



Министерство образования и науки Самарской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Самарской области
«САМАРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»
(ГБПОУ «СЭК»)

А. А. Захарова

МДК.03.01 ОСНОВЫ УЧЁТА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ

Темы 1.1 – 1.6

Конспект лекций для студентов специальности 21.02.14

Маркшейдерское дело

Конспект лекций по темам 1.1 – 1.6 МДК.03.01 Основы учёта извлечения полезных ископаемых для студентов специальности 21.02.14 / сост.: Захарова А.А. – Самара: ГБПОУ «СЭК» – 117 с.

Издание содержит конспект лекций по темам 1.1 – 1.6 МДК.03.01 Основы учёта извлечения полезных ископаемых.

Замечания, предложения и пожелания направлять в ГБПОУ «СЭК» по адресу: 443001, г. Самара, ул. Самарская 205-А или по электронной почте info@sam-ek.ru

ГБПОУ «СЭК»

Тема 1.1 Проекции, применяемые в маркшейдерском деле

Лекция 1. Содержание горной геометрии и ее значение в практике горного дела, маркшейдерской и геологической служб

Геометризация месторождения полезного ископаемого стала неотъемлемым элементом работы маркшейдерско-геологической службы горных предприятий. Если на маркшейдерских планах, разрезах и других графиках не будут изображены форма разрабатываемой залежи, условия ее залегания и распределение в недрах запасов полезного ископаемого, его разновидностей и компонентов, то нельзя правильно запроектировать строительство горного предприятия и правильно разрабатывать месторождения. Без этого нельзя также установить взаимосвязь в распределении минерализации со структурой месторождения, что необходимо для правильного ведения на месторождениях разведочных работ. Значение геометризации месторождений полезных ископаемых в горном деле является бесспорным.

Основоположником русской горногеометрической школы по праву считается гениальный ученый М.В.Ломоносов. В 1763 г. М.В.Ломоносов изложил основы рудничных съемок и решение некоторых горногеометрических задач в главе “О измерении рудников “своего труда “Первые основания металлургии или рудных тел“. В решении задач горного дела Ломоносов пользовался геометрическими методами, которым он придавал большое значение.

При решении горногеометрических задач в геометрии недр используются положения общей геометрии. Геометрия имела свой первоначальный смысл как контурный рисунок, как схема для отображения реальных предметов. И сейчас этот смысл сохранился во всех разделах геометрии, сохраняется он и в геометрии недр. Это же содержание заключено в классическом определении геометрии как науки о формах, размерах и границах тех частей пространства, которые в нем занимают вещественные тела.

При изучении ряда явлений в гидромеханике, электричестве, магнетизме, теплоте и других отраслях знаний, в том числе и при изучении ряда явлений в недрах Земли в связи с разведкой и разработкой месторождений полезных ископаемых возникли новые задачи, при решении которых аналитическая геометрия и геометрия Эвклида столкнулись с непреодолимыми трудностями. Пришлось иметь дело с процессами и явлениями, где число переменных больше трех, а геометрическая интерпретация этих процессов и явлений не может быть выражена посредством геометрически определяемых тел и поверхностей, для которых известны геометрические законы их образования. Практика продиктовала науке необходимость разработки нового раздела геометрии,

а именно геометрии потока-поля.

ученый П.К.Соболевский рассматривал любое месторождение полезного ископаемого в общем случае как геохимическое поле, которое в одном случае будет полем промышленной концентрации тех или иных компонентов, в другом – некоторым структурным или тектоническим полем.

Исследуя геохимическое поле, П.К.Соболевский установил, что оно аналогично физическому и вообще силовому полю. Структура же силового поля сравнительно изучена. Известно, что оно имеет слоисто-струйчатую структуру, то есть состоит как бы из пучка силовых линий (струй) или потока этих струй. В любом плоском сечении такого потока средние значения свойств поля представляются системой непересекающихся между собой изолиний. Следовательно, свойства и формы недр, а также и процессы, в них происходящие, могут быть изображены на плане системой изолиний, аналогичных горизонталям, изображающим топографическую поверхность (рельеф Земли).

Поверхности, изображенные изолиниями, стали называть поверхностями топографического порядка. Вот почему поверхность топографического порядка приобрела в изучении месторождений полезных ископаемых значение особого математического выражения аналогично уравнению в математическом анализе.

Для решения многих практических задач горного и геологоразведочного дела потребовался аппарат математических действий с поверхностями топографического порядка, который и был разработан П.К.Соболевским. Пользуясь этим математическим аппаратом, можно графически сложить любое число поверхностей топографического порядка, вычесть из одной поверхности другую, извлечь графический корень из поверхности или возвести ее в любую степень, можно графически продифференцировать и проинтегрировать любую поверхность.

Элементы залегания линии пересечения плоскостей

Азимут падения, восстания, простираия. Угол наклона, угол падения.

Мощность относится к числу основных геометрических элементов, характеризующих пласт или толщу пород. Её определяют в естественных условиях и по горным выработкам.

Различают следующие виды мощностей залежи полезного ископаемого:

- 1) нормальная (истинная) l_n - расстояние по нормали между поверхностями лежачего и висячего боков в данной точке залежи;
- 2) вертикальная l_v - расстояние по вертикали между поверхностями лежачего

и висячего боков залежи;

3) горизонтальная l_g - кратчайшее расстояние в горизонтальной плоскости между поверхностями лежачего и висячего боков залежи;

4) видимая (кажущаяся) по данному направлению $l_{вид}$ - расстояние между поверхностями лежачего и висячего боков, измеренное по данному направлению;

5) средняя мощность залежи (l_n , l_v , l_g) - частное от деления объёма залежи на площадь соответствующей проекции контура залежи.

Для залежей полезного ископаемого, состоящих из нескольких слоёв с включением прослоев пустых пород, различают, помимо перечисленных, следующие виды мощностей:

1) полную полезную - сумму мощностей всех слоёв полезного ископаемого в залежи;

2) вынимаемую полезную - сумму мощностей слоёв полезного ископаемого залежи, фактически вынимаемых при разработке;

3) эксплуатационную - сумму мощностей слоёв полезного ископаемого и прослоев породы разрабатываемой части залежи;

4) рабочую - предельно минимальную мощность, ниже которой разработка залежи при данных условиях становится нецелесообразной.

Для решения технических задач (составление проекта выработки, подсчёт запасов полезного ископаемого и пр.) по мощности, измеренной в одном направлении, часто требуется определять значения мощностей по другим направлениям. Для залежей пластовой формы с параллельными боками имеются аналитические зависимости.

На рис.7.11 представлен разрез вкрест простирания угольного пласта с углом падения δ .

Пласт пересечён скважиной с углом наклона β .

По керну скважины измерена мощность $l_{скв}$.

Из точки пересечения скважины с верхним боком пласта О проведены горизонтальная l_g , нормальная l_n и вертикальная l_v мощности.

Из прямоугольных треугольников ОВА и ОВД имеем $l_n = l_v \cdot \sin \delta$; $l_g = l_n \cdot \operatorname{cosec} \delta$

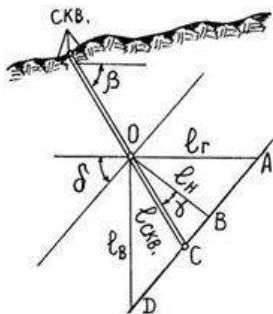


Рисунок 7.11. Виды мощностей пласта

$$\begin{aligned}
l_H &= l_B \cdot \cos d ; \\
l_B &= l_H \cdot \sec d ; \\
l_r &= l_r \cdot \operatorname{ctgd} ; \\
l_B &= l_r \cdot \operatorname{tg} d .
\end{aligned}$$

Выразим мощности пласта через мощность $l_{\text{скв}}$, измеренную по скважине. Для этого обозначим угол $\angle BOC = g$, угол $\angle AOC = b$ (угол наклона скважины) , угол $\angle AOB = 900-d$. Тогда $g=b-(900-d)$.

Из треугольника COB $l_H = l_{\text{скв}} \cdot \cos g$ или $l_H = l_{\text{скв}} \cdot \cos(b-(900-d))$.

Для горизонтальной и вертикальной мощностей выражения примут вид:

$$\begin{aligned}
l_r &= l_{\text{скв}} \cdot \cos(b-(900-d)) \cdot \operatorname{cosec} \\
l_B &= l_{\text{скв}} \cdot \cos(b-(900-d)) \cdot \sec d
\end{aligned}$$

Рассмотрим определение l_H , l_r и l_B мощности пласта, когда измерение мощности произведено по разведочной скважине, пересекающей пласт в косом направлении относительно его простирания и падения.

Пусть наклонная (или искривленная) скважина в точке A , координаты которой известны, вошла в пласт и в точке B на расстоянии $l_{\text{скв}}$ вышла из пласта. Известен угол наклона b , под которым скважина пересекла пласт, и азимут направления скважины a_1 , а также азимут a и угол падения d пласта.

Рассмотрим графическое и аналитическое решения. На плане, выбрав масштаб, проводят оси координат (рис.7.12,а). С центром осей совмещают точку входа скважины A . Через точку A проводят горизонталь Z_A всякого бока залежи под азимутом a .

Под азимутом a_1 из точки A проводят и откладывают проекцию измерённой по скважине мощности, равную отрезку $Ab = l_{\text{скв}} \cdot \cos b$

Через точку B проводят горизонталь Z_B лежачего бока пласта параллельно горизонтали Z_A . Отметки горизонтали Z_A на величину $h = l_{\text{скв}} \cdot \sin b$. Следовательно, $Z_B = Z_A - l_{\text{скв}} \cdot \sin b$.

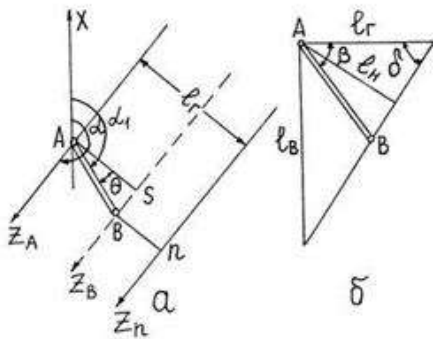


Рисунок 7.12 Определение мощности пласта по видимой $l_{\text{скв}}$: а - план ; б- профиль

Найдём далее проекцию такой горизонтали лежачего бока пласта, отметка которой была равна отметке горизонтали Z_a висячего бока. Для этого из точки b восстанавливают перпендикуляр к горизонтали Z_b , на котором откладывают отрезок $bn = h \cdot \operatorname{ctgd}$ или, подставляя значение h , $bn = l_{\text{скв.}} \cdot \sin b \cdot \operatorname{ctgd}$. Через точку n проводят горизонталь Z_n параллельно горизонтали Z_a . По условию построения обе горизонтали имеют одинаковые отметки, но относятся одна к висячему, а другая к лежачему боку пласта. Следовательно, кратчайшее расстояние между горизонталями соответствует горизонтальной мощности l_g пласта в масштабе плана. Нормальная мощность l_n определяется длиной перпендикуляра, опущенного из точки A на сторону bn , а вертикальная мощность l_v - длине перпендикуляра, восстановленного из точки A к линии Ap до пересечения с продолженной линией Bn .

Для аналитического выражения горизонтальной мощности обозначим через q острый угол на плане между проекциями оси скважины и линией падения пласта. Тогда $l_g = As + bn$, где $As = Av \cdot \cos q$. Подставляя выделенные ранее значения для Av и bn , получим

$$l_g = l_{\text{скв.}} \cdot (\cos b \cdot \cos q + \sin b \cdot \operatorname{ctgd}).$$

Для истинной l_n и вертикальной l_v мощности после некоторых преобразований получим следующие соотношения:

$$\begin{aligned} l_n &= l_{\text{скв.}} \cdot \cos d \cdot \cos b \cdot (\operatorname{tg} d \cdot \cos q + \operatorname{tg} b); \\ l_v &= l_{\text{скв.}} \cdot \cos b \cdot (\operatorname{tg} d \cdot \cos q + \operatorname{tg} b). \end{aligned}$$

В обнажениях на выходах и в горных выработках при наличии четких контактов с вмещающими породами мощность залежи определяют непосредственно с точностью до сантиметра. В тех случаях, когда залежь не имеет отчетливых границ с вмещающими породами, то есть постепенно переходит в безрудные вмещающие породы, определение мощности производят по данным опробования.

Основные требования, предъявляемые к горно-графической документации

Горная графическая документация

Чертежи горной графической документации классифицируют по их назначению.

Все чертежи разделяют на пять комплектов:

- чертежи земной поверхности,
- горных выработок,
- горно-геологические и горно-геометрические,
- производственно-технические,

- для планирования и руководства горными работами.

Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ в качестве обязательной горной графической документации предусматривает первый и второй комплекты.

Основные правила составления чертежей

Исходные чертежи составляют непосредственно по результатам натурных измерений и вычисления координат точек. Если невозможно произвести съемку каких-либо выработок, то допускают нанесение этих выработок на исходные чертежи на основании акта опроса (об этом на чертеже делают соответствующую запись). Чертеж в случае утраты или износа составляют заново.

При утрате первичной и вычислительной документации для составления чертежа используют другую имеющуюся графическую документацию.

Пункты маркшейдерских опорных сетей на земной поверхности и в подземных горных выработках, а также пункты съемочных сетей наносят по координатам с помощью координатографа или циркуля-измерителя и трансверсальной линейки.

Расстояния на плане между линиями координатной сетки и между пунктами опорных и съемочных сетей не должны отличаться от теоретических более чем на 0,3 мм.

Пункты съемочных сетей 2 разряда в очистных забоях разрешается наносить упрощенными методами. Объекты съемки изображают соответственно их формам и размерам в масштабе чертежа. В случае невозможности изображения сообразно его форме и размерам применяют условные знаки. Если чертеж содержит ситуации земной поверхности, горных выработок и геологическую, то в первую очередь наносят элементы земной поверхности, потом ситуацию горных выработок, а в конце - геологическую ситуацию.

Контуры элементов, лежащих в плоскости, представленной на данном чертеже, вычерчивают сплошной линией. Контуры элементов, не лежащих в плоскости (например выработки в другом пласте), вычерчивают штриховыми линиями. Контуры элементов, изображенных на основе акта опроса, вычерчивают штриховой линией.

Условные знаки размещают таким образом, чтобы положению объектов в натуре соответствовали следующие обозначения на чертеже:

- для знаков, имеющих форму геометрических фигур, - геометрический центр этих фигур;

- для знаков с большим основанием - середина основания знака;
- для знаков с прямым углом при основании - вершина прямого угла; для знаков, составленных из нескольких геометрических фигур, - середина нижней фигуры.

Если в каком-либо месте чертежа встречается скопление нескольких условных знаков, то допускают уменьшение размеров знаков на одну треть их величины. Если содержание какого-либо участка чертежа не будет наглядным из-за большого скопления на нем условных знаков, то для такого участка составляют дополнительный чертеж в увеличенном масштабе. Если условный знак попадает на линию рамки, то его вычерчивают на обоих смежных планшетах.

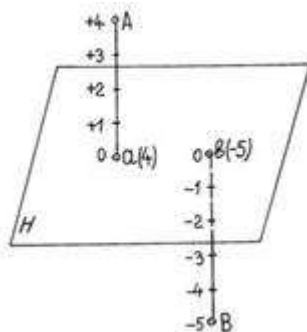
В случаях, когда невозможно вычерчивать буквенный знак внутри контура данного элемента вследствие небольших его размеров, этот знак вычерчивают вне контура, стрелкой указывают его место принадлежности.

Надписи к объектам съемки начинают с большой буквы. Если объект съемки имеет вытянутую форму, то надпись располагают по оси объекта так, чтобы можно было свободно читать снизу и с правой стороны чертежа.

Надписи, касающиеся других объектов, размещают горизонтально, причем название больших объектов помещают в середине контура.

Исправления и изменения в исходных чертежах соскабливанием или стиранием резинкой не допускается

Взаимное положение точки и прямой



Числовой отметкой называется расстояние по нормали от проектируемых точек до плоскости проекции Н. За основную плоскость проекции может быть принята любая, чаще всего горизонтальная плоскость. Если точка расположена выше или вправо от плоскости проекции (п.п.), то расстояние считается положительным и отметка ставится со знаком плюс. Если точка расположена ниже или влево, то расстояние считается отрицательным и отметка ставится со знаком минус. Для полного определения положения точки в проекциях

необходимо наличие масштаба и единиц измерения (м, см, мм и т.д.)

В геометрии недр прямая как геометрический элемент обозначает буровую скважину, ось горной выработки, направление простирания или падения. В связи с этим прямая может быть задана:

1. Координатами двух точек;
2. Прямая может быть задана координатами одной точки, дирекционным углом направления (обычно задается в сторону падения) и углом наклона α

Существует 3 способа градуирования прямых:

1. С помощью палетки с параллельными линиями;
2. С помощью профиля;
3. Аналитический.

Основные виды проекций, применяемые при решении задач в горном деле

Общие сведения о центральном проектировании.

С центральным проектированием приходится иметь дело при решении вопросов, связанных с фотографией, фотограмметрией, картографией, кристаллографией. Суть его заключается в следующем.

Для получения изображения предмета М (например, куба) (рис.1.1) на плоскости Р в центральной проекции необходимо выбрать точку О вне плоскости, соединив ее с характерными точками предмета 1,2,.....,8 прямыми линиями и найти точки пересечения $1\phi, 2\phi, \dots, 8\phi$ этих линий с плоскостью Р. Соединив найденные точки соответствующим образом друг с другом, получают на плоскости Р центральную проекцию данного предмета в виде плоской фигуры m.

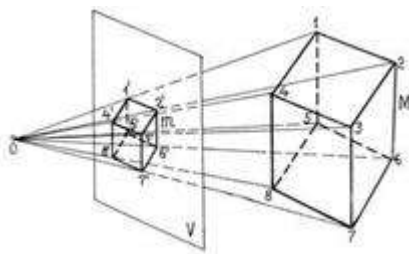


Рисунок 1.1

В этом случае точку О называют полюсом, или центром проекций; предмет М – проектируемым предметом; точки 1,2,.....8 – проектируемыми точками, а их проекции $1\phi, 2\phi, \dots, 8\phi$ – центральными (перспективными) проекциями; прямые линии 0-1, 0-2, ..., 0-8 – проектирующими линиями или лучами.

Перспективные изображения имеют очень большую наглядность, но малую удобоизмеряемость. В зависимости от формы поверхности, на которой получают изображение, перспективы бывают линейными (изображение строится на

плоскости), панорамными (изображение строится на внутренней поверхности цилиндра), купольными (изображение строится на внутренней поверхности шара), диорамными (сочетание линейной перспективы заднего фона предмета с его натуральной величиной на переднем фоне) и др.

Взаимное положение прямых

Прямые в пространстве могут быть:

- а) параллельными;
- б) пересекающимися;
- в) скрещивающимися.

Прямые в пространстве параллельны если проекции их параллельны, заложения равны и отметки возрастают в одну сторону.

Прямые пересекаются если пересекаются их проекции и точка пересечения для обеих прямых.

Если не соблюдается одно из свойств параллельности прямых, то прямые в пространстве скрещиваются.

Перпендикулярность прямых в пространстве определяется методом совмещения. Если в совмещенном положении прямые перпендикулярны, то они и перпендикулярны и в пространстве.

Решение всех задач на взаимное положение прямых обычно сводится к градуированию их. Таким путем определяется взаимное положение прямых. У параллельных прямых проекции параллельны, интервалы равны и направление возрастания отметок одинаково. Таким образом, если после градуирования прямых окажется, что при параллельных проекциях прямых их в одну сторону, то такие прямые будут параллельны.

Пересекающиеся в пространстве прямые изображаются пересекающимися проекциями, а точка пересечения имеет одинаковую отметку.

Математическое действие сложение с топографическими поверхностями

При сложении поверхностей могут быть такие случаи.

- Изолинии поверхностей при наложении друг на друга пересекаются, образуя четырёхугольники.
- Изолинии не пересекаются и направлены в одну или противоположные стороны.
- Изолинии при наложении поверхностей имеют весьма сложную конфигурацию.

Накладывая две поверхности друг на друга, определяем, с каким случаем нам

придётся иметь дело, затем накладываем на них прозрачный материал, предназначенный для изображений 3-й поверхности.

В первом случае (рис.6.3) отмечаем на чертеже точки пересечения изолиний поверхностей Р и Т, находим суммы отметок в пересечениях и по ним проводим горизонтали суммарной топографической поверхности.

Во втором и третьем случаях построение суммарной топографической поверхности производится с помощью квадратной вспомогательной сетки, выполненной на прозрачном материале, т.е. в вершинах квадратов находят суммарные отметки и по ним строят топографическую поверхность методом интерполирования.

Сложение поверхностей топографического порядка практически применяют при решении многих задач геолого-маркшейдерской службы, например:

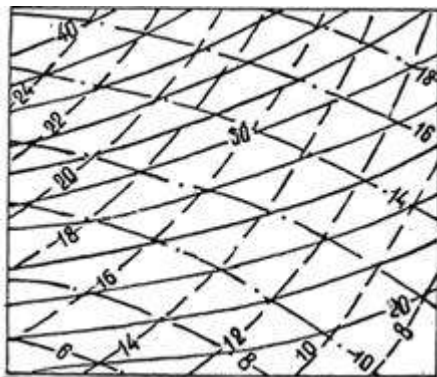


Рисунок 6.3 Графическое сложение двух поверхностей топографического порядка при определении суммарного объёма нескольких залежей, залегающих друг над другом, по их изомощностям; в выборе места заложения подъёмного ствола шахты; при нахождении места своза грузов из нескольких пунктов при минимальных расходах по их перевозке.

Лекция 2. Проекция с числовыми отметками

Проекция с числовыми отметками - это один из основных способов проектирования земляных сооружений. При проектировании дорог, мостов, аэродромов, гидротехнических сооружений и т. п. необходимо изображать земную поверхность с различными земляными сооружениями. Так как при изображении земной поверхности имеют место большие расстояния в двух измерениях и незначительные в третьем измерении по вертикали, то способ проецирования на две плоскости становится неудобным. Данное обстоятельство привело к отказу от второй плоскости проекций и замене ее числовыми отметками, совмещенными с первой плоскостью проекций.

Проецирование – процесс получения изображения предмета (пространственного объекта) на какой-либо поверхности с помощью световых или зрительных

Известны два метода проецирования: **центральное** и **параллельное**.

Центральное проецирование заключается в проведении через каждую точку ($A, B, C, \dots$) изображаемого объекта и определённым образом выбранный **центр проецирования** (S) прямой линии ($SA, SB, \dots$ — **проецирующего луча**).

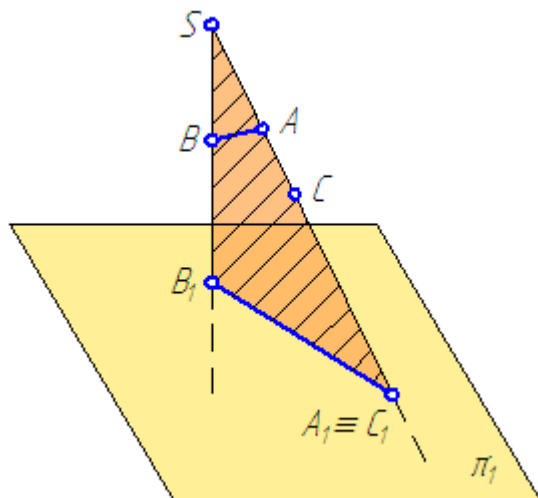


Рисунок 1.1 – Центральное проецирование

Свойство 1. Каждой точке пространства соответствует единственная проекция, но каждой точке плоскости проекций соответствует множество точек пространства, лежащих на проецирующей прямой.

2. ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОЕКЦИРОВАНИЕ

1. Удалим оба центра проекции в бесконечность. Таким образом, добьемся того, что проецирующие лучи из каждого центра станут параллельными, а, следовательно, соотношение истинной длины любого отрезка прямой и длины его проекции будут зависеть только от угла наклона этого отрезка к плоскостям проекций и не зависят от положения центра проекций;

2. Зафиксируем направление проецирования относительно плоскостей проекций;

3. Расположим плоскости проекций перпендикулярно друг другу, что позволит легко переходить от изображения на плоскостях проекций к реальному объекту в пространстве.

Таким образом, наложив эти ограничения на метод центрального проецирования, мы пришли к его частному случаю – **методу параллельного проецирования** (Рисунок 1.3). Проецирование, при котором проецирующие лучи, проходящие через каждую точку объекта, параллельно выбранному направлению проецирования P , называется **параллельным**.

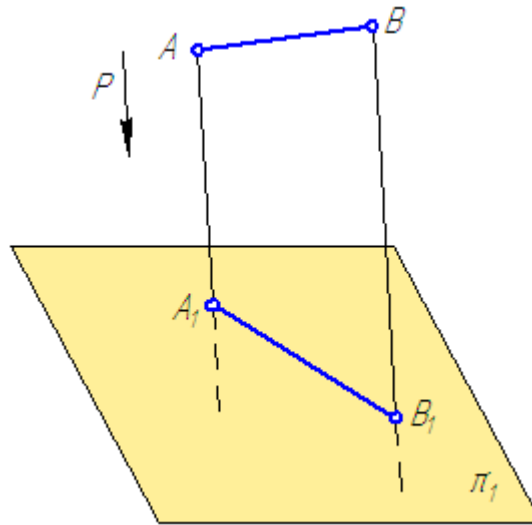


Рисунок 1.3 – Метод параллельного проецирования

Введём обозначения:

Введём обозначения:

P – направление проецирования;

π_1 – горизонтальная плоскость проекций;

A, B – объекты проецирования – точки;

A_1 и B_1 – проекции точек A и B на плоскость проекций π_1 .

Параллельной проекцией точки называется точка пересечения проецирующей прямой, параллельной заданному направлению проецирования P , с плоскостью проекций π_1 .

Проведём через точки A и B проецирующие лучи, параллельные заданному направлению проецирования P . Проецирующий луч проведённый через точку A пересечёт плоскость проекций π_1 в точке A_1 . Аналогично проецирующий луч, проведённый через точку B пересечет плоскость проекций в точке B_1 . Со-

единив точки A_1 и B_1 , получим отрезок $A_1 B_1$ – проекция отрезка AB на плоскость π_1 .

3. ОРТОГОНАЛЬНОЕ ПРОЕКЦИРОВАНИЕ. МЕТОД МОНЖА

Если направление проецирования P перпендикулярно плоскости проекций π_1 , то проецирование называется **прямоугольным** (Рисунок 1.4), или **ортогональным** (греч. *ortos* – прямой, *gonia* – угол), если P не перпендикулярно π_1 , то проецирование называется **косоугольным**.

Четырехугольник AA_1B_1B задаёт плоскость π , которая называется проецирующей, поскольку она перпендикулярна к плоскости π_1 ($\gamma \perp \pi_1$). В дальнейшем будем использовать только прямоугольное проецирование.

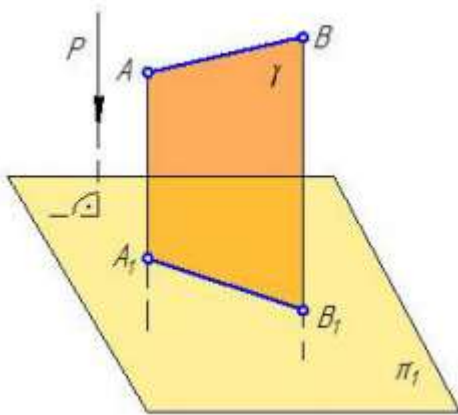


Рисунок 1.4 – Ортогональное проецирование

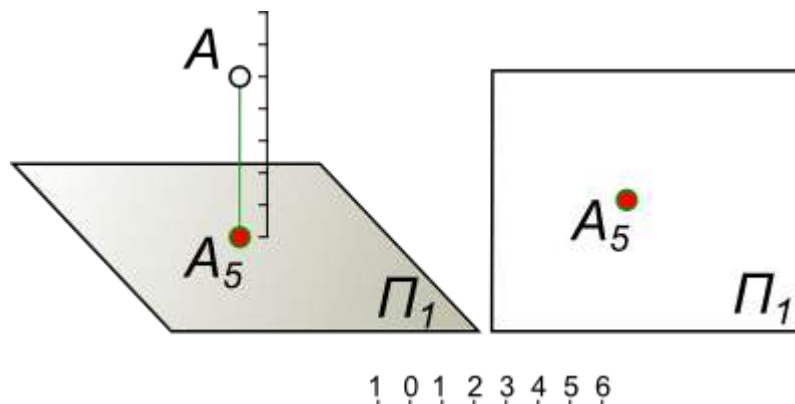
Положение в пространстве любой точки, изображенной в проекциях с числовыми отметками, определяется двумя параметрами: ее прямоугольной проекцией на горизонтальную плоскость Π_0 (плоскость нулевого уровня) и высотной отметкой точки, которая указывается в виде индекса в обозначении точки.

Отметка точки – это расстояние от изображаемой точки до плоскости нулевого уровня. За единицу измерения обычно берут 1 м. Отметка точки может быть положительной и отрицательной.

Проекции с числовыми отметками были применены для изображения на морских картах глубины в различных пунктах водных бассейнов. В XVI веке был предложен способ изображения топографической поверхности кривыми линиями, которые соединяли целый ряд точек, лежащих на одном уровне. Данные кривые линии получили название горизонталей.

При этом способе все точки ортогонально проецируются только на одну плоскость проекций, обычно горизонтальную. Но так как одна проекция не определяет положение точки в пространстве, то фронтальную проекцию заменяют чи-

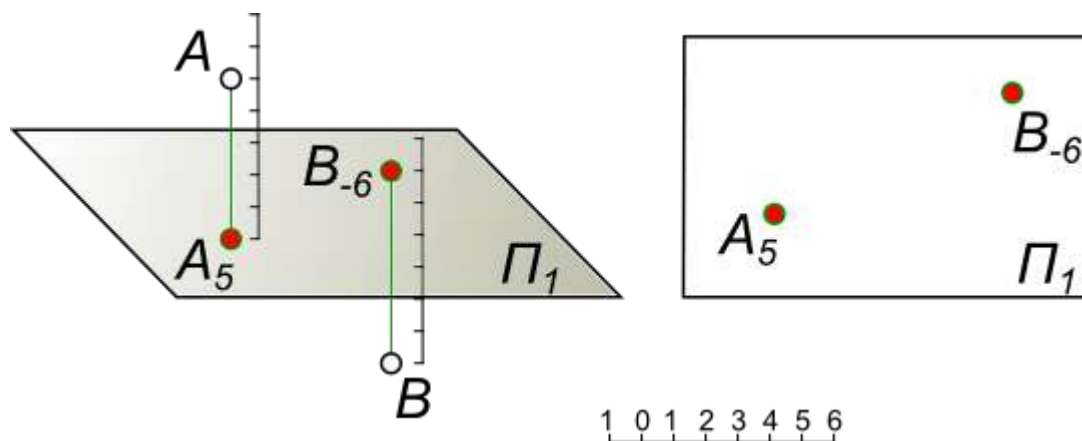
словыми отметками, которые ставятся около проецируемых точек, например A_5 .

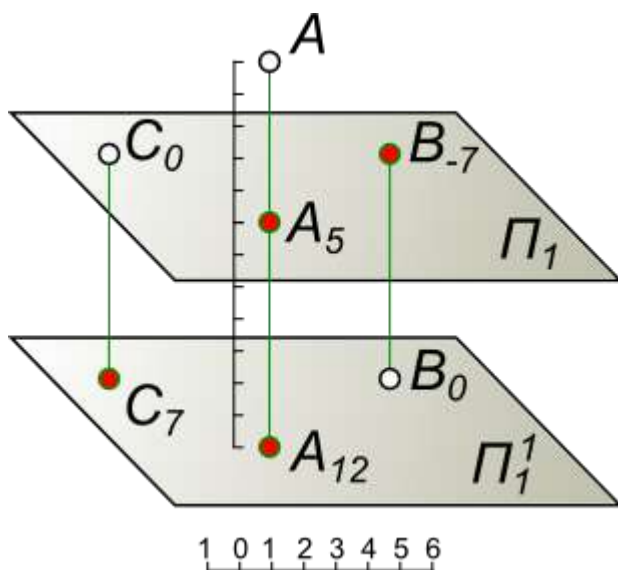


Отметка указывает превышение точки над горизонтально расположенной плоскостью проекций Π_1 .

При проецировании земной поверхности за абсолютный нулевой уровень принимают постоянный уровень воды в Балтийском море, иногда используют условный уровень.

Все точки, расположенные выше плоскости, принятой за условный нулевой уровень, имеют отметку со знаком $+$ (плюс), который как правило не ставится. Все точки, расположенные ниже плоскости, принятой за условный нулевой уровень, имеют отметку со знаком $-$ (минус).





Для решения некоторых задач используют проецирование на вертикальную плоскость, совмещаемую затем с горизонтальной плоскостью. При этом вертикальная плоскость может быть расположена в любом месте относительно точки. Длину проекции прямой на горизонтальную плоскость называют заложением. Заложение обозначают буквой L .

Разность высот точек называют превышением Δh . $\Delta h = h_A - h_B$. Отношение превышения к заложению называют уклоном прямой и обозначают буквой i .

Если превышение прямой равно единице, то заложение такого отрезка называют интервалом.

Интервал – это горизонтальная проекция отрезка, разность отметок концов которого равна 1 м. Интервал обозначают буквой λ .

Интервал и уклон – величины обратно пропорциональные.

$$i = 1/\lambda; \lambda = 1/i.$$

Плоскость может быть задана на проекциях с числовыми отметками различными способами:

- параллельными прямыми.

Признаками параллельности прямых на проекциях с числовыми отметками являются параллельность проекций, равенство интервалов и одинаковое направление уклонов;

- пересекающимися прямыми.

Признаком пересечения двух прямых на проекциях с числовыми отметками является наличие общей точки K , которая имеет одинаковую отметку для каждой

из двух прямых;

- тремя точками или любым плоским n-угольником;
- проекцией на горизонтальную плоскость проградуйрованной линии ската, которая называется масштабом уклона. Масштаб уклона принято изображать двумя параллельными линиями (основной и тонкой).

Лекция 3. Способы изображения многогранников и топографических поверхностей в проекциях с числовыми отметками

В методе с числовыми отметками используется ортогональное проецирование на одну горизонтальную плоскость проекций, называемую плоскостью нулевого уровня или основной плоскостью.

Однокартинные чертежи необратимы, но числовая отметка, стоящая возле изображения, дополняет чертеж и показывает на сколько единиц данная фигура удалена от основной плоскости.

Все чертежи с числовыми отметками сопровождаются линейным масштабом.

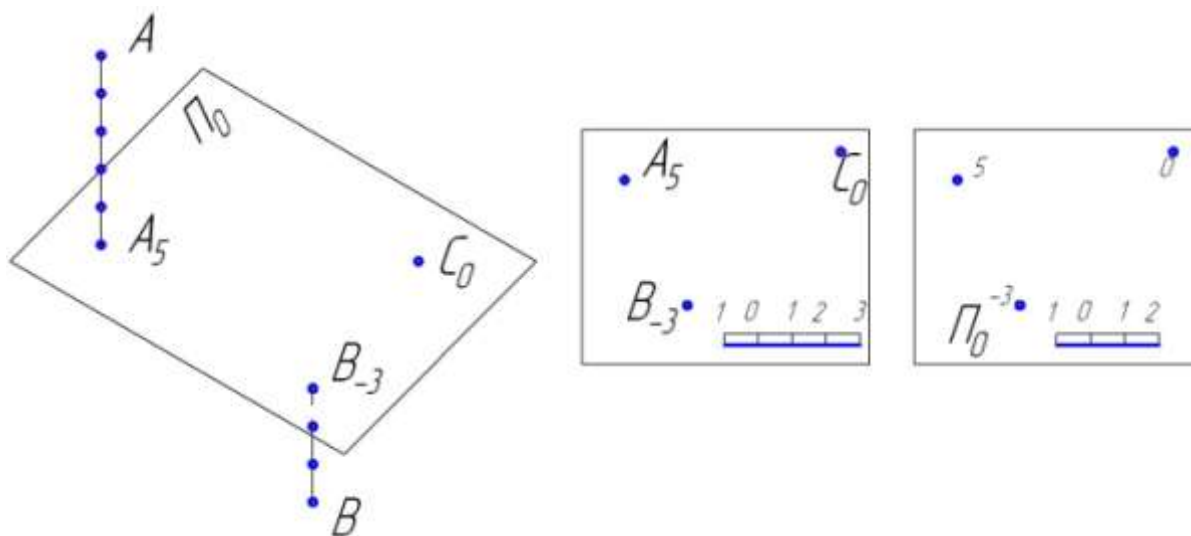


Рисунок 1

На рис.1 изображены точки А, В и С. Они ортогонально спроецированы на плоскость проекций Π_0 . Число (отметка), стоящее рядом с буквенным обозначением точки, указывает на сколько единиц (метров) точка удалена от этой плоскости Π_0 . Точка А, расположенная выше плоскости Π_0 , имеет положительную отметку и знак перед числом не ставится.

Точка В, расположенная ниже плоскости нулевого уровня, имеет отрицательную отметку. Знак « - » ставится перед числовой отметкой. Точка С лежит в плоскости Π_0 , поэтому имеет отметку «0» .

На чертежах проекции точек можно обозначать буквами с соответствующими числами или одними числами «Рис.1б», если это не затрудняет чтения чертежа.

Такие чертежи с числовыми отметками называют планами. На них обязательно наносится линейный масштаб.

Задание на чертеже отрезка прямой

Прямая может быть задана проекциями любых двух, принадлежащих ей, точек с указанием их отметок. Проекция отрезка прямой называется заложением. (Рис.2) Величина заложения отрезка, разность отметок двух точек которого равна единице, называется интервалом и обозначается L. Или можно сказать, что интервалом прямой является заложение, соответствующее подъему, равному единице. (Рис.2)

Величина заложения зависит от уклона прямой. Эти величины обратные друг другу: чем больше уклон, тем меньше заложение и наоборот. (Рис.3)

Уклон прямой есть отношение алгебраической разности отметок концов отрезка к длине его проекции и обозначается i.

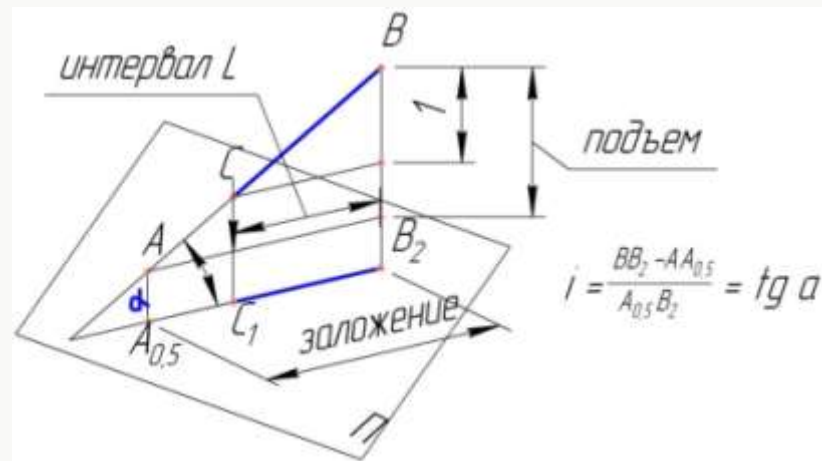


Рисунок 2

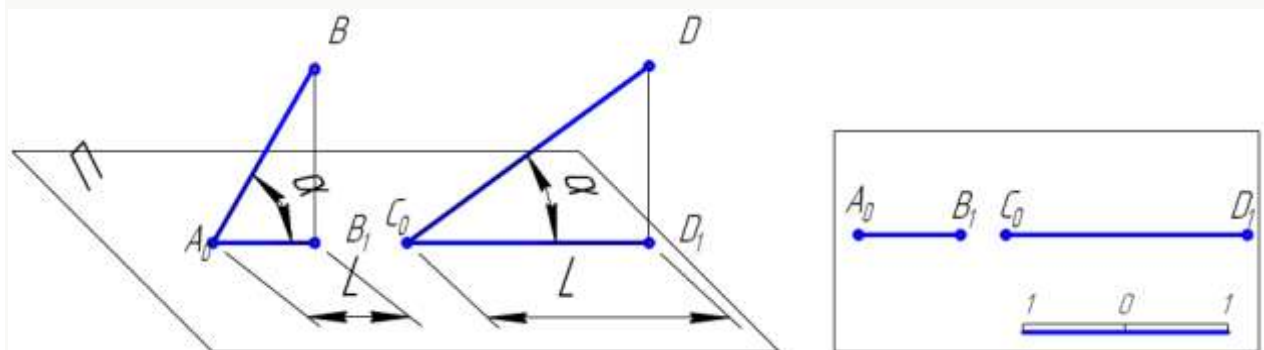


Рисунок 3

Градуирование прямой

Проградуировать прямую – значит найти на ней точки, имеющие целочисленные отметки. Например, задан отрезок АВ (A_1 В $4,5$). Чтобы проградуировать его, надо на проекции данного отрезка построить проекции точек 2,3,4. Для решения этой задачи применяется метод пропорционального деления отрезка. (Рис.4)

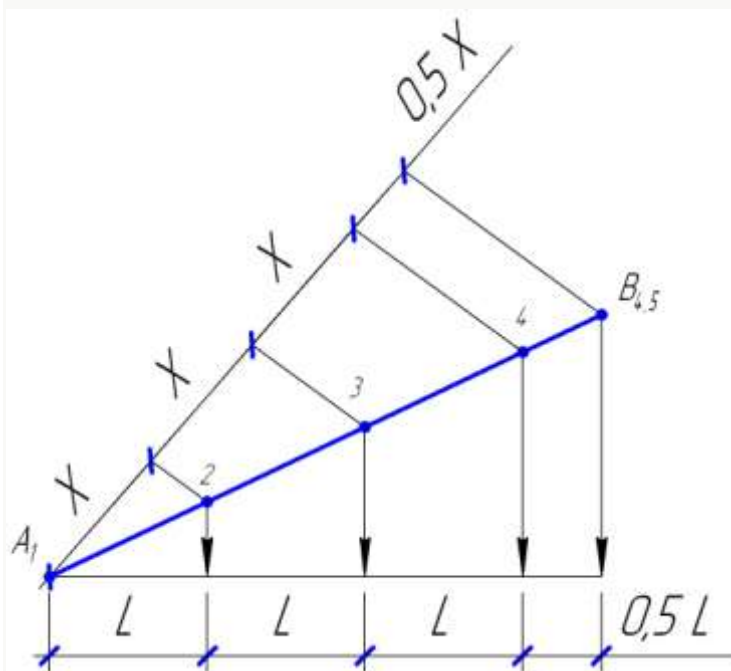


Рисунок 4

Из точки A_1 (или $B_{4,5}$) под произвольным углом проводится луч. Так как разность отметок точек А и В составляет 3,5 единицы, то на этом луче откладываем 3 произвольных, но равных отрезка и еще половину такого же отрезка. Последняя засечка соединяется с точкой $B_{4,5}$. Из всех засечек проводятся прямые, параллельные ему. Этими линиями отрезок $A_1 B_{4,5}$ делится на такое же количество равных частей. Проставляются отметки точек имеющих целые числа.

Угловой масштаб

Угловой масштаб выполняется для определения интервалов прямых, имеющих разный уклон. Например, задается уклон выемки $i_v = 3/4$, уклон насыпи $i_n = 1/2$ и уклон дороги (подъездных путей) $i_{п.п} = 1/5$.

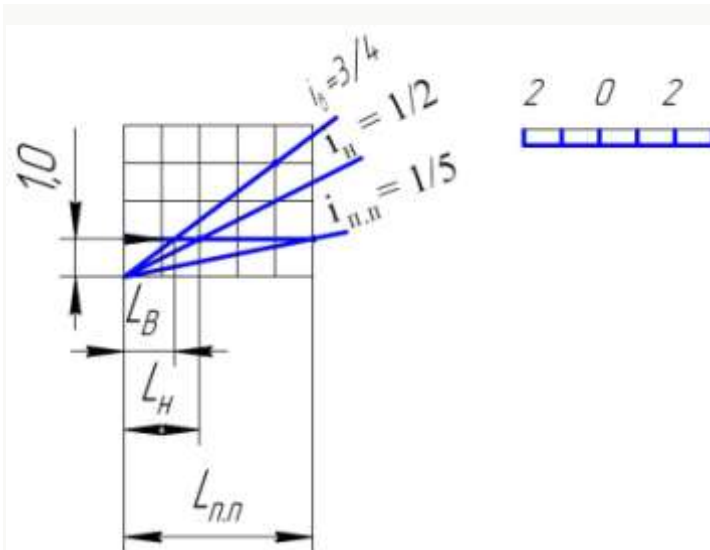


Рисунок 5

По заданному линейному масштабу определяется, что величина одной единицы равна 5мм.

Строится сетка, высота и ширина клеточек по 5мм. (Рис.5)

Чтобы построить прямую с уклоном $3/4$, откладываем числитель (3 клеточки) на вертикальной линии, а знаменатель (4 клеточки) на горизонтальной. Строим прямоугольник, диагональ этого прямоугольника и есть прямая с уклоном $3/4$. На этой прямой находим точку, которая на одну единицу выше самой нижней точки. Проекция этого отрезка ходим точку, которая на одну единицу выше самой нижней точки. Горизонтальной клонится интервалом и обозначается плоскости П. и есть интервал выемки ($L_{\text{в}}$), остальные интервалы определяются аналогично.

Задание плоскости

В проекциях с числовыми отметками, как и в других методах, плоскость может быть задана тремя точками, не лежащими на одной прямой; прямой и точкой, не лежащей на этой прямой; двумя параллельными или двумя пересекающимися прямыми; плоской фигурой. Однако чаще всего задается масштабом уклонов (масштабом падения) т.к. в проекциях с числовыми отметками такое задание является более наглядным и удобным для решения большинства инженерных задач.

Масштаб уклонов – это проградуированная проекция линии наибольшего ската. (проекция линии ската, на которую нанесены ее интервалы).

Линия наибольшего ската плоскости Р перпендикулярна линии пересечения этой плоскости с плоскостью проекций. А любая линия, лежащая в плоскости Р и параллельная линии пересечения плоскостей, будет горизонтальной. Тогда

можно сказать, что линия наибольшего ската есть прямая перпендикулярная горизонталям плоскости. (Рис.6)

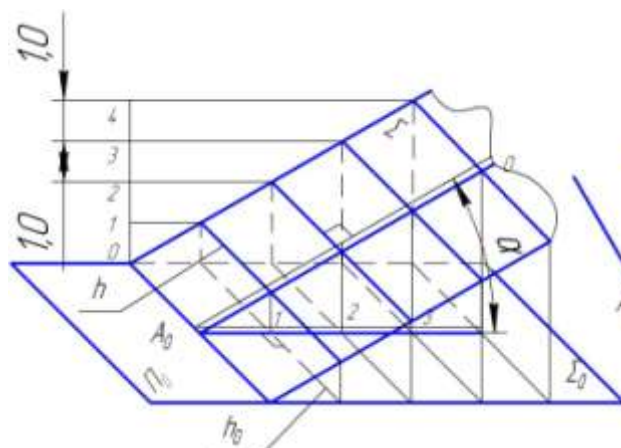


Рисунок 6

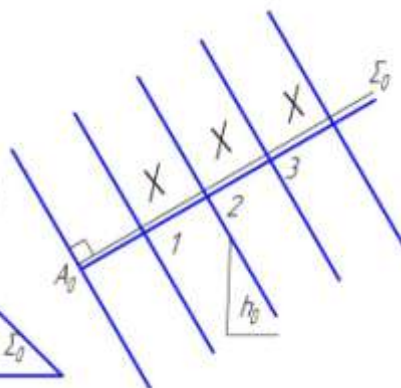


Рисунок 7

Из свойства проецирования прямого угла горизонтальная проекция линии наибольшего ската перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали. Поэтому на плане плоскость задается проекцией линии наибольшего ската (масштабом уклона) с интервалами и проекциями горизонталей, проходящими через них, перпендикулярными проекции линии ската. (Рис.7) Проставляются отметки каждой горизонтали.

Масштабы уклонов на плане проводятся двумя параллельными линиями – одна из них толстая, другая тонкая. Числовые отметки проставляются со стороны толстой линии.

Построение линии пересечения плоскостей

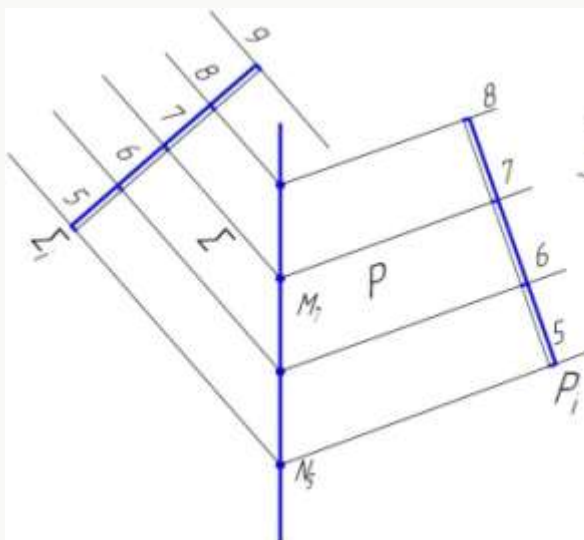


Рисунок 8

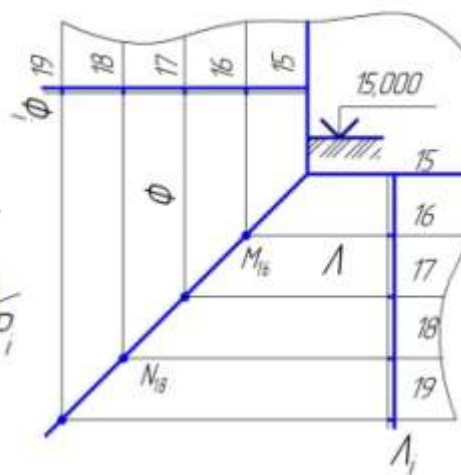


Рисунок 9

На рис. 8 заданы две плоскости Σ и P с разным уклоном: уклон плоскости Σ больше, т.к. интервалы меньше, а уклон P меньше, т.к. интервал больше. Две плоскости пересекаются по прямой линии. Для ее построения достаточно построить две точки. Такими точками будут точки пересечения одноименных горизонталей, т.к. пересекаться могут только те прямые, которые лежат в одной плоскости. Горизонтالي, имеющие отметку 7, лежат в одной горизонтальной плоскости, а значит пересекаются (т. M^7). Аналогично строится точка N^5 . Соединив две точки, принадлежащие обеим плоскостям, получим проекцию линии пересечения.

На рис.9 заданы две плоскости Φ и Λ , имеющие одинаковый уклон, т.к. интервалы их равны, поэтому линия пересечения этих плоскостей будет биссекторной ($M^{16} N^{18}$). Строится она так же, как в предыдущем примере.

Задание прямого кругового конуса

В проекциях с числовыми отметками форма любых поверхностей достаточно полно характеризуется их горизонталями. Все способы представляют собой разновидности каркасного способа задания поверхностей. Для выполнения графической работы достаточно знать, как задается прямой круговой конус и топографическая поверхность.

Если прямой круговой конус пересечь рядом параллельных плоскостей, расположенных перпендикулярно оси вращения, то они пересекут его по concentрическим окружностям-горизонталям. (Рис.10). Если расстояния между плоскостями равны одной единице, то расстояния между окружностями на плане будут равны интервалу.

Таким образом, на чертеже прямой круговой конус задается проекцией образующей с нанесенными интервалами (проградуированная проекция образующей), через которые можно провести круговые горизонтали, (рис.11).

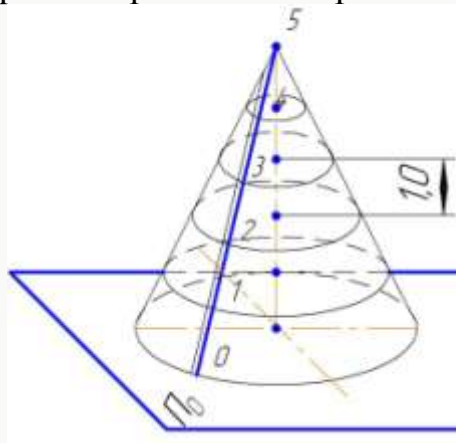


Рисунок10

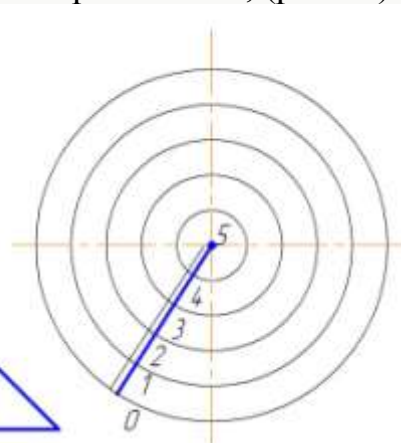


Рисунок 11

Построение линии пересечения конической поверхности с плоскостью.

Коническая поверхность с плоскостью пересекается по плоской кривой линии, которая строится по точкам пересечения горизонталей плоскости с горизонталями конуса с такой же отметкой, т.к. лежат в одной горизонтальной плоскости. (рис.12). Полученные точки соединяются плавной кривой линией. (M_{15} N_{10}).

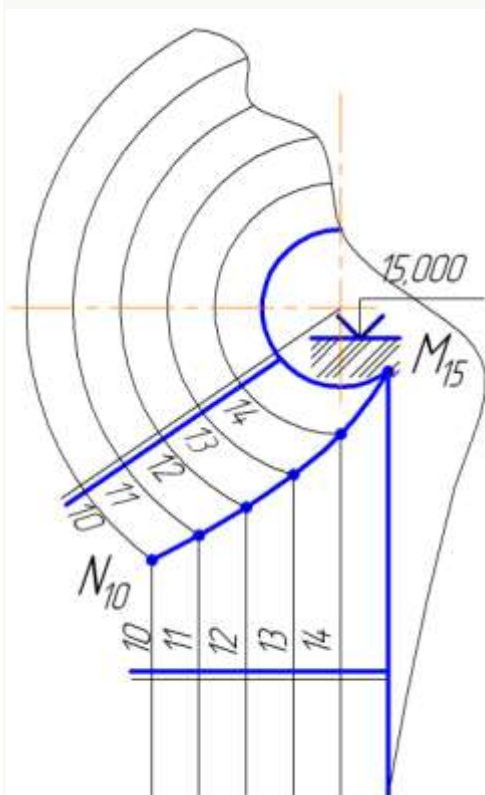


Рисунок 12

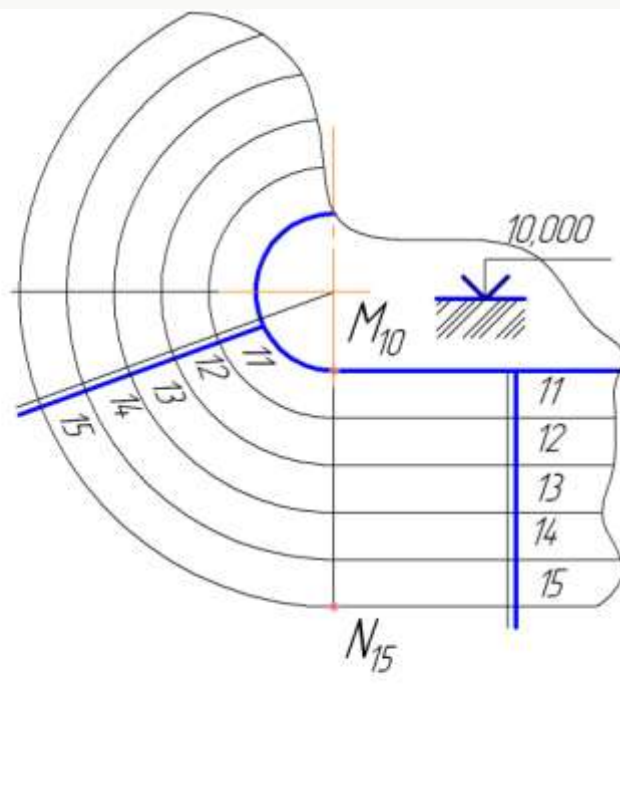


Рисунок 13

На рис.12 прямой круговой конус расположен вершиной вверх, поэтому каждая последующая горизонталь на одну отметку ниже, чем предыдущая. У плоскости точно так же.

На рис. 13 коническая поверхность расположена вершиной вниз и плоскость касательная к ней. Каждая последующая горизонталь на одну отметку выше предыдущей.

Линию касания плоскости выделять не нужно, она остается тонкой сплошной линией. (M_{15} N_{10})

Построение горизонталей на откосах дороги

На откосах от площадки горизонтали параллельны краям площадки, т.к. они тоже являются горизонталями.(Рис.9), а все horizontals параллельны между собой.

Откос от дороги – это плоскость, касательная к системе конусов, стоящих вдоль бровки (края) дороги и расположенных в точках пересечения горизонталей дороги с бровкой дороги или границей канавки. Дорога имеет уклон, а поэтому горизонтали откосов от нее не будут параллельны ее краям. Конусы, расположенные вдоль кромки дороги, могут быть вершинами вверх или вниз.

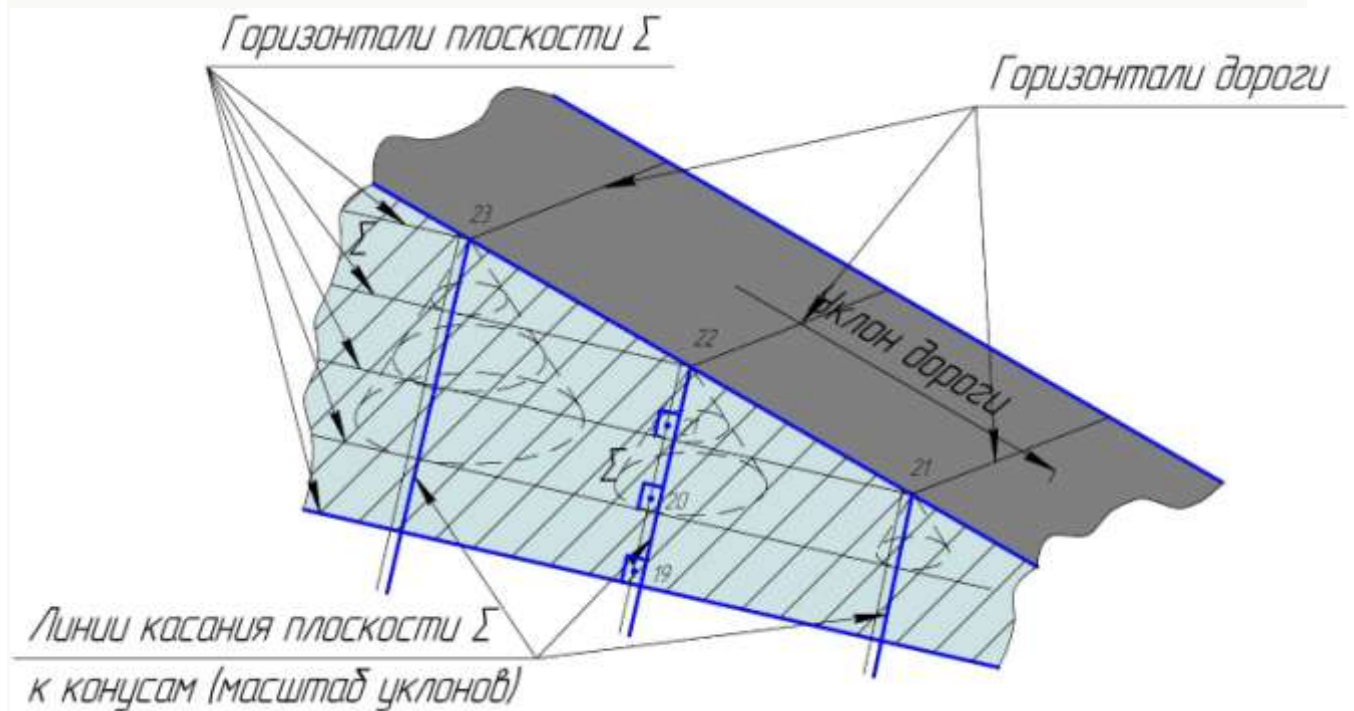


Рисунок 14

На рис 14 изображена плоскость Σ касательная к семейству конусов, вершины которых расположены вверх с одним и тем же наклоном образующих к оси вращения. Горизонталь – окружность конуса, расположенная на одну отметку ниже чем вершина, и вершина следующего конуса, расположены на отметку ниже поэтому, имеют одинаковую отметку. Поэтому прямая, проведенная через вершину следующего конуса и касательная к горизонтали – окружности предыдущего конуса есть горизонталь плоскости Σ .

Остальные горизонталы плоскости Σ будут параллельны ей.

На рис. 15 показывается как строятся на чертеже горизонталы плоскости, касательной к конусам. Масштаб уклона ее проводится на любом из конусов

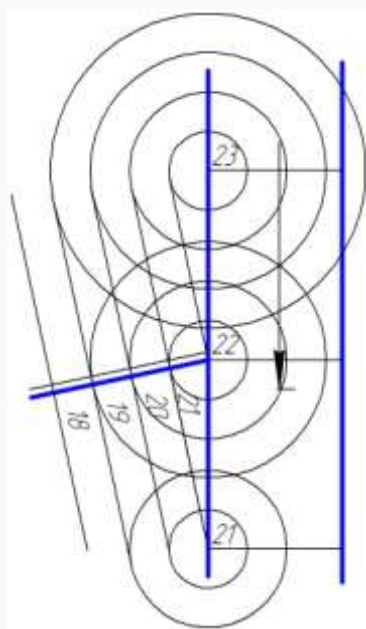


Рисунок 15

Для упрощения построения достаточно построить:

- а) одну горизонталь.
- б) масштаб падения, перпендикулярный ей, с нанесенными интервалами.
- в) горизонтали плоскости, проведенные через интервалы и параллельные построенной горизонтали.

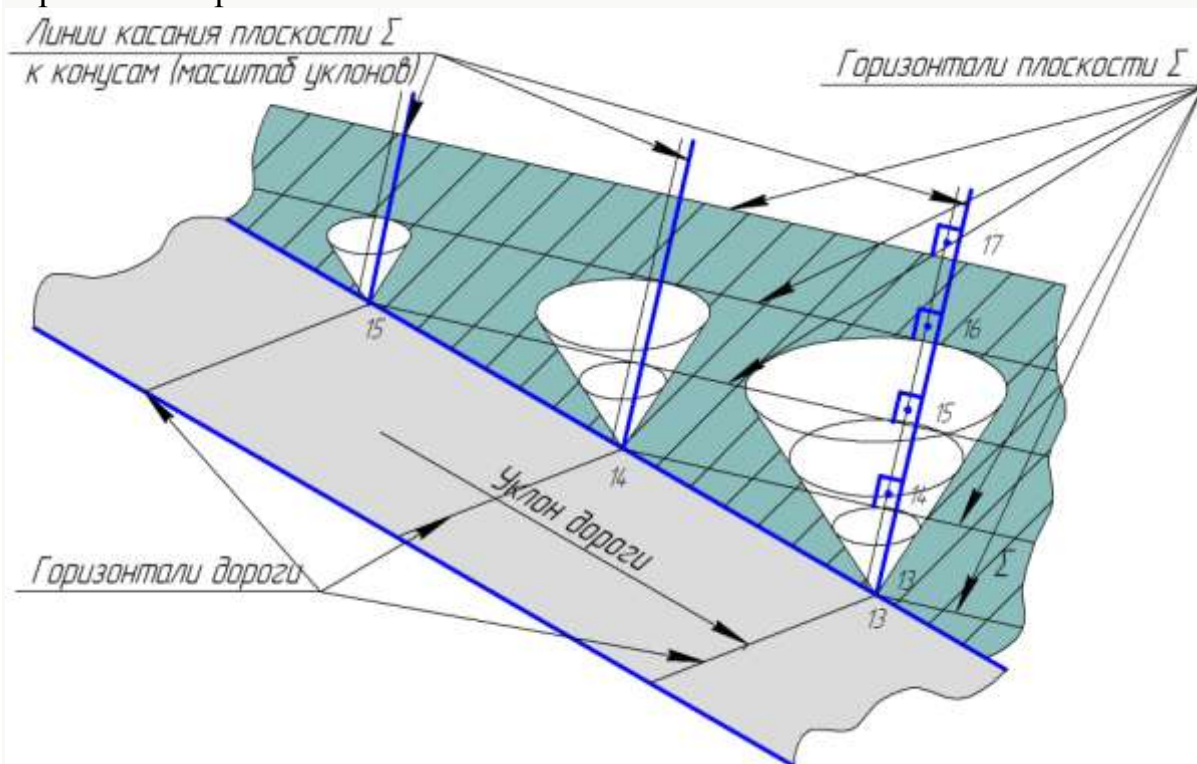


Рисунок 16

На рис 16 изображена плоскость Σ касательная к семейству конусов, вершины которых расположены вниз и находятся в точках пересечения горизонталей дороги с ее границей. Все конусы с одинаковым наклоном образующих к осям вращения. Вершина каждого последующего конуса на одну отметку больше. Так как горизонталь – окружность предыдущего конуса и вершина следующего конуса имеют одну и ту же отметку, то касательная, проведенная через вершину конуса к окружности – горизонталь, и будет горизонталью плоскости Σ .

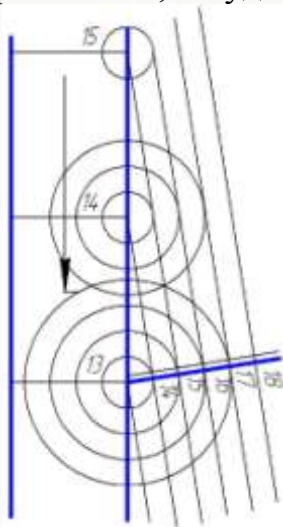


Рисунок 17

На рис. 17 показано, как строятся горизонталь плоскости Σ на чертеже. Масштаб уклона плоскости откоса проводится из вершины любого конуса перпендикулярно горизонталям (через точки касания горизонталей плоскости с горизонталями конуса).

Задание топографической поверхности

Поверхности, образование которых не подчинено определенным законам, называются каркасными или градоическими поверхностями. Они используются в авиации, судостроении, автостроении и других отраслях техники. К ним относятся и земная поверхность, которую принято называть топографической поверхностью. На чертеже она задается проекциями горизонталей. Горизонталь – это линии пересечения топографической поверхности с плоскостями, параллельными плоскости нулевого уровня. Расстояние между плоскостями – 1 ед.

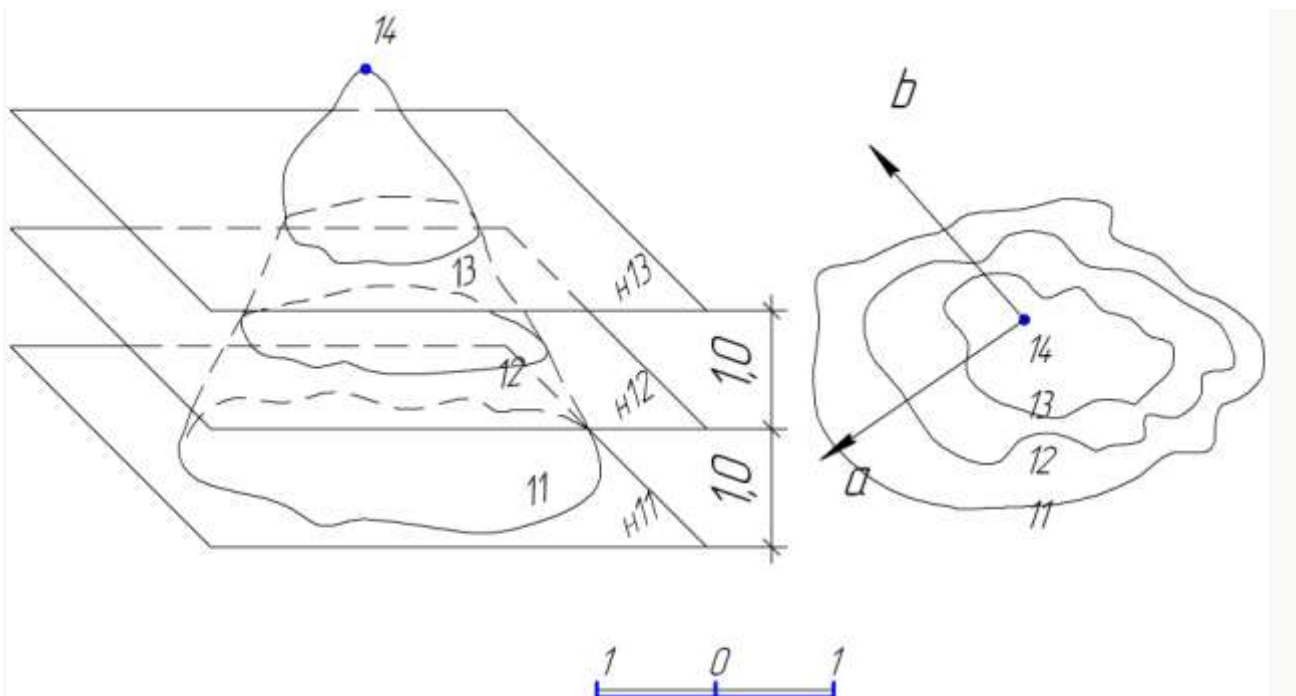


Рисунок 18

Рисунок 19

На рис.18 горизонтالي представляют собой замкнутые плоские кривые, по взаимному расположению которых и по отметкам можно судить о рельефе изображаемой местности.

По расстоянию между горизонталями топографической поверхности можно судить об уклоне поверхности в том или ином направлении. Чем меньше расстояния (интервалы) между проекциями смежных горизонталей, тем круче уклоны топографической поверхности и наоборот. Уклоны изображений на чертеже поверхности от точки, имеющей отметку 14, в направлении «а» более пологий, чем в направлении «b». (рис.19)

Если горизонталь местности не замкнутые линии, то числовые отметки ставятся с обеих сторон для удобства построений.

Построение профиля местности.

Профилем топографической поверхности называется линия, полученная в результате сечения поверхности проецирующей плоскостью или проецирующей поверхностью.

На рис.20 показан план топографической поверхности, заданной горизонталями с числовыми отметками. Эта поверхность пересекается плоскостью 1-1. Задан линейный масштаб, по которому определяется величина 1 единицы измерения.

В проекционной связи построен разрез (линия пересечения топографической поверхности плоскостью).

В масштабе чертежа слева и выше наносятся отметки 11, 12, 13, 14, через них проводятся горизонтальные линии, на которых отложены точки пересечения горизонталей местности с плоскостью. Полученные точки соединяются плавной кривой линией и наносится штриховка сечения земли. Штриховка выполняется без помощи инструментов под углом 45° к горизонтальной линии, линиями длиной 3-5 мм.

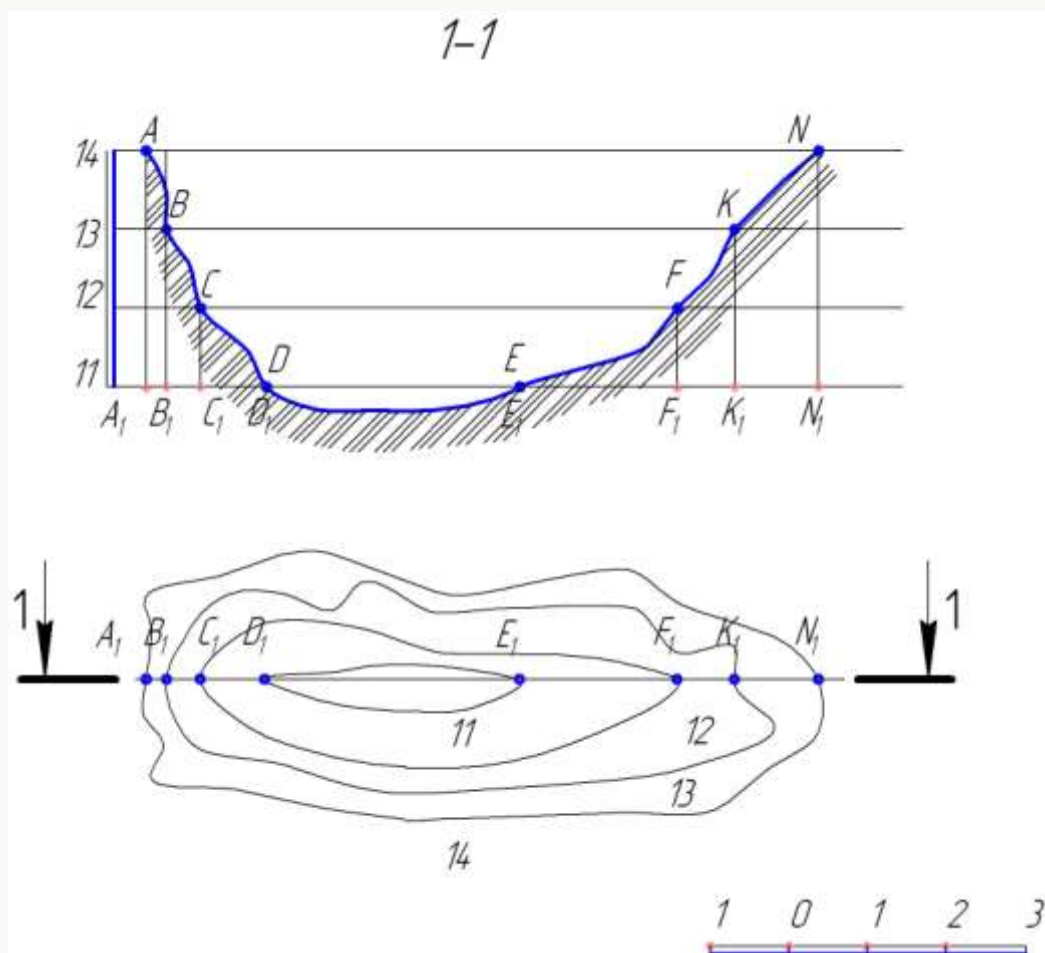


Рисунок 20

Построение линии пересечения топографической поверхности с плоскостью

Чтобы построить линию пересечения топографической поверхности с плоскостью, надо построить точки пересечения горизонталей местности с горизонталями плоскости. Пересекаться могут только те горизонталы, которые имеют одну и ту же отметку, т.к. лежат в одной горизонтальной плоскости. Полученные точки пересечения соединяются ломаной или плавной кривой линией. (рис.21).

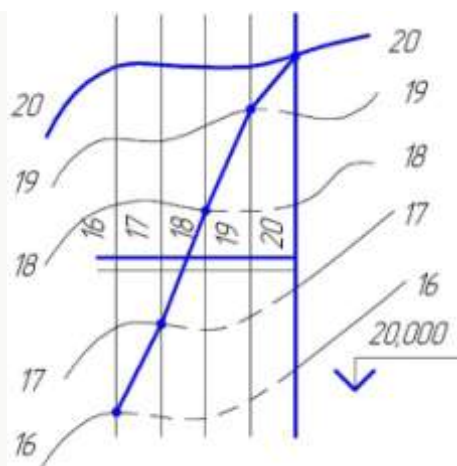


Рисунок 21

Особое внимание надо обратить на построение точки ограничивающей линию пересечения двух плоскостей. На рис.22 такой точкой будет точка А. Точка А есть точка пересечения отрезка прямой, соединяющей две соседние горизонтали откоса (22 и 23) с бисекторной линией пересечения.

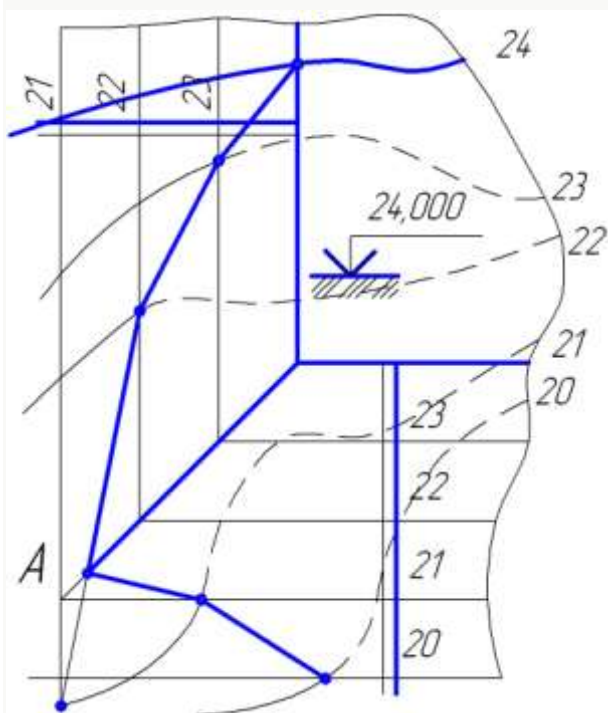


Рисунок 22

На рис.23 точкой, ограничивающей линию пересечения плоскостей, будет точка В, которая лежит на линии пересечения правого откоса с землей и строится аналогично точке А (рис.22)

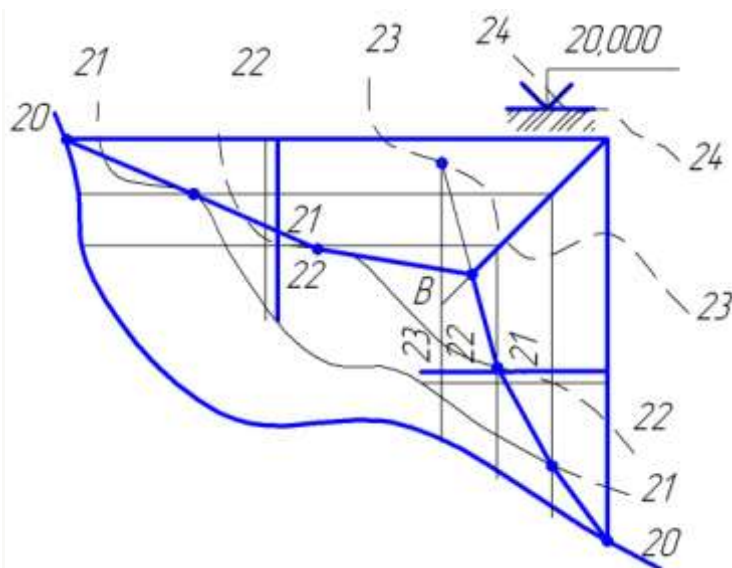


Рисунок 23

Определение нуля работ на площадке и дороге

Точки и линии где не срезают и не насыпают землю, называют точками и линиями нуля работ.

На плане строительной площадки линия нуля работ совпадает с горизонталью, которая имеет ту же отметку, что и отметка строительной площадки. Точками нуля работ на плане строительной площадки будут точки пересечения ее контура с горизонталью местности, имеющей такую же отметку (А и В, С и D).

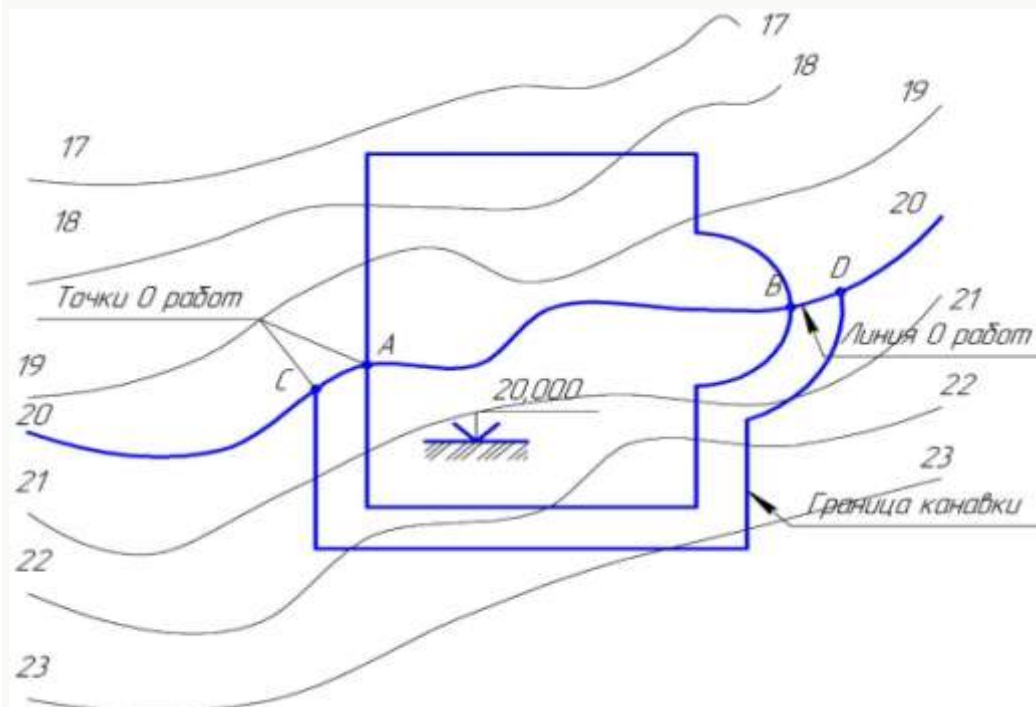


Рисунок 25

От точек А и В начинается линия пересечения плоскостей насыпи с топографической поверхностью. (рис.25)

Точки С и D(пересечение границы канавки, которая делается со стороны выемки для сбора атмосферных осадков, с той же линией 0 работ) тоже являются точками нуля работ. От этих точек будет начинаться линия пересечения откосов выемки с поверхностью земли.

Точки 0 работ на дороге определяются при помощи линии пересечения дорожного полотна (плоскости дороги) с местностью. (Рис.26,27)

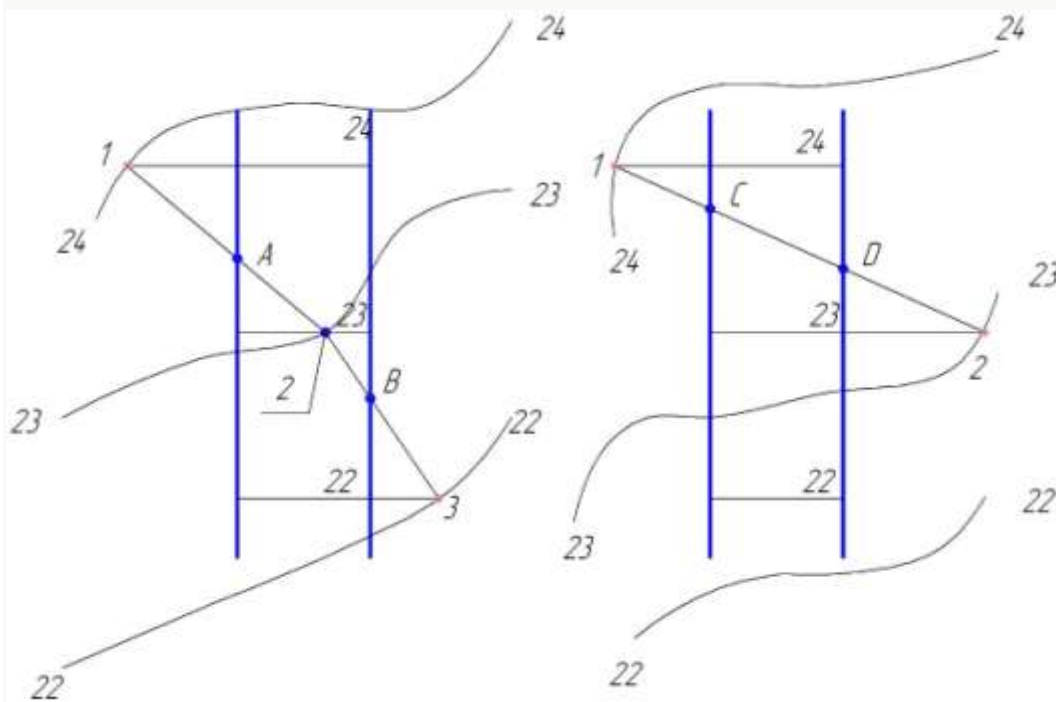


Рисунок 26

Рисунок 27

Для этого горизонтали дороги продолжают до пересечения с горизонталями местности с такой же отметкой. На рис.26 точками пересечения горизонталей будут точки 1, 2 и 3. Соединять можно только те точки, которые лежат между соседними горизонталями земли. Полученная ломаная линия и есть линия пересечения дорожного полотна с местностью. Точки пересечения этой ломаной линии с границей дороги есть точки нуля работ (т.А и В).

Аналогично построены точки нуля работ и на рис.27 (точки С и D).

Лекция 4. Аксонометрические и аффинные проекции

1 Аксонометрические проекции

1 Общие сведения об аксонометрических проекциях

При составлении технических чертежей иногда возникает необходимость наряду с изображениями предметов в системе ортогональных проекций иметь более наглядные изображения. Для таких изображений применяют метод **аксонометрического проецирования** (аксонометрия — греческое слово, в дословном переводе оно означает измерение по осям; аксон — ось, метрео — измеряю).

Сущность метода аксонометрического проецирования: *предмет вместе с осями прямоугольных координат, к которым он отнесен в пространстве, проецируется на некоторую плоскость так, что ни одна из его координатных осей не проецируется на нее в точку, а значит сам предмет спроецируется на эту плоскость проекций в трех измерениях.*

На черт. 30 на некоторую плоскость проекций P спроецирована находящаяся в пространстве система координат x, y, z . Проекции x_p, y_p, z_p осей координат на плоскость P называются *аксонометрическими осями*.

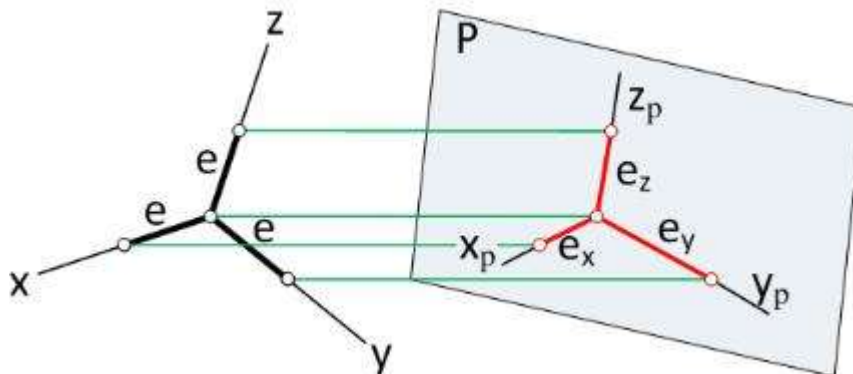


Рисунок 30

На осях координат в пространстве отложены равные отрезки e . Как видно из чертежа, их проекции e_x, e_y, e_z на плоскость P в общем случае не равны отрезку e и не равны между собой. Это значит, что размеры предмета в аксонометрических проекциях по всем трем осям искажаются. Изменение линейных размеров вдоль осей характеризуется показателями (коэффициентами) искажения вдоль осей.

Показателем искажения называется отношение длины отрезка на аксонометрической оси к длине такого же отрезка на соответствующей оси прямоугольной системы координат в пространстве.

Показателем искажения вдоль оси x обозначим буквой k , по оси y – буквой m , по оси z – буквой n , тогда: $k = ex/e$; $m = ey/e$; $n = ez/e$.

Величина показателей искажения и соотношение между ними зависят от расположения плоскости проекций и от направления проецирования.

В практике построения аксонометрических проекций обычно пользуются не самими коэффициентами искажения, а некоторыми величинами, пропорциональными величинам коэффициентов искажения: $K:M:N = k:m:n$. Эти величины называют *приведенными коэффициентами искажения*.

2 Классификация аксонометрических проекций

Все множество аксонометрических проекций подразделяется на две группы:

1 Прямоугольные проекции – *получены при направлении проецирования, перпендикулярном аксонометрической плоскости*.

2 Косоугольные проекции – *получены при направлении проецирования, выбранном под острым углом к аксонометрической плоскости*.

Кроме того, каждая из указанных групп делится еще и по признаку соотношения аксонометрических масштабов или показателей (коэффициентов) искажения. По этому признаку аксонометрические проекции можно разделить на следующие виды:

а) *Изометрические* – показатели искажения по всем трем осям одинаковы (изос – одинаковый).

б) *Диметрические* – показатели искажения по двум осям равны между собой, а третий не равен (ди – двойной).

в) *Триметрические* – показатели искажения по всем трем осям не равны между собой. Это аксонометрия (большого практического применения не имеет).

Прямоугольные аксонометрические проекции

В прямоугольной аксонометрии проекции отрезков, взятых на осях координат, всегда меньше самих отрезков: $ex < e$, $ey < e$, $ez < e$ (см. рис. 9.1). Поэтому все показатели искажения меньше единицы и связаны соотношением $I_x^2 + I_y^2 + I_z^2 = 2$.

Чаше других используют два вида аксонометрических проекций: изометрическую и диметрическую. Показатели искажения для изометрической проекции $I_x = I_y = I_z = 0,82$. Аксонометрические оси в прямоугольной изометрии располагают под углом 120° друг к другу (рис. 9.2). Для прямоугольной диметрии $I_x = I_z = 0,94$, $I_y = 0,47$.

Расположение осей прямоугольной диметрии показано на рис. 9.3.

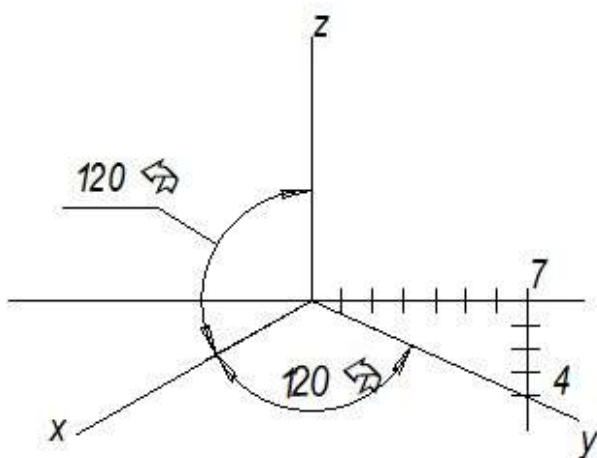


Рисунок 9.2

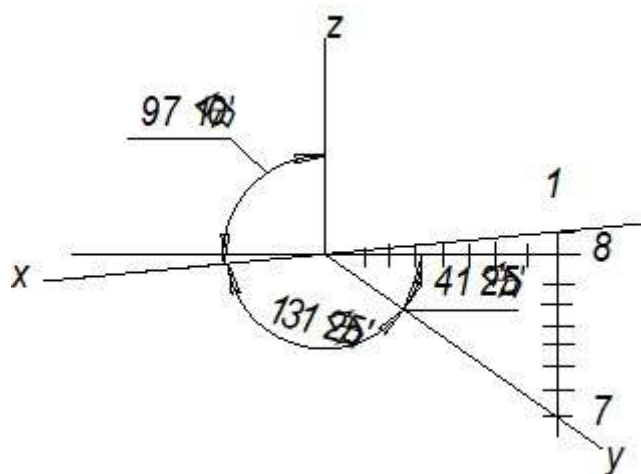


Рисунок 9.3

Особые линии координатных плоскостей

На координатных плоскостях существуют особые линии, которые обеспечивают построение аксонометрических проекций.

1. Линии, параллельные осям x , y , z , на аксонометрических проекциях изображаются параллельно аксонометрическим осям и с теми же коэффициентами искажения.
2. Отрезки прямых, лежащие в координатных плоскостях и параллельные плоскостям проекций, изображаются без искажения. Это линии уровня. Проекция этих отрезков на чертеже изображаются перпендикулярно той аксонометрической оси, которой нет в данной координатной плоскости.
3. Прямые, лежащие в координатной плоскости и перпендикулярные к прямым уровня данной плоскости, называются линией наибольшего наклона. Проекция этих линий изображаются перпендикулярно проекции линии уровня. Линии наибольшего наклона проецируются с наибольшим искажением.

В изометрии $I_{xy} = I_{xz} = I_{zy} = 0,58$. В диметрии $I_{xy} = I_{zy} = 0,33$, $I_{xz} = 0,88$.

Приведенные показатели искажения

При построении аксонометрического чертежа приходится в соответствии с показателями искажения производить вычисление тех размеров, с помощью которых получается аксонометрическое изображение. Процесс построения аксонометрии ускоряется, если использовать приведенные показатели искажения.

Изображение окружности в аксонометрии

В общем случае окружность проецируется в эллипс, если плоскость окружности расположена под углом к плоскости проекций. Следовательно, аксонометрией

окружности будет эллипс. Для построения прямоугольной аксонометрии окружностей, лежащих в координатных или им параллельных плоскостях, руководствуются правилом: большая ось эллипса перпендикулярна аксонометрии той координатной оси, которая отсутствует в плоскости окружности.

В прямоугольной изометрии равные окружности, расположенные в координатных плоскостях, проецируются в равные эллипсы. Размеры осей эллипсов при использовании приведенных коэффициентов искажения равны: большая ось – $1.22d$, малая ось – $0.71d$, где d – диаметр изображаемой окружности. Эллипс, как изометрию окружности, можно построить по восьми точкам, ограничивающим его большую и малую ось и проекции диаметров, параллельных координатным осям (рис.9.4).

В прямоугольной диметрии равные окружности, лежащие в координатных плоскостях xy и yz проецируются в равные эллипсы, большая ось которых равна $1.06d$, а малая ось – $0.35d$, если пользуемся приведенными коэффициентами искажения. Окружность, расположенная в плоскости xoz , проецируется в эллипс с осями: большая ось – $1.06d$, а малая ось – $0.95d$. Диаметры окружности, параллельные координатным осям, спроецируются в отрезки, параллельные осям диметрии (рис.9.5).

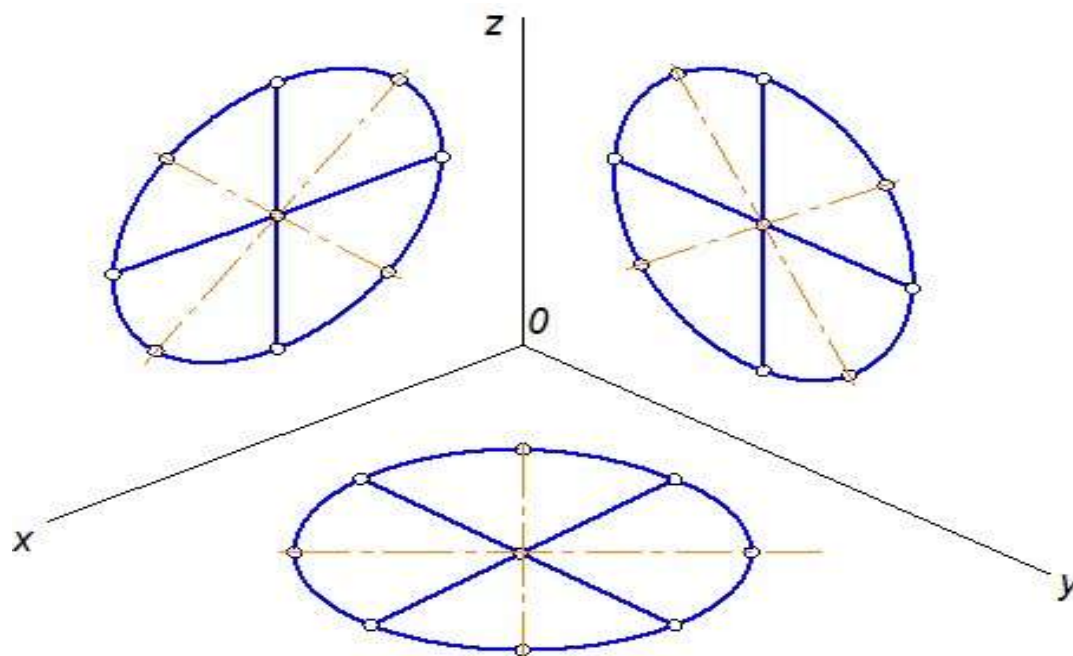
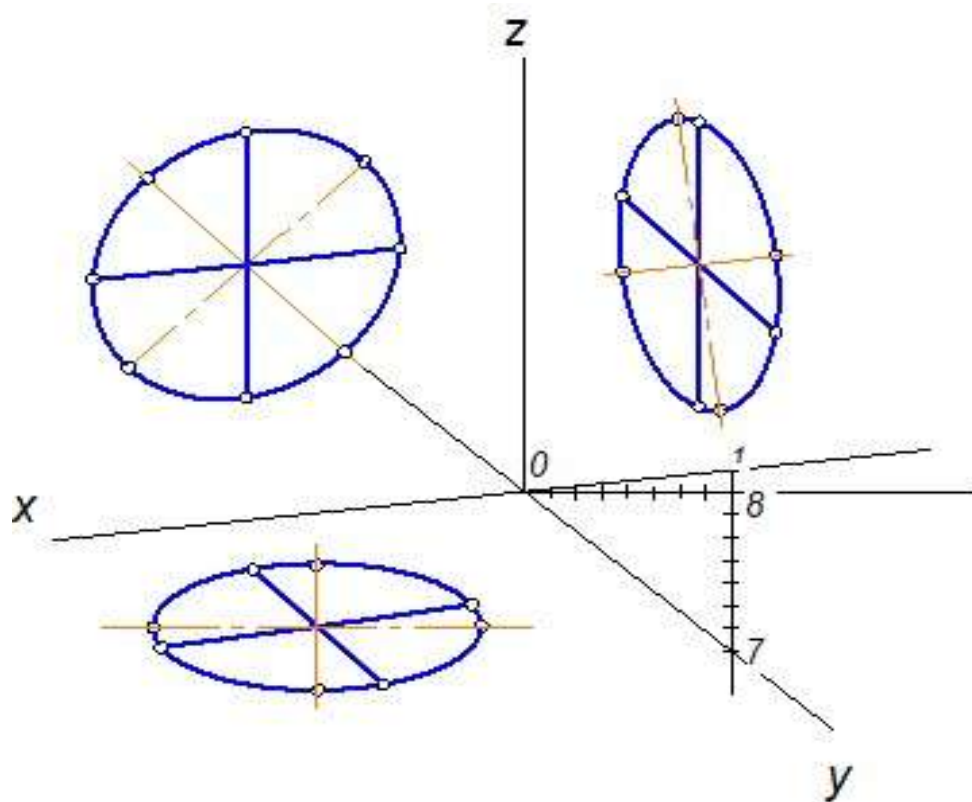


Рисунок 9.4



исунок 9.5

АФФИННЫЕ ПРОЕКЦИИ СИСТЕМ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Аффинные проекции нашли широкое применение в решении задач горного дела и геологии. Ими пользуются при построении наглядных изображений горных выработок, блок-диаграмм и т.п. Аффинные проекции дают более простое решение задач по сравнению с другими методами.

Аффинное или родственное преобразование чертежа заключается в параллельном проецировании предметной плоскости Γ на аффинную (картинную) плоскость Σ' в заданном направлении проецирования S . На рис. 1 представлена геометрическая схема аффинного проецирования точки A , где угол наклона проецирующих лучей S к предметной плоскости (плоскости плана) равен углу ε° . Прямая $X'O'$, являющаяся линией пересечения плоскости Σ' и Γ , называется осью родства. Точка O' – начало отсчета координат. Угол α° между северным направлением меридиана и осью родства называется дирекционным. Измеряя дирекционный угол, можно регулировать качество наглядности изображения.

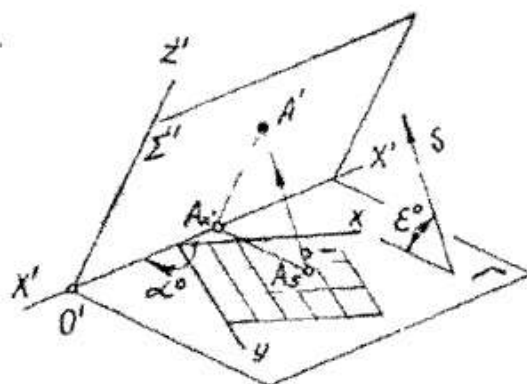


Рис. 1. Схема аффинного проецирования

Общий порядок построения аффинной проекции горных выработок следующий:

1. На плане (рис. 2) проводится ось родства. При выборе положения оси родства необходимо учитывать форму и условия залегания пластов. Направление проецирования следует выбрать со стороны висячего бока залежи и так, чтобы направление проецирования на плане составило бы угол $30-60^\circ$ с направлением основных горизонтальных выработок (штреков, квершлагов).

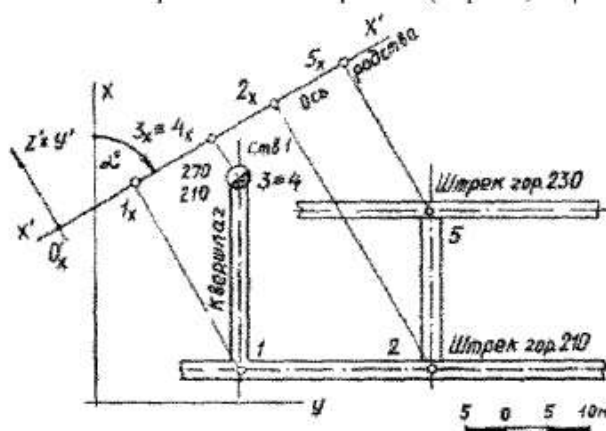


Рис. 2. План горных выработок

2. Все характерные точки горных выработок проецируются на аффинную ось. Аффинные координаты определяются по формулам:

$$x_{\text{аф}} = x; y_{\text{аф}} = y \cdot \sin \varepsilon; z_{\text{аф}} = z \cdot \cos \varepsilon,$$

где $x_{\text{аф}}$ – аффинная ось абсцисс,

$y_{\text{аф}}$ – аффинная ордината точки, имеющая на плане ординату, y ,

$z_{\text{аф}}$ – аффинная аппликата точки с высотной отметкой z (превышение или понижение точки относительно плоскости нижнего горизонта).

3. На аффинном чертеже (рис. 3) также прочерчивается ось родства $X'X'$, на которую переносится начальная точка O' и точки 2, 1, 3 нижнего горизонта.

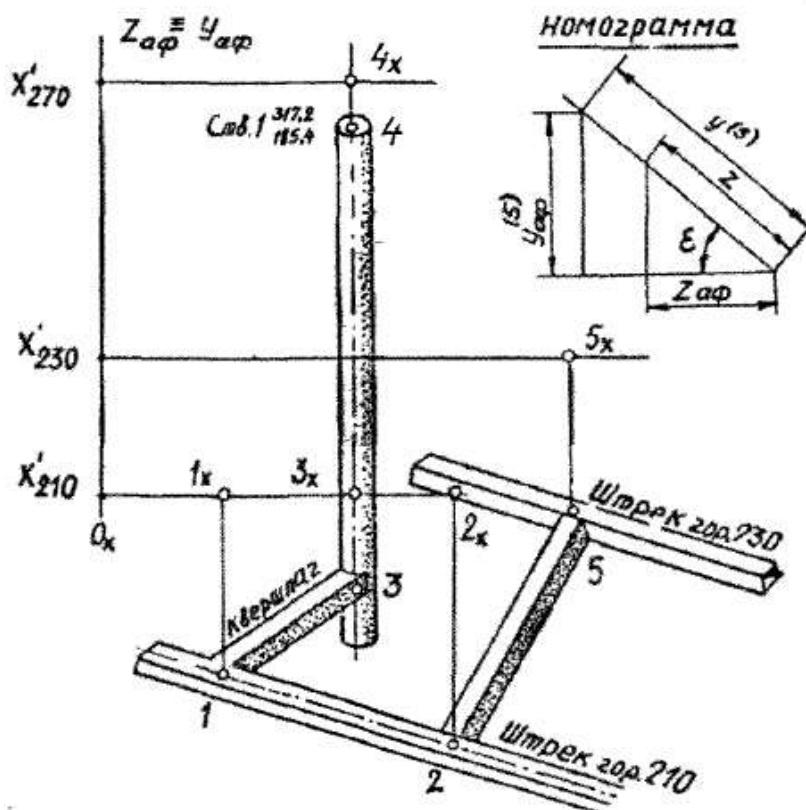


Рис. 3. Аффинное изображение горных выработок

4. По координатам точек нижнего горизонта вычисляют их аффинные ординаты $y_{\text{аф}}$ и откладывают по перпендикулярам вниз и вверх от соответствующих точек на оси родства (рис. 3). Соединяя последовательно построенные точки, вычерчивается наглядное изображение выработок нижнего горизонта (отм. 210 м).

5. Для построения точек следующего горизонта (отм. 230 м) проводится вторая аффинная ось абсцисс, отстоящая от первой оси на расстоянии $\Delta z_{\text{аф}} = [(230 - 210) \cos \varepsilon]$, и наносятся на нее все точки нового горизонта.

Следует отметить, что для определения аффинных координат точек удобно пользоваться номограммой (рис. 3), представляющей из себя прямоугольный треугольник с углом при вершине, равным по величине углу ε . Используя тригонометрические зависимости, можно графически определить величину $y_{\text{аф}}$ и $z_{\text{аф}}$.

При оформлении аффинного чертежа и для придания большей наглядности проекциям горных выработок рекомендуется оттенить одну сторону выработки, закрасить различными цветами выработки разных горизонтов.

Лекция 5. Стереографические и векторные проекции

Одной из характерных особенностей кристалла является постоянство углов между его гранями, а количество и размеры их могут меняться. Поэтому для изображения кристаллов применяют такие методы проектирования, которые дают точное представление о величине и расположении гранных углов. В этом отношении удобны стереографические проекции.

Примем некоторую точку O за центр проекции (рис.3.1). Произвольным радиусом опишем вокруг него шаровую поверхность, называемую шаром проекций. Через ту же точку проведём горизонтальную плоскость Q , которая принимается за плоскость проекций.

При пересечении шаровой поверхности с плоскостью проекций получаем большой круг, соответствующий экватору шара проекций и называемый кругом проекций.

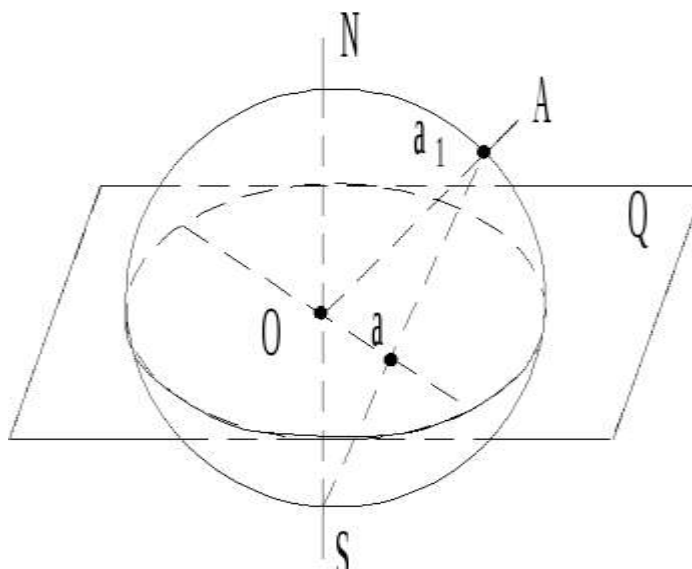


Рисунок 3.1 Построение стереографической проекции направления ОА

Вертикальный диаметр шара проекций NS , перпендикулярный к плоскости проекций, называется осью проекций. Точки пересечения сферической поверхности осью проекций NS являются точками зрения или полюсами шара проекций.

Рассмотрим получение стереографической проекции некоторого направления. Для этого перенесем его параллельно самому себе так, чтобы оно прошло через центр проекции.

Пусть после такого переноса направление заняло направление ОА. Точку пересечения направления ОА с шаровой поверхностью обозначим a_1 . Соединим эту точку с нижней точкой зрения S лучом зрения Sa_1 . Точка a , т. е. точка пересече-

ния луча зрения с плоскостью проекции Q , является стереографической проекцией направления OA .

Стереографические проекции направлений изображаются точками, лежащими в пределах круга проекций.

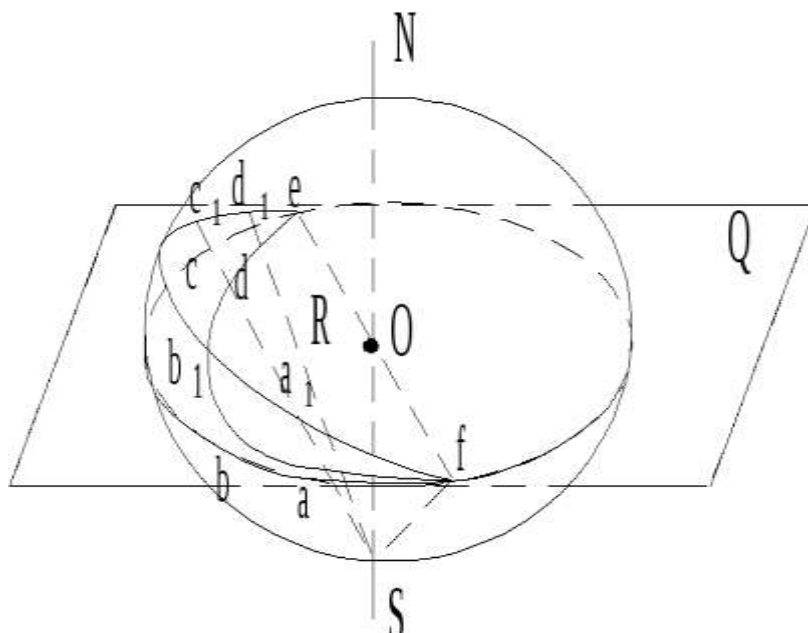


Рисунок 3.2. Построение стереографической проекции плоскости R

Найдём теперь стереографическую проекцию некоторой плоскости R (рис. 3.2). Перенесём эту плоскость параллельно самой себе в центр проекций, продолжим её до пересечения с верхней полусферой шара проекций. В результате пересечения получаем на шаре дугу большого круга $f a_1 b_1 c_1 d_1 e$. Все точки этой дуги соединим лучами зрения с нижней точкой зрения. Проведённые лучи зрения в совокупности образуют так называемый проектирующий конус с вершиной в точке S .

Линия пересечения проектирующего конуса с плоскостью проекций представляет собой дугу окружности. Эта дуга является стереографической проекцией плоскости R .

Стереографические проекции плоскостей в общем виде изображают круговыми дугами.

Проектируя оси симметрии, необходимо продолжить их до пересечения со сферой, описанной произвольным радиусом вокруг кристалла из его центральной точки.

Пересечения осей с шаром проекций соединяются с нижней точкой зрения лучами.

Горизонтальные оси, совпадающие с плоскостью проекций, дают два выхода на круге проекций. Косо расположенные оси проектируются внутри круга проекций.

На стереографических проекциях оси симметрии обозначают значками. При проектировании плоскостей симметрии их продолжают до пересечения со сферой, на верхней половине которой получают дуги больших кругов.

Проекция вертикальной оси совпадает с центром круга проекций.

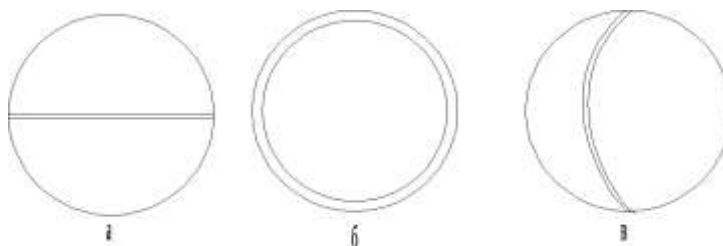


Рисунок 3.4. Стереографические проекции плоскостей симметрии: а – Р перпендикулярна плоскости проекции; б – Р располагается горизонтально; в – Р наклонена под косым углом к плоскости

Если плоскость симметрии занимает вертикальное положение, то её стереографическая проекция изображается прямой линией, отвечающей одному из диаметров круга проекций (рис. 3.4).

Горизонтальная плоскость симметрии, совпадающая с плоскостью проекций, представляется кругом проекций, а проекция косо расположенная в плоскости симметрии отвечает круговой дуге (рис. 3.4).

Проекции плоскостей симметрии на чертежах принято изображать двойными линиями.

Перейдем далее к проектированию граней кристаллов.

Пусть нам задан некоторый кристаллический многогранник в виде прямой призмы. На рис. 3.5 основания этой призмы расположены перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций Q, проходящей через центральную точку призмы O, из которой описана вокруг многогранника сферическая поверхность.

Чтобы спроектировать грань А, опускаем на неё перпендикуляр из центра проекций и продолжаем его до пересечения с поверхностью сферы. Точку a_1 этого пересечения соединяем лучом с нижним полюсом шара проекций. В результате пересечения луча зрения с плоскостью проекций получим точку a , которая является гномостереографической проекцией грани А.

Таким образом, проекцию грани кристалла получают как стереографическую проекцию нормали к ней и изображают точкой.

Описанным выше способом проектируем и остальные грани призмы. При этом перпендикуляры к вертикальным граням В и Е оказываются лежащими в плоскости проекций Q и поэтому они проектируются на сам круг проекций (точки b и e). Нормали к горизонтальным граням С и F совпадают с осью проекций NS, вследствие чего они проектируются в центре круга проекций (точки f и c).

Нормаль к нижней наклонной грани D пересекает шар проекций в нижней полусфере. При использовании нижней точки зрения проекция этой нормали выходит за пределы круга проекций. Неудобство такого построения вынуждает в подобных случаях переносить точку зрения в верхний полюс шара проекций N. Благодаря этому проекция нормали к грани D тоже попадает внутрь круга проекций (точка α).

Чтобы отличить на чертеже проекции нормалей к верхним и нижним граням, первые обозначают чистыми кружками, а вторые - крестиками.

Таким образом, из вышеприведённых построений следует, что горизонтальные грани проектируются всегда в центре круга проекций, вертикальные грани, на самом круге проекций, а косые грани внутри круга проекций.

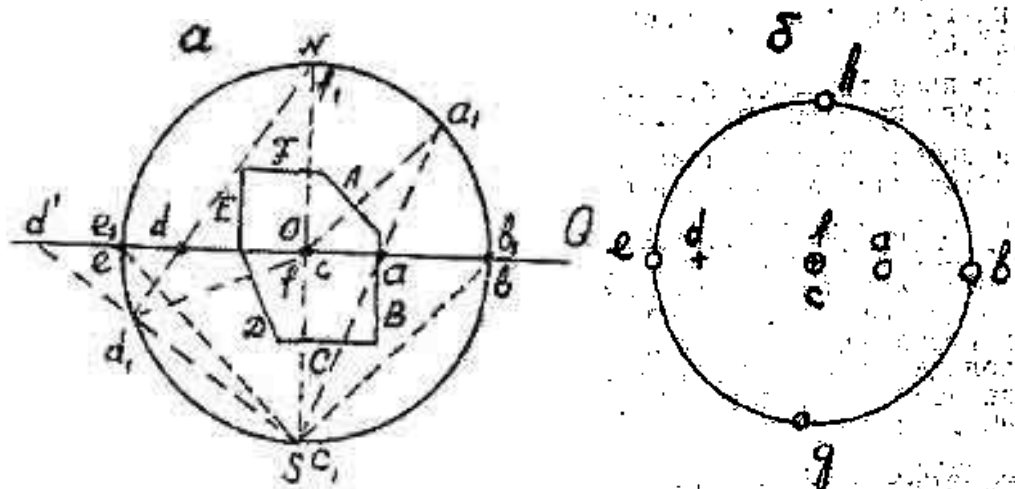


Рисунок 3.5. Проектирование граней кристалла методом стереографических проекций (а); изображение проекций граней кристалла на плоскости проекции (б)

При этом, чем круче наклонена грань, тем ближе к кругу проекций располагается проектирующая её точка.

Если кристалл имеет центр инверсии, то около центра круга проекций ставится буква С.

Кристаллы кубической сингонии при проектировании принято ставить в положение при котором одна из этих осей совпадает с осью проекций. Две другие оси должны лежать в горизонтальной плоскости.

Кристаллы средней сингонии ориентируют так, чтобы главная ось симметрии располагалась вертикально.

Ромбические кристаллы ориентируют так, чтобы одна из осей второго порядка шла вертикально вверх, вторая на наблюдателя, третья слева направо.

Моноклинные и триклинные кристаллы ориентируют так, чтобы возможно большее количество их граней заняло вертикальное положение.

В качестве примеров на рис. 3.6 приведены проекции элементов симметрии граней трёх многогранников различных категорий.

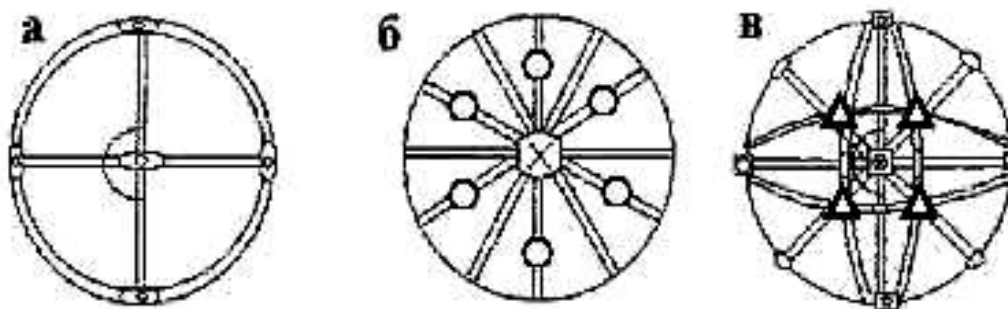


Рисунок 3.6. Стереографические проекции элементов симметрии и граней:
а – многогранника, имеющего форму прямоугольника, б – правильной шестиугольной пирамиды, в – куба

Тема 1.2 Формы и элементы залегания залежи полезного ископаемого

Лекция 6. Элементы залегания пластовых залежей и способы их определения

Дирекционным углом линии простирания α называется горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северной части осевого меридиана до положительного направления линии простирания.

Углом падения залежи δ называется вертикальный угол, образованный линией падения с горизонтальной плоскостью (может изменяться от 0 до 90°).

Определение элементов залегания пласта может производиться **непосредственно** на обнажениях поверхности залежи с помощью горного компаса (рис. 5.4) и в подземных горных выработках, где имеется не поверхность обнажения, а линии пересечения этой поверхности со стенками выработок.

Для измерения углов простирания и падения залежи в квершлагге (рис. 5.5, а) и в штреке (рис. 5.5, б) поступают следующим образом.

На висячем (или лежащем) боку залежи горизонтально натягивают шнур между точками А и В. Горизонтальность шнура АВ проверяют подвесным полукругом. Подвесив на шнур АВ буссоль так, чтобы нулевое деление буссоли было обращено в сторону направления простирания (на рис. 5.5 к точке В), по северному концу магнитной стрелки берут отсчет, который и представляет собой магнитный азимут простирания залежи. Затем от точки В (или другой точки на линии АВ) натягивают второй шнур ВС перпендикулярно к АВ по падению поверхности залежи и при помощи подвесного полукруга измеряют угол падения δ .

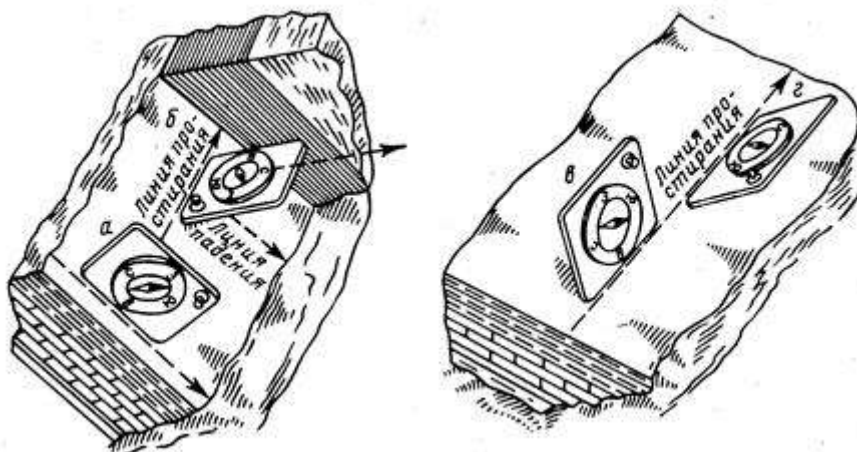


Рисунок 5.4 – Схема определения элементов залегания пласта горным компасом: а, б – при крутом падении; в, г – при пологом падении.

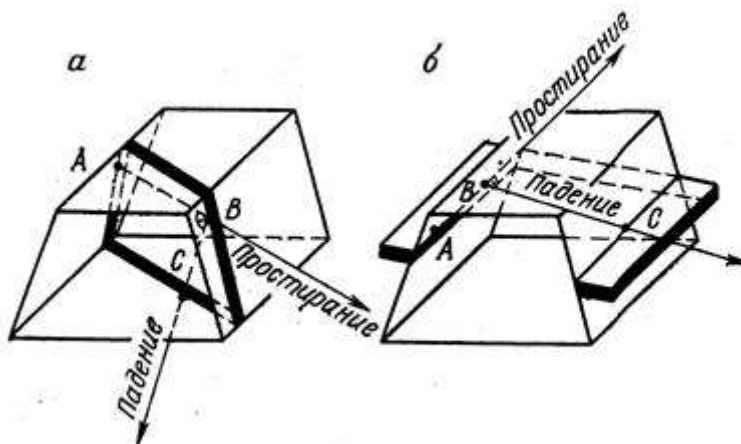


Рисунок 5.5 – Определение элементов залегания пласта по обнажениям на стенках выработок

Наиболее часто применяемые **косвенные** методы определения элементов залегания пласта – по зарисовкам обнажений и по пространственным координатам трех точек пласта.

Определение углов простирания и падения по зарисовкам обнажений на стенках вертикальных выработок. На рисунке 5.6 показаны план вертикальной выработки прямоугольного сечения $ABCD$ и развертка двух ее стенок AB и BC с зарисовками обнажений горных пород и залежи полезного ископаемого.

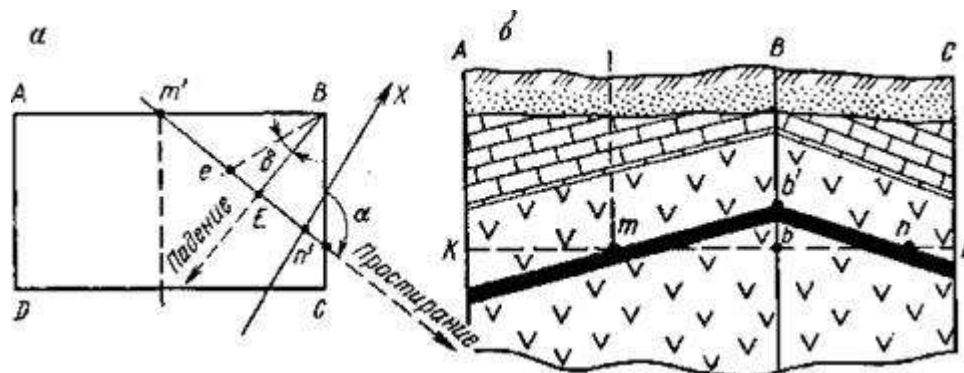


Рисунок 5.6 – Определение элементов залегания пласта по зарисовкам стенок вертикальной выработки: a — план; b — развертка стенок AB и BC .

На плане нанесено направление оси x ; следовательно, стороны стенок сориентированы. Для построения углов α и δ висячей поверхности залежи на развертке проводят горизонтальную линию KL и находят точки m и n ее пересечения с поверхностью висячего бока залежи на стенках AB и BC .

Для перенесения точек m и n на план по развертке измеряют длины отрезков bm и bn , откладывают их от точки B плана соответственно по направлениям BA и BC и получают точки m' и n' . Точки m и n находятся на поверхности висячего бока и имеют одинаковые отметки. Кроме того, по развертке видно, что падение залежи направлено от точки B в сторону точек A и C . Следовательно, $m'n'$ является направлением линии простирания, а угол α представляет собой искомый дирекционный угол простирания поверхности залежи.

Для определения угла падения из точки B плана опускают перпендикуляр BE на линию простирания, т. е. находят направление падения. Из точки E по линии простирания откладывают отрезок Ee , равный отрезку bb' на развертке. Соединив точку e с точкой B , получим искомый угол падения δ поверхности висячего бока залежи на данном участке.

Определение углов простирания и падения по пространственным координатам трех точек поверхности залежи, не лежащих на одной прямой. Этот способ применяется, когда необходимо определять углы простирания и падения залежи на сравнительно большом участке ее поверхности, ограниченном тремя точками наблюдений. При решении этой задачи поверхность залежи в пределах треугольника, образованного этими точками, принимается за плоскость.

Наиболее практичным является графический способ решения данной задачи. Пусть, например, известны координаты x, y трех разведанных точек A, B и C на поверхности залежи, отметки которых соответственно равны 295, 266 и 340 м (рис. 5.7).

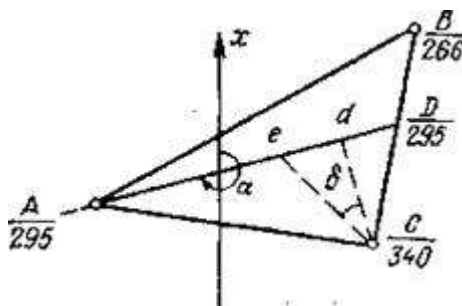


Рисунок 5.7 - Определение углов простирания и падения данного участка поверхности залежи по трем разведочным точкам

Сначала по координатам x, y эти точки наносят на план, возле которых подписывают их высотные отметки. Соединив точки A, B и C , получим треугольник. На линии BC интерполированием находят точку D с отметкой, равной отметке точки A (т. е. 295 м). Прямая AD будет представлять собой линию простирания. В связи с тем, что падение поверхности залежи направлено от точки C к горизонтали AD , то положительное направление простирания направлено к точке A , а угол α , измеряемый графически на плане, — дирекционный угол простирания поверхности залежи на данном участке.

Для графического построения угла падения δ в масштабе плана строят профиль по линии падения. Для этого от точки C с отметкой 340 м проводят перпендикуляр к линии простирания и получают линию падения. На этом перпендикуляре отмечают точку d . От точки d по направлению простирания откладывают превышение горизонтали AD над точкой C в масштабе чертежа (на чертеже $h_{cd} = 340 - 295 = 45$ м) и получают точку e . Угол δ , показанный на чертеже, представляет собой искомый угол падения поверхности залежи на данном участке, который также измеряется графически.

Гипсометрические планы висячего и лежащего бока залежи

Поверхность залежи можно изобразить при помощи линий, представляющих собой геометрическое место точек с одинаковыми высотами. Эти линии называются **изогипсами**, а графики — гипсометрическими планами. Они дают наглядное представление о форме поверхности залежи и её нарушениях.

В общем случае отметки точек поверхности залежи являются функцией от их плановых координат:

$$Z_{пл} = f(X, Y)$$

В зависимости от имеющихся данных и характера залегания ПИ применяются различные способы построения гипсопланов или их комбинации.

способ многогранника (по координатам точек встречи скважин с пластом).

На чертеж наносят точки встречи разведочных выработок с пластом по координатам X, Y , возле них выписывают отметки и соединяют ближайшие точки между собой (по направлению падения).

По сторонам полученных фигур путем интерполяции находят точки, отметки которых кратны выбранной высоте сечения h . одноименные точки соединяют ломаными и устанавливают общий характер поверхности. Затем ломаные сглаживают и окончательно вычерчивают изогипсы поверхности залежи в виде плавных кривых.

Способ разрезов.

На вертикальные разрезы наносят вертикальную сетку с интервалом, равным высоте сечения изогипс h . Точки пересечения линий сетки с изображаемой поверхностью сносят на одну из линий сетки и переносят на план по соответствующим линиям разрезов. Соединив точки с одинаковыми высотными отметками плавными кривыми линиями, получают изогипсы поверхности залежи.

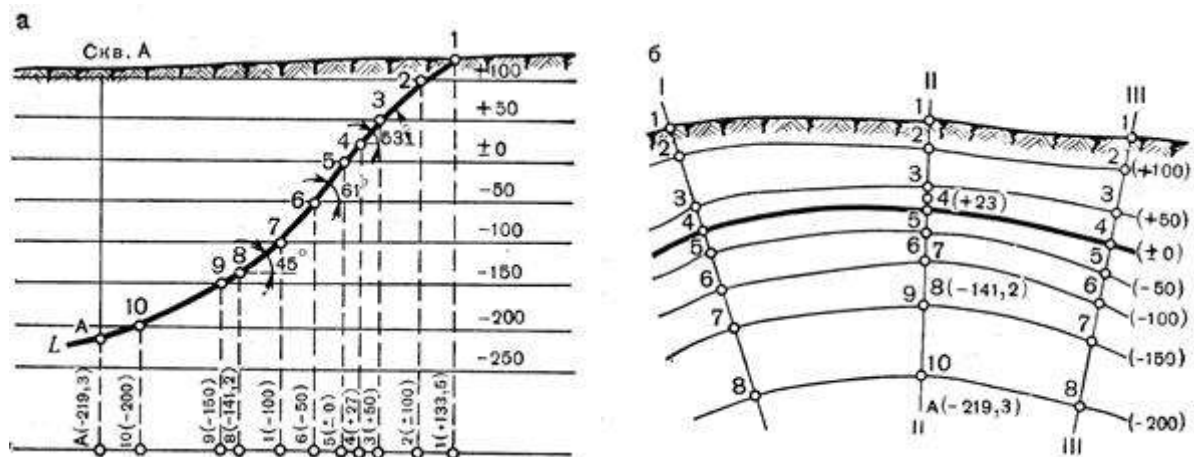


Рисунок 5.8. Построение гипсоплана способом вертикальных разрезов: а – разрез; б – план.

Гипсометрические планы используются:

- 1) для проектирования более детальной разведки;
- 2) для определения элементов залегания пласта в произвольной точке

$$(\alpha, \delta). \operatorname{tg} \delta = \frac{h_1}{\Delta l};$$

- 3) для проектирования горных выработок;

- 4) для решения различных горно-геометрических задач (определение наклонного расстояния между двумя точками пласта);
- 5) для подсчета запасов полезных ископаемых;
- 6) для решения вопросов подработки различных объектов и сооружений земной поверхности;
- 7) для составления текущих и перспективных планов горных работ.

На гипсометрический план наносят:

- 1) все горные выработки и скважины, встретившие залежь или пройденные по ней;
- 2) выработанные площади;
- 3) линии вертикальных разрезов;
- 4) линии выхода залежи на поверхность или под наносы;
- 5) линии тектонических нарушений;
- 6) контуры участков рабочей и нерабочей мощности залежи;
- 7) технические границы шахты; 8) границы блоков подсчета запасов.

Лекция 7. Гипсометрические планы и методы его построения

Гипсометрический план — это чертеж поверхности напластования (маркирующего горизонта) в уменьшенном виде (в определенном масштабе), изображенной с помощью изогипс. *Изогипса* — линия равных высот точек кровли или почвы залежи. Различают гипсометрические планы кровли пласта и гипсометрические планы почвы.

Гипсометрические планы составляют в крупных масштабах; аналогичные графики в изогипсах (стратоезогипсах), составляемые в мелких масштабах, называют *структурными картами*. Гипсометрические планы дают пространственное представление о форме угольной залежи и условиях ее залегания в недрах. Такие планы используют для проектирования горных выработок, подсчета запасов угля в недрах (метод Баумана) и других целей.

Гипсометрический план кровли (почвы) иногда называют *графиком рельефа пласта*. В ряде случаев строят график погребенного рельефа коренных пород, когда на размытой поверхности этих пород залегают рыхлые отложения. Во всех случаях для построения гипсометрического плана необходимо знать положение точек поверхностей пласта и их высотные отметки.

Важным условием построения гипсометрического плана является правильный выбор сечения изогипс. Проф. Г.И. Вилесов рекомендует выбирать величину сечения изогипс в зависимости от численного масштаба гипсометрического плана и преобладающего угла падения пласта (табл. 7.2).

При построении гипсометрических планов более крупного масштаба (1:500 и

1:1000) сечение изогипс принимают меньшим, руководствуясь наглядностью изображений.

Table 7.2

Угол падения плоско, градус	Среднее значение (μ) при наклоне		
	1:2000	1:5000	1:10 000
10	5	10	20
20	10	20	25
30	10	25	50
40	30	50	50
50	30	50	100
60	30	100	200

Построение гипсометрических планов производят в зависимости от типа угольного месторождения и принятой методики разведки следующими способами: 1) по группе точек, имеющих высотные отметки; 2) при помощи вертикальных разрезов; 3) при помощи вычитания поверхностей (карт схождения).

Построение гипсометрических планов почвы (кровли) по группе точек, имеющих высотные отметки. В этом случае гипсометрический план почвы (кровли) строят следующим образом (рис. 7.10).

1. На план выбранного масштаба по координатам наносят устья разведочных скважин, точки входа скважин в пласт при построении плана кровли, точки выхода скважин (для плана изогипс почвы), а также все другие точки, например точки горных выработок, в которых были определены высотные отметки поверхности пласта.
2. Возле этих точек, входа или выхода, выписывают на плане высоту точек поверхности пласта (залежи) в виде числовых отметок.
3. Проанализировав выписанные числовые отметки поверхности пласта, намечают на плане так называемые инвариантные линии – скелет поверхности пласта. К инвариантным линиям относят оси синклинальных и антиклинальных складок. К этим линиям будут приурочены повороты и изгибы изогипс на плане.



Рис. 7.10. Гидрометрический план почвы участка К₄:
1 — номер скважины и высота отметки пласта; 2 — толщина выработки по
контур; 3 — контуры почвы участка; 4 — ось скважины

4. Выбрав высоту сечения изогипс, выполняют прямолинейное интерполирование по линиям скатов между точек с высотными отметками и находят на плане так называемые ступенчатые отметки, которые кратны выбранному сечению.

5. Соединив одноименные ступенчатые отметки плавными кривыми, получают изогипсы поверхности (кровли, почвы пласта). Построение изогипс угольной залежи (пласта) рекомендуется начинать с наиболее изученной части шахтного поля. Если на некоторых участках месторождения можно провести изогипсы угольной залежи по-разному, то данных для построения плана изогипс недостаточно и требуются дополнительные сведения.

Построение гипсометрических планов при помощи вертикальных разрезов. Так как обычно разведочные колонковые скважины располагаются по разведочным линиям, то по этим линиям, как правило, строят вертикальные геологические разрезы (рис. 7.11, б). Имея на вертикальном разрезе шкалу глубин и проведя горизонтально секущие линии, можно найти на поверхности почвы пласта (кровли) ступенчатые отметки, кратные принятому сечению, например на линии I—I — точки с отметками 200, 225, 225 и 200. Если эти точки с разреза I—I и аналогичные точки с других разрезов перенести на план (см. рис. 7.11, а) на соответствующие разведочные линии, а затем одноименные точки соединить на этом плане плавными кривыми, то получим изогипсы почвы пласта.

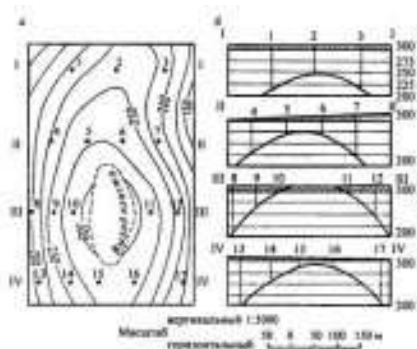


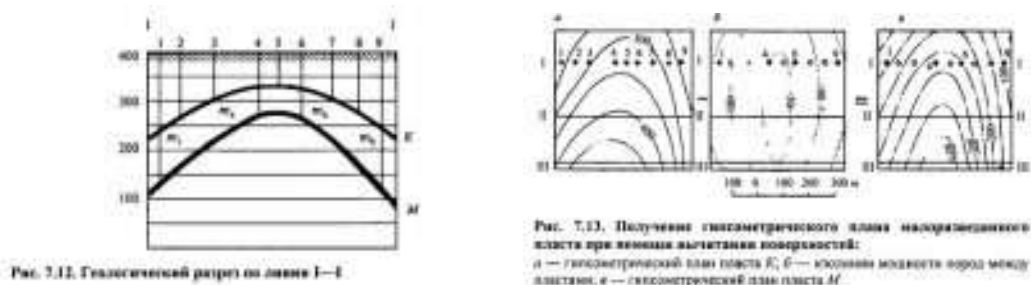
Рис. 7.11. Построение гипсометрического плана по разрезам:
а — гипсометрический план угольного пласта; б — вертикальные разрезы

Использование вертикальных разрезов при построении гипсометрических планов исключает весьма кропотливую операцию — интерполирование отметок на плане, поэтому данный способ широко применяется при геометризации недр. Построение графиков изогипс поверхности размыва древних пород под наносы, водоупорных горизонтов угленосных толщ, поверхности уровня подземных вод (гидропьезоизогипс) и поверхностей тектонических нарушений производят на основе соответствующих точек наблюдений, используя общие принципы, изложенные ранее.

Построение гипсометрического плана кровли малоразведанного пласта по плану хорошо разведанного пласта путем вычитания поверхностей (способ карт схождения). При разведке свиты пластов иногда возникает задача построения гипсометрического плана кровли малоразведанного и глубоко-залегающего пласта на основе имеющегося гипсометрического плана хорошо разведанного пласта (маркирующего горизонта), но залегающего выше. В свое время проф. П.К. Соболевский предложил решать эту задачу путем вычитания поверхностей, полагая, что в толще осадочных отложений действует закон соподчинения. Для примера на рис. 7.12 приведен вертикальный разрез по разведочной линии I—I, из которого видно, что пласт К разведан большим числом скважин (девятью), а пласт М (маркирующий горизонт), залегающий на большей глубине, — меньшим числом — четырьмя (1, 4, 6 и 9). Предполагается, что на площади месторождения имеется несколько разведочных линий с пробуренными на них скважинами. Чтобы построить гипсометрический план кровли малоразведанного пласта М поступают следующим образом:

- 1) строят гипсометрический план почвы детально разведанного пласта К (рис. 7.13, а);
- 2) зная вертикальные мощности пород между пластами К и М по глубоким скважинам, строят график изолиний мощности пород между пластами (см. рис. 7.13, б);
- 3) вычитая из отметок гипсометрического плана пласта К отметки изолиний мощности (совместив графики а и б), получим план (см. рис. 7.13, в), который будет представлять собой гипсометрический план кровли малоразведанного пласта М в изогипсах (стратоизогипсах).

График, изображенный на рис. 7.13, б, называют по американской терминологии «картой схождения».



Графики изолиний мощности и их построение

Как уже отмечалось ранее, различают простые и сложные угольные пласты. Простой пласт состоит из сплошной массы угля, заключенной между породами

кровли и почвы, а сложный — из нескольких угольных пачек, разделенных породными прослойками.

Небольшие участки почвы и кровли пласта принимают за плоскости (рис. 7.14). Расстояние между кровлей и почвой называется мощностью пласта m . Причем различают вертикальную, горизонтальную и истинную мощности пласта, а также мощность по наклонной скважине. При сложном строении угольного пласта (рис. 7.15) различают так называемые технологические мощности.

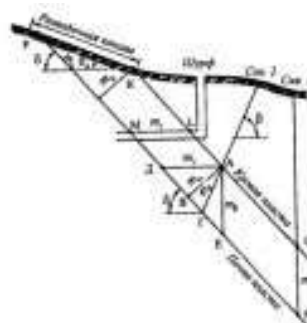


Рис. 7.14. Зависимость между мощностью пласта, углом наклона скважины и углом падения пласта

Так, общая мощность пласта m общ. представляет собой сумму мощностей всех угольных пачек и породных прослоек. В данном случае (см. рис. 7.15) m общ. = $0,20 + 0,10 + 0,30 + 0,14 + 0,22 + 0,06 + 1,04 = 2,06$ м. Эксплуатационная мощность пласта m эксп. равна сумме угольных пачек, фактически вынимаемых при разработке, включая и породные прослойки. Полная полезная мощность — это сумма фактически вынимаемых угольных пачек без учета породных прослоек. Рабочая, или кондиционная, мощность пласта m раб. — это предельно минимальная мощность, ниже которой разработка угля становится экономически и технически нецелесообразной. Отметим, что в понятие «кондиционная» мощность угольного пласта входит не только минимальная мощность пласта, но и его максимально возможная зольность для данной технологической группы угля. Кондиции по мощности и зольности для данного месторождения и в целом по бассейну утверждаются специальными комиссиями.

Мощность пласта может быть непосредственно замерена в горных выработках, определена по керну колонковых скважин или найдена по геофизическим каротажным диаграммам. Так, на рис. 7.14 видимая мощность m_v равна отрезку РК, замеренному в разведочной канаве. Горизонтальная мощность m_g равна расстоянию LM. В данном случае эту мощность пласта можно измерить в квершлагае. Измерив по керну отрезок CR по вертикальной скважине, получим значение вертикальной мощности пласта m_v . По наклонной скважине можно замерить по керну наклонную мощность по скважине m_c .

Приняв почву и кровлю пласта за плоскости, что допустимо для выдержанных

пластов на небольших участках, можно установить зависимость между мощностью, углом наклона скважины β и углом падения пласта δ .

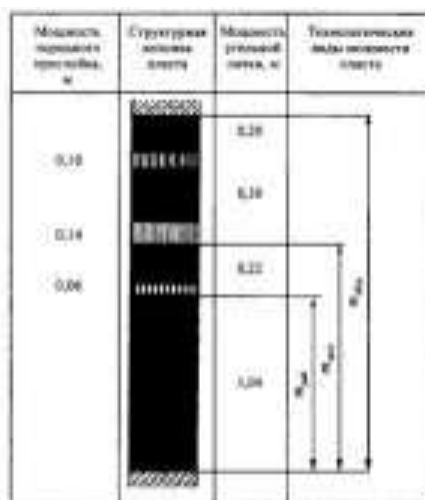


Рис. 7.15. Технологические виды мощности пласта

Согласно рис. 7.14, истинная мощность пласта

$$m_s = m_n \sin(\delta \pm \delta_n), \quad (7.33)$$

где δ — истинный угол падения пласта; δ_n — угол наклона местности. В формуле (7.33) знак плюс берут, когда пласт угля и склон местности падают в разные стороны.

Зная горизонтальную мощность (замеры в квершлагах) и истинный угол падения пласта, можно найти другие виды мощности:

$$m_p = m_n \sin \delta; m_s = m_n \cos \delta; m_r = m_n \cos \delta; m_t = m_n \cos \delta, \quad (7.34)$$

Зная наклонную мощность пласта по скважине m_s , угол наклона скважины β в точке А (см. рис. 7.14) и имея угол падения пласта δ в той же точке А, можно вычислить:

$$m_n = m_s \cos[\beta - (90^\circ - \delta)]; \quad (7.35)$$

$$m_r = m_s \cos \delta = m_n \cos[\beta - (90^\circ - \delta)] \cos \delta; \quad (7.36)$$

$$m_p = m_s \cos \delta = m_n \cos[\beta - (90^\circ - \delta)] \sin \delta. \quad (7.37)$$

Формулы (7.35)—(7.37) даны в предположении, что скв. №2 (см. рис. 7.14) пробурена в плоскости падения самого пласта. Если же скважина отклонилась от плоскости падения пласта в результате азимутального искривления, то зависимость будет более сложной.

При геометризации и подсчете запасов угля часто приходится строить геологические разрезы и вычислять нормальную мощность пласта по данным колонковых скважин. В.И. Кузьмин и М.Я. Красноперов рекомендуют для определения нормальной мощности пласта использовать следующую формулу:

$$m_s = m_l \cos(\Theta \pm \delta') \cos \delta / \sin \delta', \quad (7.38)$$

где m_s — мощность пласта по скважине; δ — угол падения пласта вблизи точки встречи скважины с пластом; Θ — зенитный угол скважины в точке встречи; δ' — угол, который находят по выражению

$$\tan \delta' = \tan \delta \cos \gamma. \quad (7.39)$$

Знак минус в (7.38) берут для так называемого несогласного случая, когда скважина и пласт на разрезе падают навстречу друг другу, а знак плюс — когда скважина и пласт наклонены в одну сторону.

Заметим, что формула (7.38) путем подстановки в нее выражения (7.39) превращается в известную формулу проф. П.М. Леонтовского:

$$m_s = m_l (\cos \Theta \cos \delta \pm \sin \Theta \sin \delta \cos \gamma). \quad (7.40)$$

где γ — разность азимутов скважины и линии восстания (падения) пласта вблизи точки встречи А (см. рис. 7.13).

Формулы (7.38) и (7.40) справедливы при любых значениях углов δ , Θ и γ . Во всех случаях, когда угол между осью скважины и плоскостью пласта может быть измерен непосредственно на керне, рекомендуется нормальную мощность определять с помощью таблиц Б.Г. Шустина по простой формуле

$$m_s = m_l \cos \varphi, \quad (7.41)$$

где φ — угол между осью скважины и нормалью к пласту. Если мощность угольной залежи или пласта меняется, то, чтобы показать характер изменения мощности в пределах месторождения, строят графики изолиний мощности. Существуют два способа построения графиков изолиний и мощности — непосредственный и косвенный.

Непосредственный способ построения изолиний мощности сводится к следующему: 1) наносят на план устья разведочных скважин и точки входа скважин в пласт; 2) около этих точек выписывают в виде числовой отметки мощность угольной залежи (пласта); 3) выбрав сечение изолиний мощности, производят интерполирование выписанных отметок мощности и находят на плане ступенчатые отметки; 4) соединив одноименные отметки плавными кривыми, получают изолинии мощности залежи в проекции на горизонтальную плоскость. Если скважины искривляются, то ведут замеры зенитного и азимутального искривлений, учитывая их затем при построении графиков изолиний мощности, особенно на больших глубинах.

Косвенный способ построения изолиний мощности основан на вычитании поверхностей и, в частности, может быть выражен следующими графическими схемами:



Из приведенной схемы II видно, что если из числовых отметок изолиний гипсометрического плана кровли залежи вычесть числовые отметки изолиний гипсометрического плана почвы залежи, то получится график изолиний мощности с числовыми отметками для угольной залежи, причем изолинии мощности будут составлены в проекции на горизонтальную плоскость для участка шахтного поля ABCD. Графики изолиний мощности (в случае меняющейся мощности угольной залежи) имеют весьма важное значение; эти графики используют для проектирования горных выработок, подсчета запасов угля в недрах и других целей.

Из схем I и III следует, что для характеристики глубины залегания кровли угольной залежи и глубины залегания почвы составляют графики изоглубин, которые проще и удобнее получать путем вычитания. Графики изоглубин кровли используют для проектирования горных работ, подсчета объема вскрыши и составления календарных планов работ экскаваторов.

Графики изолиний содержания

С целью изучения качества угольных пластов при эксплуатации месторождений производят опробование. Результаты опробования угля при эксплуатации более достоверны, чем при разведке по керновым пробам.

Одним из наиболее важных качественных показателей угля считают зольность. Она обусловлена наличием минеральных примесей как в самом угольном веществе, так и во внутрипластовых прослойках пустых пород. Средняя зольность угля выводится по дифференциальным и пластовым пробам. Густота точек опробования зависит от месторождения угля, целей опробования и обычно устанавливается главным геологом комбината и ОТК, причем вновь вскрываемый угольный пласт в месте пересечения его выработкой независимо от принятой густоты точек опробования подлежит изучению и опробованию. К показателям качества угля, помимо зольности, относят выход летучих веществ, содержание серы в угле, теплоту сгорания, влажность и др.

По результатам опробования и химико-технологическим исследованиям проб угля основные показатели качества перевычисляют по особым формулам на абсолютно сухое топливо, условную горючую массу и рабочее топливо.

С целью выявления пространственных закономерностей и изменчивости качественных показателей угольных пластов результаты опробования обрабатывают и составляют по ним так называемые графики качества угля. Наиболее важными и распространенными из них являются графики изолиний зольности угольных пластов, графики изолиний содержания летучих, графики изолиний содержания серы в угле.

Для построения перечисленных качественных графиков в изолиниях используют планы горных работ в масштабах 1:1000, 1:2000 и 1:5000. На план горных работ (обычно на копию плана) наносят места взятия проб; при этом сверху пишется номер пробы, а справа — значение средней зольности в процентах (или содержание серы, содержание летучих др.). Выбрав наиболее удобное сечение изолиний зольности, производят интерполирование отметок, выписанных у места взятия проб, и получают на плане ступенчатые отметки, т.е. отметки, кратные выбранному сечению изолиний зольности. Соединив одноименные ступенчатые отметки плавными кривыми, получают изолинии зольности пласта угля. Аналогично получают изолинии содержания других качественных признаков угля. Построенный таким образом план изолиний зольности позволяет видеть качественные изменения угольного пласта в пределах шахтного поля. По графику изолиний зольности можно выделить участки с пониженной и повышенной зольностью, оконтурить некондиционные участки, а также спланировать добычу угля с заданной зольностью.

Построение графиков изолиний содержания летучих веществ позволяет судить о распределении марочного состава углей в пределах месторождения. Так как техническая классификация марочного состава углей делается по процентному составу летучих веществ, то при построении изолиний содержания летучих веществ следует выбирать наиболее удобное сечение, которое позволяло бы по графику легко выделять угли по их маркам.

Для характеристики коксующихся углей важное значение имеют также графики изолиний содержания серы в угле. При прогнозном планировании добычи угля и оценке углей на разрабатываемых участках рекомендуется совместно анализировать графики изолиний мощности пласта с графиками изолиний зольности, изолиний содержания серы и др. Только такой комплексный анализ позволяет выделить на плане контуры, в пределах которых уголь отвечает установленным кондициям и требованиям соответствующих ГОСТов по мощности пластов и качеству углей.

Построение наглядных изображений (блок-диаграмм) угольных месторождений

Наглядные изображения или блок-диаграммы геологических структур угольных

месторождений строят в различных проекциях, чаще всего в аксонометрических (рис. 7.16).

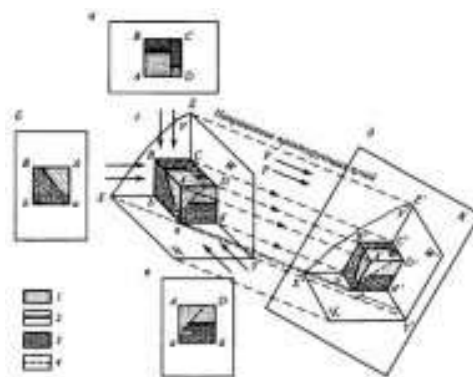


Рис. 7.16. Система параллельного проектирования геологической структуры на три взаимно перпендикулярные плоскости M, E, H и на плоскость картины K:
а — тело; б, в — вертикальные разрезы; г — геологическая структура (пространство тела); д — аксонометрическая проекция структуры; 1 — простой, 2 — сложный, 3 — изометрия; 4 — плоскость изображения

Сущность аксонометрических проекций состоит в том, что прямоугольные оси координат пространства и все точки геологической структуры пучком параллельных лучей проектируют на картинную плоскость, причем проектирующие лучи пересекают все три оси координат пространства под некоторыми углами. В результате на картинной плоскости K (см. рис. 7.16, д) образуются аксонометрические оси координат, а отрезки вдоль этих осей являются аксонометрическими координатами соответствующей точки. Эти отрезки вдоль аксонометрических осей могут быть измерены на чертеже (блок-диаграмме); аксонометрия в переводе на русский язык означает «осеизмерение».

Так как вдоль аксонометрических осей координат предмет искажается и виден как бы с трех сторон сразу, то создается наглядное (пространственное) изображение геологической структуры (см. рис. 7.16, д).

В зависимости от наклона проектирующих лучей по отношению к картинной плоскости (см. рис. 7.16) различают прямо-и косоугольную аксонометрии. В прямоугольной аксонометрии выделяют изометрию, диметрию и триметрию. Для прямоугольной изометрической проекции характерно, что углы между аксонометрическими осями координат равны между собой и каждый в отдельности составляет 120° (сумма углов на чертеже равна 360°). Показатель искажения по каждой оси равен 0,81. Сумма квадратов показателей искажения в прямоугольной аксонометрии всегда равна двум, т.е. имеет место следующее равенство:

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2, \quad (7.42)$$

где p — показатель искажения по оси X; q — показатель искажения по оси Y; r — показатель искажения по оси Z.

В прямоугольной диметрии два показателя равны между собой, а в прямоугольной триметрии все три показателя искажения и все три угла между аксонометрическими осями координат имеют разное значение. В косоугольной аксонометрии все показатели искажения могут быть меньше и больше единицы, а сумма квадратов показателей искажения всегда больше двух.

Тема 1.3 Складчатые формы залегания

Лекция 8. Общие сведения о складчатых формах залегания

Складчатое залегание. В результате тектонических движений пласты осадочных горных пород и других геологические тела деформируются и сминаются в складки. В отличие от колебательных движений складчатые процессы необратимы. Складками называются любые изгибы слоев без разрыва их сплошности (рис. 3.8). Они свойственны горным областям и породам кристаллического фундамента платформ. Размеры складок могут быть самыми разнообразными.

Основой классификации складок является положение их изгиба. Существуют три основных вида складчатых дислокаций.

Если изгиб слоев обращен выпуклостью вверх (рис. 3.8, а; 3.9), складка называется **антиклиналью** (греч. *анти* — против, *клино* — наклоняю). Прогнутая вниз складка (рис. 3.8, а; 3.9) — **синклиналь** (греч. *син* — вместе). Обычно они сопряжены друг с другом. В случае антиклинали крылья складки расходятся вверх от места изгиба в противоположные стороны. У синклинали крылья сходятся вместе внизу у изгиба.

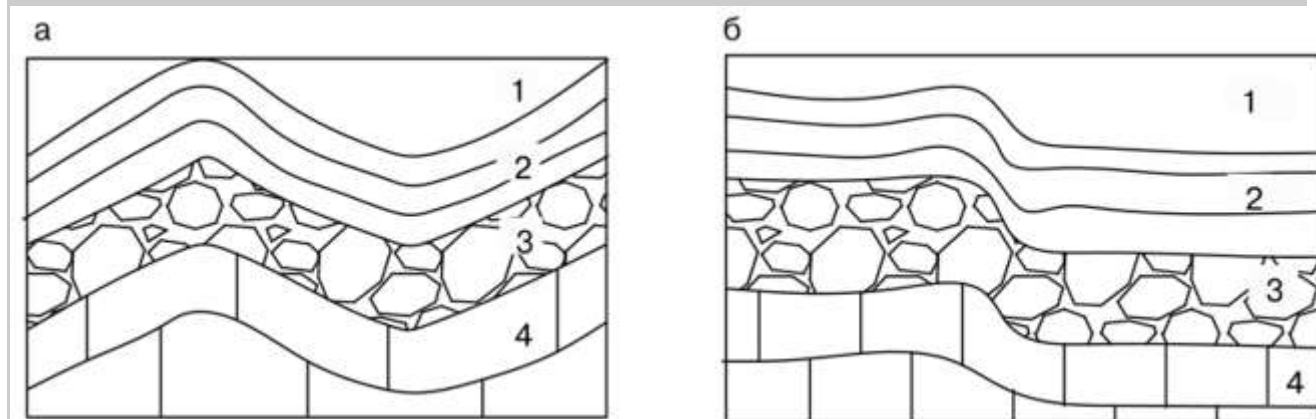


Рис. 3.8. Складчатое залегание горных пород: а — складчатое залегание слоев, б — флексура

Флексурой называется крутой ступенчатый перегиб слоя в местах резкого изменения глубины его залегания (рис. 3.8, б). При этом разделенные флексурой участки лежат параллельно или почти параллельно друг другу. По существу такой коленчатый изгиб пластов представляет собой переходную форму между

дизъюнктивными и пликативными дислокациями. Складки имеют следующие элементы (рис. 3.9):

- **ядро** — внутренняя часть складки, относительно которой произошло смятие слоев;
- **крылья** — две более или менее ровные поверхности, ограничивающие складку;
- **замок (перегиб складки)** — линия, соединяющая крылья складки;
- **шарнир** — линия, проходящая через точки максимального перегиба в замке складки по ее простирацию;
- **угол складки** — угол между продолжением линий пересечения крыльев над замком складки;
- **осевая поверхность** — поверхность, проходящая через шарнир складки и делящая угол складки пополам;
- **ось складки** — линия пересечения осевой поверхности складки с поверхностью земли.

Таким образом, у синклинальных складок замок располагается внизу. В ядре складки находятся более молодые породы, и крылья направлены в разные стороны вверх. У антиклинальных складок — замок расположен вверху, внутри ядра складки более древние породы и крылья направлены в разные стороны вниз (см. рис. 3.9).

По положению крыльев и осевой поверхности складки разделяют на: **прямые** — осевая поверхность вертикальная или субвертикальная; **косые** — осевая поверхность наклонена, крылья падают в разные стороны; **опрокинутые** — осевая поверхность наклонена, крылья падают в одну сторону; **лежачие** — (осевая поверхность горизонтальная); **ныряющие** (рис. 3ЛО).



Рисунок 3.9. Элементы складок



Рис. 3.10. Классификация складок по наклону крыльев и осевой поверхности: а — прямые; б — косые; в — опрокинутые; г — лежащие; д — ныряющие складки

Шарнир складки по простираанию пласта может то погружаться, то снова выходить на поверхность. Такой волнистый изгиб складок носит название ундуляции.

Складки различаются также по форме замка (рис. 3.11).

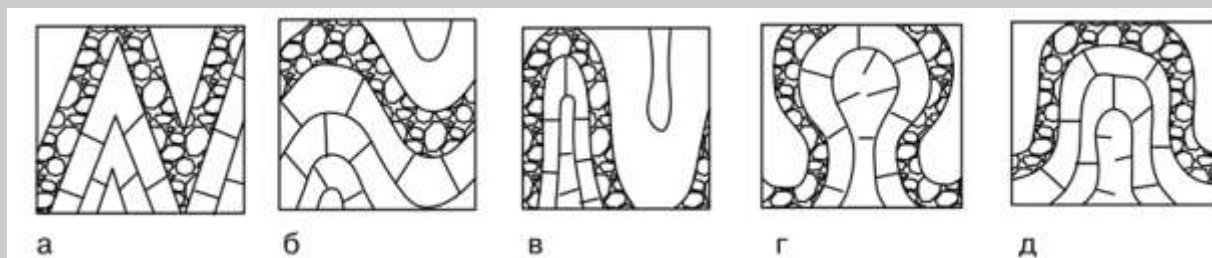


Рисунок 3.11. Классификация складок по положению крыльев и форме замка: а — острые; б — округлые; в — изоклиальные; г — веерообразные; д — сундучные или коробчатые

По протяженности в плане складки подразделяют на: **линейные** — длина складки значительно превышает ширину; **брахискладки** — длина складки превышает ширину в 2—5 раза (выпуклая брахискладка называется брахиантиклиналью, вогнутая — брахисинклиналью); **купола** — выпуклые антиклинальные складки, имеющие округлые или неправильные, но изометричные в плане формы; **мульды** — чашеобразные, вогнутые округлые в плане синклинали (рис. 3.12).

В природе складки нередко встречаются группами, образуя сложные складчатые структуры — синклинии и антиклинории. Синклинии образованы в основном синклинальными складками, а антиклинории — антиклинальными.

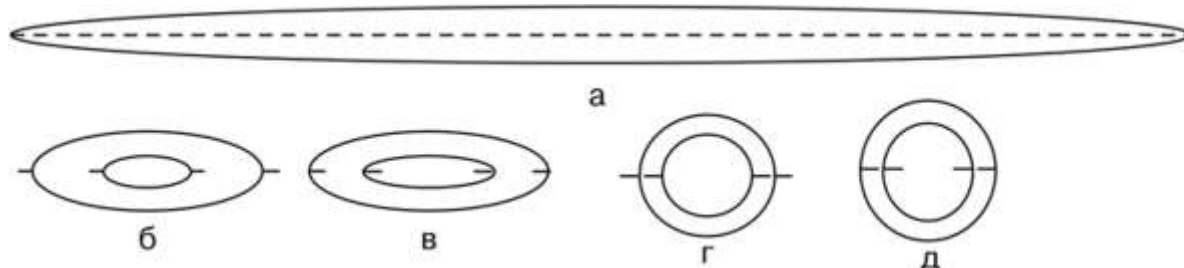


Рисунок 3.12. Формы складок в плане: а — линейно вытянутая складка; б — брахиантиклиналь; в — брахисинклиналь; г — купол; д — мульда

Чаще всего складки в горных породах образуются под воздействием ориентированного тектонического давления. Реже они имеют нетектоническое происхождение. В частности, известны складки, образующиеся в горных породах под воздействием ледников (гляциодислокации), при оползании осадка вниз по склону (оползневые), диапировые и т.д.

Дизъюнктивные (разрывные) (лат. *дизъюнкто* – разделяю) дислокации проявляются в виде трещин различного размера от нескольких миллиметров до нескольких сотен километров. При значительных размерах трещин по ним происходит смещение блоков горных пород по какой-либо плоскости, называемой **сместителем**. На рис. 3.13 показаны элементы, которые необходимо различать при изучении разрывных нарушений. **Угол наклона** у сместителей меняется от горизонтального или полого ($0 - 45^\circ$), до крутого – $45 - 75^\circ$. Различают также вертикальные или близкие к ним углы – $75 - 90^\circ$. В разрывах со смещением происходит нарушение сплошности горных пород с последующим перемещением образовавшихся блоков по тектонической трещине – сместителю. О смещении блока горных пород судят по соотношению элементов слоев, из которых он состоит, и сместителю, относительно которого происходит смещение.

К этой группе принадлежат такие нарушения, как сбросы, взбросы, сдвиги, надвиги, сложные разрывные нарушения.

В любом разрывном нарушении со смещением выделяют следующие геометрические элементы: **сместитель** – поверхность разрыва, по которой происходит смещение; **крылья** – смещенные блоки горных пород, примыкающие к этой поверхности. При наклонном положении сместителя крыло, расположенное над ним, называют **висячим**, а под ним – **лежачим**.

По масштабам среди разрывных нарушений различают **трещины**, **тектонические разрывы** и **глубинные разломы**. При этом крупные разрывные нарушения практически никогда не выражены одной зияющей трещиной. Наоборот, они представляют собой зоны повышенной трещиноватости, пронизанные многочисленными мелкими разрывными нарушениями, зонами дробления и истирания горных пород.

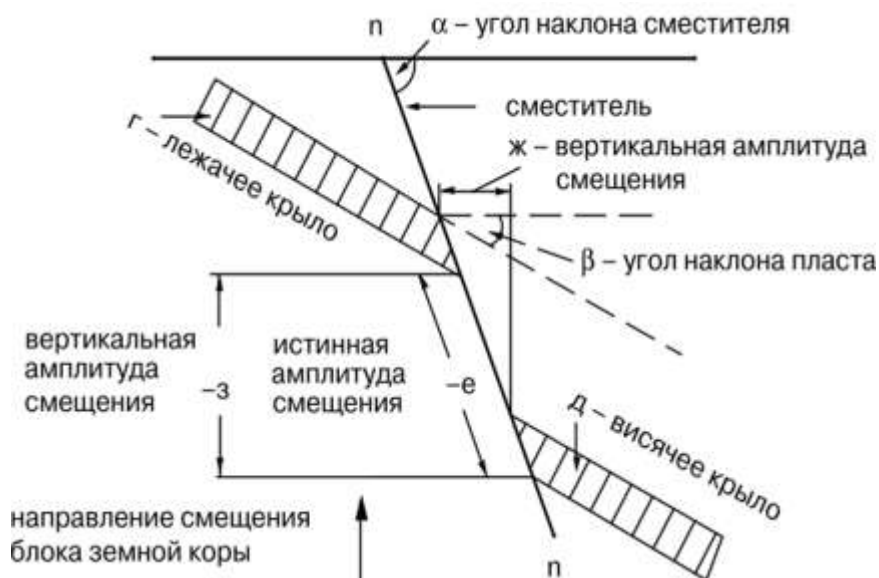


Рисунок 3.13. Схематический вертикальный разрез блока земной коры

Разрывное нарушение и его элементы:

α — угол наклона сместителя; β — угол наклона пласта — угол между горизонтальной линией и подошвой или кровлей пласта; Γ — лежащее крыло (расположенное под сместителем); Δ — висячее крыло — слой, который покрывает сместитель (располагается над сместителем); e — истинная амплитуда смещения — расстояние по сместителю между кровлей или подошвой смещенного слоя; $ж$ — горизонтальная амплитуда смещения — расстояние по горизонтали между кровлей или подошвой смещенного слоя; $з$ — вертикальная амплитуда смещения — расстояние по вертикали между кровлей или подошвой смещенного слоя

По морфологии различают следующие типы разрывных нарушений:

- **сбросы** представляют собой разрывные нарушения, в которых висячее крыло опущено, а лежащее — приподнято, сместитель наклонен в сторону опущенного крыла;

- **раздвиги** — разрывы, у которых крылья смещаются преимущественно в горизонтальном направлении, удаляясь друг от друга (между ними возникает пропасть). Сбросы и раздвиги образуются в условиях растяжения земной коры;

- **взбросы** — разрывные нарушения, в которых висячее крыло поднято по крутому (более 60°) сместителю, а лежащее опущено; сместитель наклонен в сторону приподнятого крыла;

- **надвиги** — взбросы, обладающие пологим (менее 60°) сместителем. Очень пологие надвиги с волнистой поверхностью сместителя и значительным горизонтальным перемещением (на десятки и сотни километров) называют **шарьяжами**, или **тектоническими покровами**.

Взбросы, сбросы или сдвиги происходят в тех случаях, когда растягивающие или сжимающие напряжения в горных породах превышают их предел упругости. **Сдвиги** представляют собой разрывные нарушения, в которых перемещение блоков друг относительно друга происходит преимущественно в горизонтальном направлении. Они часто сочетаются со сбросами, взбросами, образуя переходные нарушения типа сбросо-сдвигов, взбросо-сдвигов и т.п. Взбросы, надвиги и сдвиги обычно формируются в условиях сжатия земной коры.

Часто наблюдаются системы параллельных трещин. Блоки горных пород, заключенные между этими трещинами, перемещаются одни вверх, а другие вниз. Блоки, перемещенные вверх, получили название **горст**, а вниз — **грабен** (рис. 3.14).

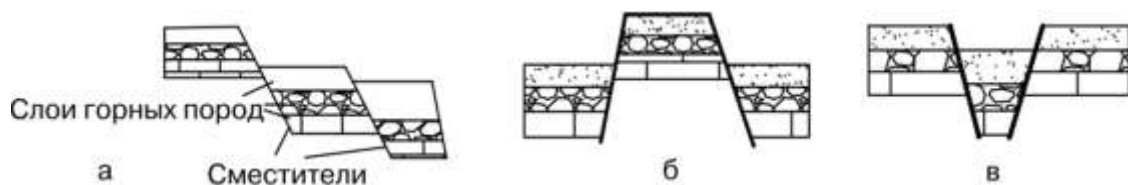


Рис. 3.14. Сочетания разрывных нарушений: а — ступенчатые сбросы; б — горст; в — грабен.

Лекция 9. Геометризация складок

Форма и геометрические параметры залежи.

Залежь п.и. — это реальное природное тело, которое имеет определенное внутренне строение, внешнюю форму и занимает какое-то положение в пространстве. Для описания внешней формы залежи, пространственного положения применяют такие горные характеристики как мощность, ширина, длина, направление простирания, угол падения и др.

Геометрические параметры залежи

Поверхность залежи — это фактическая или условная поверхность, отделяющая залежь от вмещающих пород или от прилегающих к ней других тел п.и.

Действительная поверхность — поверхность стратиграфического напластования (Стратиграфия — наука изучающая последовательность образования горных пород осадочного и вулканогенного происхождения)

Условная поверхность — это реально не существующая поверхность, которая устанавливается по результатам опробования.

Выклинивание залежи — пересечение двух противоположных поверхностей залежи.

Линия выклинивания — замкнутая линия пересечения двух поверхностей залежи.

Мощность залежи — кратчайшее расстояние между поверхностями висячего и лежачего боков залежи. выделяю

Истинную мощность – кратчайшее расстояние между двумя поверхностями залежи;

нормальная мощность — расстояние по нормали между поверхностями лежачего и висячего боков залежи;

вертикальная мощность — расстояние по вертикали между поверхностями висячего и лежачего боков залежи;

горизонтальная мощность — кратчайшее расстояние в горизонтальной плоскости между поверхностями висячего и лежачего боков залежи;

видимая или кажущаяся мощность — расстояние между поверхностями лежачего и висячего боков, измеренное по данному направлению.

Ось залежи (для залежей вытянутой формы) – геометрическое место центров тяжести поперечных сечений залежи.

Центр залежи (для залежей изометрической формы) - центр тяжести залежи;

Длина залежи – длина оси залежи;

Ширина залежи – размер залежи вкрест ее простираения.

Элементы залегания залежи:

Линия простираения – горизонтальная линия, проведенная вдоль плоскости лежачего или висячего бока залежи.

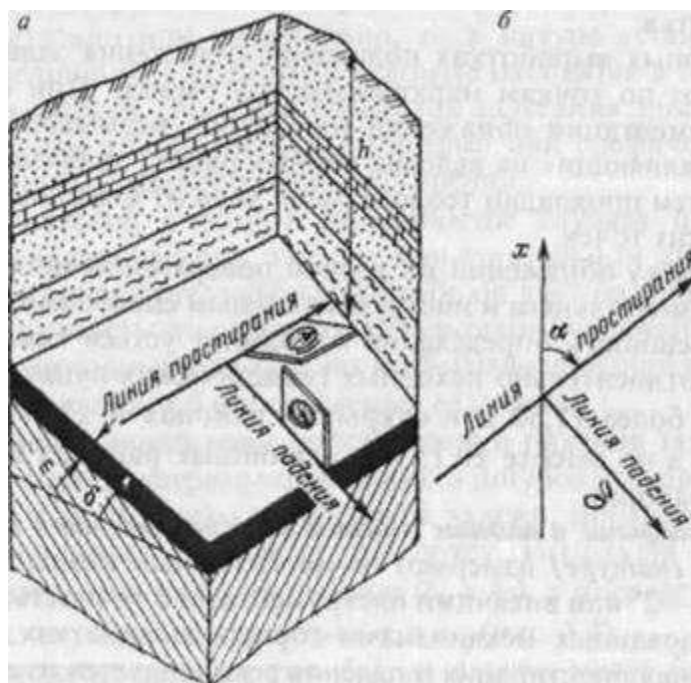
Линия падения – линия наибольшего ската в плоскости лежачего или висячего бока залежи.

Угол простираения – угол между северным направлением осевого меридиана и линией простираения

Угол падения – вертикальный угол между горизонтальной плоскостью и линией падения.

Глубина залегания H – расстояние по отвесной линии от земной поверхности до висячего бока залежи.

Линия выхода залежи на земную поверхность – это линия поверхности залежи во всех точках которой $H=0$.



Геометризация складок

Наиболее распространенными методами геометризации складчатых форм залегания полезных ископаемых являются: геологические карты или планы; геологические разрезы; гипсометрические или структурные планы; блок-диаграммы.

Элементы залегания складок:

- 1) Простираание и угол падения крыльев складок
- 2) Простираание и угол наклона осевой поверхности складки
- 3) Угол складки
- 4) Простираание и падение оси складки.

Геометризация дизъюнктивных тектонических нарушений.

Способ разрезов

При разведке месторождений полезных ископаемых выработками, пройденными в горизонтальных или вертикальных плоскостях, по которым можно построить геологические разрезы месторождения, определение запасов полезного ископаемого осуществляется способом *разрезов или параллельных сечений*.

Подсчет запасов способом разрезов заключается в том, что предварительно подсчитывают запас в сечениях полезного ископаемого по разведочным линиям (горизонтальным или вертикальным – безразлично), в слоях мощностью, равной 1 м, а произведение полусуммы запасов в сечениях на расстояние между ними определяет запас в блоках между двумя сечениями. Суммированием запа-

сов по блокам определяют общий запас месторождения (или его разведанной части).

На рис. 11.14, а изображены вертикальные разрезы по разведочным выработкам, параллельным линиям $P.L.1, P.L.2, P.L.3$.

Площадь вертикального сечения полезного ископаемого по эзведочной линии I ($P. Л. I$) определится как сумма площадей грапечий:

$$S_1 = \frac{m_1 + m_2}{2} r_{1-2} + \frac{m_2 + m_3}{2} r_{2-3} + \dots + \frac{m_n + m_{n+1}}{2} r_{n-n+1},$$

где $m_1, m_2, \dots, m_n$ — мощность по выработке; r_{1-2}, r_{2-3} — расстояние между выработками.

Объем (в m^3) вертикального слоя полезного ископаемого с горизонтальной мощностью, равной 1 м:

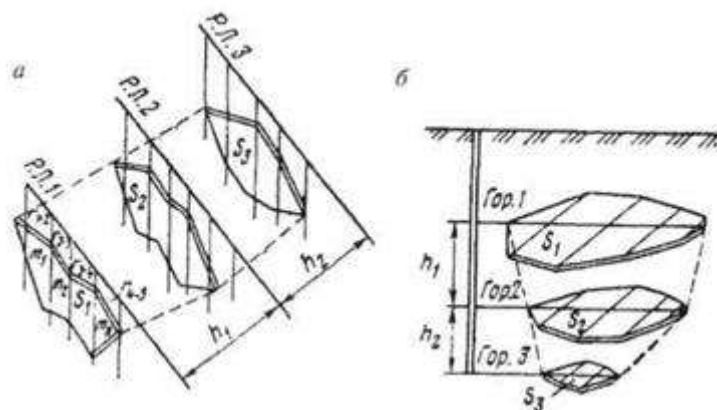


Рис. 11.14. Схема к подсчету запасов методом параллельных вертикальных (а) и методом горизонтальных (б) сечений

$$V_1 = S_1 l.$$

запас в слое сечения (запас в объеме V_1) равен: а) в случае, когда γ — плотность полезного ископаемого — величина переменная и варьирует в пределах более $\pm 50\%$ среднего его значения,

$$Q_1 = \frac{m_1 \gamma_1 + m_2 \gamma_2}{2} r_{1-2} + \frac{m_2 \gamma_2 + m_3 \gamma_3}{2} r_{2-3} + \dots,$$

или

$$Q_1 = \frac{q_1 + q_2}{2} r_{1-2} + \frac{q_2 + q_3}{2} r_{2-3} + \dots,$$

б) в случае, когда y — величина постоянная или варьирует в пределах менее $\pm 50\%$ среднего его значения,

$$Q_i = \gamma V_i = \gamma \left(\frac{m_1 + m_2}{2} r_{1-2} + \frac{m_2 + m_3}{2} r_{2-3} + \dots \right).$$

Запас компонента в объеме V_i по разведочной линии / составляет:

$$P_i = \frac{1}{100} \left(\frac{m_1 \gamma_1 c_1 + m_2 \gamma_1 c_2}{2} r_{1-2} + \frac{m_2 \gamma_2 c_2 + m_3 \gamma_3 c_3}{2} r_{2-3} + \dots \right),$$

где c_1, c_2, c_3 — содержание компонента по скважинам (в %) или

$$P_i = \frac{p_1 + p_2}{2} r_{1-2} + \frac{p_2 + p_3}{2} r_{2-3} + \dots$$

Запас руды и компонента, заключенных между двумя сечениями, расположенными на расстоянии h_1, h_2 , например, между разведочными линиями 7 и 2, определится по формулам:

$$Q_{1-2} = \frac{Q_1 + Q_2}{2} h_1;$$

$$P_{1-2} = \frac{(P_1 + P_2)}{2} h_1.$$

Объем руды (в m^3), заключенный между этими сечениями,

$$V_{1-2} = \frac{(S_1 + S_2)}{2} h_1.$$

Объем и запасы для всего месторождения в целом:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n,$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n,$$

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n.$$

Объем и запасы межконтурных полос, независимо от того, является ли внешний контур со значением мощности m или содержания c равным промышленному пределу или нулю, подсчитывают как полусумму сечения по внутреннему контуру (например, сечения 7) и сечения по внешнему контуру, умноженную на расстояние между ними.

Аналогично по тем же формулам подсчитывают запасы по горизонтальным параллельным сечениям залежи (рис. 11.14, б).

В практике подсчета запасов имеют место два варианта описанного метода разрезов. Первый из них заключается в том, что подсчет запасов между соседними параллельными сечениями производят не по двум сечениям, а по одному.

Запас участка, тяготеющего к данному сечению, например к сечению по линии 2, принимают равным произведению запаса по этому сечению (сечению 2) на $(h_1 + h_2) / 2$.

Второй вариант, широко использующийся в практике подсчета запасов россыпных месторождений, состоит в следующем. Для каждого сечения вычисляют среднюю мощность полезного ископаемого как среднюю арифметическую при одинаковых расстояниях между выработками или как среднюю взвешенную по расстояниям между выработками, если эти расстояния не равны.

Затем вычисляют среднее содержание по сечению, взвешенное по площадям, равным произведению мощности россыпи в каждой выработке на расстояние, отвечающее ее влиянию по линии.

В участке россыпи, тяготеющей к данной разведочной линии, запас металла (в кг):

$$p = Sm_0 c_0 / 1000,$$

где S — площадь (горизонтальная), тяготеющая к данной линии и равная произведению длины этой линии на $(h_1 + h_2) / 2$; m_0 , c_0 — соответственно средние мощность (в м) и содержание (в г/м³), отнесенные к 1 м³ россыпи.

Геометрия недр

Проекции, применяемые при геометризации недр

Одной из важных задач в горной геометрии является графическое изображение формы и условий залегания залежи и вмещающих пород. Выделяют 5 основных требований, предъявляемых к графическому изображению залежи:

- 1) Наглядность — возможность по плоскому изображению представить пространственную форму залежи.
- 2) Удобоизмеряемость — возможность производить измерения и решать задачи метрического характера с определённой степенью точности.
- 3) Динамичность — возможность систематического пополнения или построения графика в соответствии с развитием горных и разведочных работ
- 4) Контрастность — возможность чтения чертежа и отбора отображённой на нём информации с помощью приборов
- 5) Пространственность — выбор такой системы изображения при которой непосредственно без проведения дополнительных работ используется погоризонтальный план, вертикальные разрезы и т.д.

В зависимости от расположения центра проекции методы проектирования делятся:

- 1) Центральный (полярный или конический)
- 2) Параллельный или цилиндрический

Наиболее распространённой в горной геометрии является:

- 1) Проекция с числовыми отметками
- 2) Аксонометрические
- 3) Аффинные
- 4) Векторные
- 5) Сферические

Проекция с числовыми отметками точки

На плоскость проекции перпендикулярно проецируются точки, принадлежащие пространственному телу. На плоскости проекции получают изображение тела в двух измерениях, в третьем измерении является числовыми отметками точек.

Проекция прямой

Прямая в проекции с числовыми отметками может быть задана:

- 1) координатами 2-х точек
- 2) координатами одной точки, дирекционным углом (азимут) и углом падения. Проекция прямой на горизонтальную плоскость называется *горизонтальным проложением*.

Градуированием прямой называют нахождение на прямой точек с целочисленными отметками, кратными выбранной высоте сечения (превышения).

Высота сечения – разность целочисленных отметок 2-х соседних точек, градуированных в проекции прямой.

Заложение прямой – расстояние между проекциями 2-х точек прямой.

Уклон – тангенс угла падения прямой

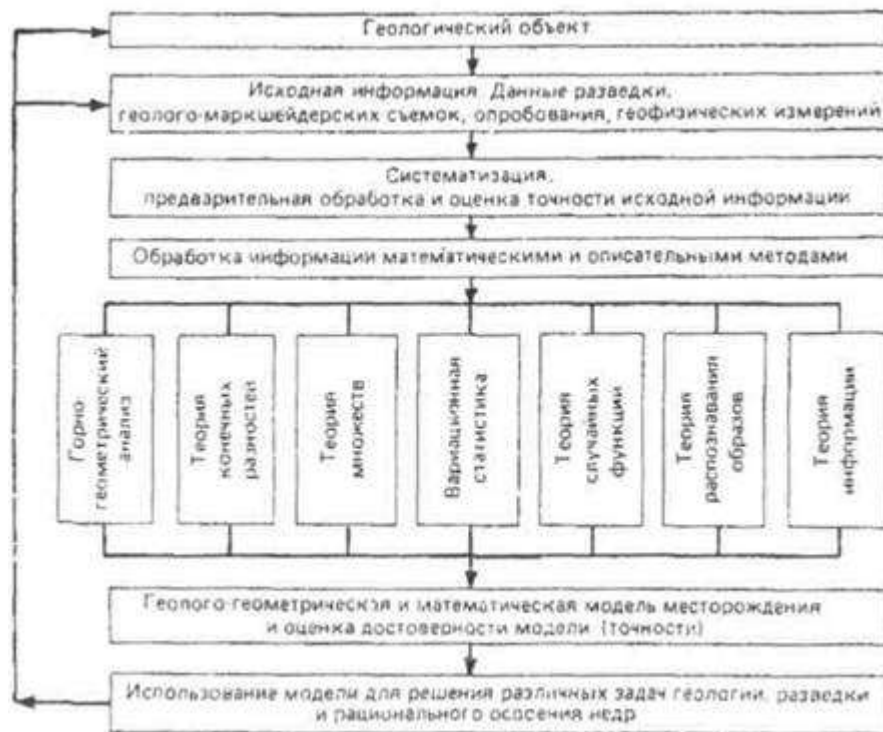
2. Методы и виды геометризации форм

Геометризация (рис. 1.6) предусматривает сбор исходных данных, их предварительную обработку, систематизацию, оценку точности, построение геолого-математической и геометрической модели с последующей оценкой ее качества (точности) и использованием модели при освоении недр, а также выработке новых гипотез о геологии месторождения.

Для осуществления геометризации месторождений необходимо, чтобы интересующие нас показатели залежи и боковых горных пород в различных точках были измерены и выражены числом.

Эти измерения и определения выполняют при разведке и эксплуатации месторождений. Вначале их выражают в виде таблиц, отдельных зарисовок, фотоснимков и описаний, затем эти данные обрабатывают и обобщают. Обобщение данных наблюдений производят с помощью вероятностно-статистического математического аппарата. По результатам обработки с учетом Геологических

особенностей месторождения строят специальные горно-геометрические графики, дающие уменьшенное, подобное и наглядное изображение формы залежей месторождения, их положения в недрах и геометрию размещения свойств.



При построении горно-геометрических графиков не только увязывают и обобщают данные наблюдений, но и выявляют и устраняют отдельные ошибки измерений и графических построений.

Геометризацию месторождения производят последовательно на каждой стадии его разведки и разработки.

Геометризация месторождения – это процесс его изучения и познания. Процесс этот – постепенный и последовательный. Каждые, вновь получаемые данные при разведке и особенно при разработке месторождения, уточняют прежние представления о нем, позволяют корректировать ранее составленные графики и использовать их для принятия правильного решения задач последующей разведки и разработки. Геометризация недр не исключает геологического их изучения. Она является научной математической (геометрической) базой комплексного изучения недр.

В большинстве случаев только при разработке полезного ископаемого имеется возможность получить наиболее полные данные о месторождении. Эти данные имеют особое значение при составлении на соседние участки или нижние горизонты достоверных прогнозов, необходимых для рационального планирования

горных работ, эффективного использования комплексов машин при добыче и выборе соответствующих мест дополнительных наблюдений — доразведки, опробования.

Для геометризации недр основными являются методы изолиний, геологических разрезов (сечений) и профилей; объемных наглядных графиков и моделирования с использованием компьютеров. Каждый из перечисленных методов применяют самостоятельно или чаще совместно с другими.

Методом изолиний при геометризации недр изображают поверхности не только реальные, но и условные. Сложность отображения поверхностей зависит от многих геологических факторов. Поэтому построение изолиний размещения какого-либо показателя при геометризации недр по данным наблюдений в отдельных точках несравненно сложнее построения изогипс земной поверхности.

Достоверность изображения размещения показателя на плане в изолиниях зависит от изменчивости показателя, густоты и соответствия разведочных точек (определений, измерений) характерным точкам показателя, а также от размера, ориентировки проб и масштаба плана.

Изолинии – геометрические места точек с одинаковыми значениями показателя недр. Их строят как по результатам измерений в отдельных точках, так и по средним значениям группы точек, относимым к их центру, т. е. двумя способами – непосредственным и косвенным.

Непосредственный способ применяют тогда, когда на плоскости чертежа по координатам нанесены точки измерения показателя с отметками – численными значениями. В результате геометрического анализа отметок намечают инвариантные линии будущей поверхности – линии водораздела, тальвега и седловины. Задав сечение, проводят интерполирование отметок по линиям скатов и построение плавных кривых – изолиний.

Косвенным способом построения изолиний пользуются тогда, когда исходными данными являются, например, вертикальные разрезы с отмеченными на них значениями показателя. В этом случае с разрезов на план, по линиям разрезов, переносят точки показателя с отметками, кратными выбранному сечению. Точки с одинаковыми отметками соединяют плавными кривыми – *изолиниями*.

При построении изолиний необходимо учитывать все выявленные особенности геологического строения залежи. Этим достигается большое соответствие построенной графической модели натуре.

Метод изолиний имеет свои недостатки. В частности, при изображении формы залежей возникает трудность одновременного изображения и литологии пород, окружающих полезное ископаемое; сложно, а иногда и невозможно в изолини-

ях изображать тела трубообразной, штокверковой и других сложных форм, а также горизонтально или вертикально залегающие слои правильной формы.

Способ геологических разрезов не имеет этого недостатка. Он позволяет отображать форму тела полезного ископаемого и представлять его положение среди вмещающих пород в данном сечении – вертикальном, горизонтальном и наклонном.

При горизонтальном и вертикальном залегании пластовых залежей с выдержанной мощностью система геологических разрезов – вертикальных или горизонтальных – является основной графической документацией, отображающей морфологию и условия залегания месторождения.

Исходными для построения геологических разрезов являются данные геолого-разведочных скважин и горных выработок.

На вертикальных разрезах по линии разведочных скважин строят высотную сетку, профиль земной поверхности, профили осей разведочных выработок, по которым в условных знаках наносят пройденные при бурении горные породы, производят увязку стратиграфически одинаковых горных пород и залежей по соседним выработкам.

С помощью одних разрезов, без изолиний, трудно, а иногда невозможно представить на чертеже форму залежи, характер изменения содержания компонента, изменения физико-технических и горно-геологических свойств залежи и боковых пород и т. п.

Поэтому при геометризации используют и метод изолиний и геологические разрезы. Оба метода дополняют друг друга в части наглядности и полноты изображения, а также облегчают взаимное построение и построение других горно-геометрических графиков и моделей.

Метод объемных наглядных графиков применяют для наглядного изображения формы, свойств залежей и горных выработок со сложным характером их размещения в недрах.

Наглядные графики строят в аксонометрических, аффинных, векторных и других, например, стереоаксонометрических, проекциях. Исходными данными для построения служат планы, разрезы, профили, а также координаты характерных точек изображаемых объектов. Преобразование исходных данных в тот или иной вид проекции осуществляют вручную, с помощью специальных механических приборов, например аффинографов, а также с помощью компьютеров и графопостроителей.

Ведутся работы по геометрическому наглядному моделированию недр с помощью голографии.

Метод моделирования является одним из древних методов исследований и одновременно одним из наиболее распространенных способов изучения различных процессов и явлений. Сам термин «модель» происходит от латинского «modus» (копия, образец). Абсолютно точно воссоздать модель явления или процесса практически невозможно, да этого и не требуется. На практике исследователь выявляет лишь существенные, характерные черты процесса и в соответствии с последним подбирает приближенную модель. Различают физическое и символическое моделирование. При физическом моделировании модель воспроизводит изучаемый процесс или объект с сохранением его физической природы. Модели строят статические и динамические. Символическое моделирование имеет три формы – *графическую, графоаналитическую и математическую*.

Статические модели строят для наглядного представления о месторождении на определенный момент его изученности. Главное внимание здесь обращают на выразительность изображения отдельных особенностей месторождения. При этом модель должна быть достаточно простой, несложной и небольших размеров (не более 1 –1,5 м). Стремление показать на одной модели большое число отдельных деталей приводит к построению сложных и запутанных моделей, малопригодных на практике. Для отображения особенностей месторождения модели делают разъемными. Места разъема приурочивают к продольным или поперечным профилям, на которых изображают соответствующие геологические разрезы, разведочные и горные выработки.

Модели изготавливают из дерева, скульптурной глины, пластилина, картона, стекла, пластиков (плексиглас, венипроз и пр.) и пластмассы. В качестве связующих веществ применяют различные клеи.

Динамические модели месторождений представляют наибольший интерес для действующих горных предприятий. Они состоят из серии маркшейдерских или геологических планов, нанесенных на прозрачные пластины из органического стекла, легко поддающегося обработке.

От динамических моделей требуется, чтобы они давали подобное уменьшенное изображение ситуации и рельефа местности, геологии участка и системы горных выработок, позволяли легко пополнять модель и видоизменять изображаемый объект по новым данным съемки и разведки.

Графическое моделирование, к которому относятся геологические, структурные, петрографические, геохимические планы, карты и разрезы, проекции руд-

ных тел, карты трещиноватости, технологические карты, блок-диаграммы и др., весьма распространено в геологии и горном деле.

Геометрическая модель месторождения представляет собой, во-первых, комплект горно-геометрической графической документации, отражающей закономерности размещения форм и свойств залежей в пространстве недр, и, во-вторых, установленные на основе математической обработки аналитические и вероятностные зависимости между геологическими признаками.

Геометрическая модель служит основой для решения многих задач разработки месторождения, таких как: проектирование схемы вскрытия, порядка отработки и систем разработки месторождения; укрупненное планирование горных работ; оперативное планирование горных работ; обоснование кондиций по мощности и содержанию; нормирование потерь и разубоживания; нормирование запасов по степени подготовленности; разработка рекомендаций по оптимизации плотности разведочных сетей; подсчет запасов полезного ископаемого; прогнозирование размещения полезного ископаемого на неразведанные участки; выводы о генезисе месторождения, моделирование процессов управления разведкой и рациональной разработкой месторождений.

В процессе геометризации осуществляют новые теоретические разработки в области математических методов обработки информации. При этом предусматривается решение двух основных задач: *первая* – на основе использования всей полученной о месторождении на данном этапе информации создать наиболее правдоподобную модель месторождения с оценкой ее точности, т. е. установить степень соответствия модели натуре, *вторая* – установить такое минимальное число точек наблюдений (скважин, проб и т. п.) и их расположение при разведке, по данным которых построенная модель месторождения будет близка к натуре с погрешностью, не превышающей величины, устанавливаемой требованиями горного производства.

Виды геометризации недр. Геологические показатели разделяются на признаки, характеризующие форму массива горных пород, его свойства и процессы, происходящие в недрах.

В зависимости от того, какую сторону недр главным образом; изучают, различают: геометризацию формы залежей полезных ископаемых и условий их залегания; геометризацию размещения физико-химических и технологических свойств залежей и вмещающих пород; геометризацию процессов, происходивших и происходящих в недрах — как изменение формы и свойств вещества в пространстве и во времени.

При геометризации составляют комплекс горно-геометрических чертежей.

Форму залежей и условия их залегания представляют гипсометрические планы кровли и почвы залежи, изолинии мощности, изоглубины залегания, изогипсы поверхности водоупорного горизонта, поверхностей тектонических нарушений, вертикальные и горизонтальные разрезы и пр.

Геометризацию свойств залежей и массива горных пород представляют графики изолиний содержания того или иного компонента в полезном ископаемом, изолинии трещиноватости, пористости, крепости того или иного слоя горных пород и др.

Происходящие в недрах изменения режима подземных вод, геотемпературного поля Земли, напряженного состояния массива горных пород из-за проведения в нем горных выработок и другие при геометризации представляются соответствующими графиками по линиям (сечениям) или в виде изолиний или векторов, характеризующих направления и скорости изучаемых параметров.

В зависимости от этапа изучения месторождения, конкретных задач и масштабов составления горно-геометрических чертежей различают региональную, детально-разведочную и эксплуатационную геометризацию месторождений.

Региональную геометризацию осуществляют в масштабах от 1:50000 до 1:500000 по данным поисковых работ, космической, аэрофотографической, геологической и геофизической съемок. Она позволяет делать широкие обобщения и общие прогнозы, определять районы, перспективные для дальнейшей разведки месторождений.

Детально-разведочную геометризацию проводят в масштабах от 1:5000 до 1:50000 на основе данных детальной разведки, геологической, структурно-геологической и геофизической съемок. На этой стадии составляют различные горно-геометрические графики формы, условий залегания залежи, размещения в них компонентов и пр. По материалам геометризации оценивают месторождения, подсчитывают запасы, проектируют горные предприятия.

Эксплуатационную геометризацию составляют в масштабах 1 : 100 — 1 : 5000. Ее проводят на основе материалов детальной разведки и богатой горно-геологической информации, получаемой при проходке подготовительных и очистных горных выработок.

Эксплуатационная геометризация позволяет вскрывать закономерности структурного и качественного характера, на основе которых становится возможным строить прогнозы на ближайшие участки недр и планировать рациональную их разработку.

Горно-геометрические графики при геометризации строят в проекции на горизонтальную, наклонную и вертикальную плоскости. Плоскость проекции опре-

деляют углом падения залежи и назначением графика. Чаще всего их строят в проекции на горизонтальную плоскость и называют планами.

Региональная, детально-разведочная и эксплуатационная геометризация представляют собой этапы последовательного изучения и познания месторождения, начиная от его открытия и до полной отработки.

Различают общую методику геометризации месторождений полезных ископаемых и частные — конкретные.

В общей методике геометризации рассматривают вопросы техники и методики выявления и изображения форм и свойств месторождений, их условий залегания и процессов, происходящих в недрах.

В частных, конкретных методиках геометризации рассматривают особенности геометризации отдельных типов месторождений — угольных, железорудных, цветных металлов, нефтехимических, горнохимического сырья, строительных материалов и других с учетом схемы вскрытия и системы разработки.

Конкретная методика геометризации при открытом и подземном способах разработки месторождений имеет отличия. Обусловлены они разными, способами сбора информации о размещении показателей, что приводит к особенностям обработки этой информации и построения горно-геометрических графиков. При геометризации конкретных месторождений в одних случаях большее внимание уделяется геометризации формы и условий залегания, в других — выявлению закономерностей размещения оруденения, зависимости между показателями, в третьих — максимальному учету всех показателей, характеризующих и форму, и размещение различных свойств залежей и условий их залегания, в четвертых — процессам, происходящим в недрах при проведении горных выработок.

1. Математическое моделирование размещения показателей недр

Математическая модель — это абстрактный аналог физической модели, в которой объекты заменены математическими понятиями — переменными, параметрами, константами.

Математические модели можно разбить на три группы: детерминированные, вероятностные и динамические.

Детерминированной моделью называют такую модель, в которой отсутствует случайная компонента и каждому значению аргумента соответствует только одно значение зависимой переменной.

К числу детерминированных моделей можно отнести закономерности и зависимости, устанавливаемые в процессе геометризации, например уравнения регрессии, полиномиальные модели, тренды, ряды Фурье и т. д.

В практике геометризации детерминированные модели в чистом виде, как правило, не встречаются. В подавляющем большинстве случаев в исходных данных присутствует случайная компонента. Поэтому исследователь имеет дело либо с вероятностной, либо с динамической вероятностной моделями.

К *вероятностным моделям* относят модели законов распределения случайных величин (равномерный закон распределения, нормальный, логарифмически нормальный, Вейбулла и другие).

Динамические модели, широко применяемые при геометризации, могут быть детерминированными и вероятностными.

Простейшим примером динамической детерминированной модели может служить синусоида $y = A \sin(x)$, в которой каждому значению аргумента соответствует одно, и только одно, значение функции.

Если к этому уравнению добавить случайную компоненту, то получится динамическая вероятностная модель, в которой заранее нельзя предсказать, какое именно значение примет функция при том или ином значении аргумента.

Для изучения динамических рядов используют теорию случайных функций, полиномиальные модели, анализ Фурье.

Применение компьютера при моделировании месторождений позволяет автоматизировать решение таких горно-геометрических задач, как выявление статистических закономерностей размещения и связей между показателями, подсчет запасов полезного ископаемого с разбивкой по сортам и категориям, учет добычи, потерь, разубоживания, планирование горных работ в режиме усреднения, построение горно-геометрических графиков размещения различных показателей месторождения, а также определение объемов складов и отвалов по данным маркшейдерской съемки и т. п.

При решении этих задач на компьютере возникает проблема математического отображения в памяти машины геометрических параметров месторождения, размещения качественных характеристик, их математического моделирования.

Выделяют два способа представления информации в памяти компьютера — *матричный* и *аналитический*.

Первый способ характеризуется тем, что информация о геометрических и качественных характеристиках записывается в виде матрицы цифр и определенным образом располагается в памяти машины. Такие математические модели назы-

вают дискретными или цифровыми. Во втором способе геометрические и качественные характеристики задают в форме непрерывных функций. Формой хранения информации является аналитическая модель (рис. 1.4):

$$z_1 = f_1(x, y); z_2 = f_2(x, y) \text{ и } z_3 = f_3(x, y).$$

Размещения многих геологических параметров настолько сложны, что в ряде случаев невозможно или весьма трудно представить их с помощью математических непрерывных функций. К тому же многие геологические зависимости касаются качественных характеристик (например, тип или сорт пород), которые легче представить в дискретной форме.

Дискретная форма представления информации заключается в приближенном отображении моделируемой поверхности, используя сетку прямоугольных ячеек (см. рис. 1.3, б). Так, двумерная модель, изображенная на рис. 1.3, б, содержит информацию как о поверхности (высота призм), так и о всем теле (расположение призм). Высота призм может характеризовать глубину, мощность, содержание компонента, плотность слоев, размер кондиционных интервалов и т. п. Систематизированная таким образом цифровая последовательность чисел (матрица) представляет собой эффективное средство накопления, хранения и представления геологической информации, т. е. цифровую модель месторождения (рис. 1.5).

Цифровые модели обладают широкими возможностями описания качественных и количественных характеристик, имеющих дискретный характер (геологические нарушения, тип, сорт, содержание компонентов и т. п.).

Созданная однажды модель может быть использована при решении различных задач в любое время. Исходной информацией для построения модели являются данные геологоразведочных работ, опробования и маркшейдерских съемок.

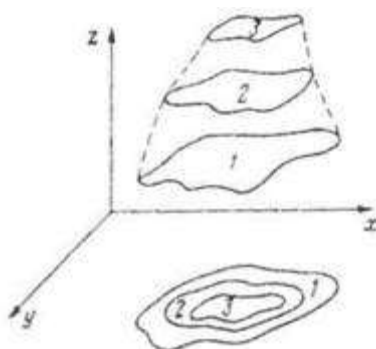


Рис. 1.4 - Графическая модель параметра залежи: 1,2,3 –графическое выражение функций

В настоящее время разработана система хранения и восстановления геологической информации, а также способов ее картирования – построения планов, разрезов и т. п. С ее помощью осуществляют подсчет объемов и пересчет запасов.

В модели проводят аппроксимацию поверхностей раздела тренд-поверхностями в виде общей поверхности второго порядка, полученной с использованием метода наименьших квадратов.

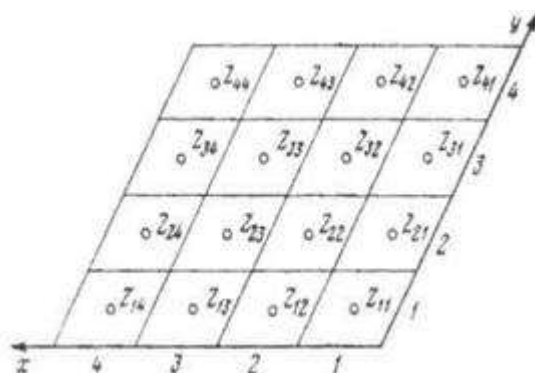


Рисунок 1.5. Цифровая модель месторождения

Построение модели месторождения начинают с выбора условной прямоугольной системы координат так, чтобы месторождение в целом или подсчетный блок располагались в первом октанте $x > 0$; $y > 0$; $z > 0$. Начало отсчета системы располагают за пределами границ подсчетного блока. Всю площадь моделируемого подсчетного блока покрывают прямоугольной сеткой в плоскости xy . Во всех прямоугольниках вычисляют среднее значение параметра S , которое относят к центру и считают постоянным в границах прямоугольника. Значение параметра в элементарном прямоугольнике принимают известным, если в контуре площадки уже имеются исходные значения параметра. Если определить его невозможно, пользуются методом интерполяции между точками с известными значениями, расположенными не дальше радиуса корреляции R . Причем, если число точек в пределах радиуса корреляции меньше минимального числа точек для интерполирования, то значение в рассматриваемой точке остается неопределенным, т.е. данных недостаточно. Если точек достаточно, то значения параметра определяют методом, соответствующим заданному номеру модификации интерполяции — линейной, оптимальной и пр.

Построение горно-геометрических графиков является весьма ответственным и трудоемким процессом. Помимо наглядности, от графика требуется определенная точность, достигаемая большими затратами ручного труда. Развитие компьютерной технологии позволило автоматизировать эту трудоемкую процедуру.

2. Количественная оценка изменчивости параметров залежи.

Изменчивость показателей месторождения

Если на участке какого-либо месторождения из одной и той же породы

отобрали ряд проб и провели их лабораторные испытания, то в результате опробования например, на содержание полезного компонента мы получили некоторые значения этого показателя, причем полученные значения не будут одинаковыми.

Изменчивость – различия в значениях показателя в соседних точках его замера.

При опробовании месторождения фиксируется максимальная необходимая изменчивость.

Наблюдаемая изменчивость зависит от: 1) природных факторов 2) методических факторов и технологических погрешностей замера

Наблюдается изменчивость и ее составляющая: 1) закономерная 2) случайная

Закономерная составляющая характеризует выявленные при разведке изменения значений размещения показателей, т.е. значения показателей могут или увеличиваться или уменьшаться.

Случайная составляющая характеризует так называемый «природный шум» - невыеявление при разведке закономерностей размещения.

На каждом этапе развития закономерная и случайная составляющая наблюдаемой изменчивости находится в определенном соотношении. Соотношения случайной и закономерной составляющих зависят от интервалов разведки. Чем меньше интервал опробования, тем выше доля выявленных закономерностей.

Модели размещения показателей месторождения.

В общем случае модель – это условный образ, какого-либо реально существующего объекта, процесса или явления, используемый в качестве его представителя.

Моделирование – построение и изучение модели. При геометризации МПИ использует следующие виды моделирования: 1) графическое построение графиков, на которых изображаются размещение показателей месторождения 2) объемно макетная – построение пространственных макетов из различных материалов 3) физическая – построение модели из эквивалентных материалов 4) Математическое – построение цифровых, функциональных и других моделей.

Тема 1.4 Дизъюнктивные нарушения (смещения)

Лекция 10. Общие сведения и классификация смещений

Классификация основных процессов химической технологии может быть проведена на основе различных признаков.

В зависимости от Основных законов, определяющих скорость процессов, различают:

1. **Гидромеханические процессы**, скорость которых определяется законами гидродинамики — науки о движении жидкостей и газов. К этим процессам относятся перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов, разделение жидких и газовых неоднородных систем в поле сил тяжести (отстаивание), в поле центробежных сил (центрифугирование), а также под действием разности давлений при движении через пористый слой (фильтрация) и перемешивание жидкостей.

2. **Тепловые процессы**, протекающие со скоростью, определяемой законами теплопередачи — науки о способах распространения тепла. Такими процессами являются нагревание, охлаждение, выпаривание и конденсация паров. К тепловым процессам могут быть отнесены и процессы охлаждения до температур более низких, чем температура окружающей среды (процессы умеренного и глубокого охлаждения). Однако вследствие многих специфических особенностей эти процессы выделены ниже в отдельную группу *холодильных процессов*.

Скорость тепловых процессов в значительной степени зависит от гидродинамических условий (скоростей, режимов течения), при которых осуществляется перенос тепла между обменивающимися телами.

3. **Массообменные (диффузионные) процессы**, характеризующиеся переносом одного или нескольких компонентов исходной смеси из одной фазы в другую через поверхность раздела фаз. Наиболее медленной и по этому обычно лимитирующей стадией массообменных процессов является молекулярная диффузия распределяемого вещества. К этой группе процессов, описываемых законами массопередачи, относятся абсорбция, перегонка (ректификация), экстракция из растворов, растворение и экстракция из пористых твердых тел, кристаллизация, адсорбция и сушка.

Протекание процессов массообмена тесно связано с гидродинамическими условиями в фазах и на границе их раздела и часто — с сопутствующими массообмену процессами переноса тепла (теплообмена).

4. **Химические (реакционные) процессы**, которые протекают со скоростью, определяемой законами химической кинетики. Однако химическим реакциям

обычно сопутствует перенос массы и энергии, и соответственно скорость химических процессов (особенно промышленных) зависит также от гидродинамических условий. Вследствие этого скорость реакций подчиняется законам макрокинетики и определяется наиболее медленным из последовательно протекающих процессов химического взаимодействия и диффузии.

5. Механические процессы, описываемые законами механики твердых тел. Эти процессы применяются в основном для подготовки исходных твердых материалов и обработки конечных твердых продуктов, а также для транспортирования кусковых и сыпучих материалов. К механическим процессам относятся измельчение, транспортирование, сортировка (классификация) и смешение твердых веществ.

Особую группу механических процессов составляют процессы переработки химических продуктов в изделия – прессование, литье, экструзия и др. Эти процессы и машины для их проведения специфичны для производств синтетических материалов и рассматриваются в специальных курсах.

По способу организации основные процессы химической технологии делятся на периодические и непрерывные.

Периодические процессы проводятся в аппаратах, в которые через определенные промежутки времени загружаются исходные материалы; после их обработки из этих аппаратов выгружаются конечные продукты. По окончании разгрузки аппарата и его повторной загрузки процесс повторяется снова. Таким образом, периодический процесс характеризуется тем, что все его стадии протекают в одном месте (в одном аппарате), но в разное время.

Непрерывные процессы осуществляются в проточных аппаратах. Поступление исходных материалов в аппарат и выгрузка конечных продуктов производятся одновременно и непрерывно. Следовательно, непрерывный процесс характеризуется тем, что *все его стадии протекают одновременно, но разобщены в пространстве*, т.е. осуществляется в различных частях одного аппарата или же в различных аппаратах, составляющих данную установку.

Известны также **комбинированные процессы**. К ним относятся непрерывные процессы, отдельные стадии которых проводятся периодически, либо периодические процессы, одна или несколько стадий, которых протекают непрерывно.

Основные преимущества непрерывных процессов по сравнению с периодическими следующие:

1) нет перерывов в выпуске конечных продуктов, т.е. отсутствуют затраты времени на загрузку аппаратуры исходными материалами и выгрузку из нее продукции;

- 2) более легкое автоматическое регулирование и возможность более полной механизации;
- 3) устойчивость режимов проведения и соответственно большая стабильность качества получаемых продуктов;
- 4) большая компактность оборудования, что сокращает капитальные затраты и эксплуатационные расходы (на ремонты и пр.);
- 5) более полное использование подводимого (или отводимого) тепла при отсутствии перерывов в работе аппаратов; возможность использования (рекуперации) отходящего тепла.

Непрерывные процессы отличаются от периодических по распределению времени пребывания частиц среды в аппарате. В периодически действующем аппарате все частицы среды находятся одинаковое время, в то время как в непрерывно действующем аппарате времена пребывания их могут значительно различаться. По распределению времен пребывания различают две теоретические (предельные) модели аппаратов непрерывного действия: идеального вытеснения и идеального смешения.

В аппаратах идеального вытеснения все частицы движутся в заданном направлении; не перемешиваясь с движущимися впереди и сзади частицами и полностью вытесняя находящиеся впереди частицы потока. Все частицы равномерно распределены по площади поперечного сечения такого аппарата и действуют при движении подобно твердому поршню. Время пребывания всех частиц в аппарате идеального вытеснения одинаково.

В аппаратах идеального смешения поступающие частицы сразу же полностью перемешиваются с находящимися там частицами, т.е. равномерно распределяются в объеме аппарата. В результате во всех точках объема мгновенно выравниваются значения параметров, характеризующих процесс. Время пребывания частиц в аппарате идеального смешения неодинаково.

Реальные непрерывно действующие аппараты представляют собой **аппараты промежуточного типа**. В них время пребывания частиц распределяется несколько более равномерно, чем в аппаратах идеального смешения, но никогда не выравнивается, как в аппаратах идеального вытеснения. Более подробно вопросы структуры потоков в аппаратах и их влияния на протекание процессов рассмотрены в дальнейшем.

Процессы могут быть также классифицированы в зависимости от изменения их параметров (скоростей, температур, концентраций и др.) во времени. По этому признаку процессы делятся на **установившиеся (стационарные) и не установившиеся (нестационарные, или переходные)**.

В установившихся процессах значения каждого из параметров, характеризующих процесс, постоянны во времени, а в неуставившихся – переменны, т.е. являются функциями не только положения каждой точки в пространстве, но и времени. Анализ характеристик неуставившихся процессов представляет наибольший интерес для целей автоматического регулирования. В химической технологии неуставившимися являются менее распространенные периодические процессы. Для непрерывных процессов изменение параметров во времени должно учитываться при изменении режима работы и в период пуска установок, однако этот период является кратковременным, и в расчете им пренебрегают.

Лекция 11. Геометризация форм смещения и их анализ

1. Принцип геометризации окружающего пространства

Одним из основных принципов теории развития геодезии является геометризация окружающего пространства и его объектов. **Освоение человеком этого пространства проходило посредством его геометризации, т.е. измерений.** Понятие и термин геометризация производно от геометрии – землемерия. О значении геометрии в науке, хозяйстве, мышлении высказывались многие великие мыслители (Аристотель, Декарт, Галилей, Ньютон, Кеплер, Красовский, Гельмерт, Энштейн, Молоденский и др.). Древних людей восхищало и удивляло совершенство геометрических форм в живой и неживой природе. Это дошло до нас в фрагментах их произведений.

В научном познании мира были эпохи, когда геометрическая «составляющая» имела решающее значение, достигала наивысших пределов. Такой геометрической эпохой был период в Древней Греции (с бв.до н.э. по 1в. н.э.), когда в математике, научном познании, философии и повседневной жизни «геометрическое» составляло главное направление развития. Поэтому древних греков называли геометрами. Геометрической символикой была наполнена жизнь. Их мифы, легенды часто связаны с геометрией, с геометрическими фигурами. Красоту архитектурных форм характеризовали совершенством их геометрии, геометрических пропорций. У римлян кривые линии олицетворяли неопределенность и слабость. Пифагорийцы утверждали, что ... «треугольник есть первоисточник рождения и сотворения вещей происходящих»; что квадрат в большей степени, чем другая четырехсторонняя фигура несет в себе образ божественной природы и символизирует высокие достоинства, «ибо прямизна углов передает целостность, а качество сторон – способность устоять перед силой». (Взято из книги Д. Пидоу «Геометрия и искусство», М.: Мир, 1979).

Геометрическим знаком (символом) древнего мира можно считать прямую линию и прямой угол. Они составляют критерий геометризации той эпохи.

В отличие от прошлого, новая эпоха стала физико-геометрической, технической. Но при этом значимость геометрической составляющей не уменьшилась. Это подтверждается высказываниями известных ученых Нового времени.

Кеплер: «Вся природа и изящные небеса символически отражают искусство геометрии».

Макс Бор отмечал ... «согласованность общих законов физики и геометрии».

Энштейн писал, что «все научное мышление геометрично», и «Поведение реальных вещей может быть описано геометрией вместе с совокупностью физических законов» (Мынжасаров А.Ж. Роль геометрического образа в физическом познании.- Алма-Ата, 1976).

Возрождение наук и искусств в Европе произошло в XVI в. и особенно в XVII и XVIII в.в.

2. Координатизация пространства

Координатизация окружающего пространства является также одной из главных задач геодезии.

Под координатизацией пространства понимается формирование системы координат и распространение ее на пространство обитания человека (ойкумену). По ходу истории она эволюционизировалась.

Для выбора системы координат обязательными условиями были естественность, простота и связь с существующими измерительными средствами и методами измерений, а также социально-экономическими потребностями. Она (КП) зависит от геодезической обеспеченности, потребности в геодезическом обеспечении государства, необходимости в системном представлении окружающего людей ближнего (обжитого) и дальнего (достижимого, видимого или мыслимого) пространства и его моделирования, от запросов научно-технических исследований по освоению окружающего пространства, а также от решаемых главных задач геодезии.

Задача координатизации пространства реализуется с помощью методов и средств, соответствующих каждой исторической эпохе и состоит из двух подзадач: 1) выбор системы координат и 2) распространение системы координат на окружающее пространство (ойкумену). Выбор системы координат в ранней истории и в античное время был обусловлен условиями естественности системы координат, соответствующих уровню технического и научного развития. Этим условиям отвечали две системы координат: сферическая в астрономии и прямоугольная в землемерии.

Сферическая система координат в астрономии отвечала требованиям естественности и очевидности при ее выборе: в ней в качестве координатной сферы принималась небесная, ее центр совмещался с наблюдателем; естественным был выбор и оси мира, и отсчетной горизонтальной плоскости.

Выбор наземной прямоугольной системы координат также был естественным, логичным и очевидным. Для этого нужно было только умение строить на местности прямую линию и прямой угол. Такими знаниями и умением обладали все древние цивилизации со времени их формирования. Об этом свидетельствуют древние мерные устройства и методы построения на местности прямой линии и прямого угла, которые использовались в геодезии с незапамятных времен и почти до середины 20в. (египетский крест, греческая звезда, римская грома, диоптра, экер).

В древней Греции и особенно в Римской империи произошел прогресс в области применения системы координат. Были введены понятия географических линий – параллелей и меридианов (Дикеарх, Эратостен, Гиппарх). При этом система параллелей и меридианов представляла собой сетку квадратов и использовалась как прямоугольная система координат для нанесения на карту объектов. Египтяне такую сетку квадратов применяли для нанесения рисунков на стены усыпальницы.

Фактически прямоугольная система координат появилась в глубокой древности, а не в 17в. как принято считать, т.е. со времени зарождения цивилизаций и «практической геометрии». В истории математики и геометрии факты создания прямоугольной системы координат соотносят с именами Аполлония Пергского (3-2в.в. до н.э.), Орезма, Архимеда (3в.до н.э.), Ферма и, в основном, с именем французского математика Декарта (1596- 1650), усовершенствовавшего эту систему до пространственной, поэтому появление этой системы и относят к 17в. (Декартова система координат плоская и пространственная).

Наиболее ярко координатизация пространства проявилась в древнее время в земледелии. Особенно наглядно это видно на римском кадастре, в котором межевые линии, а вместе с ними и дороги были ориентированы по меридианам и параллелям.

Межевание (центуриация) в Древнем Риме новых земель начиналась с установки столба (гномона или грома) на центральной главной точке поля и рассечение его двумя главными перпендикулярными линиями – осями: с востока на запад (декуманус максимум) и с юга на север (кардо максимум). По главным линиям, служившим своего рода координатными осями, откладывались отрезки заданной длины (по 20 актусов, 1 актус равен 35,48м), из концов которых проводились межевые линии, параллельные главным линиям, а по ним дороги. Таким

образом, общее поле с земельными участками представляло собой большую шахматную доску с системой главных и второстепенных дорог, расположенных по меридианам и параллелям. На всех пересечениях дорог закладывались межевые знаки (центурийные камни) с нанесенными на них аббревиатурами ДМ и КМ. В центре каждой центурии имелись центурийные камни с координатной нумерацией.

Разделенная на квадраты и прямоугольники земля наносилась землемерами на план или карту, которые изготавливались на меди, камне или воске. Каждый рубеж центурийного поля являлся общественной дорогой.

Можно считать, что система нумерации земельных участков отражала наличие четкой системы прямоугольных координат, каждый элемент которой имел две координаты, точно определявшие местоположение участка поля, дороги, улицы относительно центра. Частные системы объединялись в общую прямоугольную систему координат с общим центром. Центр системы координат чаще всего совпадал с городом, игравшим роль государственного, политического, хозяйственного, культурного или религиозного центра. Размер координатизируемого пространства определялся площадью и размерами государства, не выходя за его пределы. Такие центры греки называли центрами ойкумены. В Греции это был Дельфы, в Китае – Као-ченг, в Древнем Риме – Рим, в Месопотамии – Вавилон. В I в. до н.э. римским императором Августом был установлен «золотой миллионарий», определявший центр Римской империи, а по существу – координатный центр.

Можно сделать вывод, что координатизация пространства в древнее время осуществлялась путем вещественного построения прямоугольной системы координат в процессе межевания земель и использования линейно – прямоугольной технологии измерений с относительной погрешностью 10^{-2} - 10^{-4} . В качестве меры измерений длин служили части человеческого тела или длительность природных явлений (например, стадия равнялась расстоянию, проходимому человеком за время восхода солнца).

Начиная с 17 в. в координатизации пространства произошли коренные изменения. Размеры координатизируемого пространства увеличились до планетарного – всей Земли. Основным методом координатизации стало развитие **геодезических сетей**, основной технологией – **линейно-угловая**, основной системой координат – **криволинейная**, геодезическая, а координатной поверхностью и моделью – **земной эллипсоид**. Нормальная мера длины выведена из размеров Земли. Точность измерений возросла на два порядка, до 10^{-4} - 10^{-6} . Размерность используемой системы координат увеличилась до трехмерной.

В XX в. размер координатируемого пространства сместился за пределы Земли в ближний космос. Сформировались электронные и космические методы измерений и обработки их результатов. Осуществился переход к единой планетарной геоцентрической системе геодезических координат (ПлГСГК). Используемые системы координат теперь уже имеют не только континентальное, но и космическое применение. ПлГСГК закреплена сетью астрономо-геодезических обсерваторий, положение которых определяется с точностью $0,2 \cdot 10^{-8}$, а отклонение отвесных линий и азимуты – до 0,01 сек., т.е. точность измерений определяется диапазоном 10^{-6} - 10^{-8} . Системы координат стали 4-х мерными. Координаты определяются на какую-либо эпоху и прилагаются к динамическим системам.

Таким образом, подтверждается, что координатизация окружающего пространства является одной из главных задач геодезии.

3. Эволюция точности измерений

Точность характеризуется глубиной деления отрезка на сколь угодно малые части. Но пока еще в природе не найдены простейшие, далее неделимые метрические элементы длины и времени.

По точности все геодезические измерения в древнем мире можно разделить на три уровня: 1) низший – от 1:100 до 1:400; 2) средний – 1:500 – 1:1000; 3) высший – 1:1000 – 1:10000 и выше. При этом точность системы единиц измерений должна была обеспечивать точность геодезических измерений в межевании и строительстве. Если в межевании не требовалось высокой точности (она была не точнее 1:500), то в строительстве сооружений требовалась точность до 1:10 000 и выше.

В целом, на первом этапе развития общества точность геодезических измерений как технологическая, так и приборная находились в диапазоне 1:100 – 1:10000, т.к. мерами служили осредненные части человеческого тела.

Для определения точности измерений в тот период были проведены повторные измерения в начале 20 в, по результатам которых определено, что египтяне с помощью простейших устройств и веревки могли строить на местности линии значительной длины – до 15 км с достаточно высокой точностью и аккуратностью (Монтегю, 1909). Коуль определил точность измерений того времени в ориентации пирамиды с помощью мечет, равную $3'06''$, а отклонения от горизонта в основании пирамиды составляет: с востока на запад 6 мм, а с севера на юг 14 мм, что дает уклон 1:38000 и 1: 16500. Повторные обмеры пирамиды Хеопса (в Гизе) показали, что точность линейных измерений характеризовалась ошибкой 1:3000, угловых – $3'-4'$, а разности высот углов основания пирамиды

1,25см. Такая точность свидетельствует о хорошо отработанной технологии измерения длин линий, высот, прямых углов и ориентации. Просмоленной веревкой можно было измерить расстояние в один пролет (одну длину веревки) с точностью от 1:10000 до 1:30000. При измерениях расстояний без особой тщательности обеспечивалась точность не выше 1:1000, а в среднем от 1:500 до 1:1000.

В период Нового времени в геодезии были использованы фундаментальные открытия: изобретена зрительная труба, разработаны теория таблиц логарифмов, теория ошибок и способ наименьших квадратов, тригонометрическое нивелирование, а также были достигнуты большие успехи в геодезическом приборостроении. Благодаря этому точность измерений в целом повысилась на два порядка, с 1:10 000 до 1:1 000 000. При этом, измерения низкой, средней и высокой точности получили соответственно значения: 1:100 – 1:1000; 1:1000 – 1:10 000; 1:10 000 – 1:1 000 000 (не более). На начальном этапе перехода к новому периоду, в конце 18в., была введена новая система мер с более высокой точностью определения единиц измерения. Длина метра, полученная из градусных измерений, была известна с точностью 1: 10 000.

Через 100 лет точность линейных измерений повысилась на порядок. Интересно отметить, что за 190 лет, с 1791 по 1983г.г., определение метра изменялось 9 раз, в зависимости от прогресса в науке, технике и в измерительных системах. Последнее определение метра, утвержденное в 1983г. на Генеральной конференции мер и весов в Париже, получено за счет совершенствования лазерных средств измерения расстояний и появления атомной шкалы времени. За **1метр** принято расстояние, которое проходит свет в вакууме (пустоте) за $1/299792458$ долю секунды, приблизительно равно $0,3 \cdot 10^{-8}$. За единицу времени была принята секунда, равная $1:86400$ доле периода вращения Земли вокруг своей оси. Атомные часы позволяют определить время с ошибкой 1–2 тысячных доли секунды за столетие. Производные доли метра: 1мм = 0,001м - одна тысячная доля метра; 1мк (микрометр) = $1 \cdot 10^{-6}$ м - одна миллионная доля метра; 1нм (нанометр) = $1 \cdot 10^{-9}$ м – одна миллиардная доля метра или одна тысячная доля миллиметра; укрупненной единицей служит километр: 1км = 1000м. Единицей объема жидкости был принят литр, равный кубическому дециметру - кубу со стороной 10см.

В настоящее время для решения научных и хозяйственных задач необходима точность $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-8}$ и выше. Новый уровень точности определения метра позволяет достигать точности в лабораторных условиях 1нм, в космическом пространстве – $1 \cdot 10^{-14}$ и времени – $1 \cdot 10^{-12}$ с. Однако, в геодезической измерительной технике пока достигнута точность $1 \cdot 10^{-7}$. Экваториальный радиус Зем-

ли (на 1993г.) известен с точностью 0,5м. Таким образом, точность определения размера Земли достигла уровня $1 \cdot 10^{-7}$, тогда как 70 лет назад уровень точности был $1 \cdot 10^{-5}$, а на начало 18в. — $1 \cdot 10^{-4}$.

Тема 1.5 Геометризация сложных форм залегания

Лекция 12. Общие сведения и основы метода изолиний

Подсчет запасов методом изолиний заключается в следующем. На плане или, в некоторых случаях, на разрезе, проведенном в плоскости рудной залежи, строятся изолинии равных мощностей m , изолинии равных произведений мощности на объемный вес md , изолинии равных произведений мощности на содержание mc или изолинии равных произведений mdc . Далее измеряются площади, ограниченные этими изолиниями, по которым и вычисляется запас, выраженный в объеме и в весе руды или в весе заключенного в ней компонента.

Способ построения системы изолиний поясняется следующим примером.

Предположим, что надо провести изолинии равных мощностей t на плане рудной залежи через 1 м, т. е. соединить изолиниями точки, где рудная залежь имеет мощность 1, 2 м и т. д.

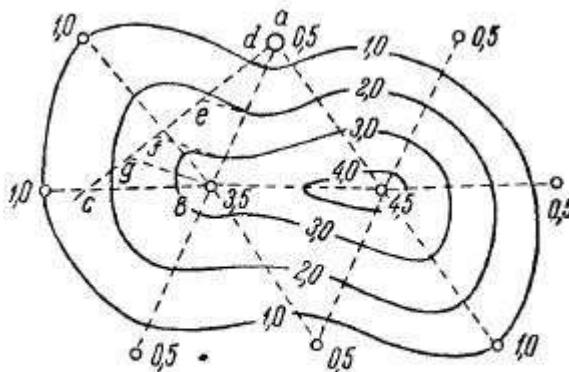


Рис. 222. Проведение изолиний

Изолинии проводятся путем интерполяции между выработками, причем допускается, что мощность и другие свойства залежи от одной выработки к другой изменяются совершенно постепенно и пропорционально расстоянию. Например (рис. 222), мощность залежи m_1 в первой выработке а равна 0,5 м, а мощность m_2 в выработке b равна 3,5 м; следовательно, между ними должны пройти изолинии 1, 2 и 3 м. Обозначив расстояние ab через L , имеем разницу в мощности $m_1 - m_2 = 3,5 - 0,5 = 3$ м, соответствующую расстоянию L . Изменению мощности на 1 м, таким образом, будет соответствовать расстояние и на $0,5 - 1/6$ всего расстояния L между выработками а и b.

Отложив от а к в расстояние L , затем L и снова $-L$, получим точки, через которые должны проходить изолинии 1 м, 2 м и 3 м.

Интерполяцию можно производить и графическим способом. Для этого из точки а под любым острым углом к ab проводится линия ac и на ней от точки а в произвольном масштабе откладываются последовательно отрезки, длина которых в соответствующем подходящем масштабе пропорциональна 0,5 м (точка d), 1 м (точка е), 1 м (точка f) и 0,5 м (точка g). Точку g соединяют с точкой b и через d, е, f проводят линии, параллельные gb . В точках пересечения этих линий с ab и будут проходить искомые изолинии 1 м, 2 м и 3 м.

Однако вместо такого построения лучше пользоваться трафаретом (шаблоном), описанным ниже.

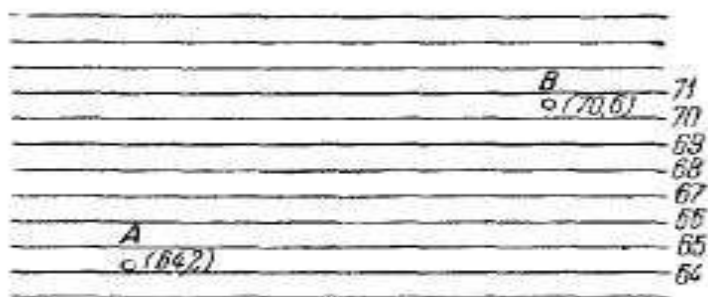


Рис. 223. Шаблон для проведения изолиний

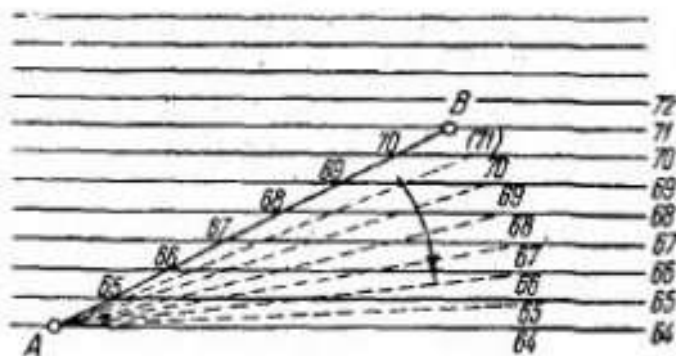


Рис. 224. Проведение изолиний с помощью шаблона

Допустим, что на плане даны две точки А и В, отметки которых соответственно равны 64 и 71 (рис. 223). Если сечения между изолиниями приняты равными единице, то между этими двумя точками должны пройти шесть изолиний, и отрезок прямой АВ должен быть разделен на семь равных частей.

Деление удобнее всего произвести следующим образом. Из кальки делается трафарет (рис. 224), представляющий собой систему параллельных линий, про-

веденных через одинаковые интервалы, например через 2 мм. Трафарет накладывается на чертеж таким образом, чтобы одна из крайних его линий совпадала с прямой АВ, и затем прикалывают его иголкой к чертежу в точке А. Крайней линии шаблона придают отметку точки А, равную 64, и начинают вращать его, вокруг иглы, последовательно отсчитывая совпадения линий трафарета со второй точкой В: 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71. Когда линия трафарета совпадет с точкой В, отметка которой также равна 71, шаблон перестают вращать и накалывают точки пересечения прямой АВ с линиями шаблона.

Через найденные таким образом точки пройдут соответствующие изолинии. В том случае, когда отметки конечных точек не кратны принятому сечению изолиний, поступают точно таким же образом, но совмещают с конечными точками (А и В), не линии трафарета, а соответствующие промежутки между ними.

После того как найдены точки, через которые должны пройти соответствующие изолинии, проводятся плавные кривые равных мощностей (изомощности).

При построении изолиний необходимо помнить, что интерполяция допускается только между теми точками, которые находятся на одной и той же стороне скала условной топографической поверхности. Это значит, что между точками (выработками) А и В, в промежутке между которыми проводятся изолинии, происходит либо уменьшение, либо увеличение отметок (мощности, содержания или их произведения).

Но нельзя проводить изолинии обычным способом интерполяции между точками А и В, если есть основания предполагать, что в промежутке между этими точками происходит, например, сперва увеличение, а затем уменьшение отметок или наоборот. В случае возможности такого предположения следует сделать вывод, что месторождение недоразведано и построение изолиний с целью подсчета запасов не обеспечено необходимым количеством выработок. Тогда необходимо пройти дополнительные выработки между выработками Л и В, чтобы обеспечить построение изолиний между точками, находящимися на одной и той же стороне склона условной топографической поверхности, изображаемой изолиниями.

На рис. 225 представлены схематический план и разрез рудной залежи. Изолинии равных мощностей проведены на плане через 1 м. Объем залежи в пределах контура, ограниченного изолинией с нулевой мощностью, определяется несколькими способами, описываемыми ниже.

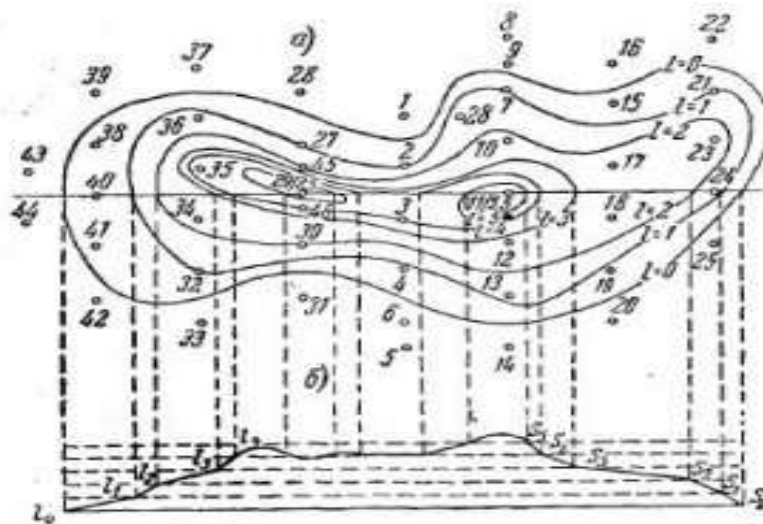


Рис. 225. Подсчет запасов методом изолиний
а — план части тела полезного ископаемого в изолиниях
мощности; б — разрез тела полезного ископаемого по раз-
вельной линии

Объем рудной залежи, представленной на плане или разрезе в изолиниях равных мощностей, можно вычислить по формуле Симпсона, по формуле усеченного конуса и по формуле трапеций.

Формула Симпсона:

$$V = \frac{l}{3} \left[(S_0 + S_n) + 4(S_1 + S_3 + S_5 + \dots) + 2(S_2 + S_4 + \dots) \right],$$

где V — объем рудного тела в пределах площади, оконтуренной на плане изолинией с нулевой мощностью;

S_0 — площадь, ограниченная изолинией с нулевой мощностью, т. е. вся площадь внутри этой изолинии;

$S_1, S_2 \dots S_n$ — площади, ограниченные соответствующим изолиниями равных мощностей с $l = 1; l = 2; l = 3$ м и т. д.

Формула усеченного конуса:

$$V = \frac{l}{3} (S_0 + S_1 + \sqrt{S_0 S_1}),$$

где l — высота конуса;

S и S_1 — площади его нижнего и верхнего оснований.

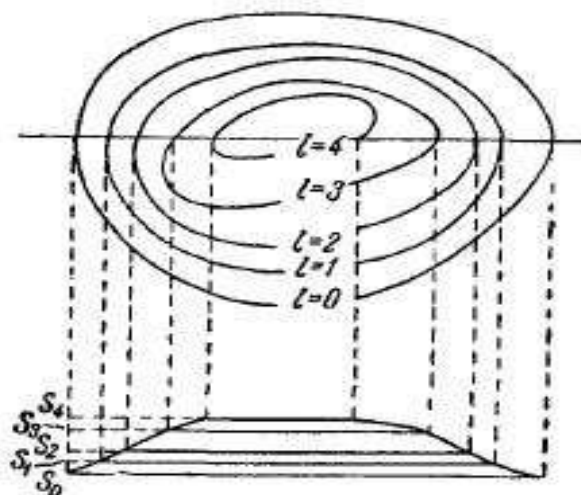


Рис. 226. План залежи в изо-
линиях и разрез

Объем рудной залежи, представленной на рис. 226, можно вычислить двумя способами: 1) как сумму отдельных усеченных конусов с площадями нижних и верхних оснований S_0 и S_1 ; S_1 и S_2 и т. д. и равными высотами l ; 2) как один усеченный конус с высотой l , площадью нижнего основания S_0 и площадью верхнего основания S_4 . Первый способ точнее второго.

По форме трапеций объем отдельных частей рудной залежи вычисляется как сумма объемов, заключенных между двумя смежными изолиниями:

$$V = \frac{S_0 + S_1}{2} l + \frac{S_1 + S_2}{2} l + \\ + \dots + \frac{S_{n-1} + S_n}{2} l.$$

Обозначения — те же, что приведены выше.

Формулами Симпсона и усеченного конуса в практике подсчета запасов пользуются очень редко, так как расхождения в результате подсчета по двум из этих формул и по формуле трапеций обычно бывают незначительными, между тем расчетные операции в последнем случае проще.

При подсчете объема рудной залежи по формуле трапеций принимается следующая последовательность вычислений.

1. Определяется площадь горизонтальных плоскостей, ограниченных изолиниями l_0, l_1, l_2, l_3, l_4 и т. д.
2. Вычисляются объемы отдельных участков рудного тела, ограниченных двумя смежными изолиниями.

Объем, заключенный между площадями S_0 и S_1 , определяется по формуле:

$$V = \frac{S_0 + S_1}{2} l.$$

По этой же формуле вычисляется объем, заключенный между горизонтальными сечениями S_1 и S_2 ; S_2 и S_3 ; S_3 и S_4 и т. д.

Кроме того, необходимо дополнительно учесть возможные отрицательные и положительные участки рельефа внутри основных изолиний. Объем этих участков определяется по формуле конуса.

Алгебраическая сумма всех вычисленных объемов даст общий объем залежи.

Суммарный объем рудной залежи можно также определить по формуле:

$$V = l \left(\frac{1}{2} S_0 + S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} + \frac{1}{2} S_n \right) \pm \frac{1}{3} \sum S_k h_k,$$

где $\pm 1/3 \sum S_k h_k$ — алгебраическая сумма объемов отрицательных и положительных участков с высотами A .

Очевидно, если объемный вес руды одинаков для всей залежи, то вес последней определится из равенства:

$$Q = VD.$$

Вычисление запаса руды при непостоянном объемном весе, как уже отмечалось выше, ведется по изолиниям равных произведений ld . Метод построения изолиний ld — тот же, что и изолиний l .

В результате вычисления площадей, ограниченных соответствующими изолиниями, и последующих вычислений, совершенно аналогичных изложенным выше, получаем запас руды. Допустив, что вместо изолинии l проведены изолинии ld , мы определим запас руды по уже известной общей формуле:

$$Q = ld \left(\frac{1}{2} S_0 + S_1 + \dots + S_{n-1} + \frac{1}{2} S_n \right) \pm \frac{1}{3} \sum S_k h_k.$$

Аналогично определяется и запас компонента при различном содержании его по выработкам. Пользуясь при этом изолиниями равных произведений ldc , определяют также сначала площади S_0 и S_1 и т. д., после чего вычисляют:

$$P = ldc \left(\frac{1}{2} S_0 + S_1 + \dots + S_{n-1} + \frac{1}{2} S_n \right) \pm \frac{1}{3} \sum S_k h_k dc.$$

Системой изолиний I_c пользуются при постоянном объемном весе руды d и изменяющихся мощностях и содержаниях и для подсчета запасов россыпного золота, содержание которого дается в г/м³.

Определив по изолиниям I_c соответствующие площади, вычисляют запас полезного компонента:

$$P = I_c \left(\frac{1}{2} S_0 + S_1 + \dots + S_{n-1} + \frac{1}{2} S_n \right) \pm \sum S_k h_k c,$$

Уже упоминалось, что подсчет запасов осложняется вычислением площадей и дальнейшими расчетами. Более просто всю эту операцию можно провести с помощью объемной палетки проф. Соболевского, пользование которой поясняет приводимый ниже пример

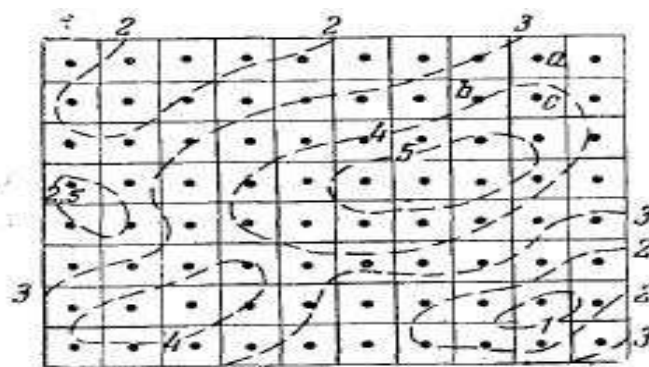


Рис. 227. Объемная палетка проф. Соболевского, наложенная на планшет

На планшете (рис. 227) проведены изолинии равных вертикальных запасов золота в россыпи I_c (г). Масштаб планшета 1 : 1000, размеры квадратов палетки 1x1 см; следовательно, площадь каждого квадрата в данном масштабе составляет 100 м². Сумма отметок точек a , b и c равна 11,8 г, так как точка a , расположенная посередине между изолиниями 3 и 4, имеет отметку 3,5, точка b —4,0 и точка c —4,3.

Запас металла в пределах этих трех квадратов палетки будет равен:

$$11,8 \times 100 = 1180 \text{ г.}$$

Запас металла P на всей площади планшета:

$$P = E I_c \times 100 \text{ [г].}$$

где I_c — значение отметок квадратов палетки.

Таким образом, подсчет запасов с помощью палетки сводится к следующему.

В соответствии с квадратами палетки рудное тело разбивают на элементарные столбики с равными квадратными основаниями. Каждый столбик имеет криволинейную поверхность у висячего и лежащего боков, но так как площадь столбика относительно мала, то объем его с незначительной ошибкой можно подсчитать как объем призмы с площадью, равной площади элементарного квадрата, и высотой, равной отметке центра квадрата, т. е.

$$V_x = S l_x.$$

Просуммировав отметки всех точек палетки и помножив эту сумму на площадь квадрата палетки, соответствующую действительной площади в натуре, получаем в зависимости от системы изолиний, нанесенной на подсчитываемом чертеже, объем тела и вес ископаемого или компонента. При суммировании учитываются все точки палетки, расположенные внутри подсчитываемого контура, и половина точек, попавших на контур.

Планы или проекции, представленные в изолиниях и положенные в основу подсчета, дают наглядное представление об изменениях мощностей и линейных запасов. Если для собственно подсчета достаточно плана с одной из систем изолиний, то для более четкого представления о месторождении всегда желательно иметь планы с различными системами изолиний, в частности с изолиниями равных содержаний. Следует, однако, помнить, что для правильного отражения изолиниями изменения мощностей и других показателей для данного месторождения необходимо достаточное количество разведочных выработок и более или менее равномерное распределение их на данной площади. Количество выработок должно быть тем больше, чем резче колебания мощностей и содержаний.

Важно учесть и то обстоятельство, что при сильной изменчивости мощности и других показателей рудной залежи возможно получение неоднозначных результатов подсчета в связи с различным, часто субъективным, интерполированием изолиний. Все это, а также трудоемкость графических работ (при наличии в руде нескольких промышленно-ценных компонентов), ограничивает возможность использования метода изолиний для подсчета запасов.

Лекция 13. Построение структурных и качественных графиков и их анализ

Тема 1.6. Подсчет запасов полезного ископаемого.

Лекция № 14. Классификация запасов полезного ископаемого.

I. Общие положения

1. Настоящая Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов

твердых полезных ископаемых (далее - Классификация) разработана в соответствии с Законом Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. N 2395-I "О недрах" (Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации, 1992, N 16, ст. 834; Собрание законодательства Российской Федерации, 1995, Положением о Министерстве природных ресурсов Российской Федерации, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 22 июля 2004 г. N 370 и устанавливает единые для Российской Федерации принципы классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.

2. Запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются по результатам геологоразведочных и эксплуатационных работ, выполненных в процессе их изучения и промышленного освоения.

3. Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых оцениваются по металлогеническим (минерагеническим) зонам, бассейнам, рудным районам, полям, рудопроявлениям, флангам и глубоким горизонтам месторождений твердых полезных ископаемых.

4. Качество полезных ископаемых изучается с учетом необходимости их комплексного использования, технологии переработки на основе определенных в установленном порядке требований к качеству полезных ископаемых и технических условий. При этом определяются содержания основных и попутных ценных, токсичных и вредных компонентов, формы их нахождения и особенности распределения в продуктах обогащения и переработки.

5. Объектом подсчета запасов полезных ископаемых является месторождение (часть месторождения) твердых полезных ископаемых. Объектом оценки прогнозных ресурсов являются металлогенические (минерагенические) зоны, бассейны, рудные районы, поля, рудопроявления, фланги и глубокие горизонты месторождений, оцененные на основании благоприятных геологических предпосылок, обоснованной аналогии с известными месторождениями, по результатам геологосъемочных, геофизических, геохимических, поисковых и оценочных работ.

6. Подсчет и учет запасов по месторождению (или его части), оценка и учет прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых по участку недр производится в единицах массы или объема в целом, в соответствии с экономически обоснованными параметрами кондиций, без учета потерь и разубоживания при добыче, обогащении и переработке полезных ископаемых.

При определении запасов месторождений твердых полезных ископаемых обязательному разделному подсчету и учету подлежат запасы основных и совместно с ними залегающих твердых полезных ископаемых, а также содержащихся в них основных и попутных компонентов (металлов, минералов, химических эле-

ментов и их соединений), целесообразность государственного учета которых определена технико-экономическими обоснованиями кондиций для подсчета запасов.

II. Группы запасов твердых полезных ископаемых по их экономическому значению

7. По экономическому значению запасы твердых полезных ископаемых и содержащихся в них полезных компонентов, подлежащих государственному учету, подразделяются на две основные группы:

- балансовые (экономические)
- забалансовые (потенциально экономические), которые подлежат отдельному подсчету и учету.

К балансовым (экономическим) запасам относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

К забалансовым (потенциально экономическим) относятся:

1) запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически не эффективна (убыточна) в условиях конкурентного рынка из-за низких технико-экономических показателей, но освоение которых становится экономически возможным при изменении цен на полезные ископаемые, появлении оптимальных рынков сбыта или новых технологий;

2) запасы, отвечающие требованиям, предъявляемым к балансовым запасам, но использование которых на момент оценки невозможно в связи с расположением в пределах водоохранных зон, населенных пунктов, сооружений, сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры.

Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в случае, если технико-экономическими расчетами установлена возможность их последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем.

Забалансовые запасы подсчитываются отдельно в зависимости от оснований отнесения к данной группе.

8. Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится на основании технико-экономических обоснований, подтвержденных государственной экспертизой. В рамках оценки должны быть предусмотрены наиболее эффективные способы разработки месторождений и предложены параметры кондиций, обеспечивающие максимально полное и комплексное ис-

пользование запасов с учетом требований законодательства Российской Федерации.

III. Категории запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых по степени геологической изученности

9. Запасы полезных ископаемых по степени геологической изученности подразделяются на категории: А, В, С1, С2.

10. Запасы категории А выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й группы сложности геологического строения и должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1) установлены размеры, форма и условия залегания тел полезного ископаемого, изучены характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения, выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки внутри тел полезного ископаемого, при наличии разрывных нарушений установлены их положение и амплитуда смещения;

2) определены природные разновидности, выделены и оконтурены промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, установлены их состав и свойства; качество выделенных промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого охарактеризовано по всем предусмотренным промышленностью параметрам;

3) изучены распределение и формы нахождения ценных и вредных компонентов в минералах и продуктах переработки и переделов полезного ископаемого;

4) контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по скважинам и горным выработкам по результатам их детального опробования.

11. Запасы категории В выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й и 2-й групп сложности геологического строения и должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1) установлены размеры, основные особенности и изменчивость формы и внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение внутренних безрудных и некондиционных участков; при наличии крупных разрывных нарушений установлены их положение и амплитуды смещения, охарактеризована возможная степень развития малоамплитудных нарушений;

2) определены природные разновидности, выделены и при возможности оконтурены промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; при невозможности оконтуривания установлены закономерности пространственного распределения и количественного соотношения промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого; качество выделенных промыш-

ленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам;

3) определены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов;

4) контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок.

12. Запасы категории С1 составляют основную часть запасов разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп сложности геологического строения, а также могут выделяться на участках детализации месторождений 4-й группы сложности и должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1) выяснены размеры и характерные формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения, оценены изменчивость и возможная прерывистость тел полезного ископаемого, а для пластовых месторождений и месторождений строительного и облицовочного камня также наличие площадей развития малоамплитудных тектонических нарушений;

2) определены природные разновидности и промышленные (технологические) типы полезного ископаемого, установлены общие закономерности их пространственного распространения и количественные соотношения промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого, минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; качество выделенных промышленных (технологических) типов и сортов охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам;

3) контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок, с учетом данных геофизических и геохимических исследований.

13. Запасы категории С2 выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-ой группы сложности геологического строения составляют основную часть запасов вовлекаемых в разработку и должны удовлетворять следующим требованиям:

1) размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок;

2) контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естественных обнажений или по их совокупности, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологических

построений.

14. Запасы комплексных руд и содержащихся в них основных компонентов подсчитываются по одним и тем же категориям. Запасы попутных компонентов, имеющих промышленное значение, подсчитываются в контурах подсчета запасов основных компонентов и оцениваются по категориям в соответствии со степенью их изученности, характером распределения и формами нахождения.

15. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горнокапитальных и горно-подготовительных выработок запасы полезных ископаемых подсчитываются отдельно с подразделением по группам и категориям в соответствии со степенью их геологической изученности.

16. При квалификации запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя должны использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

17. Прогнозные ресурсы участков недр по степени их обоснованности подразделяются на:

прогнозные ресурсы категории Р1;

прогнозные ресурсы категории Р2;

прогнозные ресурсы категории Р3;

18. Прогнозные ресурсы категории Р1 учитывают возможность расширения границ распространения полезного ископаемого за контуры запасов С2 или выявления новых рудных тел полезного ископаемого на рудопроявлениях, разведанных и разведываемых месторождениях. Для количественной оценки ресурсов этой категории используются геологически обоснованные представления о размерах и условиях залегания известных тел. Оценка ресурсов основывается на результатах геологических, геофизических и геохимических исследований участков недр возможного нахождения полезного ископаемого, на материалах структурных и поисковых скважин, а в пределах месторождений - на геологической экстраполяции структурных, литологических, стратиграфических и других особенностей, установленных на более изученной их части, ограничивающих площади и глубину распространения полезного ископаемого, представляющего промышленный интерес.

19. Прогнозные ресурсы категории Р2 учитывают возможность обнаружения в бассейне, рудном районе, узле, поле новых месторождений полезных ископаемых, предполагаемое наличие которых основывается на положительной оценке выявленных при крупномасштабной (в отдельных случаях среднемасштабной) геологической съемке и поисковых работах проявлений полезного ископаемого, а также геофизических и геохимических аномалий, природа и возможная пер-

спективность которых установлены единичными выработками. Количественная оценка ресурсов, представления о размерах предполагаемых месторождений, минеральном составе и качестве руд основано на комплексе прямых и косвенных признаков рудоносности, на материалах отдельных рудных пересечений, а также по аналогии с известными месторождениями того же формационного (геолого-промышленного) типа. Прогнозные ресурсы выявляются при крупномасштабной геологической съемке, поисках и (частично) при геологических съемках с комплексом прогнозно-поисковых работ, геолого-минерагеническом картировании масштаба 1:200 000. Прогнозные ресурсы в количественном выражении с привязкой к локальным площадям служат основой для постановки детальных поисковых работ.

20. Прогнозные ресурсы категории РЗ учитывают лишь потенциальную возможность открытия месторождений того или иного вида полезного ископаемого на основании благоприятных геологических и палеогеографических предпосылок, выявленных в оцениваемом районе при средне-мелкомасштабных геолого-геофизических и геологосъемочных работах, дешифрировании космических снимков, а также при анализе результатов геофизических и геохимических исследований. Прогнозные ресурсы категории РЗ оцениваются при геологосъемочных работах масштаба 1:200000 с комплексом прогнозно-поисковых работ, геолого-минерагеническом картировании масштабов 1:200 000 и 1:500 000, а также по итогам геологического картографирования масштаба 1:1000 000. Их количественная оценка проводится без привязки к конкретным объектам.

Количественно оцененные ресурсы служат основанием для постановки геологического картографирования масштаба 1:5 0000 и поисковых работ.

Количественная и качественная оценка прогнозных ресурсов производится до глубин, доступных для эксплуатации при современном и возможном в ближайшей перспективе уровне техники и технологии разработки месторождений, на основе ориентировочных технико-экономических расчетов.

IV. Группы месторождений (участков недр) твердых полезных ископаемых по сложности геологического строения

21. Необходимая и достаточная степень разведанности запасов твердых полезных ископаемых определяется в зависимости от сложности геологического строения месторождений, которые подразделяются по данному признаку на следующие группы:

1) 1-я группа. Месторождения (участки недр) простого геологического строения с крупными и весьма крупными, реже средними по размерам телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабонарушенным залеганием, характеризующимися устойчивыми мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством полезного ископаемого, равномерным распределением основных

ценных компонентов. Особенности строения месторождений (участков недр) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий А, В, С1 и С2.

2) 2-я группа. Месторождения (участки недр) сложного геологического строения с крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, характеризующимися неустойчивыми мощностью и внутренним строением, либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Ко второй группе относятся также месторождения углей, ископаемых солей и других полезных ископаемых простого геологического строения, но со сложными или очень сложными горно-геологическими условиями разработки. Особенности строения месторождений (участков недр) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий В, С1 и С2.

3) 3-я группа. Месторождения (участки недр) очень сложного геологического строения со средними и мелкими по размерам телами полезных ископаемых с интенсивно нарушенным залеганием, характеризующимися очень изменчивыми мощностью и внутренним строением либо значительно невыдержанным качеством полезного ископаемого и очень неравномерным распределением основных ценных компонентов. Особенности строения месторождений (участков недр) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий С1 и С2.

4) 4-я группа. Месторождения (участки недр) с мелкими, реже средними по размерам телами с чрезвычайно нарушенным залеганием либо характеризующиеся резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого и прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов. Особенности строения месторождений (участков недр) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий С2.

22. При отнесении месторождений к той или иной группе могут использоваться количественные показатели оценки изменчивости основных свойств оруденения, характерные для каждого конкретного вида полезного ископаемого.

V. Группы месторождений твердых полезных ископаемых по степени их изученности

23. Месторождения полезных ископаемых по степени их изученности подразделяются на разведанные и оцененные.

24. К разведанным относятся месторождения (участки недр) , запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены по скважинам и горным выра-

боткам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования их вовлечения в промышленное освоение в установленном порядке.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- 2) вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;
- 3) запасы других совместно залегающих полезных ископаемых, включая породы вскрыши и подземные воды, с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- 4) гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранительного законодательства и безопасности горных работ;
- 5) достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качестве и количестве запасов подтверждены на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователями в каждом конкретном случае в зависимости от геологических особенностей полезного ископаемого;
- 6) подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности;
- 7) рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий.

25. К оцененным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки и разработки.

Оцененные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) обеспечивается возможность квалификации всех или большей части запасов по категории С2;
- 2) вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого оценены с полнотой, необходимой для выбора принципиальной технологической схемы переработки, обеспечивающей рациональное и комплексное использование полезного ископаемого;
- 3) гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с полнотой, позволяющей предварительно охарактеризовать их основные показатели;
- 4) достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого подтверждены на участках детализации;
- 5) подсчетные параметры кондиций установлены на основании укрупненных технико-экономических расчетов или приняты по аналогии с месторождениями, находящимися в сходных географических и горно-геологических условиях;
- 6) рассмотрено и оценено возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду.

Приказ МПР РФ от 11 декабря 2006 г. N 278 "Об утверждении Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых". Зарегистрировано в Минюсте РФ 25 декабря 2006 г. Регистрационный N 8667

Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденная настоящим приказом, вводится в действие с 1 января 2008 г.

Лекция 15. Параметры подсчета запасов и способы их определения

Подсчет запасов – заключительная акция разведочных работ на месторождении.

Цели подсчета запасов:

- 1) определение количества полезного ископаемого с распределением его по типам и сортам руд, по категориям (А, В, С) запасов, по промышленному значению (балансовые и забалансовые);
- 2) определение качества полезного ископаемого, установление его технологических свойств;
- 3) анализ степени надежности подсчета запасов.

Все подсчитанные запасы полезных ископаемых представляются на рассмотрение и утверждение в ГКЗ или ТКЗ. При этом балансовые и забалансовые запасы подсчитываются и учитываются отдельно.

Кроме балансовых и забалансовых запасов выделяют:

Геологические запасы – запасы, подсчитанные в недрах Земли без учета потерь.

Эксплуатационные (промышленные) запасы – балансовые запасы, оставшиеся после вычета потерь в охранных целиках.

Извлекаемые запасы - это эксплуатационные запасы, оставшиеся после вычета эксплуатационных потерь, связанных с разубоживанием, несовершенством выбранной системы отработки, гидрогеологическими и другими условиями эксплуатации.

Исходные данные для подсчета запасов (методом блоков):

- 1) Площадь (месторождения, рудного тела, участка рудного тела), m^2 (S);
- 2) Средняя мощность тела полезного ископаемого, м (m);
- 3) объемная масса полезного ископаемого, t/m^3 (d);
- 4) среднее содержание полезного компонента, %, г/т (C).

Количество запасов (руды) полезного ископаемого вычисляется по формуле:

$$Q = V \times d,$$

где V – объем блока, а d – объемная масса полезного ископаемого.

Количество запасов полезного компонента (металла) в руде определяется по формуле:

$$P = Q \times C_{\text{сред}},$$

где P – запасы полезного компонента, а $C_{\text{сред}}$ – среднее содержание полезного компонента в подсчитываемом объеме. В том случае, когда содержание полезного компонента выражено в процентах, используется формула:

$$P = \frac{Q \times C_{\text{сред}}}{100\%}.$$

Объем подсчетного блока вычисляется по формуле:

$$V = S \times M,$$

где S – площадь подсчетного блока, а M – его средняя мощность.

Если оконтуривание запасов произведено на горизонтальной проекции рудного тела, то объем его вычисляется как произведение площади проекции блока на его среднюю вертикальную мощность. Если оконтуривание произведено на продольной вертикальной проекции рудного тела, то объем его вычисляется как произведение площади проекции блока на его среднюю горизонтальную мощность.

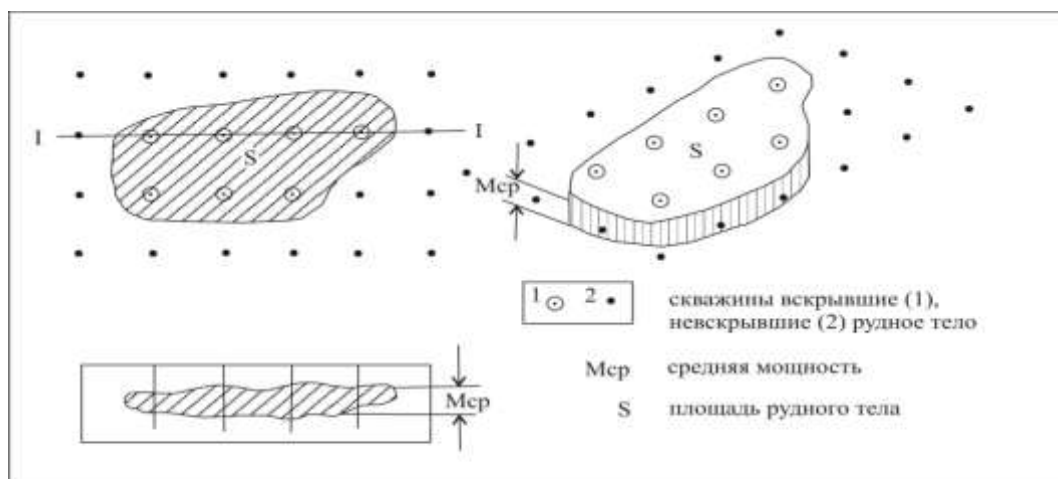


Рис. 20. Преобразование тела полезного ископаемого в геометрически правильную фигуру для целей подсчета запасов

Общие формулы для определения количества руды и количества металла выглядят следующим образом:

$$Q = S \times M \times d,$$

$$P = \frac{S \times M \times d \times C_{\text{сред}}}{100\%}.$$

Площадь определяется на планах, разрезах, проекциях – планиметром, палеткой или по формулам простых геометрических фигур (треугольника, прямоугольника, трапеции и т. д.). Палетка представляет собой отрезок кальки, разбитой на квадраты с размером обычно 0,5 см. Такая палетка накладывается на геологический план, после чего подсчитывается количество квадратов, попавших на измеряемую площадь. Площадь подсчетного блока определяется по формуле:

$$S = K \times S_{\text{яч}},$$

где $S_{\text{яч}}$ – площадь единичной ячейки (в масштабе), а K – количество ячеек. $S_{\text{яч}}$ зависит от масштаба карты (плана). Например, если масштаб карты 1:1000, то в 1 см – 10 м, и $S_{\text{яч}} = 25 \text{ м}^2$.

Истинная площадь тел полезных ископаемых при наклонном их залегании всегда больше, чем ее проекция на горизонтальную или вертикальную плоскости. Она определяется по формулам:

$$S_{\text{ист}} = \frac{S_{\text{гор}}}{\cos \alpha}, \text{ или}$$

$$S_{\text{ист}} = \frac{S_{\text{верт}}}{\sin \alpha},$$

где $S_{\text{ист}}$ – истинная площадь рудного тела; $S_{\text{гор}}$ – площадь рудного тела на горизонтальной проекции; $S_{\text{верт}}$ – площадь рудного тела на вертикальной проекции; α – угол падения рудного тела.

Оконтуривание промышленного контура производится на горизонтальной проекции, если угол падения меньше 45° , и на вертикальной проекции, если этот угол больше 45° .

Это отчетливо видно на разрезах. При горизонтальном залегании рудное тело проектируется на горизонтальную плоскость без изменений; при наклонном залегании проекция рудного тела на горизонтальную и вертикальную плоскости будет всегда меньше истинных размеров рудного тела.

При подсчете запасов используют истинную мощность рудного тела. Так же, как и площадь, она связана с горизонтальной мощностью через угол падения рудного тела и определяется по формуле:

$$M_{\text{ист}} = M_{\text{гор}} \times \sin \alpha$$

Средняя мощность определяется способом среднего арифметического по формуле:

$$m_{\text{ср}} = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n},$$

где $m_1, m_2, \dots, m_n$ – значения мощности по отдельным горным выработкам или скважинам; n – количество выработок или скважин.

Среднее содержание полезного компонента определяется двумя способами:

1) методом расчета среднего арифметического (так же, как и мощность):

$$C_{\text{сред}} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n},$$

2) методом среднего взвешенного:

$$C_{\text{сред}} = \frac{C_1 \times M_1 + C_2 \times M_2 + \dots + C_n \times M_n}{M_1 + M_2 + \dots + M_n},$$

где C_1, C_2, C_n – содержание полезного компонента в каждой пробе;

M_1, M_2, M_n – длина интервала опробования.

Объемный вес (d) устанавливается по результатам технического опробования и рассчитывается методом среднего арифметического.

Лекция 16. Построение контуров балансовых запасов

По экономич. значению подразделяются на балансовые (экономические) и забалансовые (потенциально экономические), которые подлежат отдельному подсчёту и учёту.

К б а л а н с о в ы м (экономическим) З. п. и. относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономич. расчётам экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минер. сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

З а б а л а н с о в ы е (потенциально экономические) З. п. и.: 1) запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономич. расчётам экономически неэффективна (убыточна) в условиях конкурентного рынка из-за низких технико-экономич. показателей, но освоение которых становится экономически возможным при изменении цен на полезные ископаемые, появлении оптимальных рынков сбыта или новых технологий; 2) запасы, отвечающие требованиям балансовых, но использование которых на момент оценки невозможно в связи с их расположением в пределах водоохранных зон, населённых пунктов, сооружений, с.-х. объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры. Забалансовые запасы подсчитываются (раздельно в зависимости от оснований отнесения к данной группе) и учитываются в случае, если установлена возможность их последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. Оценка балансовой принадлежности З. п. и. производится на основании технико-экономич. обоснований (должны быть предусмотрены наиболее эффективные способы разработки месторождений и предложены параметры кондиций, обеспечивающие максимально полное и комплексное использование запасов с учётом требований законодательства РФ), подтверждённых гос. экспертизой.

По степени геологич. изученности З. п. и. подразделяются на категории А, В, С₁, С₂, отличающиеся достоверностью определения, снижающейся последовательно от категории А к категории С₂.

Объектом подсчёта запасов твёрдых полезных ископаемых является месторождение (или его часть). Необходимая и достаточная степень разведанности З. п. и. определяется в зависимости от сложности геологич. строения месторождений, которые подразделяются по возрастанию уровня сложности на 4 группы.

1-я группа – месторождения (участки недр) простого геологич. строения с крупными и весьма крупными (реже средними по размерам) телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабонарушенным залеганием, характеризующимися устойчивыми мощностью и внутр. строением, выдержанным качеством

полезного ископаемого, равномерным распределением осн. ценных компонентов; особенности строения месторождений (участков недр) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий А, В, С₁ и С₂.

2-я группа – месторождения сложного геологич. строения с крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, неустойчивыми мощностью и внутр. строением либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением осн. ценных компонентов, а также месторождения простого геологич. строения, но со сложными или очень сложными горно-геологич. условиями разработки (напр., месторождения углей, ископаемых солей); в процессе разведки возможно выявление запасов категорий В, С₁ и С₂.

3-я группа – месторождения очень сложного геологич. строения со средними и мелкими по размерам телами полезных ископаемых с интенсивно нарушенным залеганием, характеризующимися сильно изменчивыми мощностью и внутр. строением либо значительно невыдержанным качеством полезного ископаемого и очень неравномерным распределением осн. ценных компонентов; возможно выявление в процессе разведки запасов категорий С₁ и С₂.

4-я группа – месторождения с мелкими, реже средними по размерам телами с чрезвычайно нарушенным залеганием либо с резкой изменчивостью мощности и внутр. строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого и прерывистым гнездовым распределением осн. ценных компонентов; возможно выявление запасов лишь категории С₂.

Запасы категории А выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й группы сложности геологич. строения, на которых установлены размеры, форма и условия залегания тел полезного ископаемого, изучены характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутр. строения, выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки внутри тел полезного ископаемого, при наличии разрывных нарушений установлены их положение и амплитуда смещения; определены природные разновидности, выделены и оконтурены промышленные (технологич.) типы и сорта полезного ископаемого, установлены их состав и свойства; качество выделенных промышленных (технологич.) типов и сортов полезного ископаемого охарактеризовано по всем предусмотренным пром-стью параметрам; изучены распределение и формы нахождения ценных и вредных компонентов в минералах и продуктах переработки и переделов полезного ископаемого; контур запасов полезного ископаемого определён в соответствии с требованиями кондиций по скважинам и горным выработкам (в результате их детального опробования). Запасы категории В выделяются на участках детализации разведываемых и разра-

батываемых месторождений 1-й и 2-й групп сложности геологич. строения, где допускается некоторая экстраполяция свойств осн. изученных объектов на участки менее изученные. Запасы категории C_1 составляют осн. часть запасов разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп сложности геологич. строения, а также могут выделяться на участках детализации месторождений 4-й группы сложности, где несколько возрастает степень экстраполяции в характеристиках объектов исследования. Запасы категории C_2 выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы сложности геологич. строения составляют осн. часть запасов, вовлекаемых в разработку, где размеры, форма, внутр. строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологич., геофизич. и геохимич. данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого посредством ограниченного количества скважин и горных выработок; контур запасов полезного ископаемого определён в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естеств. обнажений или по их совокупности, с учётом данных геофизич. и геохимич. исследований и геологич. построений.

Запасы комплексных руд и содержащихся в них осн. компонентов подсчитываются по одним и тем же категориям; запасы попутных компонентов, имеющих пром. значение, подсчитываются в контурах подсчёта запасов осн. компонентов и оцениваются по категориям в соответствии со степенью их изученности, характером распределения и формами нахождения. При квалификации З. п. и. по категориям в качестве дополнит. классификационного показателя должны использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения осн. подсчётных параметров.

При проектировании предприятий по добыче твёрдых полезных ископаемых определяются промышленные З. п. и. – та часть балансовых З. п. и., которая должна быть извлечена из недр по проекту или плану развития горных работ (за вычетом проектных потерь); в процессе разработки месторождений по степени подготовленности к добыче в числе промышленных выделяются запасы вскрытые, подготовленные и готовые к выемке. К вскрытым З. п. и. относятся запасы, для разработки которых подземным способом не требуется дополнит. сооружения капитальных горных выработок, а для разработки открытым способом проведены все необходимые работы по вскрытию месторождения (участка), пройдены дренажные выработки, траншеи или съезды, нарезаны уступы для укладки транспортных путей, удалены вскрышные породы. Подготовленные З. п. и. – часть вскрытых запасов, которая при подземной разработке подсечена осн. подготовит. выработками и не требует для выемки проведения дополнит. подготовит. выработок, а при открытой разработке – не защищенные от

породы, оставшейся после экскавации вскрыши. Г о т о в ы е к в ы е м к е З. п. и. – часть подготовленных запасов, для извлечения которых подземным способом проведены все подготовит. и нарезные выработки, открытым способом – произведена полная зачистка. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок З. п. и. подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их геологич. изученности. При разработке рудных месторождений выделяются также э к с п л у а т а ц и о н н ы е З. п. и. – пром. запасы с учётом разубоживания полезного ископаемого.

Лекция 17. Определение площадей

Внастоящее время площади земельных угодий и инженерных сооружений вычисляют при помощи компьютеров по исходным данным, полученным в результате измерений на местности, по координатам границ объекта, по данным фотографирования местности и др. Но инженер-геодезист должен знать сущность определения площадей объектов традиционными способами, поскольку их геометрия и математическая основа используется в компьютерных программах и нередко случаи, когда приходится определять площади объектов без применения компьютера. К традиционным относятся способы определения площадей: геометрические, аналитические, механические.

1. Геометрические способы определения площади

К геометрическим способам определения площади относятся графические (по чертежам местности) и аналитические (расчетные по координатам контура территории).

Графические способы определения площади применяются для небольших участков. На местности (рис. 15.1, а) сложный контур ABCDEK разделяют на простые геометрические фигуры, вершины которых обозначают вехами. В трапеции ABEK измеряют основания a и b , высоту h , а в треугольниках BCD и BDE измеряют основания a_1 и a , высоты h_1 и h . Площадь участка

$$P = P_1 + P_2 + P_3, \text{ где } P_1 = h(a + b)/2; P_2 = a_1 h_1 /2; P_3 = a h_2 /2.$$

Если треугольнике (рис. 15.1, б) измерить две стороны и угол β между ними, то $P = 0,5ac \sin \beta$.

Площадь определяется рассмотренными способами с относительной погрешностью $1 / 1000 - 1/5000$.

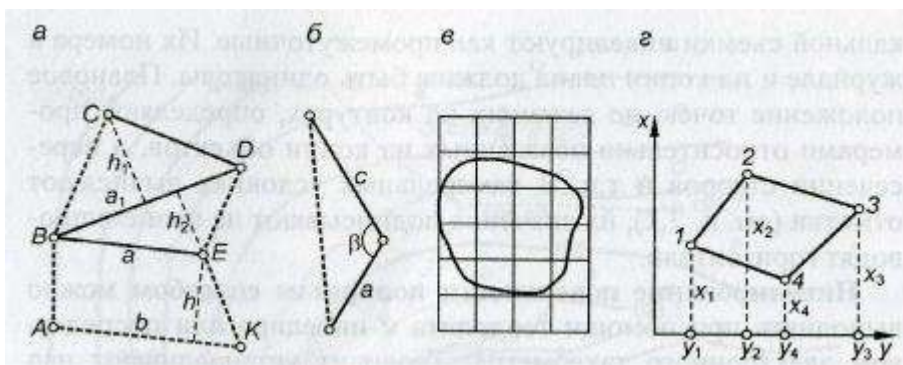


Рис. 15.1. Геометрические способы определения площадей:
а, б – измерением геометрических фигур; в – с помощью палетки; г – по координатам

Аналогичные способы можно применить для графического определения площади по плану масштаба $1 : M$, но с относительной погрешностью $1/50 - 1/1000$, зависящей от масштаба и точности плана. С помощью карандаша и линейки контур ABCDEK (см. рис. 15.1, а) разграфляют на плане на простые фигуры, а их площади в нашем примере будут вычисляться по формулам, приведенным выше, или по формулам $P_1 = M^2 h (a + b)/2$; $P_2 = M^2 a_1 h_1 /2$; $P_3 = M^2 a h_2 /2$. Линейные величины a , b и h определяются по плану с погрешностями до 0,5 мм за счет неточностей изображения границ общего контура.

Площадь по плану или карте можно определить при помощи палетки, представляющей прозрачный лист пластика, на который нанесена сетка равных по площади фигур, например квадратов со стороной от 2 до 10 мм (рис. 15.1, в). Техника определения площади палетками рассмотрена в п. 15.4.

2. Аналитический способ определения площади

Аналитические способы определения площади применяют для замкнутых плоских многоугольников, в которых известны координаты x и y всех вершин (к таким многоугольникам относятся граница населенного пункта, промышленного, сельскохозяйственного или горно-добывающего предприятия, контур лесного массива, озера, болота и т.д.).

Площадь замкнутого многоугольника вычисляют по различным формулам аналитической геометрии, наиболее распространены следующие:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}); \quad 2P = \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}); \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (15.2)$$

т.е. удвоенная площадь многоугольника равна сумме произведений каждой абсциссы на разность ординат передней и задней по ходу точек, а также сумме произведений каждой ординаты на разность абсцисс задней и передней по ходу точек. Например, для многоугольника 1-2-3-4 (рис. 15.1. г)

$$2P = x_1 (y_2 - y_4) + x_2 (y_3 - y_1) + x_3 (y_4 - y_2) + x_4 (y_1 - y_3);$$

. (15.3)

$$2P = y_1 (x_4 - x_2) + y_2 (x_1 - x_3) + y_3 (x_2 - x_4) + y_4 (x_3 - x_1);$$

Площадь вычисляют отдельно по каждой формуле (15.3) с промежуточным контролем разностей координат на условие

$$\sum_{i=1}^n (y_{i+1} - y_{i-1}) = 0; \sum_{i=1}^n (x_{i-1} - x_{i+1}) = 0, i = 1, 2, \dots, n. (15.4)$$

Точность расчетов по формулам (15.4) определяется погрешностями координат. Например, если координаты вершин многоугольника получены теодолитным ходом, то площадь участка получается с относительной погрешностью $1/500 - 1/2000$. В случае неверно записанного значения хотя бы одной из координат x_i или y_i получается ошибочное значение площади при полном совпадении результатов расчетов по формулам (15.3) и (15.4). Такую ошибку можно обнаружить, например, по чрезмерному расхождению между площадью многоугольника и суммой площадей контуров внутри него, нанесенных на план и измеренных планиметром.

3. Определение площади полярным планиметром

Полярный планиметр – это механическое устройство для определения площади фигур на планах и картах, а также на других чертежах. На полюсном рычаге 1 планиметра (рис. 15.2) закреплен груз с иглой 3, представляющей полюс Оп планиметра. Вторым концом полюсный рычаг шарнирно входит в гнездо 10 корпуса счетного механизма, установленного на обводном рычаге. Обводный шпиль 6, укрепленный на обводном рычаге, представляет обводную точку (марку) М (см. рис. 15.4, б). Рабочий радиус R обводного рычага равен расстоянию АМ между центром шарнира и обводной точкой М (см. рис. 15.4, а). Этот радиус можно изменить перемещением корпуса счетного механизма вдоль обводного рычага (рис. 15.3), а величину радиуса отсчитать по шкале на обводном рычаге и верньеру счетного механизма. В нашем примере (см. рис. 15.3) $R = 1713$.

Отсчет по шкалам счетного механизма содержит четыре цифры (см. рис. 15.3). Здесь отсчет $u = 3684$, где 3 – отсчет по циферблату оборотов счетного колеса;

– отсчет по шкале счетного колеса относительно нулевого штриха верньера (68 – номер штриха расположенного ниже нуля верньера; 4 – номер совмещенного штриха верньера).

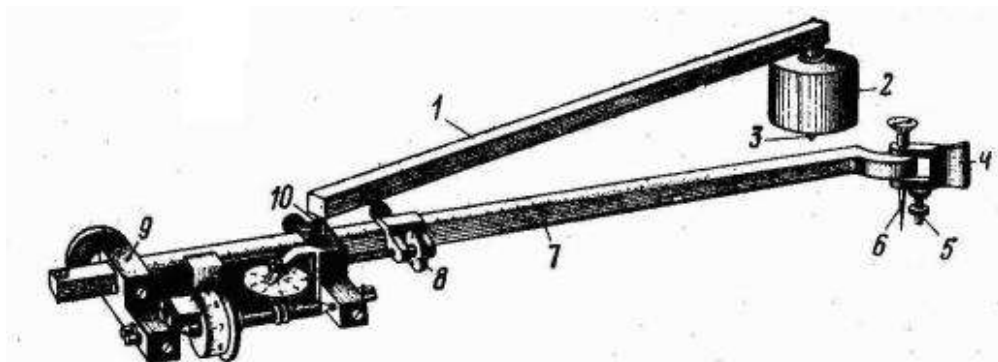


Рис. 15.2. Полярный планиметр:

1– полюсный рычаг; 2–груз; 3– игла; 4– ручка; 5– опорный штифт;
6- обводный шпиль; 7– обводный рычаг; 8 –установочный винт;
9–опора корпуса счетного механизма; 10 – гнездо соединения рычагов

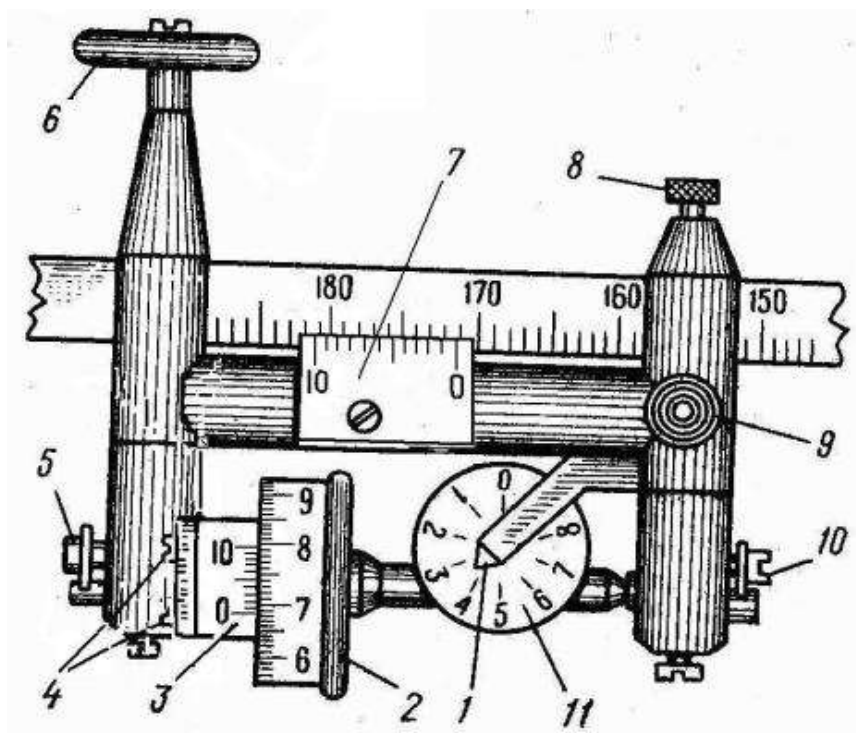


Рис. 15.3. Счетный механизм планиметра:

1 – указатель; 2 – счетное колесо; 3 – верньер счетного механизма; 4 – винты регулировки зазора между верньером и сетным колесом; 5, 10 – винты регулировки счетного колеса; 6 – опорный ролик; 7 – верньер шкалы радиуса планиметра; 8 – закрепительный винт корпуса счетного механизма; 9 – гнездо соединения рычагов; 11 – циферблат счетчика оборотов счетного колеса.