bodies and streams, extending to the depths available for geological exploration and development.</p>
<p>Кондиции</p> <p>Condition</p>	<p>совокупность требований к качеству и количеству полезного ископаемого в недрах, к горно-геологическим и другим условиям разработки месторождения, определяющих промышленную ценность</p>	<p>a set of requirements for the quality and quantity of mineral in the bowels, for mining and geological and other conditions for the development of the field, which determine the industrial value</p>
<p>охрана недр</p> <p>subsoil protection</p>	<p>совокупность мероприятий, методов и средств, предотвращающих нерациональное использование</p>	<p>a set of measures, methods and tools that prevent the irrational use of mineral resources and</p>

	<p>недр и их порчу, обеспечивающих соблюдение принятого порядка ведения работ по изучению, освоению и использованию ресурсов недр и создающих благоприятные условия для обеспечения минимизации потерь и нарушений природных ресурсов на используемом участке недр</p>	<p>their damage, ensuring compliance with the accepted procedure for the study, development and use of mineral resources and creating favorable conditions for minimizing losses and violations of natural resources in the used subsurface area</p>
<p>Скважина well</p>	<p>горная выработка круглого сечения, пробуренная с поверхности земли или с подземной выработки без доступа человека к забою под любым углом.</p>	<p>mining of circular cross-section drilled from the surface of the earth or from underground mining without human access to the bottom at any angle.</p>
<p>горная выработка excavation</p>	<p>искусственная полость, сделанная в недрах земли или на поверхности. Подземные горные выработки</p>	<p>an artificial cavity made in the bowels of the earth or on the surface. Underground mining</p>
<p>балансовые запасы balance reserves</p>	<p>запасы полезных ископаемых, использование к-рых технологически возможно и экономически целесообразно и к-рые удовлетворяют условиям для подсчёта запасов в недрах.</p>	<p>mineral reserves, the use of which is technologically possible and economically feasible and which satisfy the conditions for calculating reserves in the subsoil.</p>
<p>забалансовые запасы off-balance reserves</p>	<p>Не извлекаемые рентабельно из недр при современном уровне техники и технологий. К забалансовым относятся также.</p>	<p>Not recoverable profitably from the subsoil with the current level of technology and technology. Off-balance also apply.</p>

VII. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Каримов И.А. Ўзбекистон мустақилликка эришиш остонасида. - Т.:“Ўзбекистон”, 2011.
2. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қураимиз. – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 488 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 592 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

4. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2019.
5. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни.
6. Ўзбекистон Республикасининг “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Қонуни.
7. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сонли Фармони.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 3 февралдаги “Хотин-қизларни қўллаб-қувватлаш ва оила институтини мустаҳкамлаш соҳасидаги фаолиятни тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5325-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 июндаги “2019-2023 йилларда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетида талаб юқори бўлган малакали кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш ва илмий салоҳиятини ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4358-сонли Қарори.
11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим тизимида бошқарувнинг янги тамойилларини жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4391- сонли Қарори.
12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим соҳасида бошқарувни ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-5763-сон [фармони](#).
13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз

малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли [фармони](#).

14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиqlаш тўғрисида”ги 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сонли Фармони.

15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 майдаги “Ўзбекистон Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.

16. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 февралдаги “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Ўзбекистон Республикаси Қонунининг қоидаларини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2752-сонли қарори.

17. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2909-сонли қарори.

18. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқларининг иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 27 июлдаги ПҚ-3151-сонли қарори.

19. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Нодавлат таълим хизматлари кўрсатиш фаолиятини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 15 сентябрдаги ПҚ-3276-сонли қарори.

20. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим муассасаларида таълим сифатини ошириш ва уларнинг мамлакатда амалга оширилаётган кенг қамровли ислохотларда фаол иштирокини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 2018 йил 5 июндаги ПҚ-3775-сонли қарори.

21. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли Қарори.

Основная литература:

1. Геодезия и маркшейдерия: учеб.для вузов по специальности "Физ. процессы горн. или нефтегазового пр-ва". направления подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело" / В.Н. Попов [и др.] ; под ред. В.Н. Попова, В.А. Букринского. - 2-е изд., стер. - М.: Изд-во Моск. гос. горн.ун-та, 2007. – 452 с.
2. Снетков В. И. Математическая статистика в горном деле : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело" / В. И.

Снетков; Иркут. гос. техн. ун-т. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. - 183 с.

Дополнительная учебная и справочная литература:

3. Букринский В.А. Геометризация недр : практ. курс : учеб. пособие для вузов по специальности "Маркшейд. дело" направления подгот. дипломир. специалистов "Горное дело" / В.А. Букринский. - М. : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2004. - 332 с.
4. Шевелев В.В. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых : учеб. пособие для специальности 080100 "Геология и разведка месторождений полез. ископаемых" / В. В. Шевелев. - Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2004. - 108 с.
5. Математика. теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие / Снетков В. И.; Иркут. гос. техн. ун-т. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. - 105 с.
6. Букринский В.А. Геометрия недр : учеб. для вузов по специальности "Маркшейд. дело" направления подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело" / В. А. Букринский. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2002. - 548 с. : а-а-ил. - (Высшее горное образование)
7. Математические методы моделирования в геологии : учеб. для вузов по направлению подгот. бакалавров и магистров «Геология и разведка полез. ископаемых» ... / Г. С. Поротов; С.-Петербург. гос. горн. ин-т им. Г. В. Плеханова (техн. ун-т). – СПб.: СПбГГИ, 2006. – 222 с.
8. Каждан, А.Б. Математические методы в геологии: учеб. для геол. спец. / Алексей Борисович Каждан, Олег Иванович Гуськов. – М.: Недра, 1990. – 250 с.
9. Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых / Смирнов В.И., Прокофьев А.П., Борзунов В.М. и др. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. – 672 с.
10. Ушаков И.Н. Горная геометрия. - 4-е изд. перераб. и доп. – М.; Недра, 1979. – 440 с.

Интернет ресурсы

1. www.gemcomsoftware.com (всё о ГИС Gems, Surpac и приложениях к ним)
2. www.micromine.com/ru (всё о ГИС Micromine и приложениях)
3. WebofKnowledge (большой сайт информации по различным областям научного знания)
4. [Единое Окноhttp://window.edu.ru](http://ЕдиноеОкноhttp://window.edu.ru) Студентам и преподавателям Ир