

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова
Геологоразведочный факультет

О.Г. Третьякова, М.Ф. Третьяков

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие

Якутск
2019

УДК 622.1:528.94(075.8)
ББК 22.151.3я73
Т66

Утверждено учебно-методическим советом СВФУ

Рецензенты:

В.Р. Филиппов, доцент кафедры ПГ ГРФ СВФУ,
В.И. Жижин, д.г.-м.н., профессор, главный научный сотрудник
лаборатории геотермии криолитозоны ИМЗ СО РАН

Третьякова, О.Г.

Инженерно-геологическая графика : учебное пособие / О.Г. Третьякова, М.Ф. Третьяков. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2019. – 108 с.

ISBN 978-5-7513-2700-2

Дисциплина «Инженерно-геологическая графика» является основополагающей при подготовке горных инженеров-геологов и может быть отнесена к числу дисциплин, развивающих пространственное мышление. В пособии подробно рассмотрены методы построения изображений в проекциях с высотными числовыми отметками. Пособие иллюстрировано рисунками, схемами и профилями.

Рассчитано на студентов 1 курса всех геологических специальностей.

УДК 622.1:528.94(075.8)
ББК 22.151.3я73

ISBN 978-5-7513-2700-2

© Третьякова О.Г., Третьяков М.Ф., 2019

© Северо-Восточный федеральный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.1. ОСНОВА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАФИКИ	5
1.2. ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАФИКИ	7
1.3. ВИДЫ ЧЕРТЕЖЕЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ПРАКТИКЕ	7
1.4. ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	14
1.5. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ	15
2. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	20
2.1. МЕТОД ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ (линейная перспектива).	20
2.2. МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ.....	21
2.3. МЕТОД ПРЯМОУГОЛЬНОГО (ОРТОГОНАЛЬНОГО) ПРОЕЦИРОВАНИЯ	23
3. ПРОЕКЦИЯ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ТОЧКА	26
3.1. КООРДИНАТЫ ТОЧЕК И ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА	26
3.2. ПРОЕКЦИЯ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧЕК НА ПЛАНЕ ..	28
3.3. КОНКУРИРУЮЩИЕ ТОЧКИ.....	31
4. ПРОЕКЦИЯ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ПРЯМАЯ.....	33
4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЯМЫХ.....	33
4.2. СЛЕДЫ ПРЯМОЙ НА ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИИ.....	38
4.3. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПРЯМЫХ НА ПЛАНЕ	39
4.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ДЛИНЫ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ И УГЛА НАКЛОНА ПРЯМОЙ К ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИИ.....	42
4.5. ЗАЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ	44
4.6. ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ.....	45
4.7. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПРЯМЫХ ЛИНИЙ	47
5. ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ПЛОСКОСТЬ	51
5.1. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПЛОСКОСТИ.....	51
5.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛОСКОСТЕЙ	53
5.3. ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСНОВНОЙ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИИ И СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ИХ НА ПЛАНЕ	56
5.4. ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛОСКОСТИ	59
5.5. ЗАЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ	63
5.6. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ	64
5.7. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ.....	69
6. МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕТРЕЖА	76
6.1. МЕТОД ЗАМЕНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИИ.....	76
6.2. СПОСОБ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	77

6.3. МЕТОД ВРАЩЕНИЯ.....	78
6.3.1. ВРАЩЕНИЕ ВОКРУГ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ.....	79
6.3.2. ВРАЩЕНИЕ ВОКРУГ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСИ	81
7. МНОГОГРАННИКИ, КРИВЫЕ ЛИНИИ И ПОВЕРХНОСТИ.....	83
7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.....	83
7.2. МНОГОГРАННИКИ. ПОНЯТИЕ И ИХ ВИДЫ	84
7.3. ПРИЗМА	87
7.4. ПИРАМИДА.....	88
7.5. КРИВЫЕ ЛИНИИ	89
7.6. КРИВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ.....	93
8. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ	100
8.1. ТОПОПОВЕРХНОСТЬ И ЕЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	100
8.2. ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ	104
8.3. РАЗРЕЗ.....	105
Литература.....	106

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. ОСНОВА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАФИКИ

Инженер-геолог должен уметь не только представлять себе положение горно-геологических объектов в пространстве, но и при отображении их на бумаге упрощать, моделировать, приводить к более или менее простым геометрическим телам, не внося существенных изменений в форму и размеры изображаемых объектов.

Значительную долю выполняемых инженером чертежей составляют так называемые проекционные чертежи. Все они выполняются с помощью методов и приемов начертательной геометрии.

Дисциплина, изучающая теоретические основы, методы и приемы построения изображений и выполнения чертежно-графических работ применительно к задачам геологии, горного и геологоразведочного производства, носит название *инженерно-геологической графики* и является частью начертательной геометрии применительно к решению геологических и горно-геологических задач.

К числу дисциплин, формирующих общеинженерное и общенаучное мышление специалиста, с полным основанием может быть отнесена инженерно-геологическая графика. Эта дисциплина не только прививает навыки построения изображений различных материальных объектов, в том числе горно-геологических, но и является исходной базой для изучения других общеинженерных (например, геодезии, технической и прикладной механики), а также специальных дисциплин.

Среди методов начертательной геометрии основным, важнейшим для инженерно-геологической графики является *метод проецирования* (рис.1,2), т.е. метод построения проекций пространственных объектов, тел, предметов на плоскости.

В начертательной геометрии выделяют два основных класса задач: позиционные и метрические.

Позиционными называются задачи установления взаимного расположения и принадлежности геометрических элементов. К их числу, например, относятся задачи определения по чертежу взаимного положения в пространстве двух или нескольких тел, построение линии взаимного пересечения двух фигур, установление положения точки пересечения заданной прямой с поверхностью и т. д. На *рис. 1* показано построение наложенного профиля на топографическую карту.

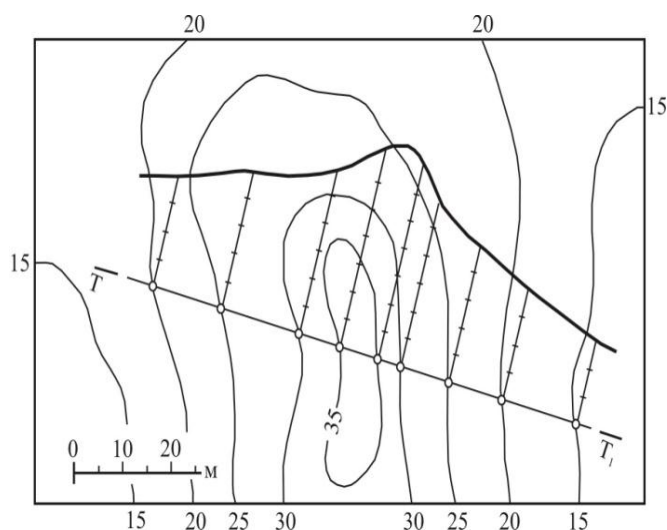


Рис.1

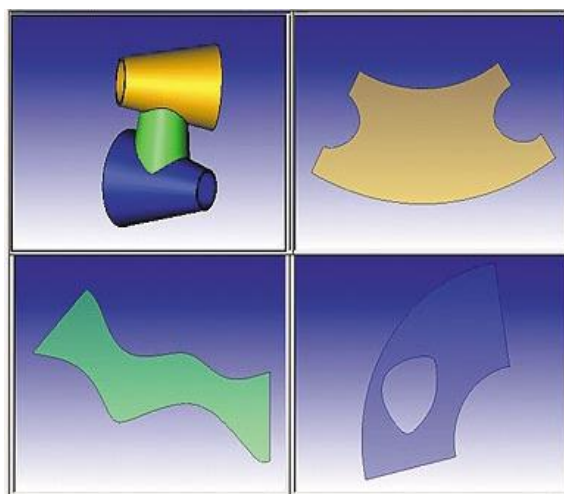


Рис.2

Метрические – это задачи определения по чертежу натуральных (истинных) величин отрезков (расстояний), углов, площадей и других размеров (*рис. 2*).

У инженеров-геологов наиболее применяемым методом считается метод проекций с числовыми отметками, который обеспечивает наглядность и удобство измерений при простоте построений. Более подробно о данном методе в пункте 3.2

1.2. ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАФИКИ

Вопросы изучения различных геологических структур и геологических тел, а также разведки и разработки месторождений полезных ископаемых по присущим им особенностям и приемам решения задач носят четко выраженный пространственный графический характер.

Практика показывает, что графические методы решения геологических задач зачастую являются целесообразными и даже единственно возможными средствами получить удовлетворительное решение. К числу таких задач относятся определение элементов залегания слоев, жил и других геологических тел, построение линий выхода слоев на земную поверхность, изучение формы и пространственных элементов залегания полезного ископаемого.

Инженер-геолог должен владеть методами создания геометрических моделей, разрезов участков земной коры, тектонических и структурных карт, построением линий выхода пластов и слоев на дневную поверхность.

Горно-геологические объекты (геологические тела, горные выработки, буровые скважины) имеют сложнейшее пространственное строение. Поэтому точно отобразить их на чертеже со всеми особенностями невозможно. Инженер-геолог должен уметь представлять себе их положение в пространстве, а при отображении на бумаге упрощать, моделировать, приводить к простым геометрическим телам, не внося изменения в форму и размеры изображаемого объекта.

1.3. ВИДЫ ЧЕРТЕЖЕЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ПРАКТИКЕ

Творческая деятельность инженера, в том числе геологического профиля, тесно связана с самыми разнообразными видами чертежно-графических работ – различными типами чертежей, графиками, эскизами, схемами.

Для того чтобы отобразить на чертеже какой-либо предмет, геологическое тело или горную выработку, а тем более для проектирования машин, горных объектов или буровых скважин, необходимо мысленно (в своем воображении) представить форму, размеры и положение этих объектов в пространстве. Без этого качества – умения мыслить пространственно – работа инженера любого профиля, а тем более горно-геологического, будет затруднена или невозможна.

Особенностью изображения является то, что объемный материальный объект представляется в виде аналога, размещенного в одной плоскости. В зависимости от характера объекта, можно выделить следующие аналоги:

Чертеж – документ, содержащий контурное изображение изделия и другие данные необходимые для изготовления, контроля и идентификации изделия. На чертежах, отображаются горные и разведочные выработки, форма, условия залегания и качество полезного ископаемого, а также рельеф и ситуация земной поверхности территории деятельности горного предприятия (рис 3).



Рис. 3. Схема участка взрывных работ



Рис.4. Эскиз горной местности

Правила графического отображения чертежей вырабатывались не один год и правила оформления, установившиеся сейчас практически идентичные для всех стран. Современным информационным системам для обработки графической информации чертежи не нужны - они работают с математиче-

скими моделями объектов. При этом легко прослеживается связь - образец (эталон) - математическая модель - воспроизведение ее.

Эскиз - быстро выполняемый свободный рисунок, предварительный набросок, не предполагаемый как готовая работа, часто состоит их множества перекрывающихся лилий. Предназначен для временного использования в производстве, выполненный от руки, в глазном масштабе, с соблюдением пропорций изображаемого предмета. Если эскиз предполагается использовать многократно, то по эскизу выполняют чертеж (рис.4).

План (от лат. *planus* – ровный, плоский) – чертеж, изображающий на плоскости местность, предмет или сооружение методом прямой горизонтальной проекции. (рис.5, а, 5, б).



Рис.5, а. Топографический план
(геоподоснова)

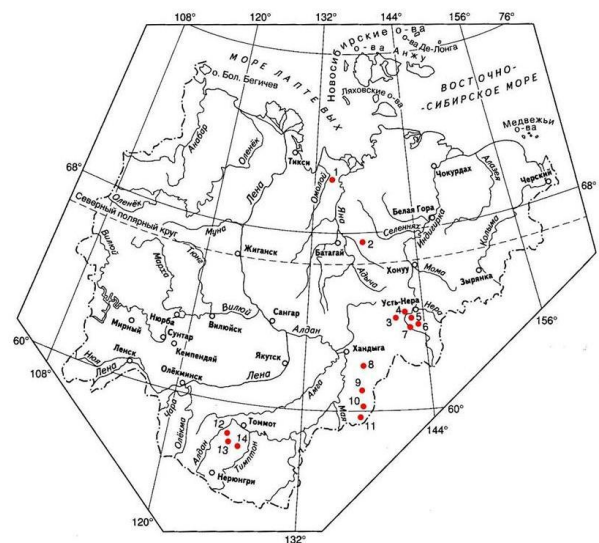


Рис.5, б. Схема разрабатываемых коренных месторождений золота Якутии с запасами промышленных категорий

Геологическая карта – уменьшенное обобщенное изображение земной поверхности, содержащее координатную сетку с условными знаками на плоскости в уменьшенном виде, с нанесенными на нем границами выходов различных геологических образований. Геологические карты составляют в ходе полевых съёмок и камеральными методами с широким привлечением

данных бурения, геофизических материалов, результатов аэрокосмического зондирования.

Карта геологическая – это графическое изображение на топографической основе в определенном масштабе геологического строения какого-либо участка земной коры. Она может содержать данные о полезных ископаемых данного района.

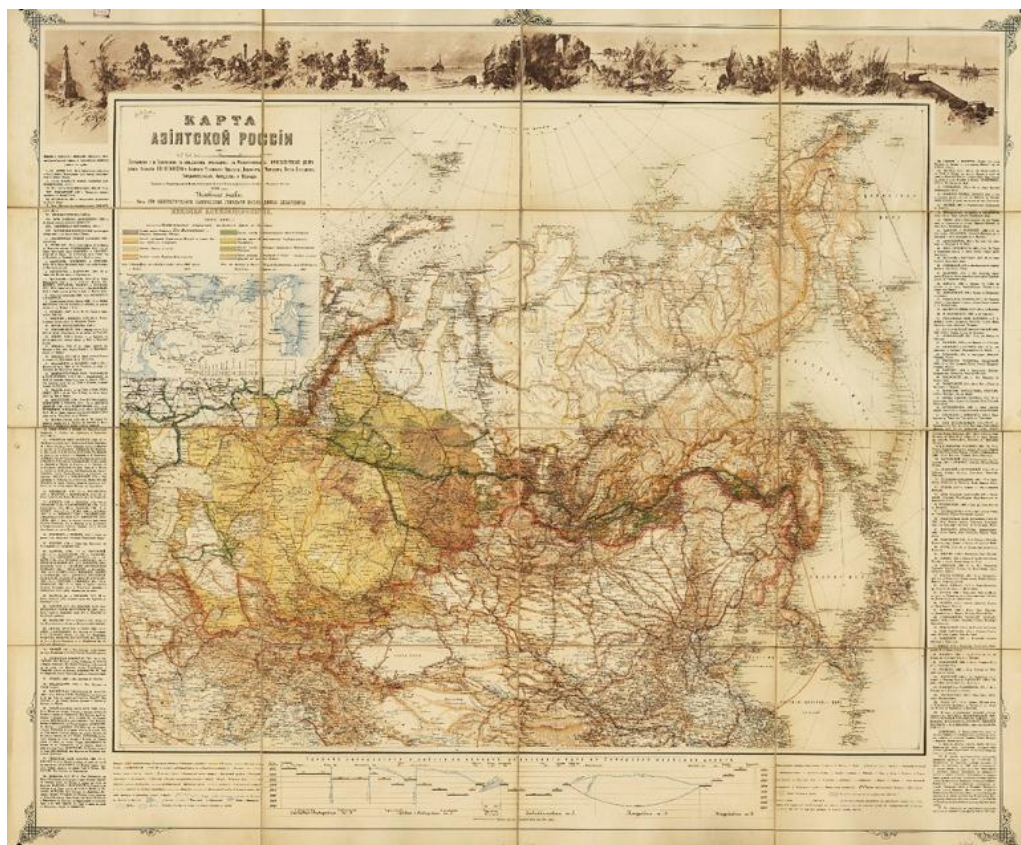


Рис.6, а. Одна из первых карт азиатской части России

Первые геологические карты (рис.6, а) появились в конце XVIII в., когда был разработан новый способ прослеживания горных пород с нанесением всех наблюдений на географическую карту или план местности. На геологической карте (рис.6, б) условными знаками (краской, штриховкой, буквенными и цифровыми индексами и др.) показывают распространение осадочных, магматических и метаморфических пород различного возраста, а специальными значками – состав пород. Магматические породы на картах разделяют-

ся по возрасту и составу. Линиями разного характера обозначаются геологические границы и разрывные нарушения.

Геологические карты используют, главным образом, для прогноза и разведки полезных ископаемых, оценки условий освоения территорий, строительства, охраны недр.

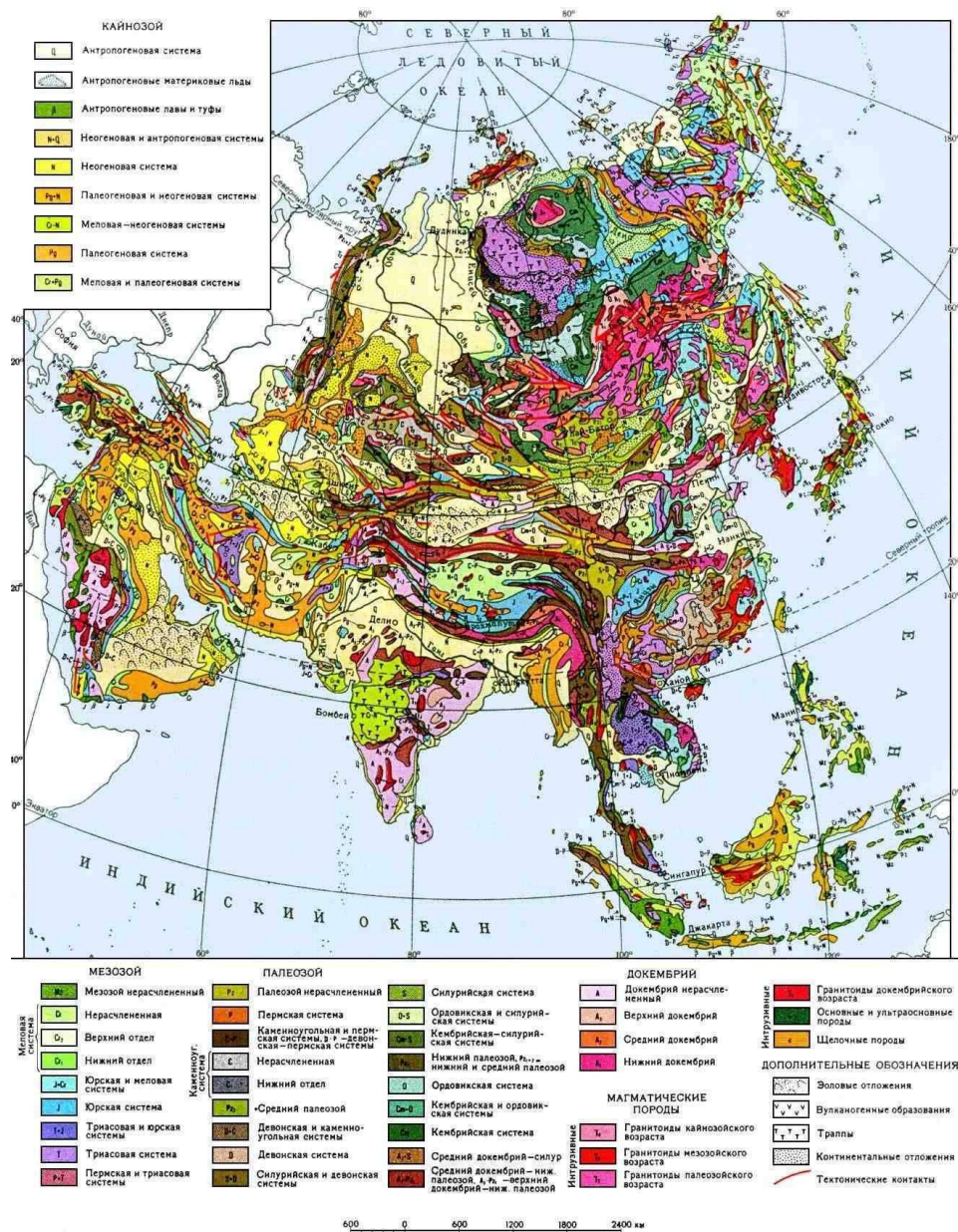


Рис. 6, б. Современная карта азиатской части России

Карты составляются в различном масштабе и делятся на обзорные (1:1000000 и мельче), мелко- (1:1000000 и 1:500000), средне- (1:100000, 1:200000) и крупномасштабные (1:50000 и 1:25000) и детальные (1:10000 и

крупнее). Масштаб определяется как отношение расстояния на карте к соответствующему расстоянию на реальной местности. Масштабы на картах и планах могут быть представлены численно или графически. Обзорные карты, составляемые для больших территорий целых стран, материков, всего земного шара отражают общие черты геологического строения крупных участков земного шара и главнейшие особенности строения земли в целом. Мелкомасштабные карты, составляемые для отдельных регионов более полно отражают характерные особенности этих территорий и закономерности распространения полезных ископаемых. Средне- и крупномасштабные карты выявляют строение отдельных площадей; они обычно составляются в рамках листов международной номенклатуры. Содержат результаты замера углов наклона тектонических нарушений, положение интрузивных тел. На крупномасштабных картах, составляемых для специальных целей, например, для разработки месторождений, обустройства района ГОКов, на таких картах показаны не только геологические системы, но и отделы, подотделы, ярусы и зоны. С дальнейшим увеличением масштаба на картах показывают и отдельные пласты, что позволяет правильно выбрать направление в трудных геологических условиях.

По чертежам можно судить, насколько правильно и безопасно ведутся горные работы, следить за приближением горных работ к опасным зонам и своевременно принимать профилактические меры.

Все приведенные выше примеры будем объединять одним термином чертеж. Объектами отображения на чертежах могут быть материальные тела, абстрактные образы, условные схемы, всевозможные процессы, функции, зависимости и т. д. Чертеж, таким образом, можно рассматривать как плоскую геометрическую модель отображенных на нем указанных объектов и процессов.

По характеру выполнения чертежи подразделяются на:

- *проекционные*, т. е. построенные на основе законов и методов проецирования;

- *схематические*, выполняемые без учета проекционных связей, в том числе с помощью условных знаков; и выполненные в форме графиков, отображающих количественные связи параметров каких-либо процессов и явлений.

По целевому назначению можно выделить следующие чертежи:

- *технические*, т. е. содержащие информацию о конструкции, размерах и других данных, необходимых для изготовления технических изделий и различных сооружений.

- *технологические*, в которых содержится информация о технологии производства. Этот тип чертежей выполняется в соответствии со строительными, горными, геологоразведочными и другими отраслевыми стандартами и нормативами.

- *иллюстративные*, отображающие в графической форме содержание какого-либо устройства, изделия, системы горных или геологоразведочных выработок, буровых скважин, диаграмм содержания полезного компонента, диаграмм трещиноватости горных пород и т. д. За исключением шрифтов, толщины линий выполнение данного вида чертежей не регламентировано.

Зависимость от сферы инженерной деятельности:

- *машиностроительные*, к ним относятся чертежи машин, механизмов, деталей и тд. Машиностроительное черчение базируется на теоретических основах начертательной геометрии и проекционного черчения, регламентируются во всех частях;

- *инженерно-строительные*. Строительными чертежами называют документы, которые содержат проекционные и иные изображения различного рода генеральных планов, зданий и сооружений, необходимых для его возведения и сопутствующих технологических операций. Строительные чертежи подразделяются на: инженерно-строительные, к ним относится графическая документация, по которой строятся мосты, плотины,

тоннели, дороги, и т.п.; и архитектурно-строительные графические чертежи, используются при возведении зданий, а так же промышленных и гражданских сооружений;

- *топографические*, представляют собой крупномасштабный чертеж, изображающий в условных знаках на плоскости небольшой участок земной поверхности, построенный без учета кривизны поверхности и сохраняющий постоянный масштаб в любой точке и по всем направлениям;

- *горные*, на них изображаются объекты или элементы горных работ – залежи полезных ископаемых и вмещающих пород, горные выработки, подземные и поверхностные сооружения технологического комплекса горного предприятия, а также графики, характеризующие процессы и явления, происходящие при добыче полезных ископаемых;

- *электро-, радио- и электронно-технические*, содержат графические изображения, чертежи, схемы соответствующих устройств.

- *геологические*, в основном это геологические карты, планы, схемы, разрезы, профили различного наполнения и назначения.

Следовательно, отмечается большое разнообразие типов чертежей, применяемых в инженерной практике. Некоторые из них содержат большое количество легенд и других пояснительных надписей.

1.4. ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

В настоящем учебном пособии при изложении материала были использованы следующие обозначения:

1. Точки, как основные элементы пространства, обозначены прописным буквам латинского алфавита: *A, B, C, D, E...*

Центр проекции – *S*.

2. Прямые и кривые линии, произвольно расположенные относительно плоскости проекции, обозначены строчными буквами латинского алфавита: $a, b, c, d, \dots, m, n, \dots$

Линии уровня: h – горизонталь, f – фронталь, p – профильная прямая.

Оси проекции: x – ось абсцисс, y – ось ординат, z – ось аппликат.

3. Поверхности пространства обозначаются прописными буквами греческого алфавита: $\Delta, \Sigma, \Psi, \Omega, \Upsilon, \Lambda, Z, \dots$

Плоскости проекций обозначаются буквой Π с добавлением подстрочного и надстрочного индекса: Π_1 – горизонтальная; Π_2 – фронтальная; Π_3 – профильная; Π' – аксонометрическая.

4. Углы обозначены строчными буквами греческого алфавита: $\angle \alpha, \angle \beta, \angle \gamma, \angle \varphi, \dots$, а также записывать символически:

$\angle ABC$ – угол с вершиной в точке B .

5. Основные операции, обозначающие отношения между геометрическими фигурами:

\equiv – совпадение геометрических элементов, $(A \equiv B)$;

\in – взаимная принадлежность двух геометрических элементов, $(A \in m)$;

\cap или \times – пересечение геометрических элементов, например $n \times \Omega$;

$-$ – скрещивание, например $b - n$;

\parallel – символ параллельности;

\perp – символ перпендикулярности.

Многие символы могут быть перечеркнуты наклонной чертой, что соответствует частицы «не».

1.5. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Чертежи выполняются на листах определенных форматов, установленных ГОСТ 2.301, выполненных в электронной или бумажной форме. Пло-


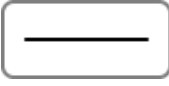

щадь формата A0 равняется 1 м^2 , остальные форматы получают методом последовательного деления на две равные части (пополам) параллельно меньшей стороне предыдущего формата. Основные применяемые форматы отображены в таблице 1.

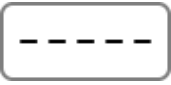
Таблица 1

Обозначение формата	Размер сторон, мм
A0	1149×841
A1	841×594
A2	594×420
A3	420×297
A4	297×210
A5	210×148

Каждый чертеж должен иметь рамку, которая ограничивает его поле. Линии рамки - сплошные толстые основные. Их проводят сверху, справа и снизу на расстоянии 5 мм от края листа, с левой стороны - на расстоянии 20мм. Эту полоску оставляют для подшивки чертежей.

Линия является основным элементом чертежа, которые различаются по типу и по толщине:

-  Сплошная толстая основная линия, применяется для изображения видимого контура предмета. Толщина сплошной основной линии должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа;
-  Сплошная тонкая линия, применяется для изображения размерных и выносных линий;
-  Сплошная волнистая линия, применяется для изображения линий обрыва, линии разграничения вида и разреза;

-  Штриховая линия применяется для изображения осевых и центровых линий. Длина штрихов должна быть одинаковая, примерно от 5 до 30 мм. Рекомендуемое расстояние между штрихами 2-3 мм.

Масштаб – это соотношение линейных размеров на условном графическом изображении к истинным величинам изображаемого объекта. Масштаб выбирается в зависимости от величины и сложности объекта, показывает, во сколько раз каждая линия, нанесенная на карту или чертёж, меньше или больше её действительных размеров. Есть три вида масштаба: численный, именованный, линейный.

Численный масштаб записывают в виде соотношения, в левой части которого стоит единица, а в правой – степень уменьшения проекции. Например, масштаб 1:5000 показывает, что 1 см на плане соответствует 5000 см (50 м) на местности.

Именованный масштаб показывает какое расстояние на местности соответствует 1 см на плане. Записывается, например: «В 1 сантиметре 100 километров», или «1 см = 100 км».

Графический линейный масштаб представляется в виде масштабной линейки, разделённой на равные части.

Точность масштаба – это отрезок горизонтального проложения линии, соответствующий 0,1 мм на плане. Значение 0,1 мм для определения точности масштаба принято из-за того, что это минимальный отрезок, который человек может различить невооруженным глазом. Например, для масштаба 1:10 000 точность масштаба будет равна 1 м. В этом масштабе 1 см на плане соответствует 10 000 см (100 м) на местности, 1 мм – 1000 см (10 м), 0,1 мм – 100 см (1 м).

Масштабы изображений на чертежах выбираются из следующего ряда (масштабы ГОСТ 2.302):

Если изображаемые элементы на чертёжно-графическом документе, рекомендуется выполнять в натуральную величину, используется натуральная величина 1:1, что дает правильное представление о подлинных размерах изделия. Но в виду того, что габаритные размеры действительного объекта, которое необходимо отобразить на чертеже не всегда совпадают с размерами формата листа, его приходится либо увеличивать, либо уменьшать.

Если наносимые размеры объекта в натуральную величину превышают габариты формата графического документа, то его уменьшают на величину заданную стандартом.

Масштабы уменьшения 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000

Если внешние границы предмета в натуральную величину слишком малы в отношении к стандартному формату, то его увеличивают. Масштабы увеличения 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

При проектировании генеральных планов крупных объектов допускается применять масштабы 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000.

В необходимых случаях допускается применять масштабы увеличения $(100n):1$, где n – целое число.

ГОСТ 2.304 содержит сведения о типах и размерах шрифтов, устанавливает основные характеристики чертежных шрифтов, основным параметром шрифта является его размер:

h - величина, определенная высотой прописных букв в миллиметрах, измеряется перпендикулярно к основанию строки.

- Высота строчных букв c определяется из отношения их высоты к размеру шрифта h , например, $c=7/10 h$.

- Ширина буквы g - наибольшая ширина буквы, определяется по отношению к размеру шрифта h , например, $g=6/10 h$, или по отношению к толщине линии шрифта d , например, $g=6d$.

Устанавливаются следующие типы шрифта:

- без наклона ($d=1/14 h$) с параметрами, приведенными в табл. 2;
- с наклоном 75° к основанию строки (другой угол наклона не допускается ($d=1/14 h$)) с параметрами, приведенными в табл. 2.

Таблица 2 – Типы и размеры шрифтов, правила их применения на инженерных чертежах

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер	Размеры, мм							
			-	-	-	-	-	-	-	-
Размер шрифта	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Высота прописных букв	h	(14/14)h	14d	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Высота строчных букв	c	(10/14)h	10d	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Расстояние между буквами	a	(2/14)h	2d	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Минимальное расстояние между словами	e	(6/14)h	6d	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4

Контрольные вопросы:

1. Что изучает дисциплина «Инженерно-геологическая графика»?
2. Назовите два класса задач в начертательной геометрии?
3. Виды чертежей в инженерной практике?
4. Классификация чертежей?
5. Правила оформления графических работ?
6. Какие виды линий вам известны?
7. Что такое масштаб и как выбрать оптимальный для выполнения вашей работы?
8. Назовите основные характеристики чертежных шрифтов?

2. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Изображение пространственных форм и фигур трехмерного пространства на плоском чертеже получается методом проекций, для этого каждую фигуру необходимо рассматривать как множество составляющих её точек, которые могут быть спроецированы на плоскость. Проекцией точки в этом случае формируют плоское изображение объекта. Проекцией точки A на плоскость проекций Π_1 называется точка A' – точка пересечения прямой a , проходящей через точку A из центра проекции S с плоскостью Π_1 (рис. 7.)

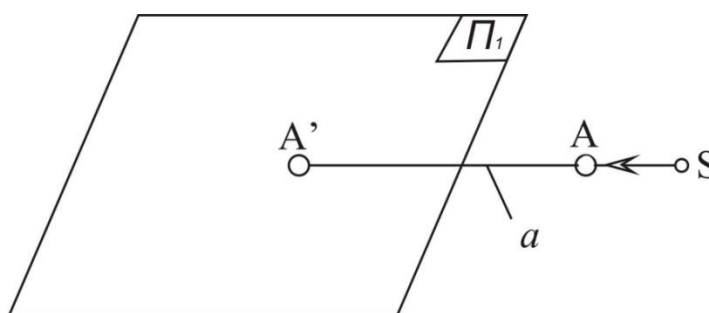


Рис. 7. Проекция точки на плоскость

Основными методами проецирования являются метод центрального и параллельного проецирования.

2.1. МЕТОД ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ (линейная перспектива)

Пусть имеется фигура с характерными точками $ABCD$, плоскость проекции Π' и центр проекции S (точка не лежащая на плоскости проекции) (рис. 8).

Для проецирования данной фигуры на плоскость Π' из центра проекции через характерные точки $ABCD$ проводим *проецирующие лучи* $abcd$ соответственно, до пересечения с плоскостью проекции. $A' B' C' D'$ – совокупность данных точек представляет собой проекцию фигуры на плоскость Π' .

Методом центрального проецирования называется метод, в котором все проецирующие лучи исходят из одной проецирующей точки S , находя-

щейся на конечном расстоянии и не лежащей на плоскости проекции. Данным методом пользуются при построении перспективы, что дает возможность изображать предметы такими, как они представляются в природе с определенной точки наблюдения, а также в стереографических проекциях, применяемых в кристаллографии. В этом случае центральные проекции называют линейной перспективой (рис.8).

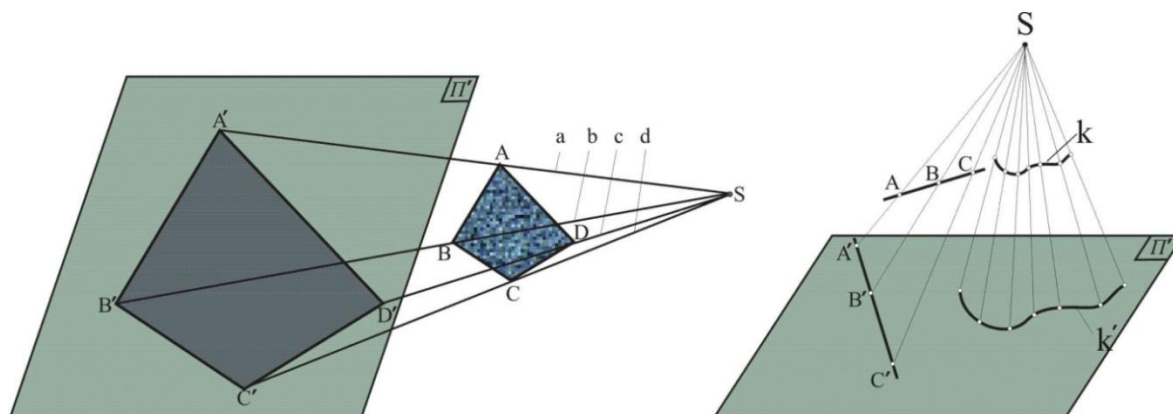


Рис. 8. Пример центральной проекции

Данный метод обладает большой наглядностью, но допускает искажение размеров и формы реального объекта. Проекции являются необратимыми, т.е. не имея дополнительной информации невозможно четко восстановить форму и размеры исходного предмета.

2.2. МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ

Центральное проецирование преобразуется в параллельное, в случае если центр проекции удалить на бесконечно далекое расстояние от плоскости проекции Π' . Все проецирующие лучи проходят параллельно направлению проекции и соответственно параллельно друг другу и имеют одинаковый наклон к плоскости проекции. В этом случае направление проецирующих лучей s будет являться *направлением проекции*.

Задаем плоскость проекции Π' и направление проецирования s . Для того чтобы спроецировать фигуру ABCD проводим через её контролирующие точки прямые, параллельные направлению проецирования. Точки пересечения $A' B' C' D'$ проецирующих прямых с плоскостью Π' и являются параллельной проекцией фигуры ABCD на плоскость Π' (рис.9)

При проецировании фигур методом центрального проецирования проекция фигуры будет подобна самой фигуре, а при параллельном – проекция будет равна фигуре.

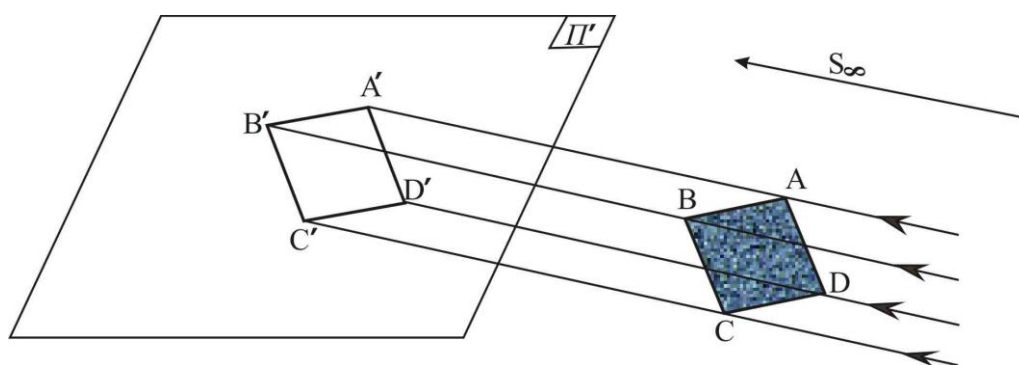


Рис. 9. Пример параллельного проецирования

В зависимости от направления проецирующих лучей, параллельная проекция называется *прямоугольной* (ортогональной), если проецирующие лучи (направление проекции) перпендикулярны плоскости проекции $\Pi' \perp s$. Если же угол между направлением проекции и плоскостью проекции не равен 90° , то такая проекция называется *косоугольной* (рис. 10).

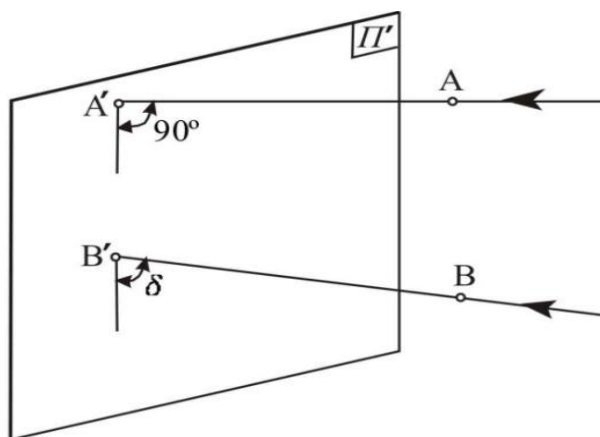


Рис.10. Пример косоугольного проецирования

Косоугольное проецирование используют для построения наглядных изображений предметов (косоугольная аксонометрия).

2.3. МЕТОД ПРЯМОУГОЛЬНОГО (ОРТОГОНАЛЬНОГО) ПРОЕЦИРОВАНИЯ

С помощью ортогонального проецирования можно легко установить соотношение между натуральной длиной отрезка и его проекцией. Например, отрезок CB образует с плоскостью проекции Π' угол δ (рис. 11). Что бы получить длину ортогональной проекции необходимо, провести $C'B_1$ параллельно CB , тогда получим следующую формулу:

$$C'B' = C'B_1 \times \cos\delta = CB \times \cos\delta$$

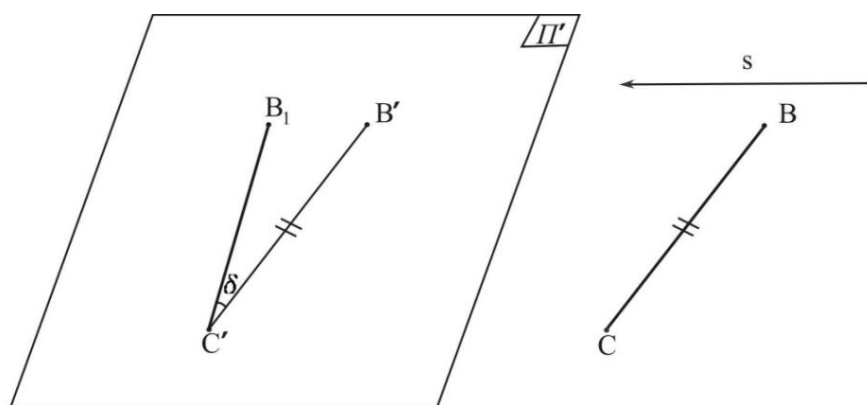


Рис. 11. Определение длины ортогональной проекции

Свойства прямоугольных проекций:

1. Проекция точки есть точка;
2. Проекция прямой есть прямая, но если направление прямой совпадает с направлением проекции, такую прямую называют проецирующей, а ее проекция будет точка;
3. Проекции параллельных прямых параллельны между собой;
4. Проекции скрещивающихся прямых могут быть параллельны или пересекаться.
5. Плоские фигуры, параллельные плоскости проекции, проецируются на нее без искажения.

Метод прямоугольных проекций позволяет проецировать предметы на две и более взаимно перпендикулярные плоскости, проецирующими лучами, перпендикулярными к этим плоскостям.

Возьмем две взаимно перпендикулярные плоскости: Π_1 – горизонтальная, Π_2 – фронтальная. Линия пересечения данных плоскостей x будет являться осью проекции. На произвольном расстоянии от обеих плоскостей зададим точку A . Для построения ее проекции необходимо опустить перпендикуляры из точки A на горизонтальную и вертикальную плоскости Π_1 и Π_2 . Точки пересечения с данными плоскостями и будут являться проекциями точки A : A_1 – горизонтальная проекция, A_2 – вертикальная.

Расстояние от точки пространства A до пересечения с фронтальной плоскостью будет называться глубиной точки – AA_2 , а расстояние до горизонтальной плоскости – высотой точки – AA_1 (рис.12.)

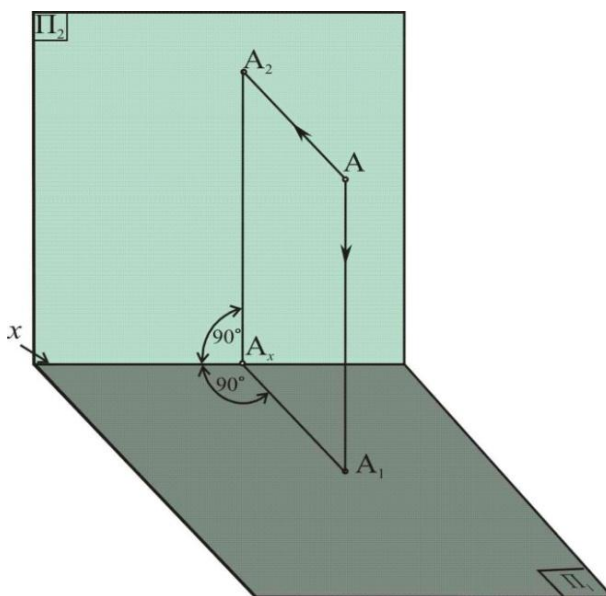


Рис.12. Пример проецирования точки на перпендикулярные плоскости

К преимуществам ортогонального проецирования относится простота построения проекций точек и сохранение форм и размеров проецируемых фигур, что обеспечивает доступность применения данного метода проецирования во всех отраслях промышленности.

Контрольные вопросы:

1. Суть метода линейной перспективы.
2. Что такое центр проекции?
3. Как проводятся проецирующие лучи и направление проецирования?
4. Метод параллельного проецирования.
5. Назовите различия между прямоугольной и косоугольной проекцией?
6. Свойства прямоугольных проекций.

3. ПРОЕКЦИЯ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ТОЧКА

Любой предмет представляется совокупностью точек, линий и поверхностей, расположенных в пространстве. Построение проекций следует начать с изображения наиболее простых элементов – точек.

Точка – объект в пространстве, обладающий координатами, но не имеющий размеров.

3.1. КООРДИНАТЫ ТОЧЕК И ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА

Из курса математики вам известно, что положение точки на плоскости можно задать с помощью двух чисел, которые называются координатами этой точки. Для этого, как известно, можно на плоскости провести две пересекающиеся взаимно перпендикулярные оси, например оси OX и OY . Точку пересечения осей называют началом координат, а сами оси – *координатными осями*.

Декартовы координаты на плоскости (x, y) определяется некоторой начальной точкой O и базисом из двух векторов, параллельных плоскости. Ось X направлена на восток, Y на север (в геодезии наоборот: ось X направлена на север, Y на восток). Координатами точки называется пара x, y , представляющая собой расстояния от начальной точки до этой точки, измеренные параллельно осям X, Y .

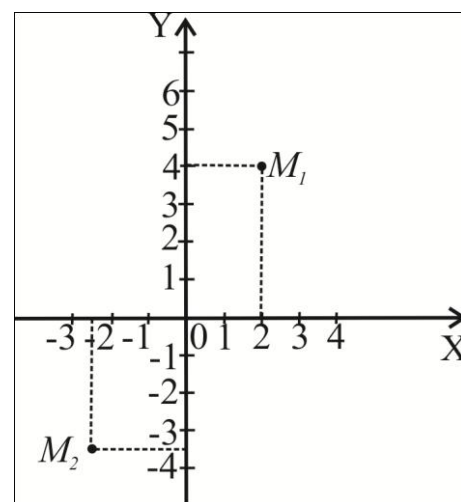


Рис.13

Координаты точки M_1 (рис.13) равны $x_1 = 2, y_1 = 4$; координаты точки M_2 равны $x_2 = -2,5, y_2 = -3,5$.

Если плоскости проекций Π_1 , Π_2 и Π_3 принять за координатные плоскости, то широта точки, равно как ее глубина и высота, могут быть измерены какой-либо единицей длины и выражены числами, которые носят название координат точки. Число, определяющее расстояние от точки M до плоскости Π_3 , называют *абсциссой* точки, расстояние до плоскости Π_2 – *ординатой* точки и расстояние до плоскости Π_1 – *апplikатой* точки. Координаты точки обозначают соответственно буквами x , y , z и записывают в следующем порядке: $M(4, 2, 4)$ (рис. 14 а). Ширина, глубина и высота точки определяются на комплексном чертеже расстояниями от проекций точки до соответствующих осей проекций. Следовательно, и координаты точки могут быть определены по ее комплексному чертежу (рис. 14 б): $x = OA_x = 4\text{ед.}$, $y = OA_{y1} = 2\text{ед.}$, $z = OA_z = 4\text{ед.}$

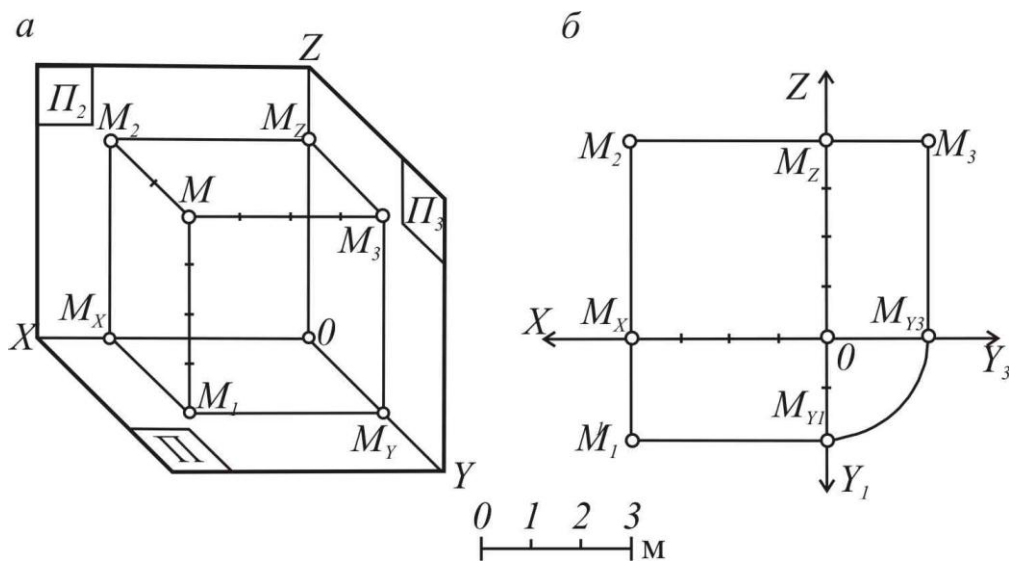


Рис. 14. Проецирования точек с числовыми отметками

Метод проецирования позволяет строить изображение по заданному объекту, но наряду с этим возникает необходимость в определении натурального объекта по его проекционному изображению, т.е. обратная задача.

Если мы имеем изображение предмета, выполненное в центральной или параллельной проекции, то очевидно, что по такому изображению не-

возможно определить натуральные формы и размер объекта, т. е. чертеж не обладает свойством «обратимости».

Чем необходимо дополнить проекционный чертеж, чтобы сделать его «обратимым»?

Один из таких способов называется «проекция с числовыми (высотными) отметками».

Положение точки в пространстве по отношению к плоскости проекций будет точно определено, если наряду с проекцией точки будет задана также высота точки, т.е. ее расстояние от плоскости проекции.

3.2. ПРОЕКЦИЯ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧЕК НА ПЛАНЕ

Метод проекций с числовыми отметками появился в середине XVI века, когда стало необходимым отмечать глубины мест на морских картах. С помощью этого метода изображается рельеф местности, нанесенные на нем дороги, а также решаются многие задачи на пересечение откосов местности, проектирование горных выработок и другие.

В прямоугольных проекциях изображение предмета прямоугольно проецируют только на одну горизонтально расположенную плоскость проекций P_0 , называемую плоскостью нулевого уровня (или «нулевой»). На чертеже в этом случае отображаются только два его измерения: длина и ширина.

Третье измерение – высота изображаемого предмета – выражается числами, показывающие превышение точки, т.е. на какое расстояние точки объекта удалены от плоскости проекции, обычно измеряется в метрах. Далее эти числа называем *числовыми отметками*, которые наносят на чертеже около проецируемых точек, например A_6 .

Этот метод применяется при составлении топографических карт, проектировании дорог, карьеров, шахт, гидротехнических сооружений. Плос-

кость проекции Π_0 , относительно которой ориентируют точки пространства, называют *основной плоскостью* или *плоскостью нулевого уровня*, за эту плоскость принимают уровень воды моря и океана (*альтиту́да*). В Российской Федерации принята балтийская система абсолютных высот, отсчет которой ведется от ноля футштока в Кронштадте. Ноль Кронштадтского футштока представляет собой многолетний средний уровень Балтийского моря. Система высот по данному исходному пункту создавалась при помощи наземных геодезических измерений, методами нивелирования.

Иногда прибегают к помощи условного уровня, так, например, в горной промышленности за плоскость нулевого уровня принимают устье шахтного ствола, в этом случае отметки точек являются относительными или условными. При этом если точка находится выше плоскости нулевого уровня, ее числовая отметка считается положительной (знак «+» не ставят), а если ниже, то перед значением числовой отметки ставится знак «-». Чертежи с числовыми отметками называют планами. На планах необходимо вычерчивать линейный масштаб, а иногда масштаб уклонов, которыми пользуются при решении конкретных задач.

На *рис.15, а* изображены точки N , M и C . Основания перпендикуляров, опущенных из этих точек на плоскость Π_0 , являются проекциями точек на эту плоскость. Проекция каждой точки определяется двумя координатами точки в пространстве: по оси x и по оси y . Третья координата по оси z является высотой точки и определяется числовой отметкой. Точка N находится над плоскостью Π_0 и отстоит от нее на расстоянии 3 ед. длины. Точка M находится под плоскостью Π_0 на расстоянии 2 ед. длины. Эти числа указаны около про-



екций точек N и M . Точки с отрицательными числовыми отметками, расположены ниже плоскости Π_0 (M_{-2}). Точка C , имеющая нулевую отметку (C_0), соответственно принадлежит плоскости Π_0 . На *рис. 15, б* дан план, на котором показаны проекции точек N , M и C с их числовыми отметками. Чтобы по проекциям с числовыми отметками определить положение точек в пространстве, достаточно из каждой проекции восстановить перпендикуляры и на них отложить в заданном масштабе указанное число единиц в направлении соответствующем знаку отметки.

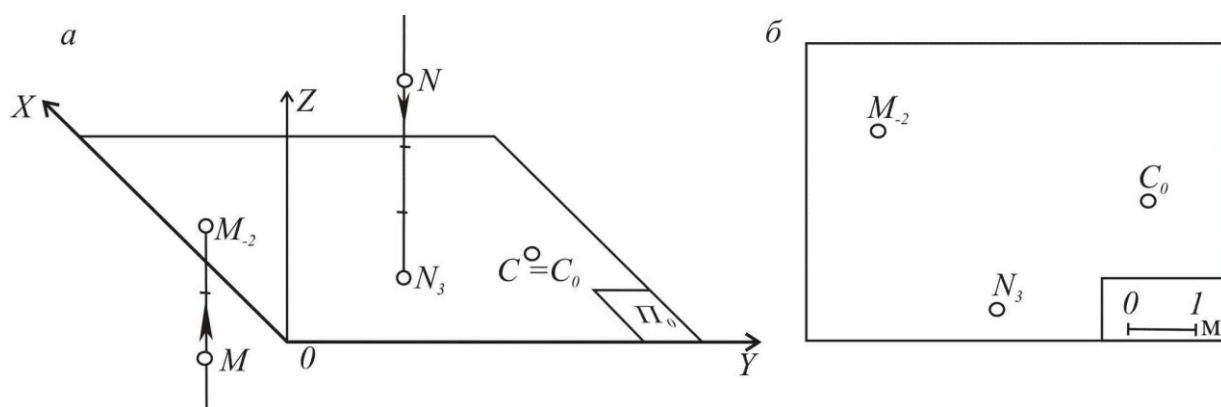


Рис. 15. Проекции точек с высотными отметками на плоскость нулевого уровня

При использовании проекций с числовыми отметками редко проставляются размеры, это заменяется указанием масштаба чертежа, который задается графически или соотношением. В определенных случаях для полного представления объекта строятся профильные изображения, примером проецирования на вертикальную плоскость является составление разрезов участков земной коры.

Следовательно, для задания точек по методу проекций с числовыми отметками необходимо помимо числовых отметок проецируемых точек задать масштаб или указать, в каких линейных единицах выражены заданные числовые отметки. Положение плоскости условного нулевого уровня может быть изменено параллельно самой себе. При этом числовые отметки заданных точек будут изменяться на ту величину, на которую будет перемещена плоскость.

3.3. КОНКУРИРУЮЩИЕ ТОЧКИ

Методом конкурирующих точек пользуются при определении видимости элементов пересекающихся геометрических фигур. Две точки в пространстве могут расположиться по-разному. Иногда они могут быть расположены так, что проекции их на плоскости проекций совпадут, такие точки называются конкурирующими точками. Точки, расположенные на одной проецирующей прямой называют *конкурирующими*.

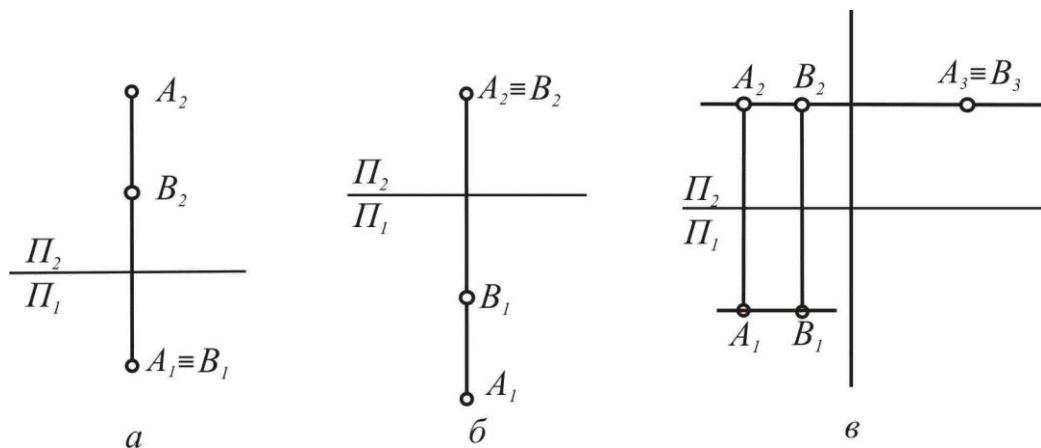


Рис. 16. Проецирование конкурирующих точек на плоскости проекции

На рис. 16, а представлен комплексный чертеж точек А и В. Они находятся так, что проекции их совпадают на плоскости Π_1 ($A_1 \equiv B_1$). Такие точки назовем горизонтально конкурирующими.

Если проекции точек А и В совпадут на плоскости Π_2 (рис. 16, б), они назовутся фронтально конкурирующими точками.

Если проекции точек А и В совпадут на плоскости Π_3 ($A_3 \equiv B_3$) (рис. 16, в), они назовутся профильно конкурирующими точками.

По конкурирующим точкам определяют видимость ребер на чертеже. У горизонтально конкурирующих будет видима та, у которой больше высота, у фронтально конкурирующих точек – та, у которой больше глубина, и у профильно конкурирующих точек – та, у которой больше широта.

Контрольные вопросы:

1. Что такое точка?
2. Назовите известные вам координатные оси.
3. Чем характерна декартова система координат?
4. Свойство «обратимости» чертежа (обратная задача).
5. Что такое числовые отметки?
6. Дайте понятие основной плоскости или плоскости нулевого уровня.
7. Что такое конкурирующие точки?

4. ПРОЕКЦИЯ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ПРЯМАЯ

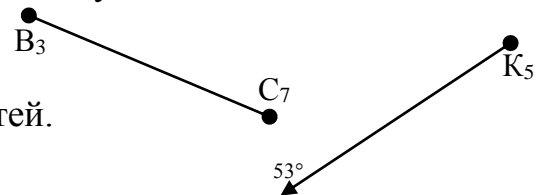
Прямая – это сама простая геометрическая фигура, которая не имеет ни начала, ни конца. Точки прямой нельзя изобразить на чертеже, так как она бесконечна.

Прямая линия в системе плоскостей проекций занимает определенное положение. Прямая может располагаться относительно плоскостей проекций произвольно или занимать некоторое частное положение – быть параллельной, перпендикулярной или принадлежать какой-либо плоскости проекций.

Прямая линия является составной частью чертежей, графических моделей геологических и горных объектов.

На чертеже, прямая может быть задана:

- проекциями с числовыми отметками двух точек и более точек;
- проекцией одной точкой с числовой отметкой, направлением горизонтальной проекции этой прямой и углом ее наклона к плоскости нулевого уровня;
- линией пересечения двух плоскостей.



4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЯМЫХ

В основу классификации прямых берется их расположение в пространстве относительно плоскости проекции (Π_1 , Π_2 , Π_3) и выделяется три вида:

- прямые общего положения,
- частного положений (прямые уровня),
- проецирующие прямые.

Прямая общего положения – это прямая не параллельная и не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций.

На рис. 17 изображены проекции прямой n (прямой общего положения), не параллельной и не перпендикулярной к плоскостям проекций. Проекции отрезка прямой n меньше его истинной длины: $A_1B_1 < AB$; $A_2B_2 < AB$.

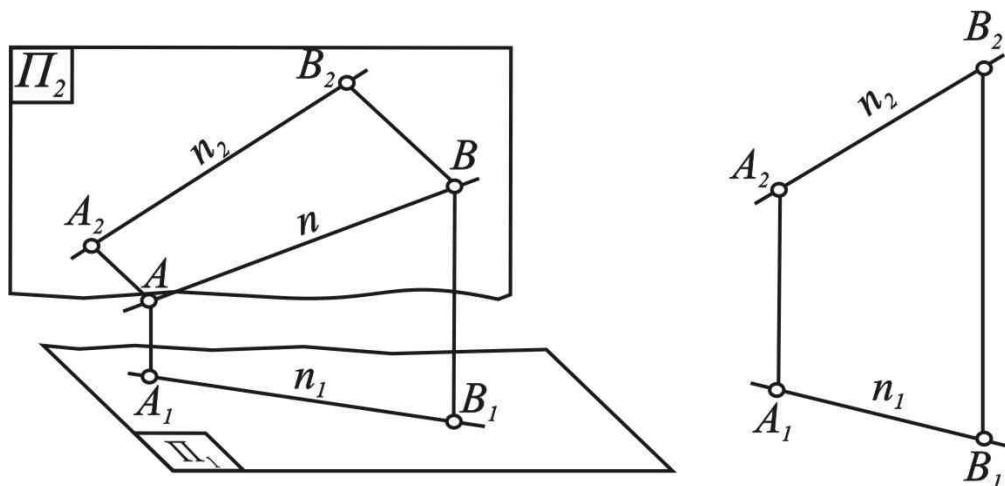


Рис. 17 Проекция прямой общего положения

Прямые частного положения или прямые уровня. К прямым частного положения относятся прямые, параллельные одной или двум плоскостям проекций. Любую линию (прямую или кривую), параллельную плоскости проекций, называют линией уровня. В инженерной графике различают три основные линии уровня: *горизонталь*, *фронталь* и *профильная линии*.

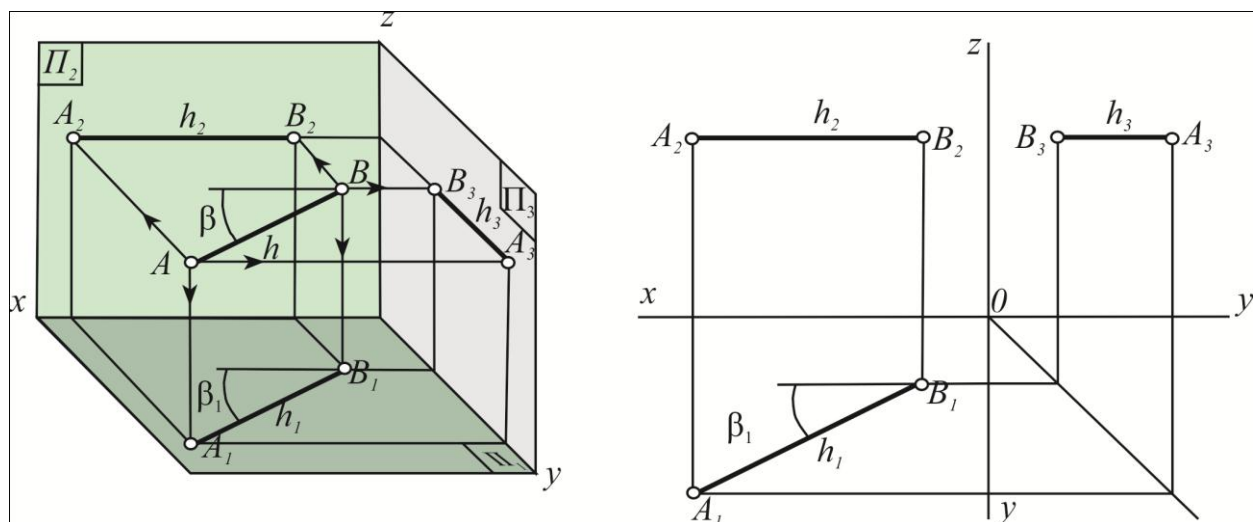


Рис.18 Пример построения проекция горизонтальной прямой

- *Горизонтальной прямой или горизонталью* – h называют любую линию, параллельную горизонтальной плоскости проекций $AB \parallel \Pi_1$ (рис.18). Все точки этой прямой имеют одну и ту же высоту, следовательно, ее фронтальная проекция h_2 параллельна оси x : (перпендикулярна к вертикальной линии связи).

Угол λ , образованный горизонтальной проекцией h_1 и осью x , является углом наклона прямой к фронтальной плоскости проекций. Любой отрезок горизонтали на горизонтальную плоскость проекций проецируется в истинную величину (без искажения). Горизонтальная проекция отрезка AB , принадлежащего этой прямой, равна его истинной длине: $A_1B_1 = AB$.

- Прямая параллельная фронтальной плоскости проекций $AB \parallel \Pi_2$ является *фронтальной прямой или фронталью* – f . Так как точки данной прямой имеют одну и ту же глубину, поэтому, ее проекция параллельна оси x (рис.19).

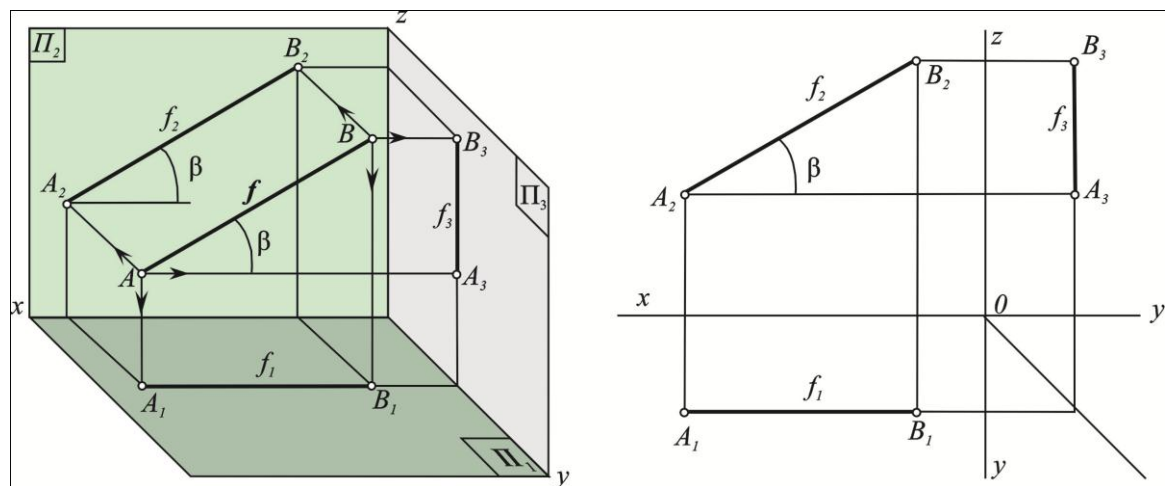


Рис.19 Пример построения проекция фронтальной прямой

Фронтальная проекция какого-либо отрезка, принадлежащего прямой равна его истинной длине. Угол между фронтальной проекцией и осью x , определяет угол наклона прямой к горизонтальной плоскости проекции (β).

- *Профильными прямыми (р)* называются прямые параллельные профильной плоскости проекции ($AB \parallel \Pi_3$). Различают *восходящую* и *нисходящую* профильные прямые (рис. 20). Первая по мере удаления от зрителя поднимает

ется, вторая – понижается, на рис.20 соответственно показана восходящая профильная прямая.

Профильные прямые могут иметь наклон как к вертикальной (угол λ), так и к горизонтальной (угол β) плоскости проекции. Любой отрезок профильной линии (прямой) проецируется на профильную плоскость в истинную величину. На эту же плоскость проецируются в истинную величину и углы наклона профильной прямой к плоскостям проекций Π_1 и Π_2 (рис. 20).

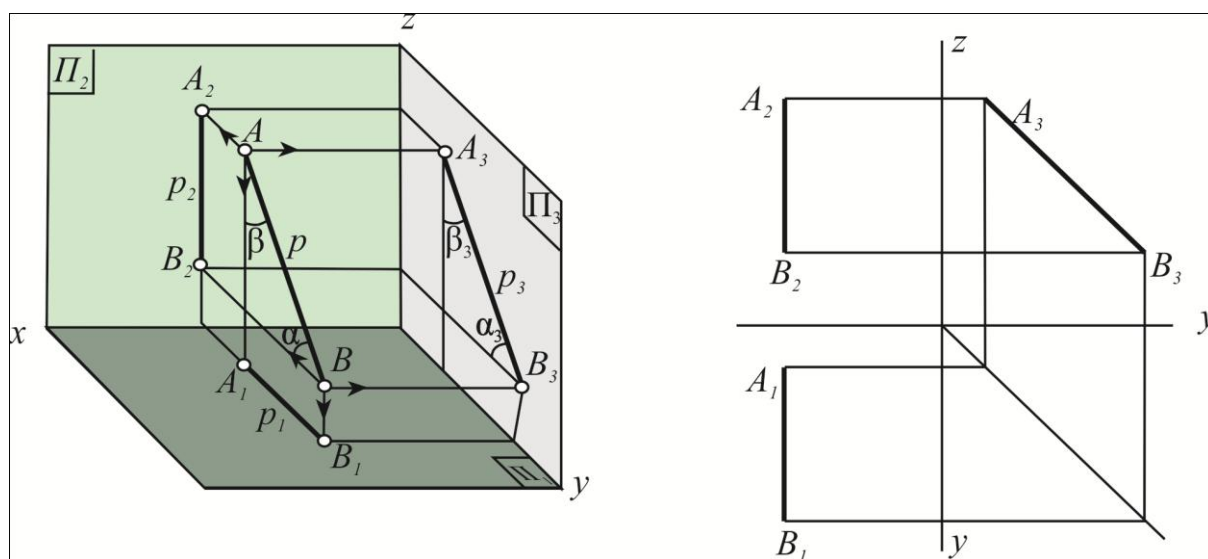


Рис.20 Пример построения проекция профильной прямой

При задании профильной прямой на комплексном чертеже нужно обязательно указать две точки этой прямой.

Проецирующими прямыми называют прямые перпендикулярные одной из плоскостей проекций.

Среди проецирующих прямых выделяют: горизонтально-проецирующие ($AB \perp \Pi_1$), фронтально-проецирующие ($CD \perp \Pi_2$) и профильно-проецирующие ($TN \perp \Pi_3$).

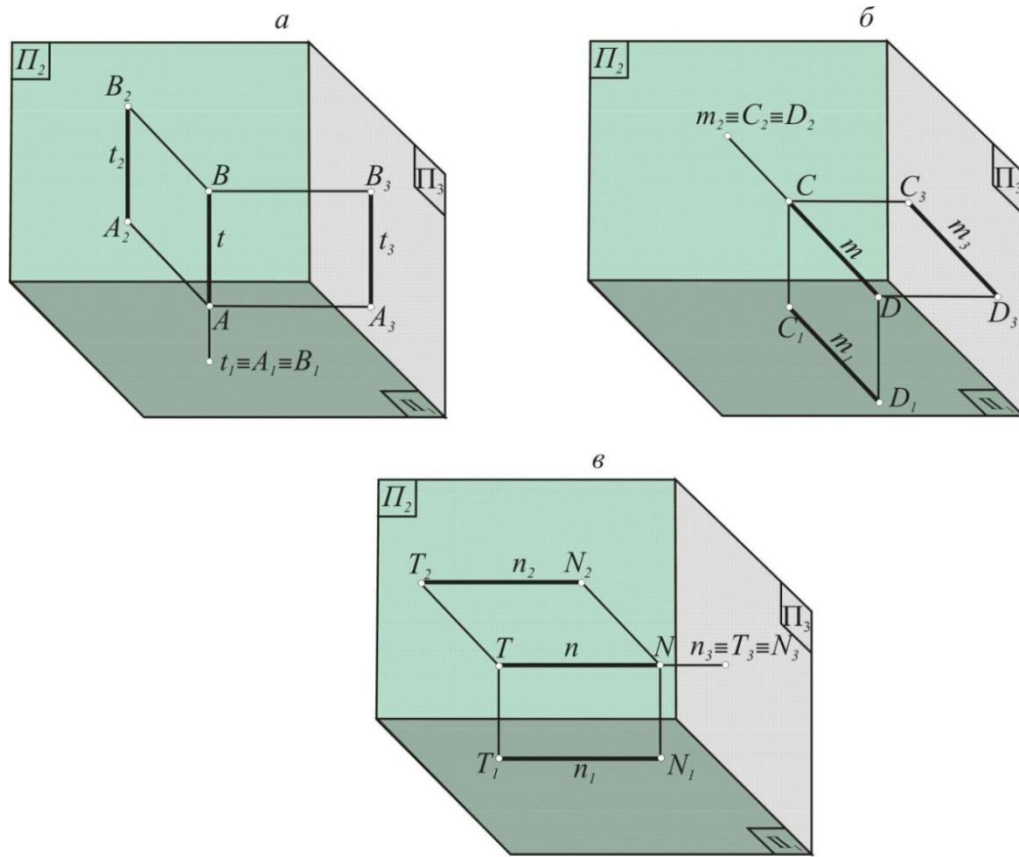


Рис. 21 Виды проецирующих прямых

На рис. 21а, б, в изображена горизонтально-проецирующая прямая t , перпендикулярная к горизонтальной плоскости проекций. Горизонтальная проекция прямой t вырождается в точку, фронтальная совпадает с линией вертикальной связи. Прямая m , перпендикулярная к фронтальной плоскости проекций, носит название фронтально проецирующей прямой. Фронтальная проекция прямой m вырождается в точку, горизонтальная – совпадает с линией вертикальной связи. Прямая n , перпендикулярная профильной плоскости проекции называется профильно-проецирующей. Названия прямых определяют плоскости к которым они перпендикулярны.

Соответственно проекция проецирующей прямой на плоскость проекций, к которой она перпендикулярна (одноименная плоскость), является точка, на две другие плоскости прямая проецируется в истинную величину (рис. 21).

Одноименные проекции точек, принадлежащих этим прямым, совпадут с проекциями самих прямых: $t_1 \equiv A_1 \equiv B_1$, $m_2 \equiv C_2 \equiv D_2$, $n_3 \equiv T_3 \equiv N_3$. Такие точки принято называть *конкурирующими*. Точки A и B , принадлежащие горизонтально проецирующей прямой t , называются горизонтально конкурирующими, точки C и D , принадлежащие фронтально проецирующей прямой m – фронтально конкурирующими. Точки T и N , принадлежащие профильно-проецирующей прямой n , называются профильно-конкурирующими.

4.2. СЛЕДЫ ПРЯМОЙ НА ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИИ

Отрезок прямой общего положения всегда может быть продолжен до пересечения с плоскостью проекции, такие точки пересечения называются *следами плоскости*. В зависимости от того, какую плоскость проекций пересекает прямая, различают горизонтальный, фронтальный и профильный след прямой. Прямые, занимающие общее положение, могут иметь три следа прямой (так как пересекают все плоскости проекции под углом не равным 90°), линии уровня – два, а проецирующие прямые – один.

Точка $M (M_1, M_2)$ пересечения прямой BA с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 называется *горизонтальным следом прямой*. Точка $N (N_2, N_1)$ пересечения прямой AB с фронтальной плоскостью проекций Π_2 называется *фронтальным следом прямой* (рис. 22).

Чтобы построить горизонтальный след M прямой, необходимо:

1. продолжить фронтальную проекцию B_2A_2 до пересечения с осью проекций x в точке M_2 ;
2. провести через эту точку вертикальную линию связи;
3. продолжить горизонтальную проекцию B_1A_1 прямой до пересечения с этой линией связи в точке M_1 (рис. 22, б).

Для того чтобы построить фронтальный след N прямой надо:

1. продолжить горизонтальную проекцию A_1B_1 до пересечения с осью проекций x в точке N_1 ;
2. через эту точку провести вертикальную линию связи;
3. фронтальную проекцию A_2B_2 продолжить до пересечения с этой линией связи в точке N_2 .

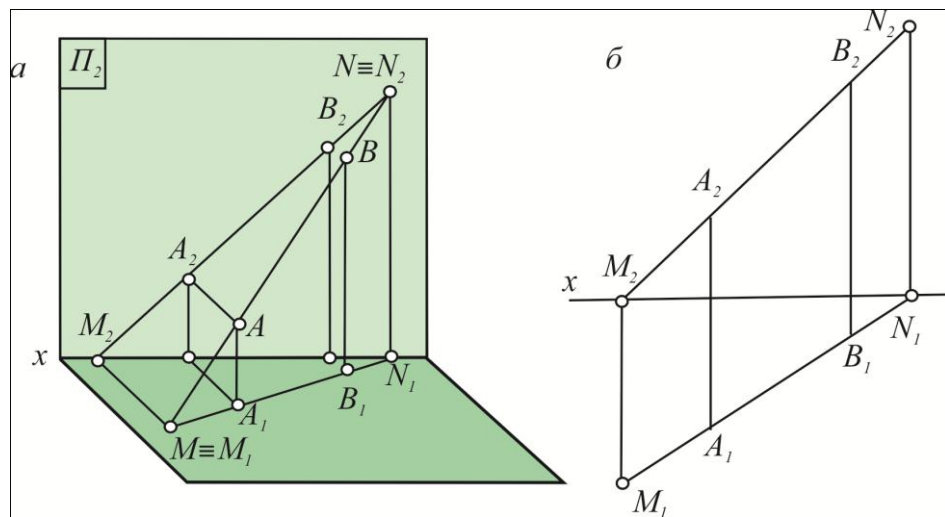


Рис. 22 Построение следов прямой

4.3. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПРЯМЫХ НА ПЛАНЕ

Кроме приведенной выше классификации прямых относительно плоскости проекции выделяют: наклонные, вертикальные и горизонтальные прямые.

Наклонная прямая (n) не принадлежит, не параллельна и не перпендикулярна плоскости проекции (рис. 23). Наклонная прямая может быть определена:

- проекциями двух точек – $n (F_1 D_4)$ (рис. 23.б). На плане проекция отрезка наклонной прямой меньше его наклонной длины: $|F_1 D_4| < |F D|$.
- проекцией точки D и элементами залегания прямой: *направлением наклона* ($\angle\alpha$), на плане показано стрелкой и *величиной угла наклона* к горизонтальной плоскости проекции Π_0 ($\angle\beta$) (рис. 23.в)

Определитель прямой - это совокупность условий, необходимых для ее задания, (будем задавать его в скобках) На рис. 23, б, в прямая n задана на плане обоими указанными способами.

У наклонной прямой различают два направления: направление *падения* и противоположное ему направление *восстания*. Каждое из направлений с северным направлением меридиана составляет на плане угол, который носит название азимута. Угол α (азимут) отсчитывают по ходу часовой стрелки (рис. 23.в). В горно-геологической практике используется задание прямой ее элементами залегания: точкой, азимутом падения и углом наклона прямой к плоскости проекций, который носит название угла падения прямой.

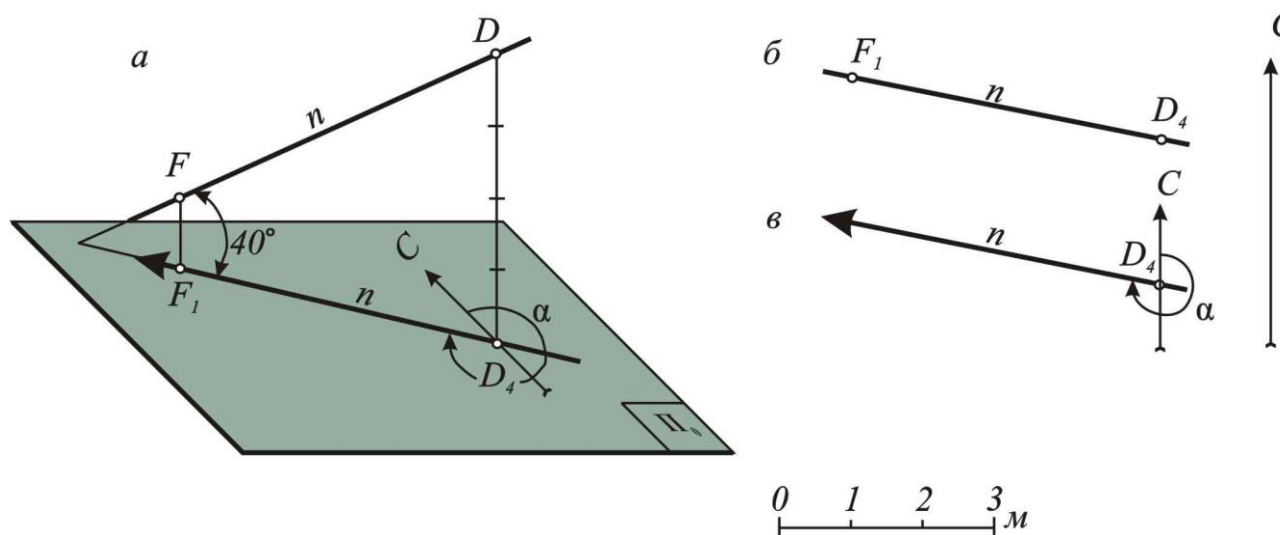


Рис. 23. Определение азимута падения прямой

Азимут падения $\angle\alpha$ – это правый плоский угол, составленный на плане северным направлением меридиана и направлением падения (в сторону уменьшения числовых отметок) прямой. Определитель прямой записывается в следующем порядке $n (D_4 \text{ аз. пд. СЗ } 328^\circ \angle 40^\circ)$. Кроме угловой величины азимута указывают и азимутальную четверть (СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ), в которой этот угол находится. На плане проекция отрезка прямой (заложение) всегда меньше его наклонной (истинной) длины.

Угол падения (или восстания) $\angle\beta$ – определяется вертикальным углом, образованным прямой и ее прямоугольной проекцией на плоскость Π_0 , т.е. показывает наклон прямой к плоскости проекции. На плане направление падения прямой указывается стрелкой, возле которой пишется величина угла падения.

Горизонтальная прямая – это прямая $h (A_2B_2)$ параллельна горизонтальной плоскости проекций (рис. 24, а). Горизонтальная прямая проходит через точки, расположенные на одной и той же высоте. Поэтому на чертеже (рис. 24, б) такую прямую можно задать проекцией с указанием высоты, на которой она проходит, – h_3 .

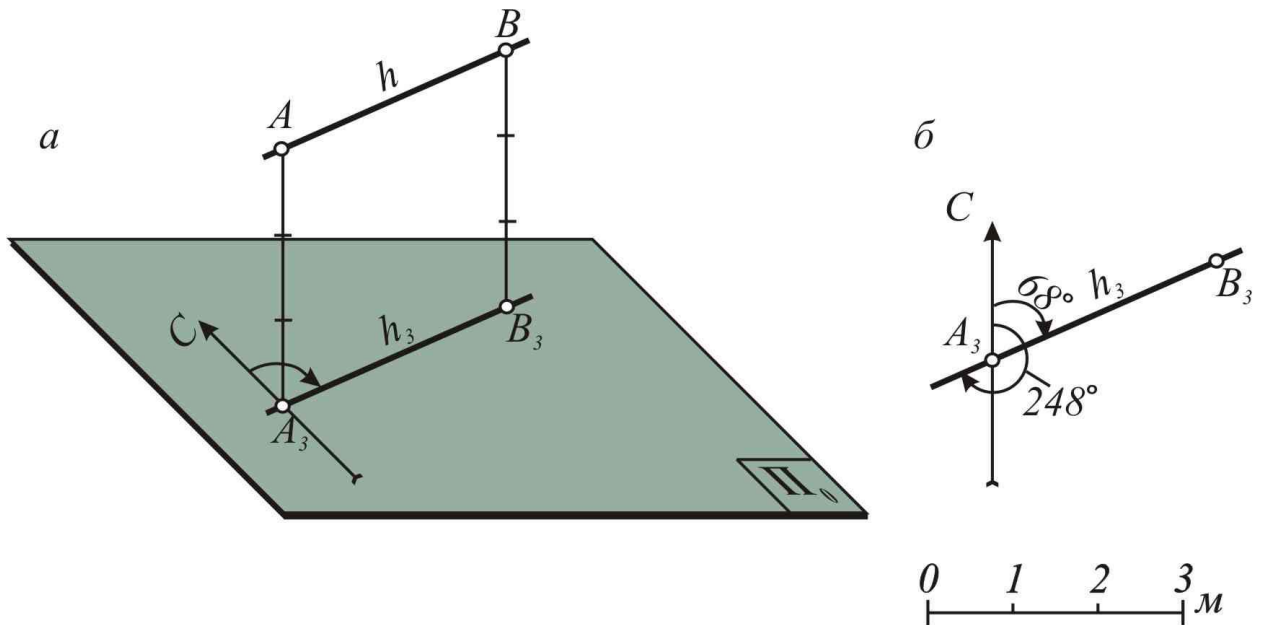


Рис. 24. Определение азимута простираия горизонтальной прямой

У горизонтальной прямой различают два направления, которые носят название направлений простираия. На плане с северным направлением меридиана они составляют углы, которые называют азимутом простираия. **Азимут простираия (γ)**– это правый угол, составленный на плане северным направлением меридиана и одним из направлений простираия прямой. Второе направление простираия образует азимут, величина которого больше первого на 180° . Определитель горизонтальной прямой записывается в сле-

дующем порядке: $h (A_3 \text{ аз. пр. } \frac{CB 68^\circ}{ЮЗ 248^\circ})$. Отрезок горизонтальной прямой проецируется без искажения: $|A_3B_3| = |AB|$, так как $\beta = 0^\circ$, $\cos 0^\circ = 1$.

Так как отрезки горизонтальных прямых параллельны плоскости Π_0 , то истинная длина такой прямой будет совпадать с длиной ее проекции.

Вертикальная прямая ($f (F_1N_4)$)– это прямая перпендикулярная к плоскости проекции. Проекция вертикальной прямой на плане вырождается в точку (рис. 25). Проекция точек F и N , принадлежащих вертикальной прямой, совпадают: $F_1 \equiv N_4$. Точки, проекции которых на плане совпадают, называют *конкурирующими*.

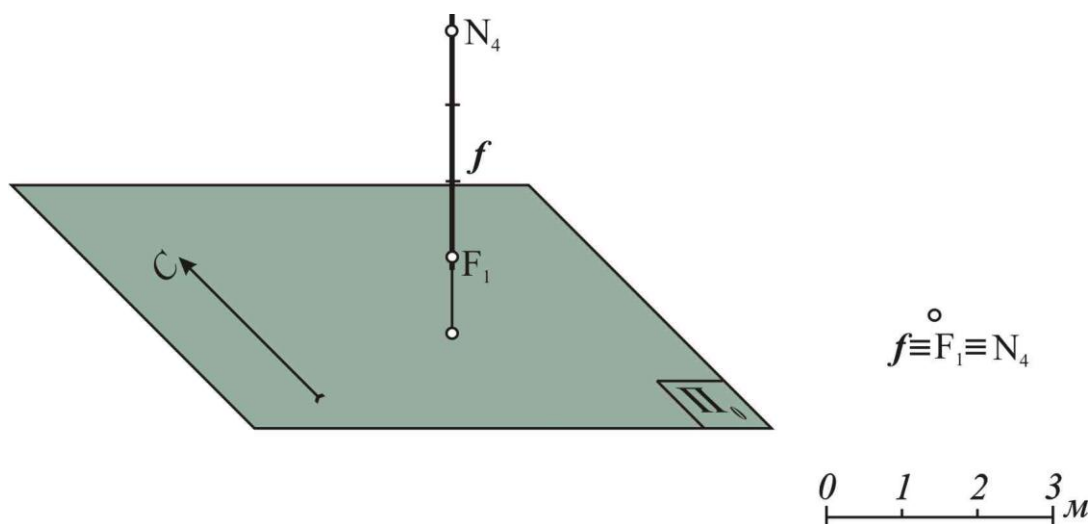


Рис.25. Проекция вертикальной прямой

Истинную длину отрезка вертикальной прямой можно определить аналитически как разность числовых отметок его концов: $|NM| = 4 - 1 = 3$ м.

4.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ДЛИНЫ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ И УГЛА НАКЛОНА ПРЯМОЙ К ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИИ

Для определения истинной длины прямой m и угла наклона прямой к плоскости проекции, необходимо построить ее профиль (рис. 26). Для этого через прямую проводим вспомогательную вертикальную плоскость Δ (плос-

кость профиля прямой). Плоскость профиля совмещают с плоскостью чертежа, построенная проекция отрезка (*профиль отрезка*) равна его истинной длине. Угол β образованный горизонталью и профилем отрезка будет являться углом падения прямой m .

Для построения профиля:

1) на свободном месте чертежа наносят линию вертикального масштаба;
2) на произвольно выбранном горизонте отмечаем положение горизонтальных проекций заданных точек A и B , в нашем случае основания точек показаны на плоскости Π_0 ;

3) через основания точек проводим линии вертикальной связи до пересечения их с горизонтами 1 и 3 в точках A и B . Точки A и B определяют профиль прямой m . Угол β , составленный профилем прямой m и линией горизонта, определяет наклон прямой к плоскости проекций, $\beta = 28^\circ$. Отрезок AB определяет истинное расстояние между точками A и B , $L_{\text{ист}}=5\text{м}$.

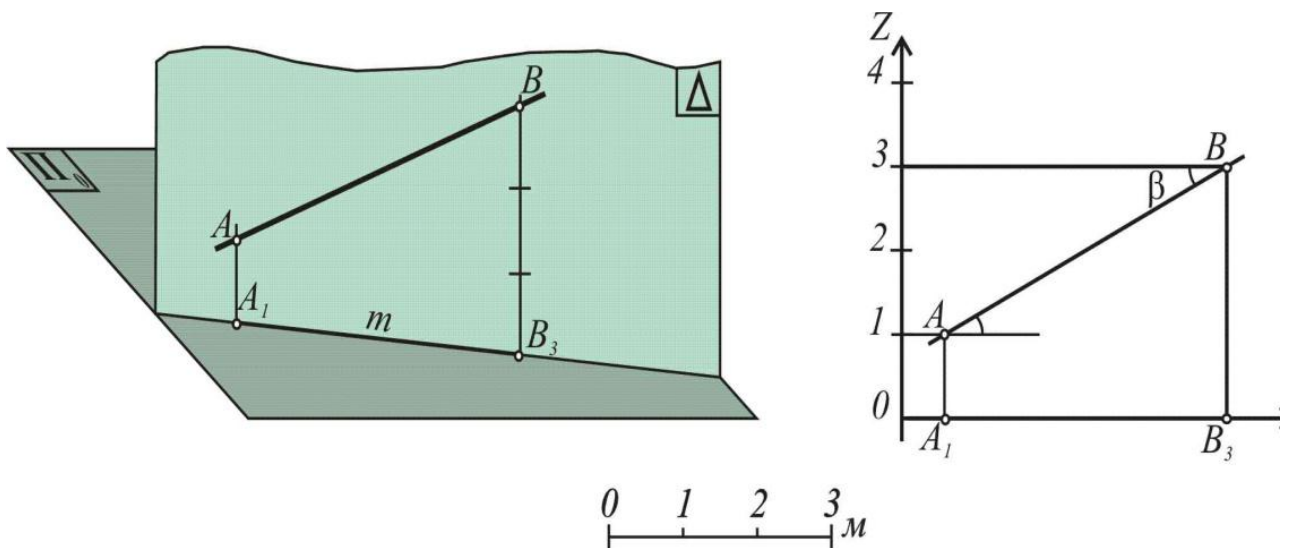


Рис. 26. Определение угла падения прямой

При решении горно-геологических задач построенное нами изображение будет носить название: профиль разреза, выполненный плоскостью Δ по направлению прямой m .

4.5. ЗАЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ

Если прямая задается проекциями двух точек, то данная проекция (M_4N_1) соответствует определенному положению прямой в пространстве. Угол между отрезком прямой MN и его проекцией является углом наклона β к плоскости Π_0 (рис. 27, а).

Величина проекции отрезка прямой на горизонтальную плоскость, измеряемая в единицах масштаба, называется *заложением* (L), у вертикальной прямой заложение равно 0, у горизонтальных прямых оно равно ∞ .

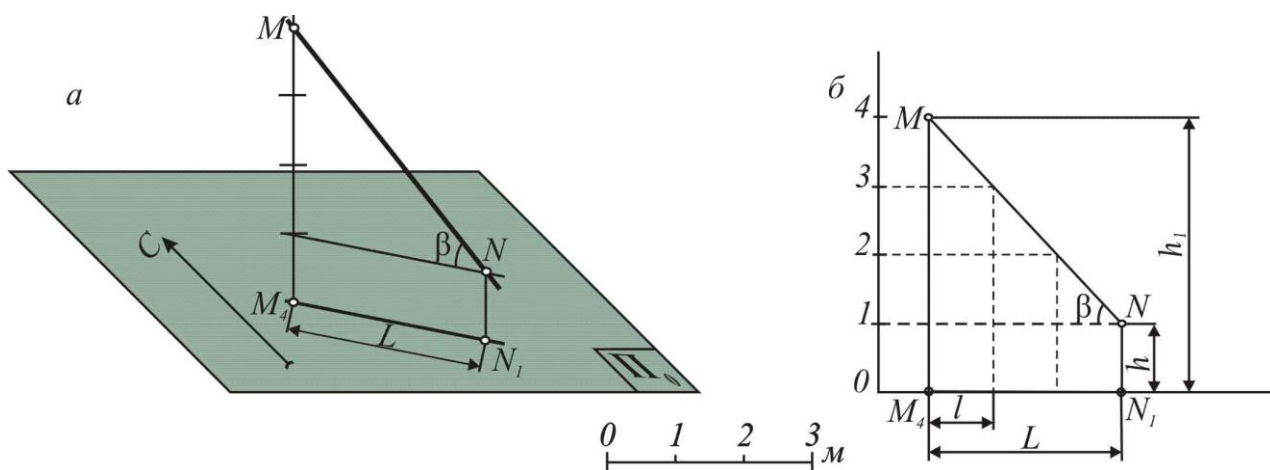


Рис. 27. Определение заложения прямой

Расстояние между соседними точками горизонтальной проекции, разность высотных отметок которых равна единице масштаба, называется *интервалом заложения* прямой и обозначается буквой l . Интервал прямой на всем ее протяжении остается постоянным.

Наклон прямой к основной плоскости проекции может быть выражен не только значением угла падения, но и уклоном прямой i . Величину обратную интервалу заложения называют уклоном прямой. Отношение разности высотных отметок концов отрезка прямой к его заложению называется уклоном i :

$$i = \frac{h_A - h_B}{L} = \operatorname{tg} \beta, \text{ где } h \text{ – разность числовых отметок.}$$

Уклон прямой равен тангенсу угла падения.

Горизонтальная проекция отрезка между двумя точками прямой, имеющими разность отметок в одну единицу, называется интервалом прямой l :

$$l = \frac{L}{h_A - h_B} = \operatorname{ctg} \beta = \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{1}{i}$$

т.е. величина наклона и интервала заложения прямой обратно пропорциональные друг другу.

Уклон прямой может быть задан отношением чисел (1:2, 1:3, ...) или в процентах (40%, 50%, ...). Такие уклоны задают для откосов выемок и насыпей. Уклон вдоль дороги и каналов задают в промилле, которые обозначаются знаком ‰. Промилле – одна тысячная часть числа или десятая часть процента. Таким образом, задать прямую линию на чертеже можно отметкой одной из точек, направлением и уклоном (или интервалом). Направление прямой показывается стрелкой в сторону понижения отметок.

Уклон и интервал заложения – это величины, характеризующие пространственное расположение относительно плоскости Π_0 только наклонных прямых.

4.6. ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ

Интервалом заложения пользуются при интерполировании (градуировании) проекции прямой линии. Определение на проекции прямой точек, отметки которых имеют постоянную разность (выражаются последовательными числами), называют *интерполированием прямой*, оно сводится к определению заложения прямой, соответствующего заданной высоте сечения. Проградуировать проекцию прямой значит определить на ней точки с постоянной разностью отметок, равной единице.

Интерполирование прямой линии на плане можно провести с помощью деления ее отрезка на равные части с помощью интервала заложения.

На рис. 28 показан способ интерполирования прямой m , которая задана на плане точкой A направлением и углом падения 35° . Заложение прямой, m определяют следующим образом:

Необходимо построить профиль прямой m - отрезок, пересекающий горизонтали масштаба заложения под углом 30° . Отрезок l будет являться заложением прямой m . Числовые отметки точек указываются с учетом направления падения прямой, в сторону направления падения числовые отметки уменьшаются, с сторону восстания – увеличиваются.

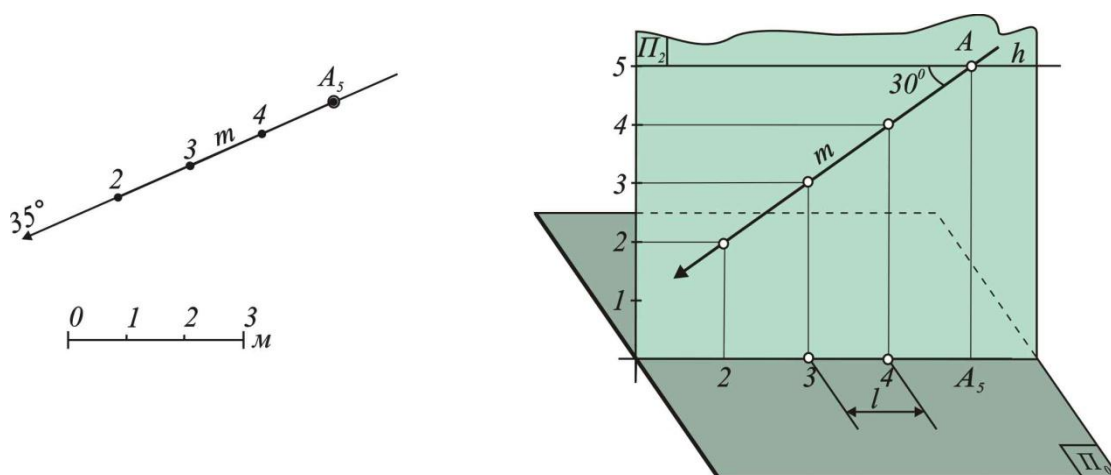


Рис. 28. Пример интерполирования прямой

Если есть возможность построить профиль кривой, то данным способом можно провести интерполяцию любой линии.

На рис. 29 показан пример интерполирования кривой, расположенной в вертикальной плоскости (плоскость профиля кривой), поэтому на плане она имеет вид прямой. На профиле кривой отмечены точки ее пересечения с горизонталями h_1, h_2, h_3, h_4 и h_5 . Пересечение профиля f с горизонталями определяют на проекции кривой точки, разность отметок которых соответствует заданной высоте сечения – 1 м. На рис. 29 видно, что заложение кривой является переменной величиной и зависит от кривизны линии. Чем больше угол падения на определенном участке кривой, тем меньше будет ее интервал заложения на соответствующем участке.

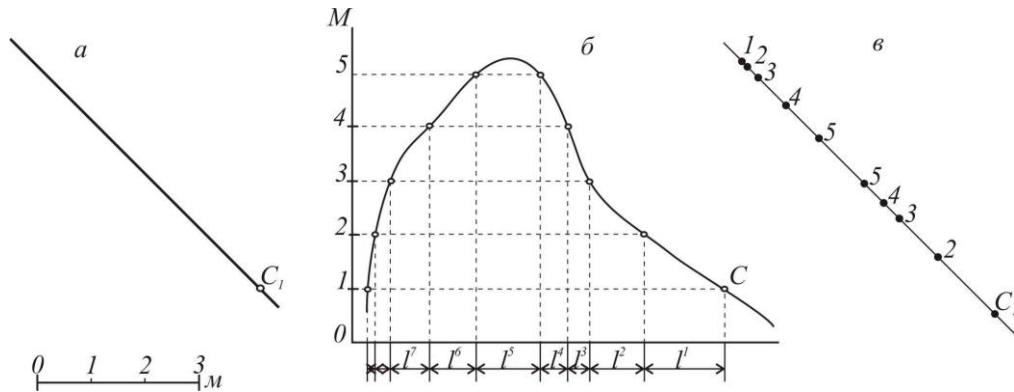


Рис. 29. Пример интерполирования кривой

4.7. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПРЯМЫХ ЛИНИЙ

Если есть две прямые l_1 и l_2 , то их взаимное расположение устанавливается на основании следующих признаков:

1. Прямые лежат в одной плоскости, но не имеют общих точек – *параллельные прямые*.
2. Прямые лежат в одной плоскости и имеют одну общую точку – *прямые пересекаются*.
3. Две прямые в пространстве не лежат в одной плоскости – называются *скрещивающимися* (не пересекаются и не параллельны).

Проекция **параллельных прямых** на любую плоскость (не перпендикулярную данным прямым) – параллельны. У параллельных прямых все проекции параллельны, но этого определения в проекциях с числовыми отметками недостаточно. Для того чтобы задать параллельные прямые по способу проекций с числовыми отметками, необходимо, чтобы их проекции были параллельны, интервалы или уклоны равны, а отметки возрастали в одном направлении (*рис 30*).

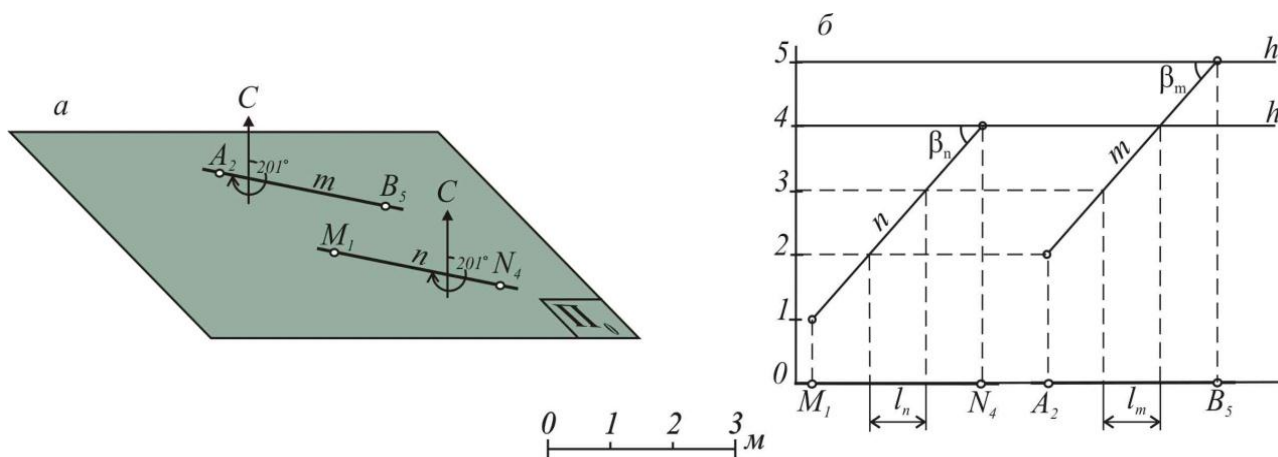


Рис. 30. Параллельные прямые

Мы можем утверждать, что прямые параллельны, если прямые имеют одинаковые элементы залегания, т.е.:

- Проекции прямых на плане параллельны: $m \parallel n$;
- Углы падения равны: $\angle \beta_m \parallel \angle \beta_n$;
- Интервалы заложений равны: $l_m = l_n$;
- Направления падения совпадают: пад. \Rightarrow

Параллельные прямые могут быть заданы при помощи двух начальных точек, направления прямых и уклона, который должен быть одинаковым для обеих прямых.

У **пересекающихся прямых** заложения пересекаются в точке, принадлежащей обеим прямым, то есть точки пересечения их одноименных проекций имеют одинаковую числовую отметку ($m \cap n = K_{3,5}$, так как $K_{3,5} \in m$; $K_{3,5} \in n$).

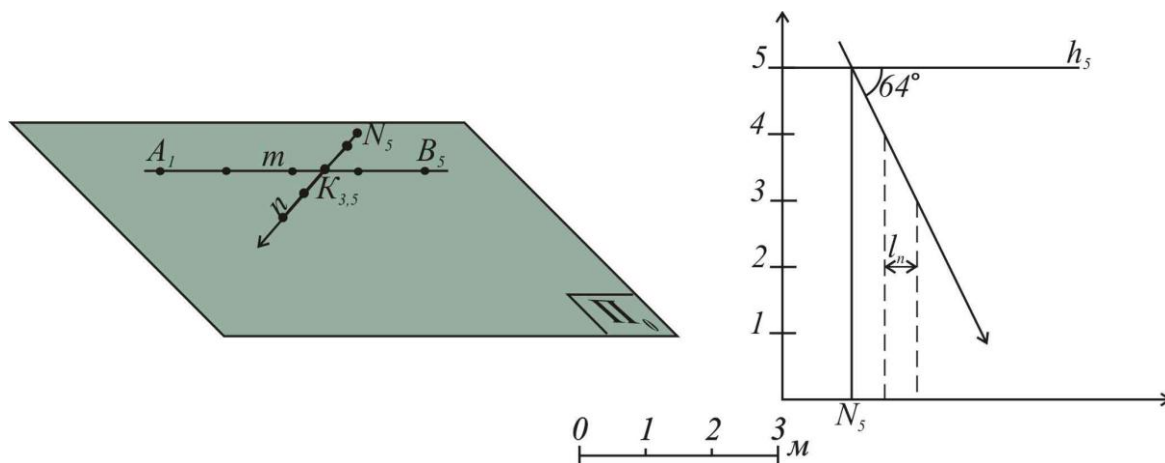


Рис. 31. Определение проекции точки пересечения прямых

Отметку точки пересечения определяют либо интерполированием прямой методом деления, либо построением их профилей.

На рис. 31 прямую m интерполируем делением отрезка A_1B_5 на четыре равные части, а прямую n с помощью построения профиля. Числовая отметка искомой точки K в обоих случаях будет равна 3,5 м.

Если прямые не параллельны и не имеют общих точек, то они являются **скрещивающимися**.

Существуют несколько вариантов представления скрещивающихся прямых общего положения на плане:

1. Точка наложения проекций двух прямых $a(A_2C_1)$ и $b(B_4N_2)$ имеет разные числовые отметки, данная точка является проекцией конкурирующих точек A и B , находящихся на одном проецирующем луче $A_2 \equiv B_4$ (рис.32,а).

2. Проекции прямых a и b параллельны, но углы наклона к плоскости нулевого уровня не равны, следовательно заложения их будут различны: $\angle\alpha_a \neq \angle\alpha_b$, $\angle\beta_a \neq \angle\beta_b$, $l_a \neq l_b$ (рис.32,б).

3. Проекции прямых a и b параллельны, углы падения и заложения равны, но направления падения различаются на 180° : $\angle\beta_a = \angle\beta_b$, $l_a = l_b$, $\angle\alpha_a \neq \angle\alpha_b$ (пад. \leftrightarrow). (рис.32,в).

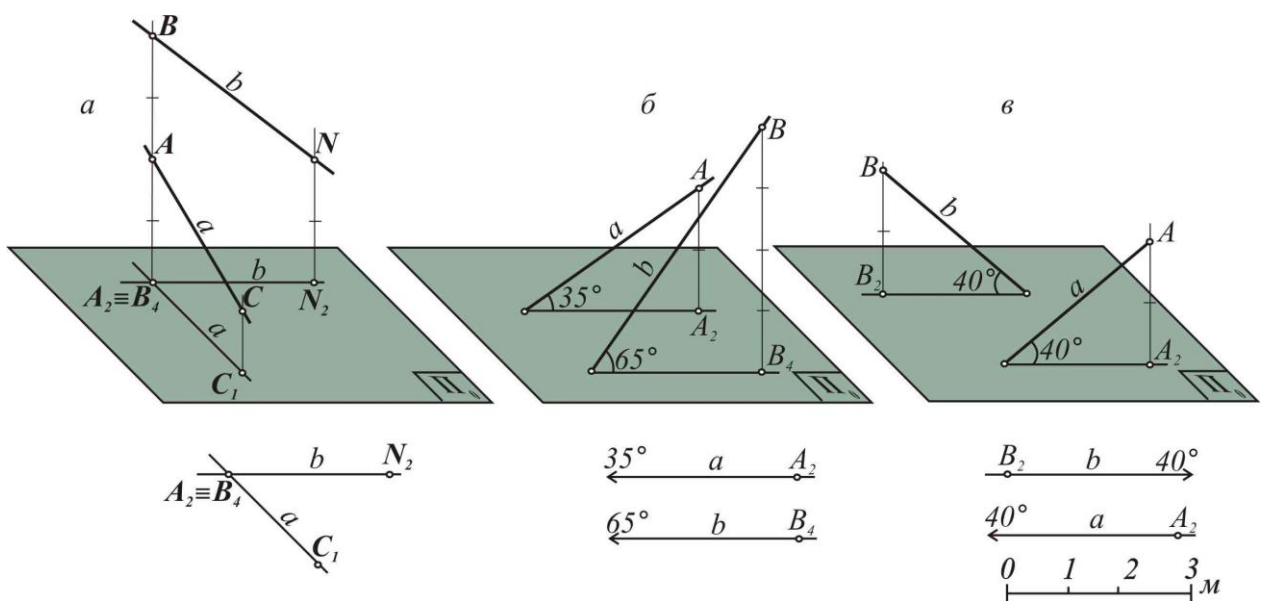


Рис. 32. Проекция скрещивающихся прямых

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение прямой и возможные способы задания прямой на плане.
2. Что такое «азимут прямой»?
3. Как измерить азимут прямой?
4. Классификация прямых?
5. Дайте определение уклона, заложения и интервала прямой.
6. Методы интерполирования (градуирования) прямых.
7. Как определяют натуральную величину заданного на плане отрезка прямой и угол его наклона к плоскости Π_0 ?
8. Назовите возможные случаи взаимного расположения двух прямых.
9. Что называют следами прямой на плоскость проекции?
10. Как могут располагаться в пространстве относительно друг друга прямые?
11. По какому признаку определяют параллельность прямых?
12. Назовите признаки пересекающихся и скрещивающихся прямых.

5. ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ПЛОСКОСТЬ

Плоскость безгранична и бесконечна, ее представляют как поверхность, имеющую на всем протяжении одинаковое направление (элементы залегания не изменяются).

На чертеже в виде плоскости можно представить элемент поверхности горных пород, рудных жил или геологических объектов, глубина которых значительно превышает их толщину.

5.1. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПЛОСКОСТИ

Положение плоскости на чертеже определяется проекциями тех элементов, которыми она определена в пространстве. Однозначно определить плоскости и изобразить ее на чертеже можно одним из следующих способов:

- тремя точками, не лежащими на одной прямой – плоскость $\mathcal{L}(ABC)$. Через три точки не лежащие на одной прямой можно провести плоскость и при том только одну (рис.33, а);
- прямой и точкой, не лежащей на этой прямой, – плоскость $\Sigma(a, C)$ (рис.33, б);

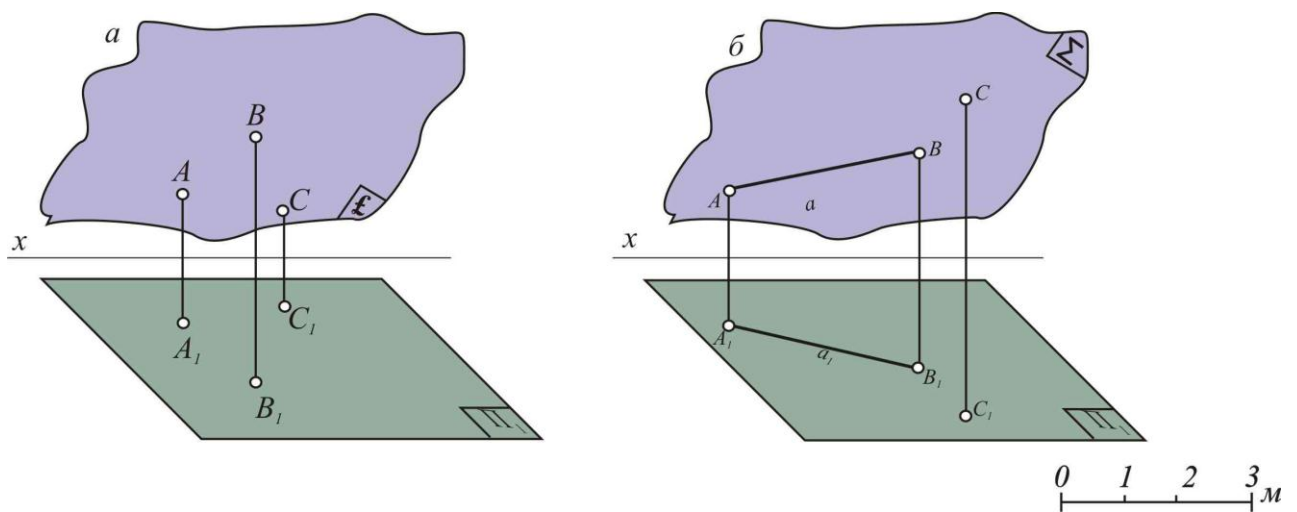


Рис. 33 Способы задания плоскости

- двумя пересекающимися прямыми, – плоскость $\Delta (a \cap b)$ (рис.34,а);

- двумя параллельными прямыми, – плоскость $\Sigma (a \parallel b)$ (рис.34,в);

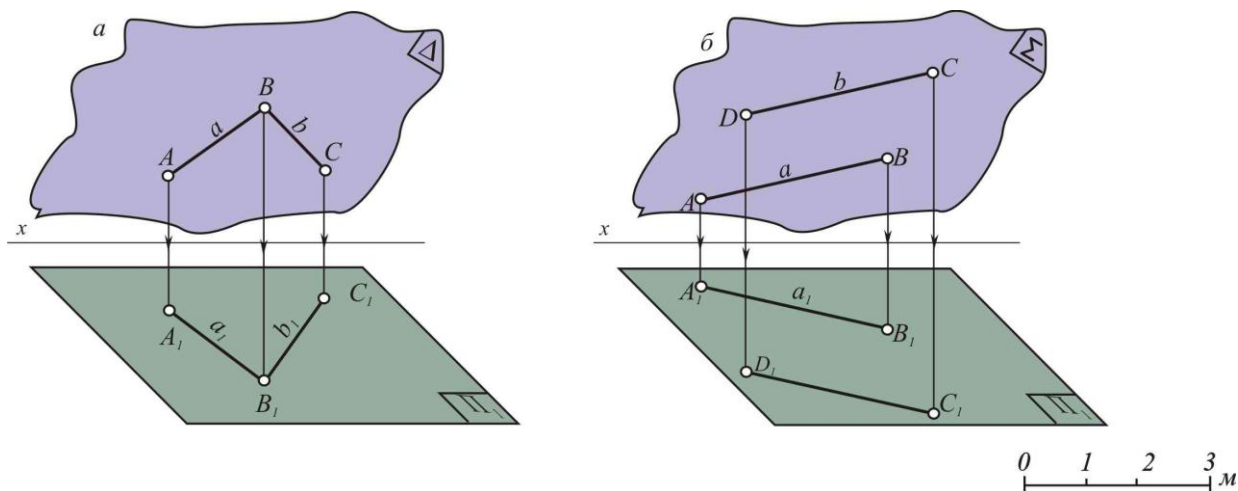


Рис. 34 Способы задания плоскости

- любой плоской фигурой, – плоскости $\Delta (ABC)$ (рис.35, а)
- следами плоскости, – $\xi (\mu_1, \mu_2)$. Следы плоскости – линии пересечения плоскости с плоскостями проекций, (рис.35, б). Линия пересечения плоскости ξ с горизонтальной плоскостью Π_1 называется горизонтальным следом плоскости $h^\xi = \xi \cap \Pi_1$, линия пересечения с фронтальной плоскостью Π_2 – фронтальным следом $f^\xi = \xi \cap \Pi_2$, линия пересечения с профильной плоскостью Π_3 – профильным следом плоскости $p^\xi = \xi \cap \Pi_3$.

Каждый след плоскости совпадает со своей одноименной проекцией, другая проекция следа лежит на оси проекций. Точки, в которых пересекаются (сходятся) два следа, называют *точками схода следов*.

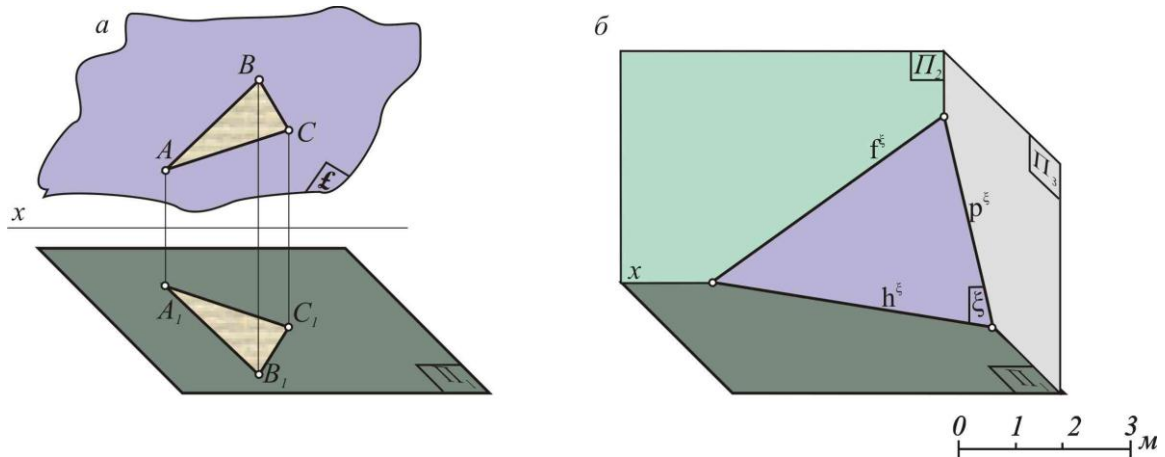


Рис.35. Способы задания плоскости

Сопоставляя между собой пространственный чертеж и его плоскостную модель, мы видим, что задание плоскости следами обладает преимуществом перед другими вариантами ее задания:

- *во-первых*, сохраняется наглядность изображения, что позволяет легко представить положение плоскости в пространстве;
- *во-вторых*, при задании плоскости следами требуется указать только две прямые (в системе плоскостей проекций h и f) вместо четырех (параллельные прямые) или шести (треугольник).

Каждый из представленных способов задания плоскости может допускать переход в другой. Например, проведя через точки A и B (рис. 33, а) прямую a , мы получим задание плоскости, представленное на рис. 33,б: от него мы можем перейти к рис. 34, а, если через точки B и C проведем прямую b , которая пересекается с прямой a .

На плане плоскость наилучшим образом можно изобразить проекциями ее горизонталей (см. раздел 8.6).

5.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛОСКОСТЕЙ

В основу классификации плоскостей берется положение их относительно плоскостей проекции.

Относительно плоскостей проекции различают:

- плоскости общего положения,
- плоскости уровня,
- проецирующие плоскости.

Плоскости общего положения – это плоскость наклонная ко всем плоскостям проекции (не перпендикулярна и не параллельна плоскостям проекции) (рис.35, б). Всякая кривая или любая фигура, лежащие в этой плоскости, при проецировании не имеют ни одной проекции, равной натуральной (истинной) величине, проецируется на все три плоскости проекции с искажением.

Показанная на рисунке 35, б плоскость общего положения ξ занимает общее (произвольное) положение по отношению к плоскостям проекций.

Плоскости уровня – это плоскости, перпендикулярные сразу к двум плоскостям проекций и параллельные к одной из плоскостей проекций.

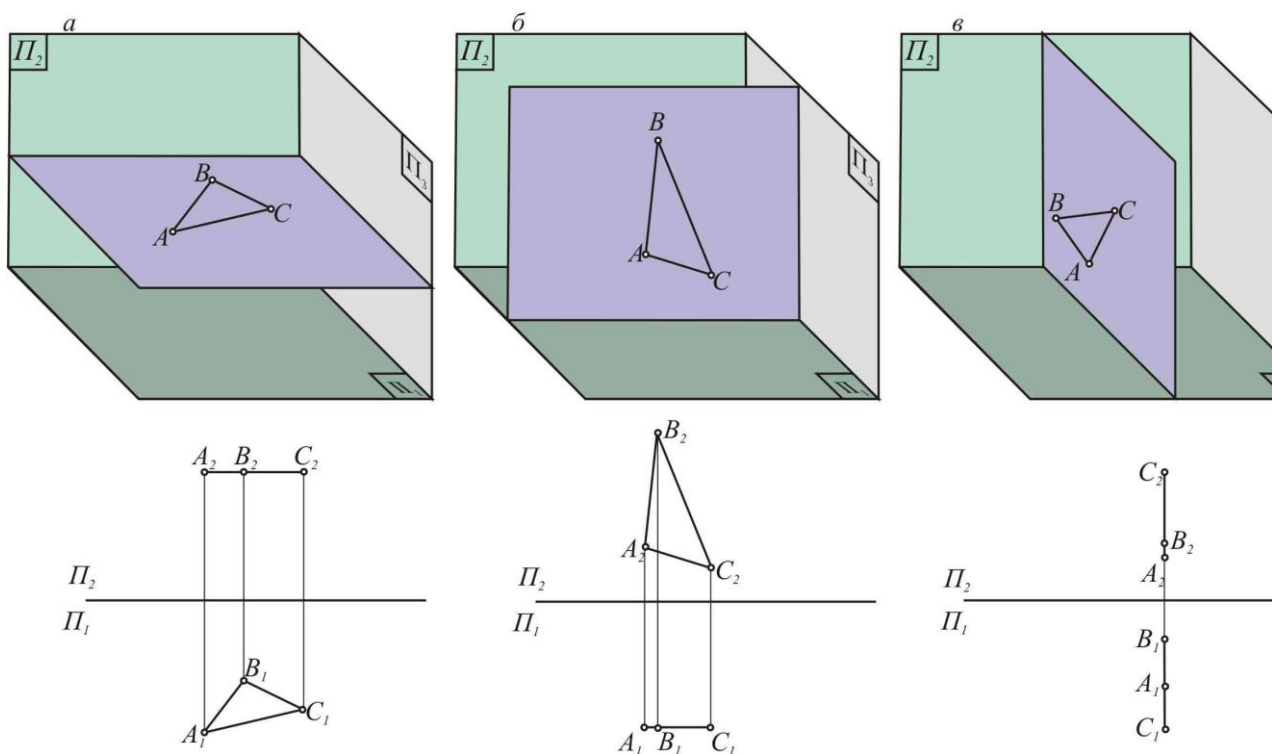


Рис. 36. Плоскости уровня

Плоскости уровня задаются следами. Все объекты, лежащие в плоскости уровня, проецируются на параллельную плоскость проекций без искажения (в натуральную величину), на две другие плоскости проекция фигуры изображается прямой линией, перпендикулярной к линии проекционной связи (рис. 36, а, б, в).

Существует три вида плоскостей уровня (рис. 36):

- *Горизонтальная плоскость уровня* – параллельная Π_1 , Фронтальная и профильная проекции параллельны осям x и y . Треугольник ABC, лежащий в горизонтальной плоскости уровня, проецируется на Π_1 в натуральную величину (рис.36, а).

- *Фронтальная плоскость уровня* – параллельная Π_2 . Горизонтальная и профильная проекции параллельны осям x и z . Треугольник ABC, лежащий в горизонтальной плоскости уровня, проецируется на Π_2 в натуральную величину (рис.36, б).

- *Профильная плоскость уровня* – параллельная Π_3 . Фронтальная и горизонтальная проекции параллельны осям z и y . Фигура, лежащая в профильной плоскости уровня, проецируется на плоскость Π_3 в натуральную величину (рис.36, в).

Проецирующие плоскости. Плоскость, которой принадлежат проецирующие прямые, она перпендикулярная одной из плоскостей проекций и наклонная к двум другим называется проецирующей. Выделяют три вида проецирующих плоскостей.

- *Горизонтально-проецирующая плоскость* – плоскость, перпендикулярная Π_1 . Данная плоскость перпендикулярная к Π_1 , поэтому ее горизонтальная проекция на Π_1 вырождается в прямую линию ($\Sigma_1 = \Sigma \cap \Pi_1$) (рис. 37,а).

- *Фронтально-проецирующая плоскость* – плоскость, перпендикулярная к Π_2 . Фронтальная проекция такой плоскости вырождается в прямую линию Δ_2 , положение которой соответствует положению плоскости в пространстве ($\Delta_2 = \Delta \cap \Pi_2$) (рис. 37,б). Фронтальная проекция любой геометриче-

ской фигуры, принадлежащей плоскости Δ , например треугольника ABC , совпадает с фронтальной проекцией Δ_2 плоскости Δ .

- На (рис. 37, в) представлена профильно-проецирующая плоскость, т.е. перпендикулярная к Π_3 , поэтому она проецируется на Π_3 в виде прямой линии. Ее положение соответствует положению плоскости в пространстве ($\epsilon_3 = \epsilon \cap \Pi_3$). Горизонтальная и фронтальная проекции представляют собой множество точек, совпадающих соответственно с множеством точек плоскостей Π_1 и Π_2 .

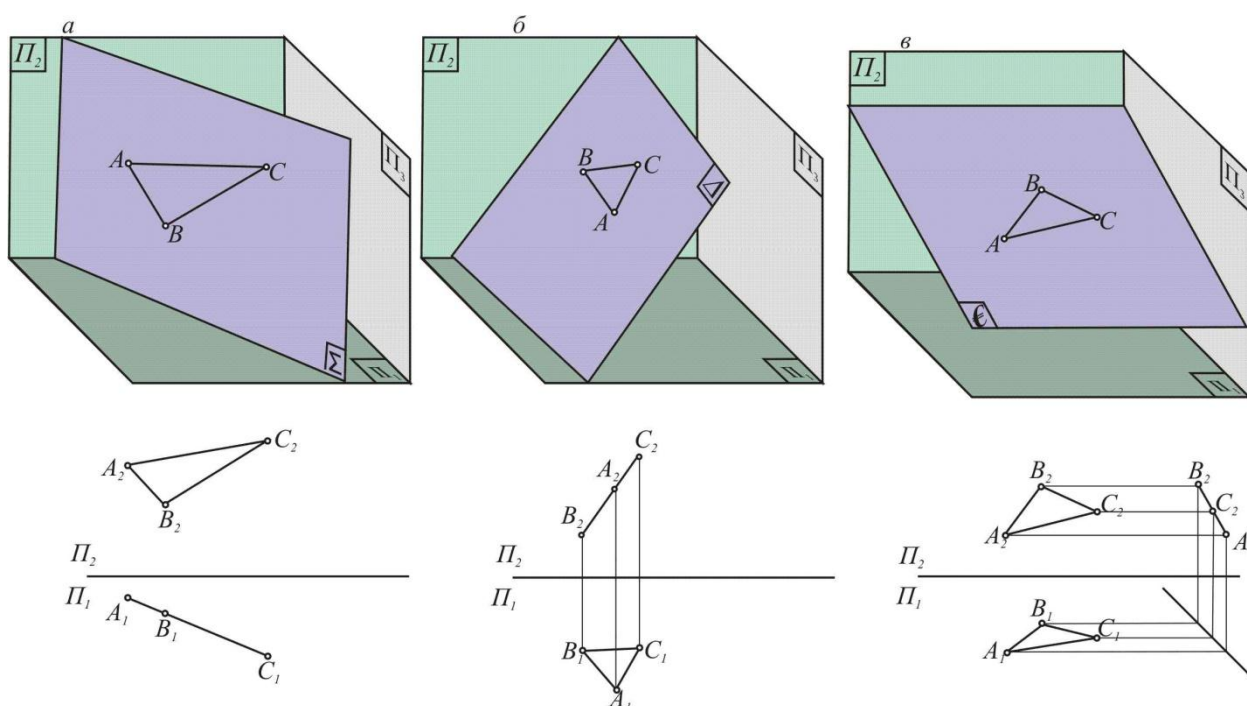


Рис. 37. Проецирующие плоскости

5.3. ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСНОВНОЙ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИИ И СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ИХ НА ПЛАНЕ

Относительно основной плоскости проекции (плоскости нулевого уровня) различают три вида плоскостей: наклонные, вертикальные и горизонтальные (рис. 38).

Наклонная плоскость – это плоскость не перпендикулярная и не параллельная плоскости проекции, т.е. расположенная под углом к горизонталям.

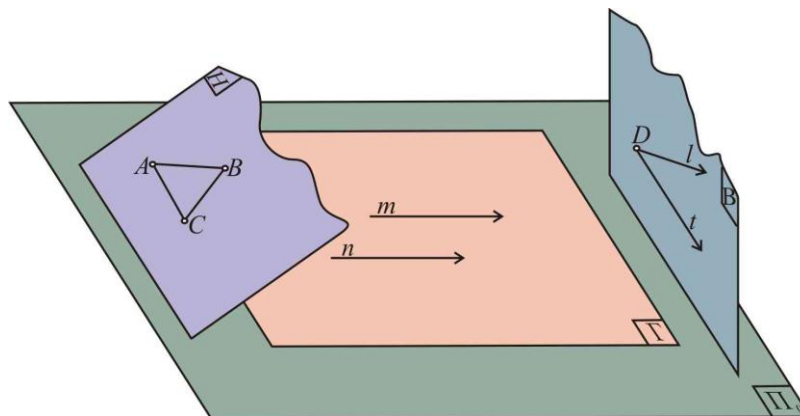


Рис. 38. Виды плоскостей

Наклонную плоскость определяют:

- тремя точками, не лежащими на одной прямой;
- прямой и точкой, не лежащей на этой прямой;
- любой плоской фигурой;
- двумя параллельными прямыми;
- двумя пересекающимися прямыми.

При решении задач плоскость удобнее всего задавать проекциями ее горизонталей. Горизонталь – это прямая принадлежащая плоскости проекции и параллельная плоскости нулевого уровня, проецируется на горизонтальную плоскость в натуральную величину. Горизонтالي проводят через один и тот же высотный интервал, называемый *высотой сечения*, в проекциях с числовыми отметками горизонтали часто называют линиями простирания.

Для построения проекции горизонтали необходимы построить проекции как минимум двух точек заданной плоскости с одинаковыми числовыми высотными отметками. Все горизонтали плоскости параллельны между собой, поскольку каждая из них может быть получена как линия пересечения данной плоскости общего положения и горизонтальной плоскости уровня.

На рис. 39 показан пример построения наклонной плоскости ϵ при помощи горизонталей, заданных двумя пересекающимися прямыми k и l .

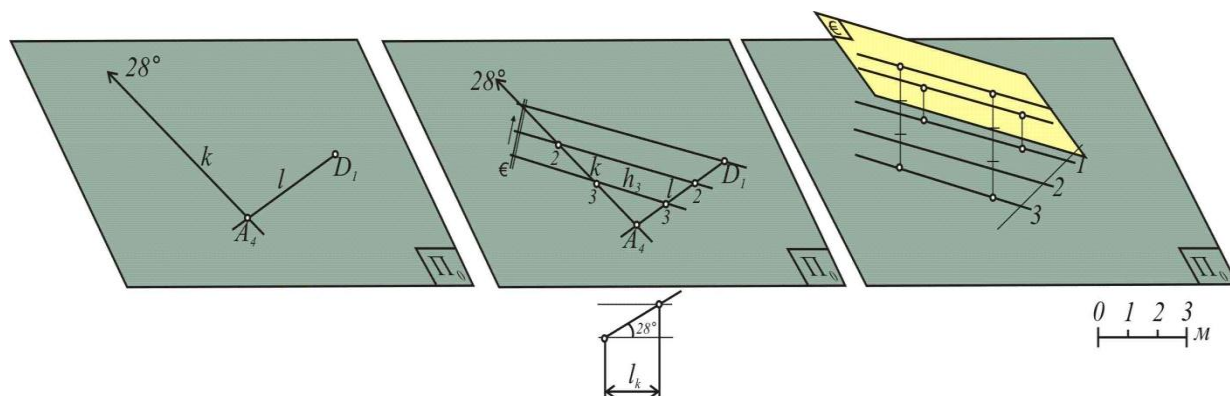


Рис. 39. Пример построения наклонной плоскости

Для построения проекций горизонталей, определяющих расположение наклонной плоскости ϵ необходимо провести интерполяцию прямых l и k . Полученные, после интерполяции точки с одинаковыми числовыми отметками соединяем прямыми линиями. Прямая h_3 является искомой горизонталью плоскости ϵ , проекции остальных горизонталей проводим через соответствующие точки, параллельно построенной горизонтали.

Горизонтальная плоскость $\Gamma (m \parallel n)$ – это плоскость параллельная плоскости проекции Π_0 . Любой объект, лежащий в горизонтальной плоскости, изображается на плане без искажения (в натуральную величину) (рис.38): $|m|=|m_0|$; $|n|=|n_0|$. Пространственное расположение горизонтальной плоскости определяют точкой, через которую проходит данная плоскость или указывают ее числовую высотную отметку ($\Omega(N_{18})$ или Ω_{18}).

Вертикальная плоскость $B (l \perp t)$ – это плоскость перпендикулярная плоскости проекции Π_0 . Так как проекция вертикальной плоскости вырождается на плане в прямую, то и проекции прямых l и t , лежащих в этой плоскости совпадают $B \equiv l \equiv t$. Такие прямые называются *конкурирующими прямыми*.

Пространственное расположение вертикальной плоскости определяется точкой, азимутом линии простирания ($\angle \gamma$), и углом падения равным 90° .

5.4. ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛОСКОСТИ

Осадочные и метаморфические горные породы залегают обычно в виде слоев или пластов, ограниченных приблизительно параллельными поверхностями. Осадочные породы при ненарушенном первоначальном их залегании располагаются почти горизонтально, реже они имеют первичный наклон в одну сторону или изгибы, обусловленные рельефом той поверхности, на которой отлагались.

При решении практических задач геологоразведочного производства поверхности, ограничивающие слои горных пород, рудных тел, разрывных нарушений приравнивают к плоскостям, которые необходимо позиционировать относительно частей света и горизонта. Пространственное положение каждой плоскости пласта производят путем определения трех угловых величин: *азимутом линии простираания* ($\angle\gamma$), *азимутом линии падения* ($\angle\alpha$) и *углом падения* ($\angle\beta$). В геологии эти угловые величины носят название «*элементов залегания*»(рис.41).

Линией простираания (рис.40) называют линию пересечения горизонтальной плоскости с наклонной или вертикальной поверхностью пласта, жилы, разрыва, дайки и т.д. Направление простираания выражается азимутом простираания и определяется с помощью горного компаса или устанавливают по геологической карте.

Азимут простираания $\angle\gamma$, называют азимут линии пересечения плоскости напластования и горизонтальной плоскости. Данный угол является угол между меридианом, на котором находится точка наблюдения, и линией простираания пласта любого геологического тела. Определяется при помощи горного компаса. Простираание пласта может определяться двумя азимутами, отличающимися на 180° , на практике обычно указывают только один из них.

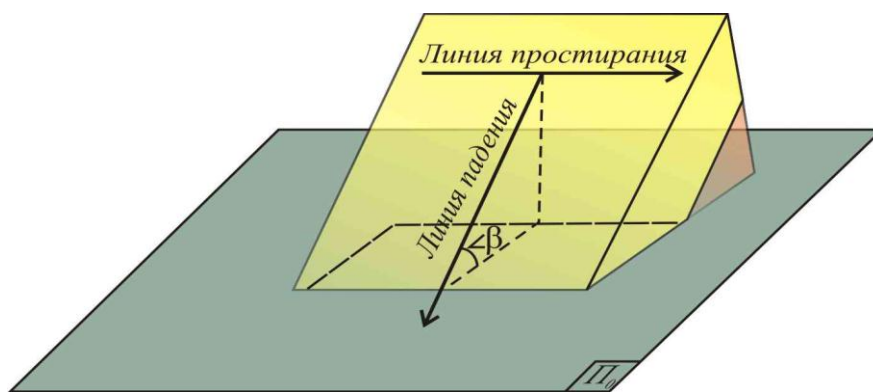


Рис. 40. Основные линии плоскости

из направлений простирания плоскости.

Линией падения называют линию в плоскости пласта, слоя (или др. геологического тела), проведённую перпендикулярно к простиранию в направлении наклона слоя (линия наибольшего ската). Ориентировка линии падения определяется её азимутом и углом падения. Азимут измеряется по проекции линии падения на горизонтальную плоскость; угол падения заключён между линией падения и её горизонтальной проекцией.

Азимут падения $\angle a$ – азимут линии максимального наклона плоскости напластования к горизонту. Образует угол между меридианом, на котором находится точка наблюдения, и линией падения пласта (слоя, толщи, крыла складки, плоскости трещины, жилы). Определяется при помощи горного компаса. В отличие от азимута простирания он имеет лишь одно определение; поэтому при геологической съёмке записывается только азимут падения, отличающийся от азимута простирания на 90° .

Азимутом линии падения называют правый угол α , составленный северным направлением меридиана и направлением падения плоскости. Линии простирания и падения взаимно перпендикулярны, соответственно, их азимуты отличаются друг от друга на 90° .

Азимутом линии простирания называют правый угол γ , образованный плане северным направлением меридиана и одним

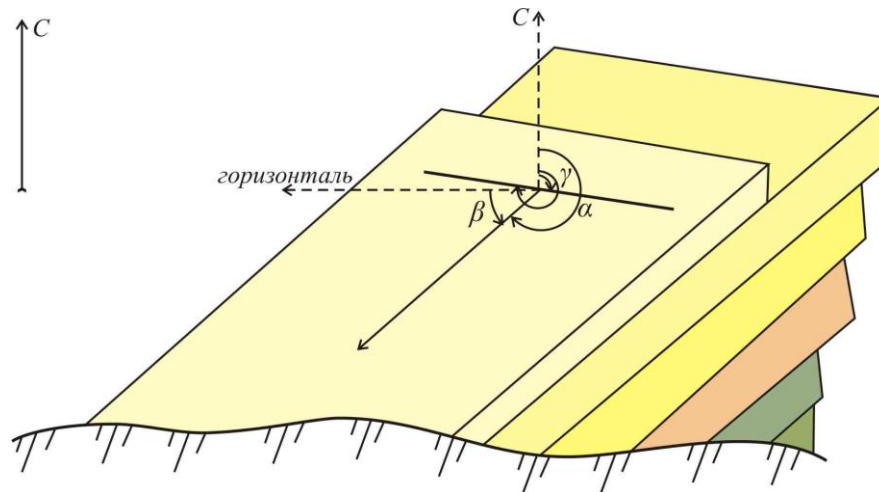


Рис.41. Элементы залегания плоскости

Угол падения $\angle\beta$ – двугранный угол между плоскостью слоя и горизонтальной плоскостью (угол между линией падения и проекцией ее на горизонтальную поверхность). Выражается углом от 0° до 90° . При углах, близких к 90° , говорят о субвертикальном залегании, при углах, близких к 0° , – о субгоризонтальном залегании. Иногда выделяют еще и угол восстания – противоположный азимуту падения.

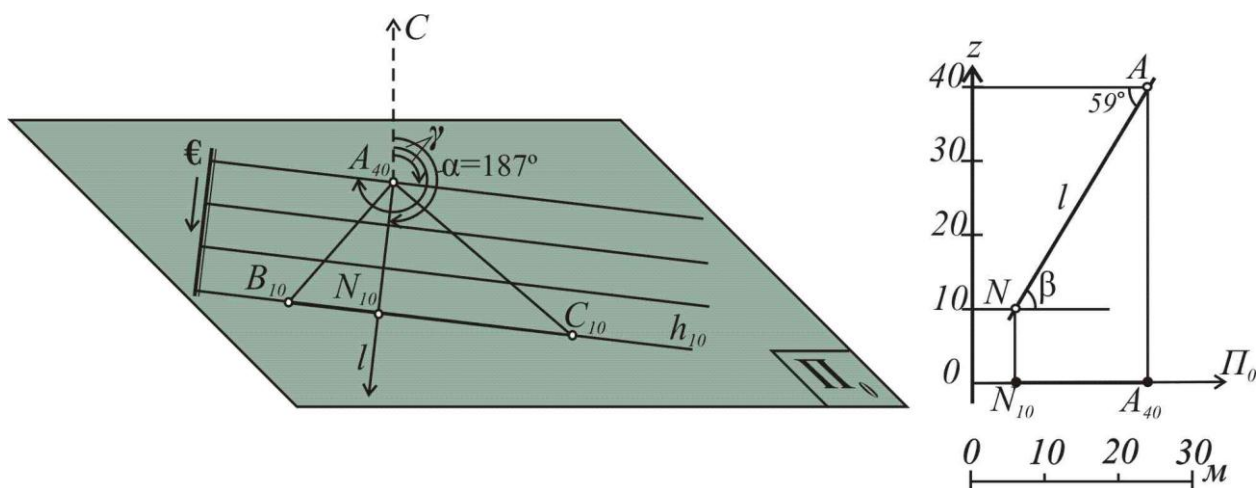
Угол падения $\angle\beta$ определяют с помощью отвеса горного компаса, прикладывая компас к пласту или методом визирования: отойдя от обнажения как минимум на несколько шагов, держа компас на вытянутой руке так, чтобы его край совпал с измеряемой поверхностью слоя.

Азимут и угол падения записывают на левой стороне полевого дневника, например, *аз. пад. СВ $15^\circ/25^\circ$* (это значит, что азимут линии падения северо-восток 15° , а угол падения 25°). Поскольку азимут простирания отличается от азимута падения на 90° , то для наклонных пластов обычно определяют только азимут падения, а для залегающих вертикально можно измерить только азимут простирания.

Элементы залегания измеряют не только горным компасом, но и устанавливают по геологической карте, разрезам, буровым скважинам, горным

выработкам, геофизическим данным и по изображениям слоев на аэрофотоснимках.

Пример: Необходимо определить элементы залегания поверхности горных пород (пересеченной тремя разведочными скважинами), при невозможности замера их горным компасом. Для определения необходимо прибегнуть к графическому способу определения элементов залегания (рис. 42).



Элементы залегания ϵ : (аз. пад. ЮЗ 187° , аз. прост. $\frac{СВ\ 97^\circ}{ЮЗ\ 277^\circ}$, $\angle 59^\circ$)

Рис. 42. Определение элементов залегания плоскости

- 1) поверхность, ограничивающую слой горной породы, приравниваем к плоскости и задаем на плане точками A_{40} , B_{10} и C_{10} ;
- 2) строим проекцию горизонтали плоскости – h (F_{20} C_{20}), которая определяет направление простирания плоскости и замеряем азимут простирания;
- 3) перпендикулярно к проекции линии простирания на плане строим линию падения – l (A_{40} N_{10}).

Отрезки $A_{40}B_{10}$ и $A_{40}C_{10}$ можно определить как видимое падение плоскости. Видимым падением слоя называется падение поверхности слоя в любом направлении, не совпадающем с направлением наибольшего наклона.

5.5. ЗАЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ

Масштаб заложения представляет собой градуированную проекцию линии наибольшего ската плоскости (линии падения). Проекции линии ската однозначно определяют положение плоскости и могут быть в любом удобном для построения месте плана.

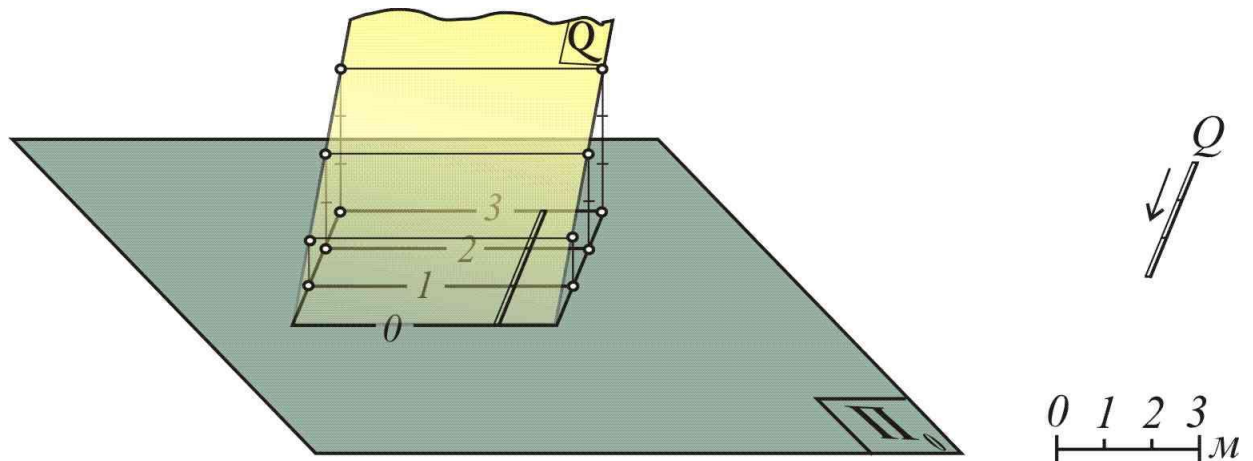


Рис. 43 Заложение плоскости

На плане масштаб заложения обозначают двумя параллельными линиями: сплошной основной и сплошной тонкой, на которые нанесены деления, соответствующие высотным отметкам. У конечной точки масштаба заложения проставляется буквенное обозначение плоскости и параллельно масштабу заложения стрелкой указывают направление падения плоскости (рис.43).

Заложение плоскости (l) – это кратчайшее расстояние между двумя соседними горизонталями на плане. Чем больше наклон плоскости к плоскости проекции, тем меньше расстояние между проекциями ее горизонталей, чем меньше наклон плоскости, тем больше расстояние между горизонталями, т.е. с увеличением угла наклона заложение уменьшается, а с уменьшением – увеличивается (рис.44).

Прямая a , лежащая в плоскости v перпендикулярно к ее горизонталям, называется *линией падения* плоскости. Проекция линии падения перпендику-

лярна к проекции горизонталей: $a \perp h^v$. В геологии линией падения определяют направление и угол падения слоев горных пород, рудных тел и т. п.

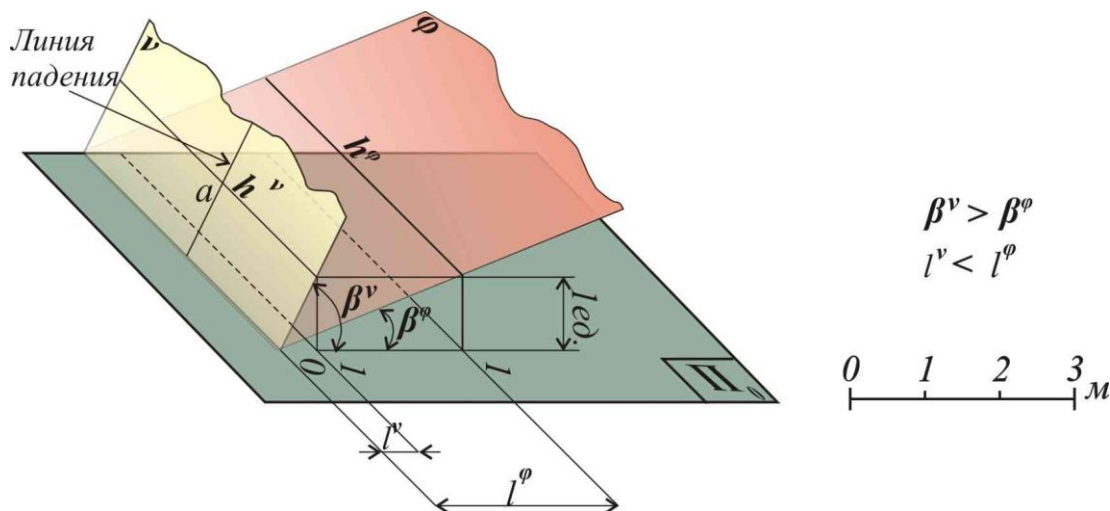


Рис. 44 Зависимость заложения от угла падения

5.6. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

Так как плоскость бесконечна, в задачах мы отображаем только часть плоскости, поэтому две плоскости в пространстве либо *параллельны*, либо *пересекаются* по прямой, образуя двухгранный угол. Примеры в окружающем пространстве найти легко. Мы не рассматриваем отдельно случай когда «плоскости совпадают». Если плоскости совпадают – значит, это одна плоскость, а не две.

Параллельные плоскости. Признаком параллельности плоскостей $\Psi \parallel \Omega$ на плане служит одновременное выполнение следующих условий (рис.45):

- горизонтали плоскостей параллельны, $h_\Psi \parallel h_\Omega$;
- интервалы заложений и соответственно углы падения равны, $l^\Psi = l^\Omega, \angle \beta^\Psi = \angle \beta^\Omega$;
- направления падений плоскостей совпадают, пад. \Rightarrow

Если хотя бы один из признаков параллельности отсутствует, то это значит, что данные плоскости пересекаются.

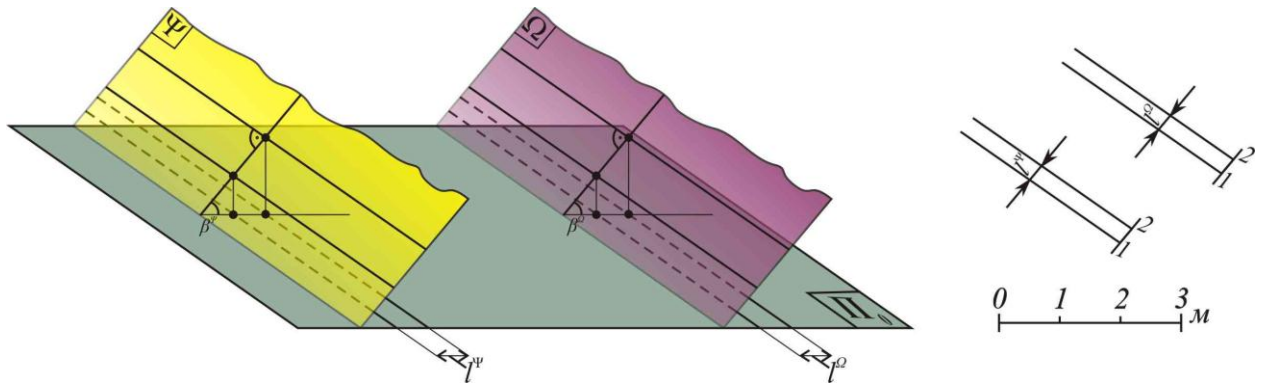


Рис. 45. Свойства параллельных плоскостей

В качестве двух параллельных плоскостей мы можем рассматривать, например, кровлю и подошву слоя горных пород, взятого на относительно небольшой протяженности, получая при этом геометрическую модель двух параллельных наклонных плоскостей.

Под слоем в геологии понимают плоское тело, сложенное той или иной горной породой. Слой ограничен двумя структурными плоскостями, верхнюю называют кровлей, а нижнюю – подошвой. Если слой горной породы небольшой протяженности и не деформирован, то кровлю и почву приравнивают к плоскостям, получая в пространстве геометрическую модель двух параллельных наклонных плоскостей. Например, плоскость Δ – кровля слоя, а плоскость Ω – его подошва (рис. 46).

Тогда, **истинной мощностью** будет являться кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой слоя. Истинная мощность обозначена буквой H .

Помимо истинной мощности, в геологии используют и другие параметры слоя горной породы:

Вертикальная мощность – H_v – это расстояние от кровли до подошвы слоя, измеренное по вертикали.

Горизонтальная мощность – L – слоя есть кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой, измеренное в горизонтальном направлении.

Видимая мощность – $H_{вид}$. – кратчайшее расстояние между видимым падением кровли и подошвы. Видимым падением называют прямолинейное направление на структурной плоскости, т.е. прямую, принадлежащую плоскости. Таким образом, видимая мощность всегда больше истинной. Уточним, что у горизонтально залегающих слоев истинная мощность, вертикальная и видимая совпадают.

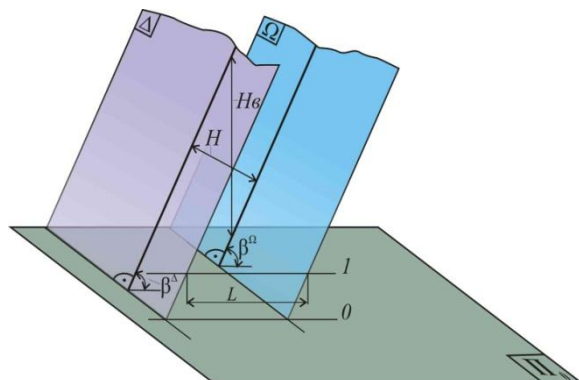


Рис. 46. Виды мощностей

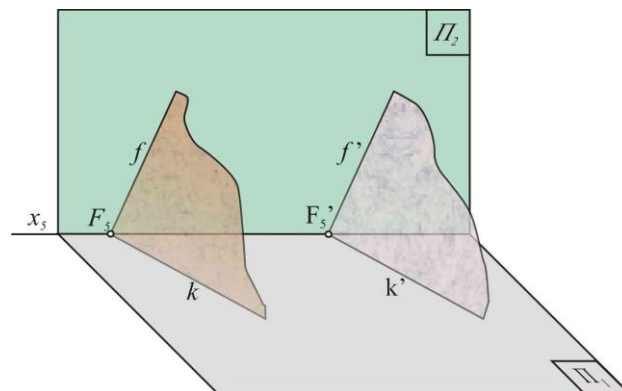


Рис. 47. Следы плоскости

Плоскости, заданные следами, можно рассматривать как плоскости, заданные двумя пересекающимися в точке F_5 прямыми $k \times f$ (рис. 47). Следовательно, плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости. Это положение, известное из геометрии, является более общим; оно применимо и к случаям, когда плоскости заданы не следами.

Пересекающиеся плоскости. Если есть плоскости, у которых не выполняется хотя бы одно условие параллельности, значит эти плоскости пересекаются. Признаком пересечения плоскостей является пересечение проекций горизонталей одного уровня на плане. Линией пересечения двух плоскостей является прямая, для построения которой достаточно определить две точки пересечения двух пар одноименных горизонталей обеих плоскостей, либо одну точку и направление линии пересечения плоскостей (рис. 48).

Если необходимо построить линию d пересечения плоскости Δ , заданной горизонталями с плоскостью Ψ , заданной элементами залегания (A_{35}

аз.пад.140 \angle 32). Чтобы построить линию пересечения двух плоскостей, достаточно найти точки пересечения любых двух прямых (горизонталей), принадлежащих первой плоскости, со второй плоскостью.

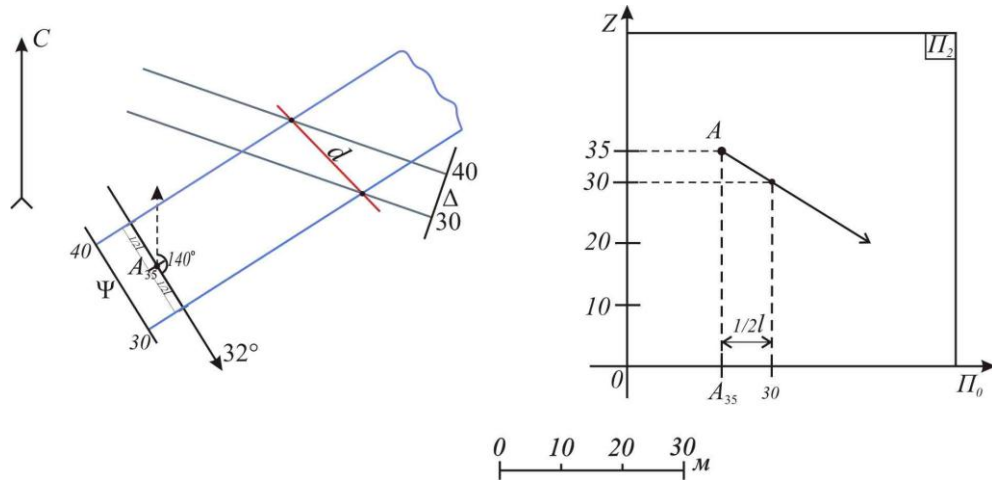


Рис. 48. Определение линии пересечения наклонных плоскостей

Для нахождения линии пересечения необходимо построить плоскость Ψ и найти точки пересечения одноименных горизонталей:

1. Из точки A_{35} восстанавливаем линию падения, отмеряя правый горизонтальный угол $\alpha = 140^\circ$ от северного направления меридиана.

2. Для построений горизонталей плоскости Ψ нам потребуется построение профиля. На уровне 35 относительно оси Z дерем точку A , имея угол падения 32° , откладываем линию падения.

3. На профиле по линии падения определяем половинный интервал заложения плоскости Ψ , так как нам необходимо построить горизонталей с числовыми отметками 30 и 40. Для этого от точки A_{35} по падению отмеряем половинный интервал и ставим числовую отметку 30, а по восстанию – 40. Под прямым углом к линии падения из данных точек восстанавливаем горизонталей.

4. В местах пересечения одноименных горизонталей (с одинаковыми числовыми отметками) определились точки, при помощи которых мы можем восстановить линию пересечения плоскостей Δ и Ψ , прямую d .

Пересечение наклонной и вертикальной плоскостей.

Если одна из пересекающихся плоскостей является вертикальной, а вторая наклонной, то линией их пересечения совпадает с проекцией вертикальной плоскости, которая на плане вырождается в прямую линию и определяется точками пересечения горизонталей наклонной плоскости с вертикальной плоскостью.

Пересечение плоскости или поверхности вертикальной плоскостью (поперечный разрез) в геологии называется *разрезом*.

Пример (рис. 48.1): Построить линию d пересечения плоскости $\Sigma(m \times n)$ с плоскостью Δ ($B_{20} \angle \gamma = 230^\circ; \angle \beta = 90^\circ$).

Для построения линии пересечения необходимо построить проекции горизонталей плоскостей Σ и Δ с высотой сечения 10м :

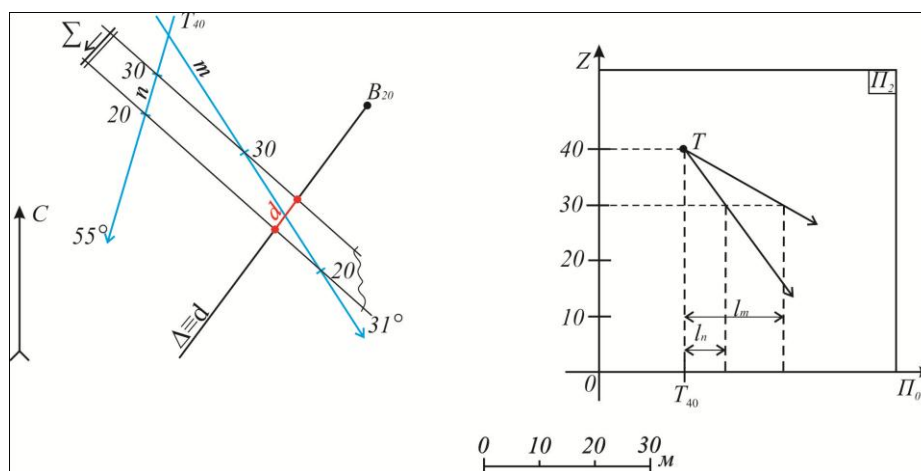


Рис.48.1. Определение линии пересечения наклонной и вертикальной плоскостей

1. Определив интервалы заложений прямых m и n , интерполируем соответствующие проекции на плане, высота сечения равна единицы масштаба (10м), через проекции точек с равными высотными числовыми отметками восстанавливаем проекции горизонталей плоскости Σ .

2. Так как плоскость Δ имеет угол падения 90° , про проекции всех ее горизонталей будут вырождаться в прямую линию, азимут простирания которой равен 230°

3. Соответственно линия пересечения (прямая d) плоскостей Δ и Σ на плане будет совпадать с проекцией плоскости Δ .

Взаимно перпендикулярные плоскости. Две плоскости взаимно перпендикулярны, если одна из них проходит через перпендикуляр к другой плоскости. А так же две плоскости взаимно перпендикулярны, если одна из них перпендикулярна к прямой, лежащей в другой плоскости. Например, необходимо построить плоскость W перпендикулярную плоскости Z , которой принадлежит прямая b (рис. 49).

- a. проводим прямую d (AB), перпендикулярную прямой b (BC);
- b. через прямую d проводим плоскость W .

Если $b \perp d$ и $b \in W$, а $d \in Z$, то $W \perp Z$

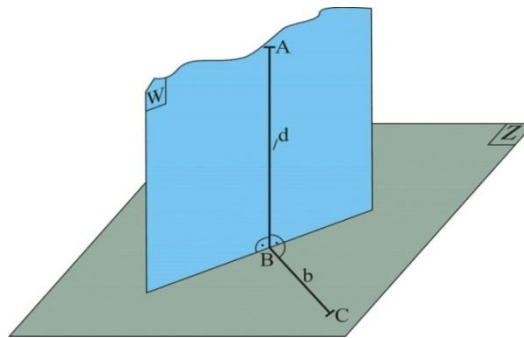


Рис. 49. Взаимно перпендикулярные плоскости

Проекции двух взаимно перпендикулярных плоскостей на плане можно построить двумя способами:

- 1) плоскость W проводят через прямую d , перпендикулярную к плоскости Z ;
- 2) плоскость Z проводят перпендикулярно к прямой d лежащей в плоскости W .

5.7. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ

В трехмерном пространстве возможны три следующие варианта взаимного расположения прямой и плоскости (рис.50):

- прямая параллельна плоскости $l \parallel \Pi_0$ (нет общих точек);

- прямая принадлежит плоскости $l \in \Pi_0$ (имеет две общие точки);
- прямая пересекает плоскость $l \cap \Pi_0$ (одна общая точка).

Прямые линии, принадлежащие плоскости и занимающие частное положение по отношению к плоскостям проекций, называются главными линиями плоскости.

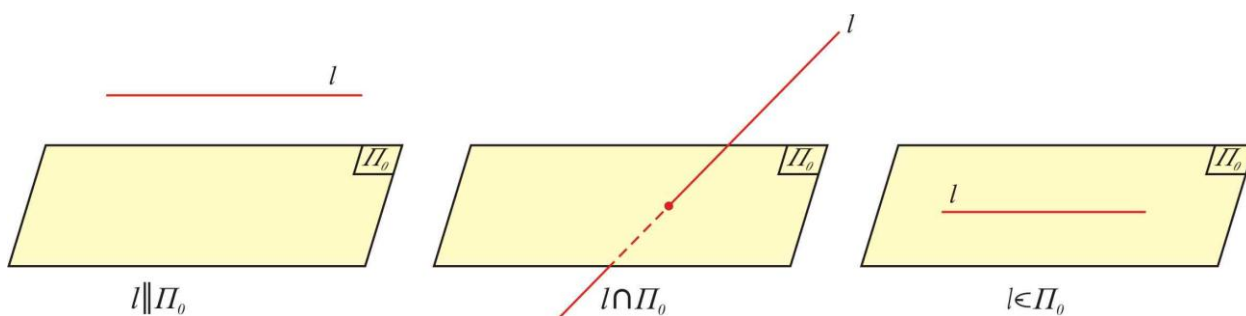


Рис. 50. Пример взаимного расположения прямой и плоскости

Прямая, параллельная плоскости. При решении задач на параллельность прямой линии и плоскости необходимо опираться на известное положение: *прямая параллельна плоскости, если она параллельна одной из прямых, лежащих в этой плоскости и не принадлежит этой плоскости.*

Для построения проекции произвольной прямой f , проходящей через точку D_{20} параллельно плоскости Δ , необходимо (рис. 51.1):

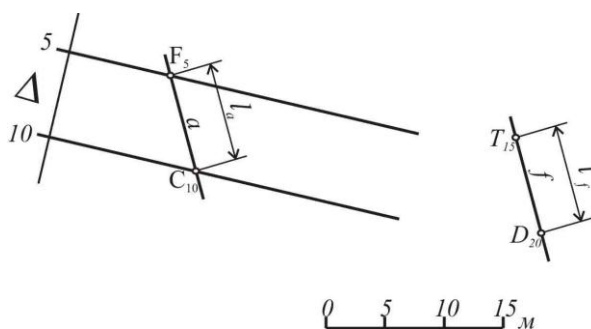


Рис. 51.1. Построение прямой параллельно плоскости

1. В плоскости Δ провести в произвольном направлении вспомогательную прямую a (F_5C_{10}), которой будет параллельна искомая прямая;
2. Через точку D провести прямую f параллельно прямой a , соблюдая следующие условия: $пр. f \parallel пр. a, l_f = l_a; \Rightarrow$.

Интервал l_a определил интервал искомой прямой и позволил отметить вторую точку T_{15} на проекции прямой f .

Рассмотрим решение обратной задачи (рис. 51.2). Через прямую t (A_{10}, D_5) построить плоскость ϵ с высотой сечения 5 метров параллельно прямой k ($B_{15}, \alpha=202^\circ, \beta=35^\circ$).

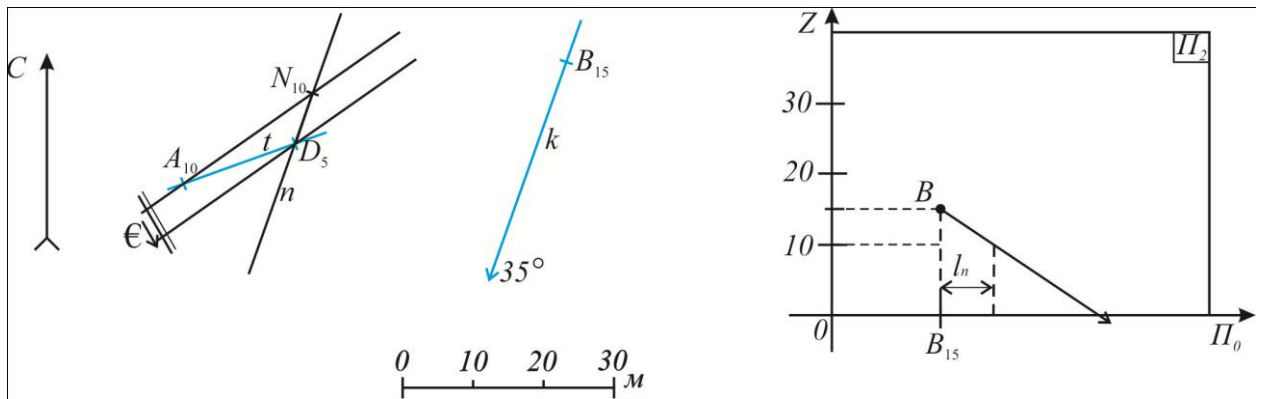


Рис.51.2. Построение плоскости параллельно прямой

Для построения горизонталей плоскости ϵ через точку D_5 принадлежащую прямой t проводим вспомогательную прямую n (D_5, N_{10}) параллельно прямой k . Соответственно искомая плоскость ϵ определяется двумя пересекающимися прямыми t и n .

Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, принадлежащие этой плоскости или через одну точку этой плоскости, параллельно прямой, лежащей в этой плоскости. Отсюда следует, что точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой, лежащей в этой плоскости.

Если прямая принадлежит плоскости, то ее угол падения не превышает угол падения плоскости, если их углы падения равны, то прямая является линией ската (падения) плоскости.

Если нужно построить прямую лежащую в плоскости (рис.52), то необходимо на горизонталях плоскости задать точки и соединить их прямой.

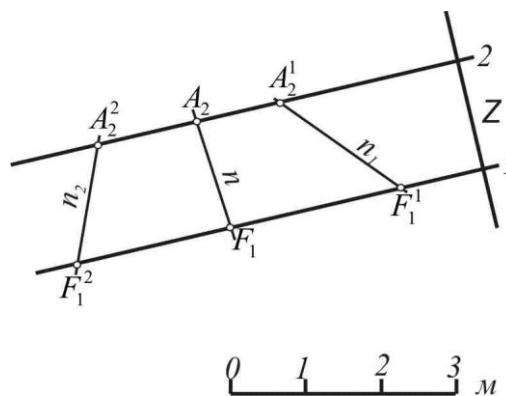


Рис. 52. Прямая принадлежащая плоскости

Таким образом, в плоскости можно провести не одну прямую, а сколько угодно n, n_1, n_2, \dots , для этого необходимо изменить положение проекции двух точек. Все прямые будут отличаться направлением и углом падения, и соответственно и заложением. Наименьший угол падения будет иметь прямая с наибольшей величиной заложения, и наоборот: $l^n < l^{n_2} < l^{n_1}$, значит $\beta^n > \beta^{n_2} > \beta^{n_1}$.

На рисунке 52.1 показан пример решения задачи по построению в плоскости Δ прямой a , проходящей через точку N_{10} и имеющей угол падения 42° .

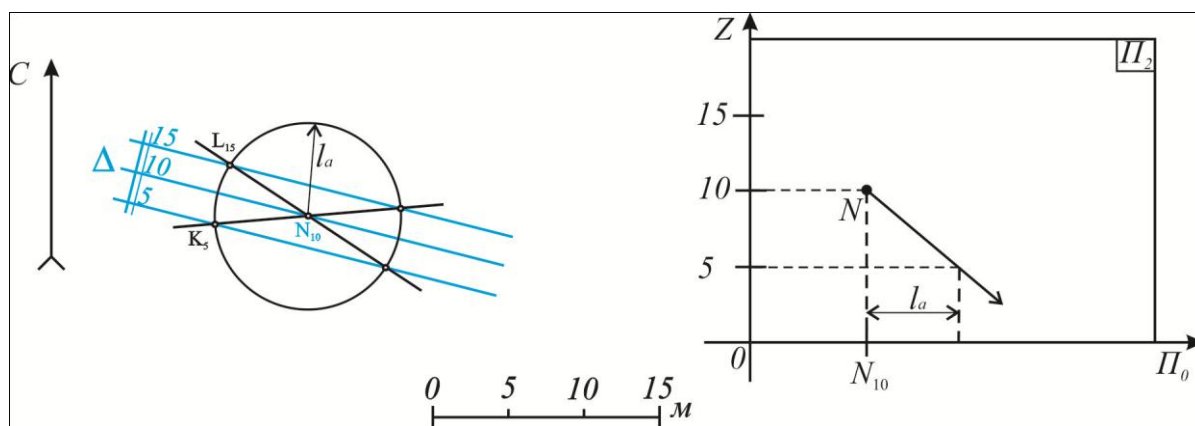


Рис. 52.1. Построение прямой принадлежащей плоскости с определенным углом падения

Данная задача имеет два варианта решения, в которых для построения необходимо: определить интервал заложения прямой l_a ; в плоскости Δ провести радиус окружности с центром в точки N_{10} равным заложению прямой a .

Точки пересечения горизонталей плоскости окружностью будут принадлежать искомым прямым a и a' .

Прямая, пересекающая плоскость. Если прямая не лежит в плоскости и не параллельна ей, она пересекает плоскость. Прямая пересекает плоскость если имеет с ней только одну общую точку, которую можно найти в плоскости вертикального разреза, проведенную через данную прямую. Для определения точки пересечения прямой с плоскостью прямую заключают в дополнительную секущую плоскость-посредник, строят линию пересечения посредника с заданной плоскостью, а затем находят точку пересечения полученной и заданной прямых линий. Это искомая точка.

Пример: необходимо определить точку пересечения прямой m с плоскостью Q , то действия сводятся к следующим (рис.53):

- 1) проводим вспомогательную плоскости Z (плоскость рекомендуется выбирать такую, которая даст наиболее простое графическое решение задачи) через данную прямую m ;
- 2) находим линию пересечения d вспомогательной плоскости Z с заданной плоскостью Q ;

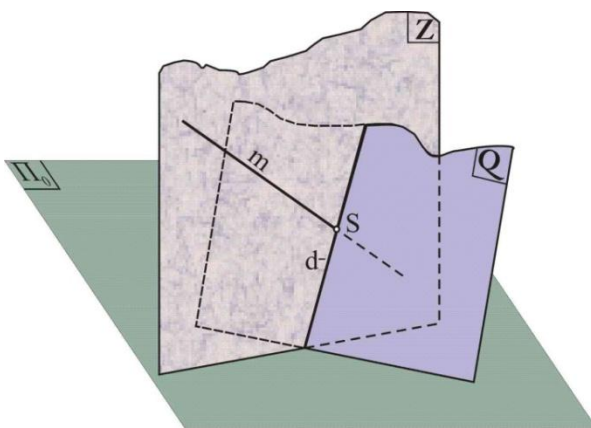


Рис.53. Определение точки пересечения прямой и плоскости

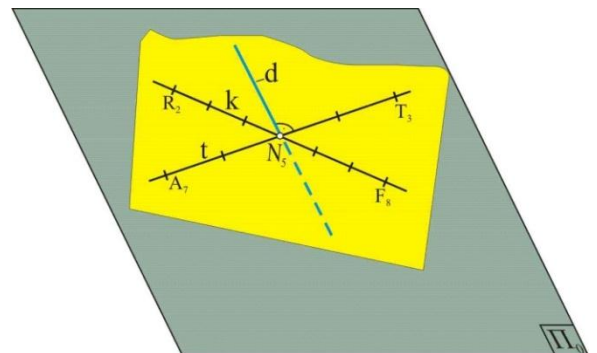


Рис.54. Прямая перпендикулярна плоскости

- 3) определяем точку пересечения S данной прямой с линией пересечения плоскостей, а следовательно, с данной плоскостью.

Прямая, перпендикулярна плоскости. Прямая называется перпендикулярной к плоскости, если она перпендикулярна всем прямым, лежащим в этой плоскости, в том числе горизонталям и линии падения. Признак перпендикулярности: если прямая перпендикулярна каждой из двух пересекающихся прямых плоскости, то она перпендикулярна этой плоскости (рис.54).

Если прямая перпендикулярна плоскости, то горизонтальная проекция этой прямой перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали плоскости, а фронтальная проекция прямой перпендикулярна фронтальной проекции фронтали плоскости.

Пример: Через точку B_3 принадлежащую плоскости Δ необходимо построить перпендикулярную прямую t (рис 54.1).

Для построения данной прямой следует учитывать следующие условия:

1. проекция прямой t должна быть перпендикулярна к горизонталям плоскости;
2. направление падения перпендикуляра и плоскости отличаются на 180° ;
3. сумма углов падения плоскости Δ и прямой t равна 90°

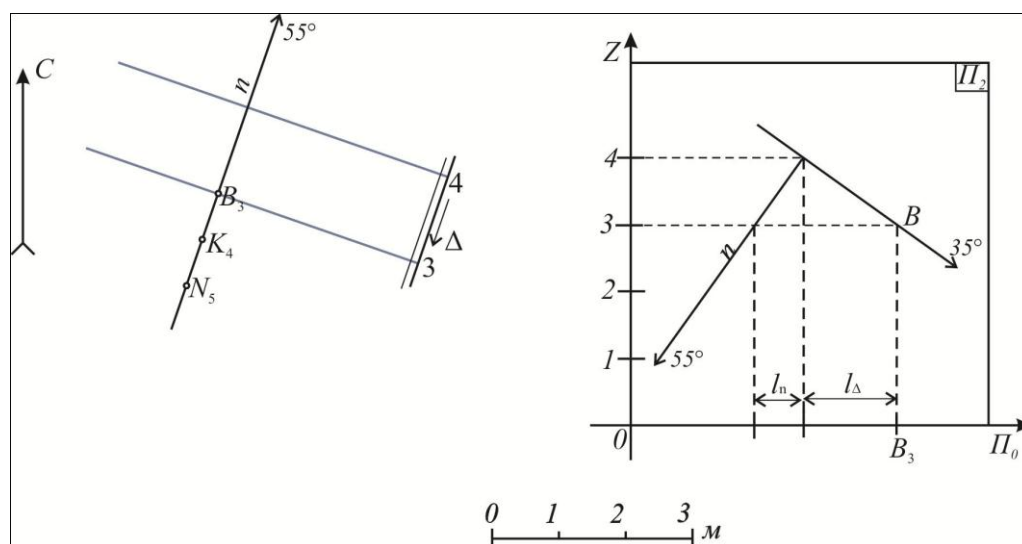


Рис. 54.1. Построение проекции прямой перпендикулярно плоскости

Построение горизонтальной проекции перпендикуляра к плоскости позволяет определить истинное расстояние от точки до плоскости заданных на плане.

Контрольные вопросы:

1. Что такое плоскость?
2. Назовите основные способы задания плоскости на плане.
3. Что такое горизонталь, высота сечения и заложение горизонталей?
4. Какие элементы залегания плоскости Вы знаете? Дайте основные определения.
5. Классификация плоскостей в зависимости от их пространственного положения.
6. Какая линия плоскости полностью определяет ее элементы залегания?
7. Как могут располагаться в пространстве относительно друг друга прямая и плоскость, две плоскости?
8. По какому признаку определяют параллельность прямой и плоскости на плане при их общем положении?
9. По каким параметрам определяют параллельность двух плоскостей, изображенных на плане, при их общем положении?
10. Что такое мощность слоя?
11. Можно ли на плане определить, что прямая принадлежит плоскости?
12. Как построить на плане линию пересечения двух плоскостей?

6. МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА

Решение графических задач иногда усложняется тем, что заданные геометрические объекты произвольно расположены относительно плоскости проекции, и, соответственно, проецируются на плоскости в искаженном виде. Поэтому для упрощенного решения задачи прибегают к преобразованию чертежа, что переводит объекты из общего положения относительно плоскости проекции в частное. Тем самым задача решается путем выполнения простейших графических построений.

Если фигура расположена в наклонной плоскости, то на плане она изображается с искажением. Для нахождения истинной длины отрезка, величины угла, площади фигуры или объема тела применяются метрические задачи. Для их решения выполняют графические операции, направленные на преобразование чертежа с целью получения вырожденных проекций искаженных геометрических элементов.

Если исходные данные для решения задач не позволяют точно определить интересующие нас метрические элементы, такие как углы, расстояния в исходном положении, нужно изменить расположение объекта проецирования относительно плоскостей проекции таким образом, что бы метрические элементы проецировались в новом положении в натуральную величину и могли определяться без дополнительных построений.

Преобразование чертежа можно осуществить способом замены одной или нескольких плоскостей проекций, способом плоскопараллельного движения или вращением изображенного объекта вокруг оси.

6.1. МЕТОД ЗАМЕНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИИ

Основная особенность способа замены плоскостей – это переход от системы плоскостей, в которой заданы проекции к новой системе взаимно-

перпендикулярных плоскостей. При этом положение объекта в пространстве остается неизменным.

Метод замены плоскостей мы не раз рассматривали и применяли в предыдущих разделах. При определении истинной длины отрезков, углов падения, при построении вертикальных разрезов и профилей водится дополнительная вертикальная плоскость.

Дополнительные проекции геометрических элементов могут быть представлены как самостоятельные изображения (профиль) или как совмещенные с базовой проекцией (наложенный профиль).

6.2. СПОСОБ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Плоскопараллельное движение или плоское движение – это вид движения абсолютно твёрдого тела, при котором все точки тела перемещаются параллельно неподвижной плоскости.

В отличие от способа замены плоскостей, при котором объект остается неподвижным, а плоскости проекции изменяются, способ плоскопараллельного движения позволяет перемещать фигуру в пространстве до необходимого положения, оставив при этом плоскости неподвижными.

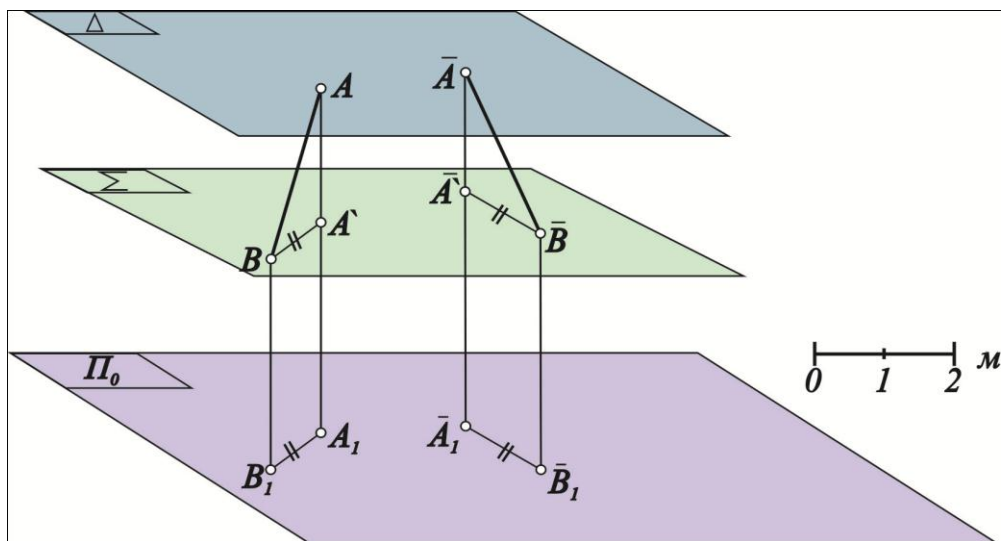


Рис. 55. Плоскопараллельный перенос

На *рис. 55* показано плоскопараллельное движение прямой AB . Представим две горизонтальные плоскости уровни Δ и Σ , а так же основную плоскость Π_1 . Между двумя плоскостями уровня заключим отрезок AB , так чтобы одна его точка A находилась в плоскости Δ , а точка B в плоскости Σ . Переместим отрезок в пространстве так, чтобы точка A не выходила из плоскости Δ , а точка B из плоскости Σ (точки как будто скользят по плоскостям). В результате получаем новое положение отрезка AB (положение точек взято произвольно).

Проецируем точки A и B на плоскость Π_1 , в результате образуются точки встречи проецирующих лучей с плоскостью Π_1 – точки A_1 и B_1 , которые образуют проекцию отрезка на плоскость проекции, параллельный отрезок A_1B_1 образуется в плоскости Σ .

Аналогичным образом строим проекцию отрезка \overline{AB} на плоскость Π_1 . В итоге получает треугольники ABA_1 и $\overline{ABA_1}$ – одинаковые в силу равенства гипотенуз и катетов: $A_1B = \overline{A_1B}$, этот катет переместился на новое место не изменив своей величины, отсюда следует, что их проекции тоже одинаковы: $A_1B_1 = \overline{A_1B_1}$.

Из вышесказанного следует, что при плоскопараллельном перемещении геометрического объекта в плоскостях уровня (каждая точка объекта движется в своей плоскости уровня) проекция на плоскость параллельная плоскостям перемещения не изменяет своей формы и величины.

6.3. МЕТОД ВРАЩЕНИЯ

При использовании метода вращения расположение изображаемого объекта изменяется посредством его поворота вокруг оси так, чтобы фигура заняла удобное положение относительно плоскости проекции для решения определенной задачи.

Особенности метода вращения (рис. 56):

1. точка D при вращении вокруг некоторой оси i перемещается в плоскости G , которую называют плоскостью вращения и которая расположена перпендикулярно к этой оси;
2. траекторией движения точки является окружность, ее центр определяется как точка C пересечения плоскости G с осью вращения;
3. радиус DC окружности перпендикулярен к оси вращения.

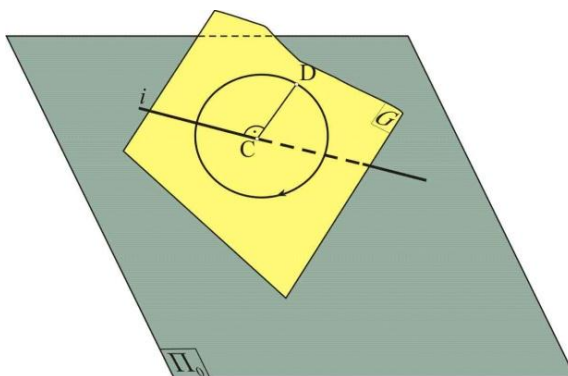


Рис.56. Вращение точки D

Все точки объекта движутся по окружности в плоскостях, перпендикулярных оси вращения.

Нами будут рассмотрены частные случаи вращения:

- вращение вокруг вертикальной оси;
- вращение вокруг горизонтальной оси.

6.3.1. ВРАЩЕНИЕ ВОКРУГ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ

Чаще всего вращение производят вокруг осей, перпендикулярных плоскостям проекций, т. е. вокруг проецирующих прямых.

Если ось вращения перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекций, то траектория движения точки на горизонтальной плоскости проекций проецируется в окружность. На фронтальной плоскости – эта траектория отобразится прямой, перпендикулярной к оси вращения и наоборот.

При вращении точки D (рис. 57) вокруг вертикальной оси точка описывает в горизонтальной плоскости G окружность радиуса D/C , которая на плоскость проекций Π_0 проецируется без искажения. Если точку D повернуть вокруг оси i на угол β , то и проекция точки на плане переместится по дуге окружности на такой же угол и займет положение D_2 .

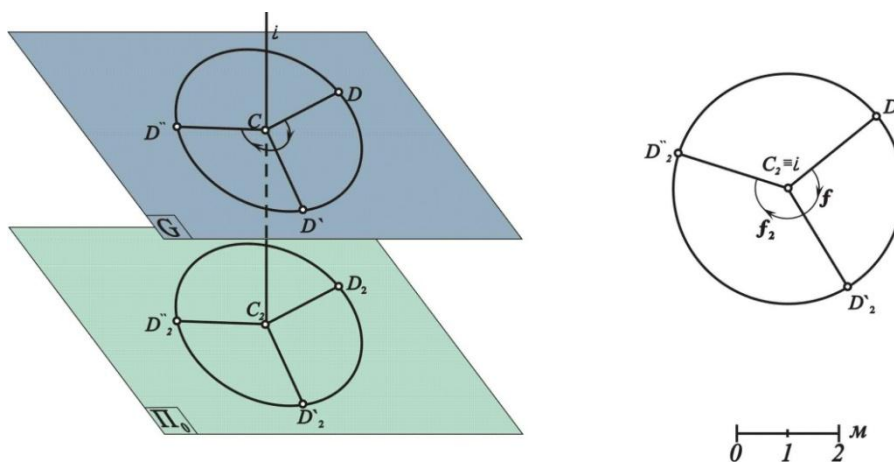


Рис. 57. Вращение вокруг вертикальной оси

На рис. 58 рассматривается случай вращения точки A вокруг вертикальной оси i до совмещения ее с плоскостью Q , углом падения которой 55° . Точка A будет принадлежать плоскости Q при условии, если она при вращении окажется расположенной на горизонтали плоскости Q с той же числовой отметкой, что и у точки A .

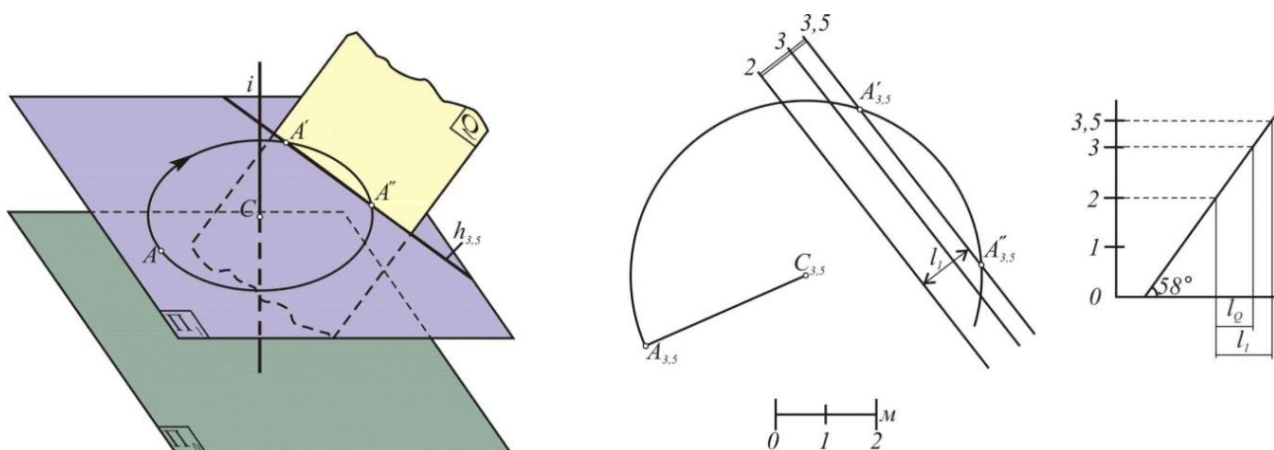


Рис. 58. Вращение точки A вокруг вертикальной оси

Строим линию пересечения плоскости вращения Π_1 с плоскостью Q – $h_{3,5}$ и проводим из центра вращения точки $C_{3,5}$ дугу окружности радиуса $C_{3,5}A_{3,5}$ до пересечения с горизонталью $h_{3,5}$. Таким образом, точка A после поворота займет положение $A'_{3,5}$ и $A''_{3,5}$.

6.3.2. ВРАЩЕНИЕ ВОКРУГ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСИ

Для определения формы и размеров плоской фигуры ее можно повернуть вокруг горизонтали принадлежащей ей до момента, когда фигура станет параллельной плоскости Π_0 .

На рис. 59 точка A вращается вокруг горизонтально расположенной оси h , описывает в плоскости вращения Π_2 окружность радиуса AO (рис. 59). Плоскость вращения является вертикальной плоскостью (горизонтально-проецирующей) и проецируется на план в виде линии, перпендикулярной к проекции оси вращения. Центр вращения определяется как точка пересечения проекции плоскости вращения с проекцией оси вращения $\Pi_2 \cap h_{2,2} = O_{2,2}$.

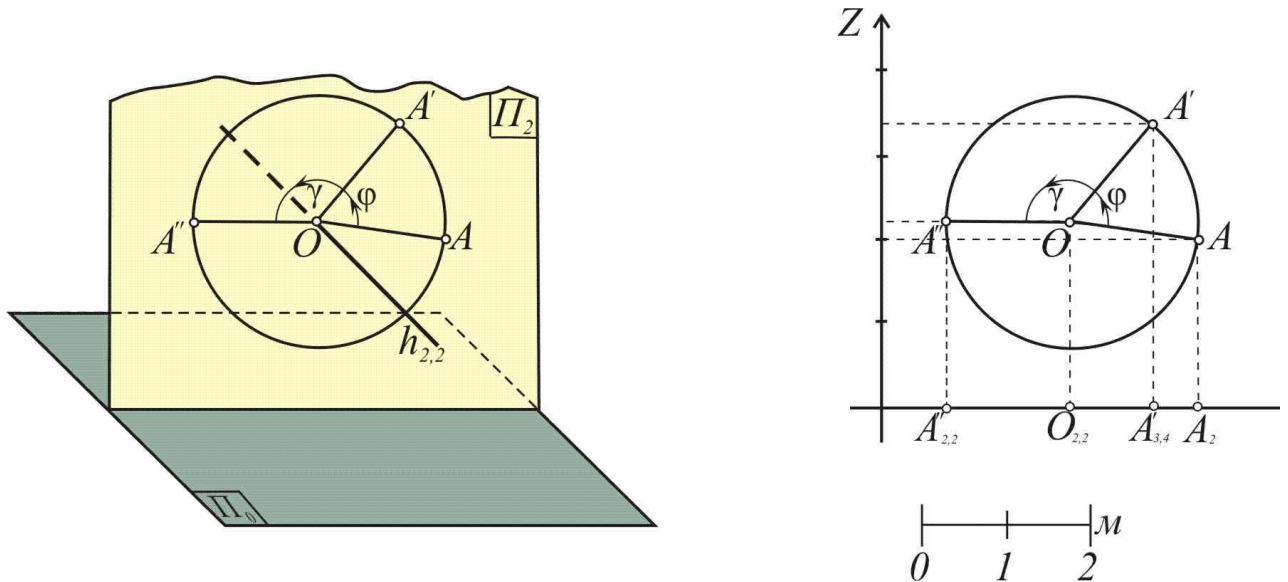


Рис.59. Вращение точки вокруг горизонтальной оси

Если точку A повернуть вокруг оси $h_{2,2}$ на угол φ , то проекция точек на плане переместится по проекции плоскости вращения и займет положение $A'_{3,4}$, при повороте на угол γ точка займет положение $A''_{2,2}$.

Радиус $A''O$ занимает положение параллельное плоскости Π_0 , то проекция является равное натуральной величине радиуса AO .

7. МНОГОГРАННИКИ, КРИВЫЕ ЛИНИИ И ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность представляет собой множество последовательных положений линии, перемещающейся в пространстве. Все поверхности можно разделить на две большие группы: многогранные и кривые. Многогранной называется поверхность, образованная частями пересекающихся плоскостей

7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Поверхность можно представить, как общую часть двух смежных областей пространства. В инженерной графике поверхность определяется как след движущейся линии или другой поверхности (образующей), при изображении поверхности ограничиваются показом этой линии.

Представление об образовании поверхности непрерывным движением позволяет называть такие поверхности кинематическими.

Линию, производящую поверхность, в каждом ее положении называют образующей или производящей. Образующая обычно указывается в ряде ее положений. Образующая линия может быть прямой или кривой.

Итак, кинематическая поверхность представляет собой геометрическое место линий, движущихся в пространстве по некоторому закону.

По геометрическим признакам все поверхности делят на две группы:

- 1) геометрически правильные поверхности, образованные по определенному геометрическому закону;
- 2) геометрически неправильные поверхности, образование которых не связано с геометрическими законами.

К первой группе поверхностей относят цилиндрическую, коническую, сферическую и другие, для точного изображения которых на чертеже требуется совершенно определенный минимум данных.

Поверхности второй группы изображаются только приближенно, причем изображение будет тем точнее, чем больше исходных данных приходится на единицу рассматриваемой поверхности. Ко второй группе наряду с другими относятся и все поверхности топографического порядка.

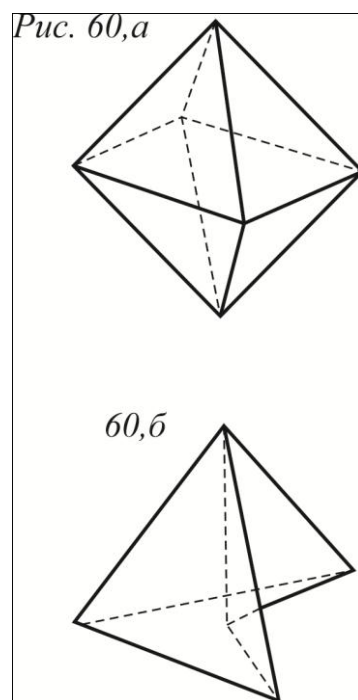
Поверхности, ограничивающие разного рода геологические тела, являются поверхностями *топографического порядка*. Однако в решении практических задач геологоразведочного производства эти поверхности часто приводятся к близким по форме геометрически правильным поверхностям: многогранным, цилиндрическим, коническим и др.

7.2. МНОГОГРАННИКИ. ПОНЯТИЕ И ИХ ВИДЫ

Многогранники – это тела, ограниченные плоскими многоугольниками, т.е. являются совокупностью плоских многоугольников, лежащих в одной плоскости, где каждая сторона одного является стороной другого. Многоугольники, составляющие поверхность многогранника, называют его *гранями*, их стороны – *ребрами*, а вершины – *вершинами многогранника*, совокупность всех граней называется *поверхностью многогранника*.

При изображении многогранника достаточно указать проекции его вершин, соединив их в определенном порядке прямыми линиями – проекциями ребер. При этом на чертеже разным типом линий необходимо отметить видимые и невидимые ребра.

Многогранники бывают выпуклые и невыпуклые. Если многогранник (т.е. его вершина и ребра многогранника) расположен по одну сторону от плоскости каждой своей грани, он называется выпуклый (*рис. 60, а*). Невы-



пуклым называется многогранник, если он расположен по разные стороны от одной из своих граней (рис. 60, б).

Особой группой выпуклых многогранников является группа правильных многогранников, у которых все грани – равные между собой правильные многоугольники и все многоугольные углы равны. Существует пять видов правильных многоугольников (рис. 61):

Тетраэдр (правильная треугольная пирамида) – правильный четырехгранник, ограниченный равносторонними треугольниками, имеет 4 вершины и 6 ребер, в каждой его вершине сходится по три ребра (рис. 61, а);

Гексаэдр (куб) – правильный шестигранник, ограниченный шестью равными квадратами; имеет 8 вершин и 12 ребер (рис. 61, б).

Октаэдр – правильный восьмигранник, ограниченный восемью равносторонними треугольниками, соединенными по четыре около каждой вершины; имеет 6 вершин и 12 ребер (рис. 61, в).

Додекаэдр – правильный двенадцатигранник, ограниченный двенадцатью правильными пятиугольниками, соединенными по три около каждой вершины; имеет 20 вершин и 30 ребер (рис. 61, г).

Икосаэдр – правильный двадцатигранник, ограниченный двадцатью равносторонними треугольниками, соединенными по пяти около каждой вершины; имеет по 12 вершин и 30 ребер (рис. 61, д).

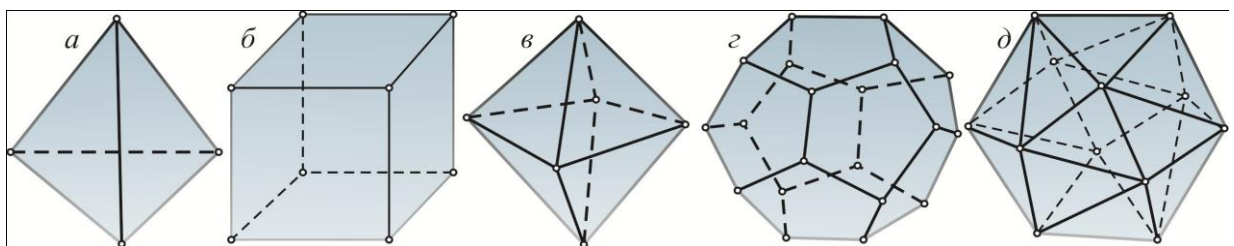
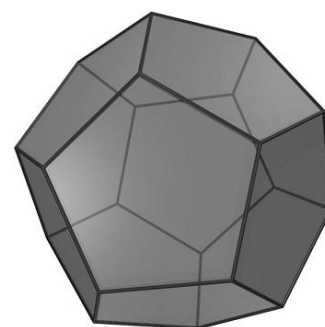
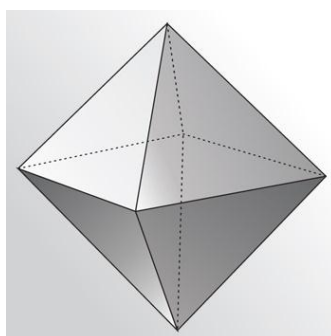
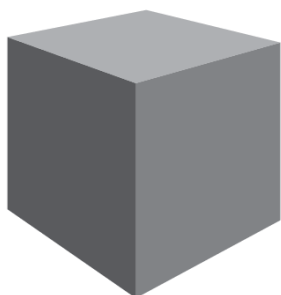


Рис. 61. Примеры правильных многогранников

В природе мы часто встречаемся с веществами, имеющими кристаллическое строение в виде многогранников. Для кристаллических тел характерна правильная, симметричная структура. Симметрия внутренней структуры от-

ражается в форме отдельных кристаллов, представляющих многогранники с определенными углами между ребрами и гранями.

Правильные многогранники всегда привлекали совершенством своих форм, полной, казалось бы, невозможной симметричностью. Некоторые из таких тел встречаются в природе, например, на *рисунке 62* показаны кристаллы поваренной соли, которые имеют форму куба, алмаз чаще всего встречается в форме октаэдра, кристаллы пирита имеют форму додекаэдра.



Кристаллы поваренной
соли

Кристалл алмаза

Кристалл пирита

Рис.62. Кристаллы и их формы

При решении горно-геологических задач форму котловин, отвалов горных пород, насыпей тоже приравнивают к многогранникам.

Примером многогранников в геоморфологии являются обломки горных пород, имеющие две и более отшлифованные или сглаженные грани. Такие грани часто образуются на гальке или глыбах в результате коррозии, это может быть шлифовка песком при перемещении ветром или водой в русле рек.

Для нас практический интерес, прежде всего, представляют выпуклые многогранники, среди них призмы, пирамиды и правильные многогранники.

7.3. ПРИЗМА

Призма – это многогранник, у которого боковыми гранями являются параллелограммы и пересекаются по параллельным прямым, а основания представляют собой равные многоугольники, лежащие в параллельных плоскостях. Расстояние между плоскостями ее оснований называют высотой призмы. Призму, в основании которой лежит правильный многоугольник называют *правильной*.

Призмы бывают треугольные, четырехугольные, ... n-угольные – это определяется тем, что лежит ли в основании треугольник, четырехугольник или n-угольник.

Если у призмы боковые ребра перпендикулярны ее основанию, такую призму называют *прямой* (рис.63,а), другие призмы называют *наклонными* (рис.63,б).

Призмы обладают следующими свойствами:

- Основания призмы являются равными многоугольниками;
- Боковые ребра призмы параллельны и равны;
- Объем призмы равен произведению её высоты на площадь основания:

$$V = S \times h;$$

- Площадь полной поверхности призмы $S_{\text{пол}}$ равна сумме площади её боковой поверхности $S_{\text{б.п.}}$ и удвоенной площади основания $S_{\text{осн}}$:

$$S_{\text{пол}} = S_{\text{б.п.}} \times 2 S_{\text{осн}};$$

- Площадь боковой поверхности прямой призмы $S_{\text{б.п.}} = P \times h$, где P – периметр основания призмы, h – высота призмы.

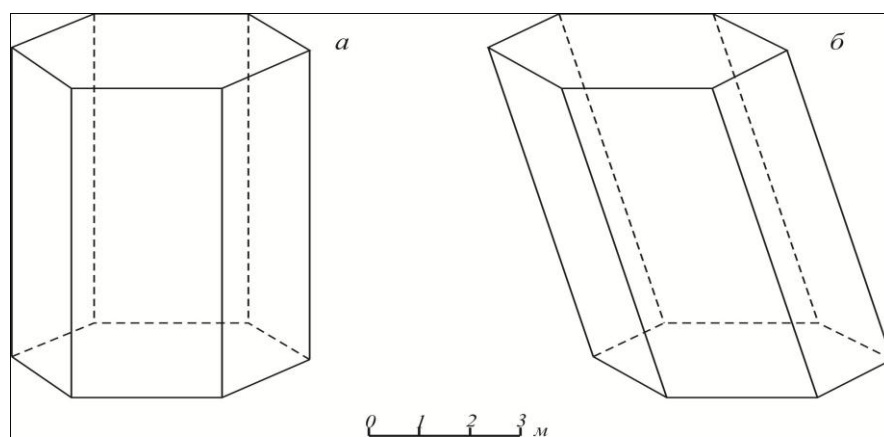


Рис. 63. Пример прямой и наклонной призмы

Призматическая поверхность неограниченной длины на чертеже может быть изображена проекциями фигуры, полученной при пересечении боковых граней призмы плоскостью, и проекциями ребер призмы. Пересекая призматическую поверхность двумя параллельными между собой плоскостями, получаем основания призмы. На чертеже основания призмы удобно располагать параллельно плоскости проекций.

7.4. ПИРАМИДА

Пирамида - это многогранник, одна грань которого многоугольник, а остальные грани являются треугольниками с общей вершиной. Пирамида называется правильной, если в основании лежит правильный многоугольник и высота пирамиды проходит через центр многоугольника (рис.64,а). Высотой пирамиды называется перпендикуляр, опущенный из вершины пирамиды на плоскость основания (SO). У правильной пирамиды боковые ребра равны, а боковые грани - равные равнобедренные треугольники. Высота боковой грани (SF) называется *апофемой* правильной пирамиды. Пирамида называется n -угольной, если ее основанием является n - угольник.

Если провести сечение, параллельное основанию пирамиды, то тело, заключённое между этими плоскостями и боковой поверхностью, называется

усеченной пирамидой (рис.64,б); расстояние Oo – высотой пирамиды. Отрезки, соединяющие вершину пирамиды с вершинами основания, называются ребрами. Все боковые грани правильной усечённой пирамиды – равные равнобоковые трапеции.

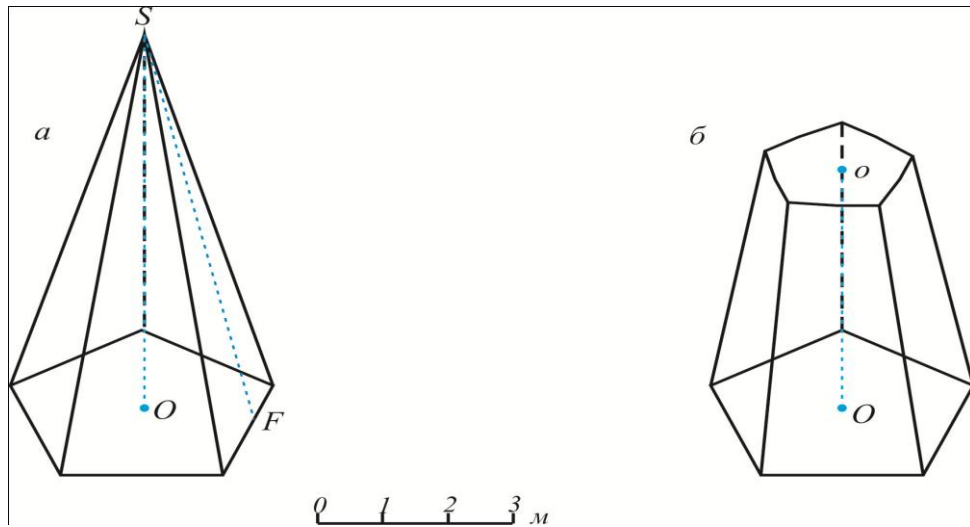


Рис.64. Пример правильной и усеченной пятиугольной пирамиды

Для задания поверхности пирамиды надо иметь фигуру сечения всех боковых граней пирамиды плоскостью и точку их пересечения. Обычно пирамида задается на чертеже проекциями ее основания и вершины, а усеченная пирамида - проекциями обоих оснований. Выбирая положение пирамиды для ее изображения, целесообразно располагать основание параллельно плоскости проекций. В общем случае изображение многогранника сводится к построению его ребер, т.е. линий пересечения граней, и вершин – точек пересечения ребер. Совокупность ребер и вершин многогранника называют сеткой. Многогранник задан на чертеже, если заданы проекции его сетки.

7.5. КРИВЫЕ ЛИНИИ

Линии занимают особое положение в инженерной графике. С помощью линий удаётся решать многие научные и инженерные задачи. Линии широко используются при конструировании поверхностей различных техни-

ческих форм. Кривая линия определяется положениями составляющих ее точек. Точки кривой определяются их координатами. Среди кривые линий выделяются два вида: плоские кривые и пространственные кривые.

Кривую линию называют плоской, если все точки кривой лежат в одной плоскости. Все множество плоских кривых можно разделить на:

- ✓ циркульные, которые можно построить с помощью циркуля (окружность, овал, завиток и т.д.)
- ✓ лекальные, которую нельзя построить с помощью циркуля. Ее строят по точкам с помощью специального инструмента, называемого лекалом (эллипс, парабола, гипербола, спираль, лимнискату и др.)

При построении проекций плоских кривых необходимо указывать проекции их характерных точек, а также точек наиболее удаленных от плоскости проекций, и наиболее близких к ней.

К особым точкам плоских кривых относят (рис. 65):

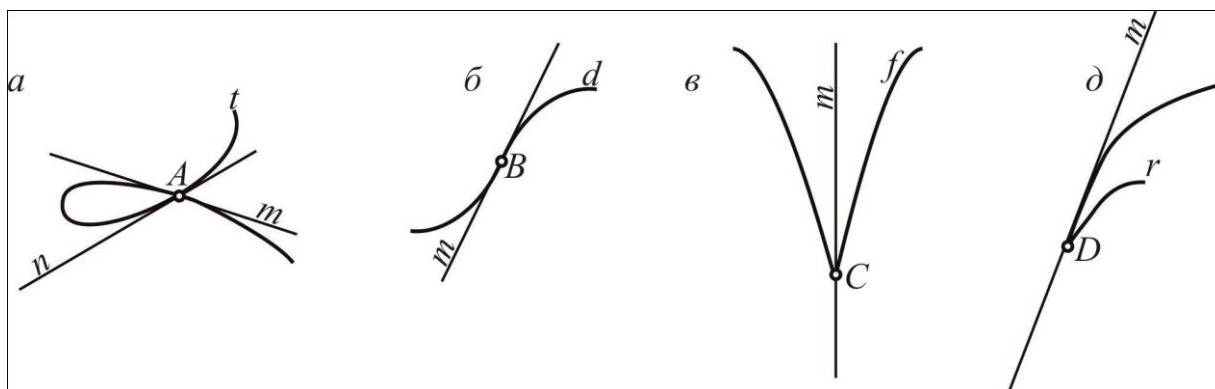


Рис. 65. Особые точки плоских кривых

- 1) узловую точку – точку A , в которой кривая t пересекает сама себя (рис. 65, а);
- 2) точку перегиба – точку B , в которой кривая d касаясь прямой m , переходит на другую сторону, оставаясь касательной к прямой m в той же точке B (рис. 65, б);

3) точку возврата – точку C , в которой кривая f , касаясь прямой, делает резкий поворот в обратном направлении, оставаясь касательной к прямой. Различают точку возврата первого рода – C (рис. 65, в) и второго рода – D (рис. 65, г).

В решении практических задач часто возникает необходимость проведения прямых, касательных (рис. 65), а также нормальных к кривой в данной точке. Прямую m , которая соединяет две бесконечно близкие точки кривой называют касательной. Через каждую точку кривой можно провести касательную к ней прямую.

Ниже даны примеры, в которых рассматриваются способы построения прямых, касательных и нормальных к плоским кривым.

Пространственной кривой линией называется кривая, которая не может быть совмещена с плоскостью всеми своими точками, т.е. не лежит в одной плоскости. Наибольший интерес для инженерной графики представляют цилиндрическая и коническая винтовые линии. На плане такие кривые задают проекциями последовательного ряда точек.

В геологической практике ось искривленной разведочной скважины имеет вид пространственной кривой. В процессе бурения возникает необходимость контролировать пространственное положение скважины в любой ее точке. Пространственное положение скважины может быть определено в заданной точке, если известны следующие ее параметры: глубина, зенитный угол β (зенитным называют угол, составленный прямой, касательной к оси скважины и горизонталью) и азимутальный угол α (азимутальным называют правый угол, составленный северным направлением меридиана и направлением падения касательной на плане).

На рисунке 66 рассматривается пример определения зенитного и азимутального углов кривой b , моделирующей буровую скважину в заданной точке M , а также определение истинной длины скважины от устья – точка D до забоя – точка C . Задача решается в следующем порядке:

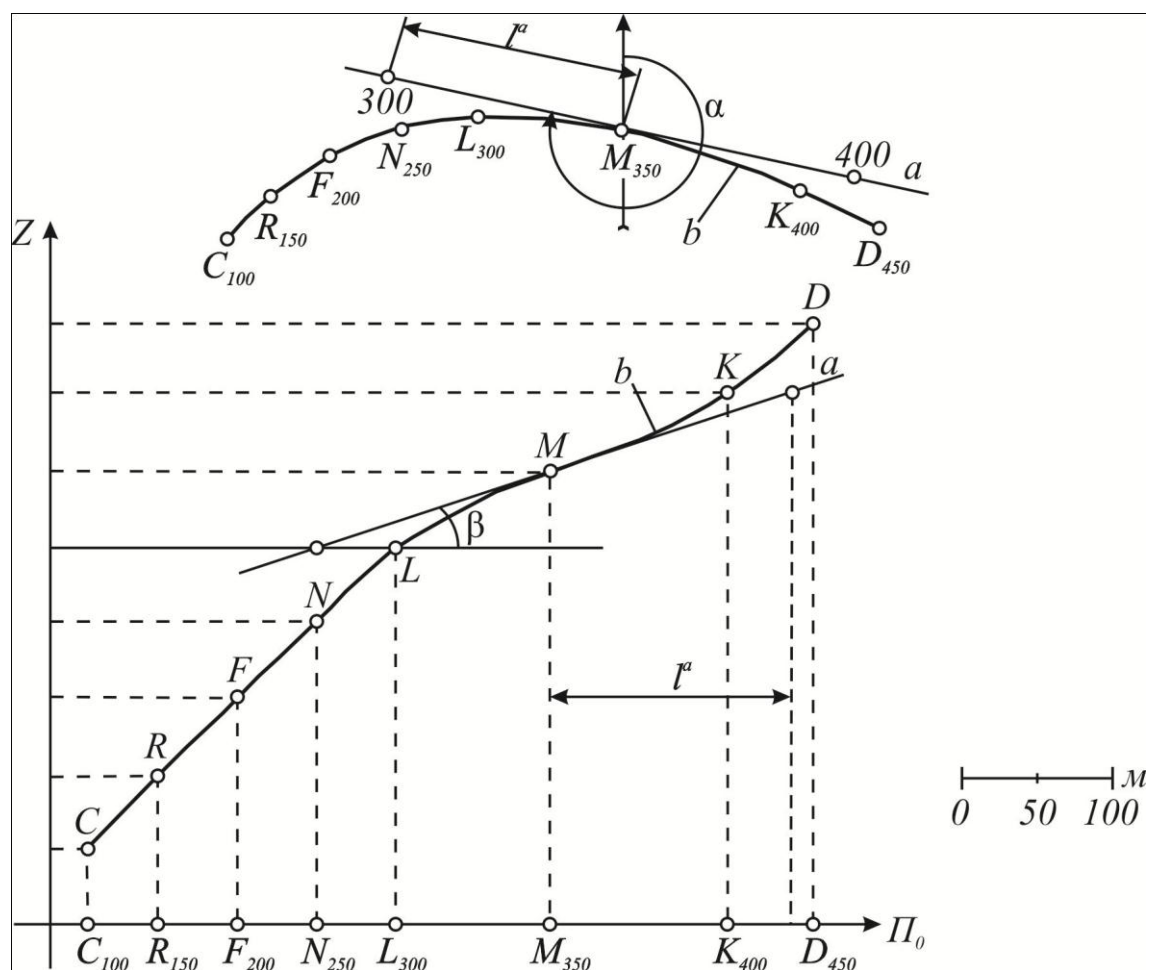


Рис. 66. Пример определения зенитного и азимутального углов кривой b

1) строим на плане проекцию касательной прямой a к проекции кривой b в точке M ;

2) строим профиль развернутого разреза, выполненного по направлению кривой b . Решение этой задачи проводят заменой пространственной кривой b ломаной линией \bar{b} . Точки на кривой b определяют дуги, близкие к отрезкам прямых: $(\bar{D})(\bar{K}) = D_{450}K_{400}$; $(\bar{K})(\bar{M}) = K_{400}M_{350}$; $(\bar{R})(\bar{C}) = R_{150}C_{100}$.

В результате выполненных построений пространственная кривая b преобразовалась в плоскую кривую \bar{b} :

3) полученную кривую \bar{b} измеряют по правилу спрямления плоских кривых. Для этого на прямой, проведенной на свободном поле чертежа, откладывают отрезки, равные соответствующим частям плоской кривой \bar{b} :

$DK = \overline{DK}, KM = \overline{KM}, \dots, RC = \overline{RC}$. Сумма этих отрезков, равная DC , и дает приблизительную длину пространственной кривой b .

4) через точку M касательно к развернутому профилю кривой b проводим прямую a и определяем по ее профилю заложение и зенитный угол;

5) строим проекции точек касательной прямой a на плане.

7.6. КРИВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхностью называют непрерывную последовательную совокупность положений некоторой линии, движущейся в пространстве по определенному закону. Эта линия может быть как прямой, так и кривой и называется образующей, а линия, по которой осуществляется движение направляющей.

В основе классификации поверхностей наблюдается закон движения образующей либо ее вид. Если закономерность образования поверхности может быть выражена аналитически, такую поверхность называют геометрически правильной, в ином случае она является графической (геометрически неправильной) поверхностью.

По виду образующей поверхности делятся на:

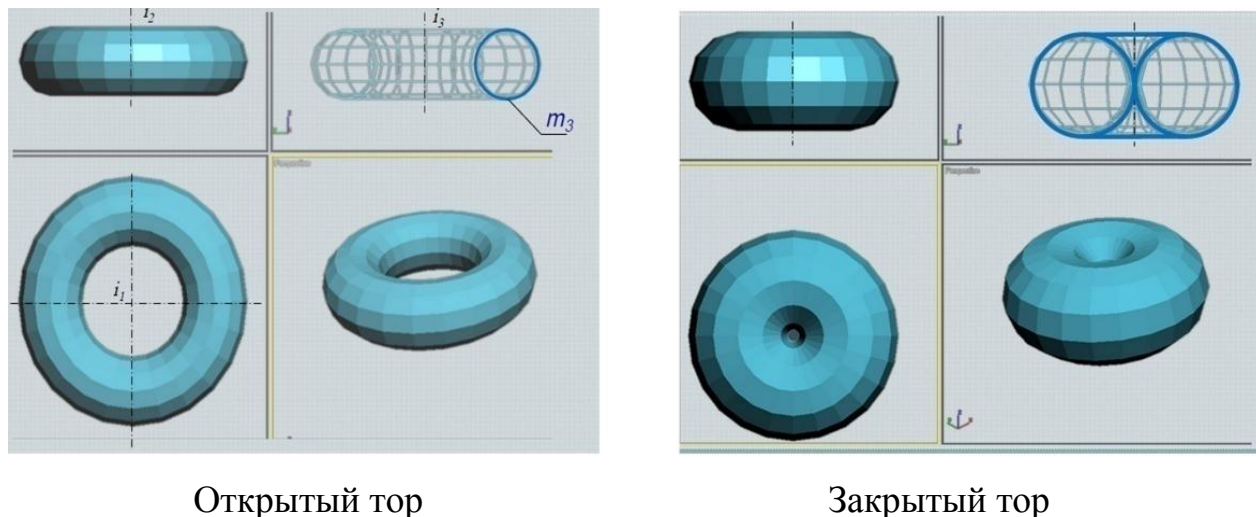
✓ линейчатые, если образующая – прямая линия, в качестве примеров можно представить цилиндрическую и коническую поверхности, косую плоскость и другие;

✓ нелинейчатые, если образующая – кривая линия, примерами этой группы могут быть сферическая поверхность, тор, эллипсоид и др.

По закону движения образующей различают:

✓ поверхности вращения – это поверхности, которые образуются произвольной кривой (плоской или пространственной) при ее вращении вокруг неподвижной оси, например круговой цилиндр, круговой конус, сфера,

тор. Например, на *рисунке 67* представлена поверхность тора. Тором - называется поверхность, которая может быть получена при вращении окружности m вокруг оси i , не проходящей через ее центр O .



Открытый тор

Закрытый тор

Рис. 67. Поверхность тора

В зависимости от соотношения радиуса образующей окружности R и расстояния от центра окружности до оси вращения t поверхности тора подразделяют на открытый тор (или кольцо) при $R < t$ – окружность не пересекает ось вращения и закрытый тор при $R > t$ – окружность пересекает ось вращения или касается ее.

✓ винтовые поверхности
поверхность, получаемая винтовым перемещением произвольной линии (образующей), наибольшее применение в технике имеют линейчатые винтовые поверхности (геликоиды, *рис.68*), образованные винтовым движением отрезка прямой, вращающейся вокруг перпендикулярной к ней оси и одновременно поступательно движущейся в направлении этой оси.

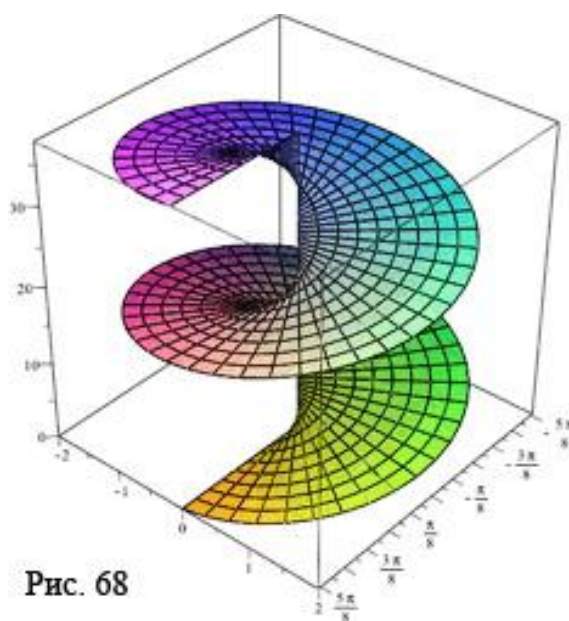


Рис. 68

✓ поверхности с плоскостью параллелизма представляют собой множество прямых линий l (образующих), параллельных некоторой плоскости Φ (плоскости параллелизма) и пересекающих две данные направляющие m, n (рис. 69), например, цилиндроид, коноид, косая плоскость.

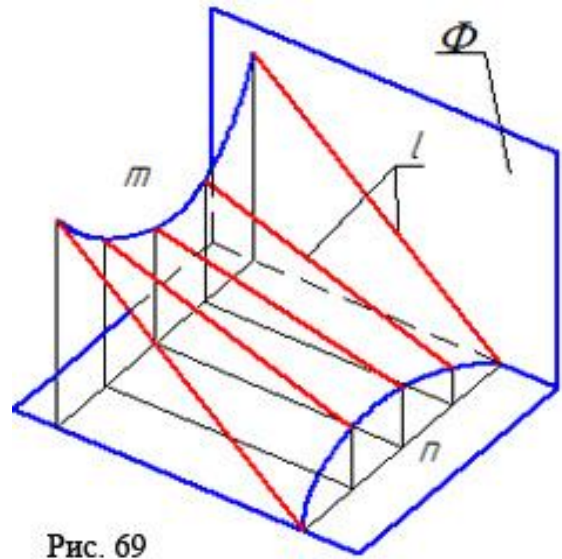


Рис. 69

При геометризации месторождений полезных ископаемых инжене-

ру-геологу приходится иметь дело с геометрически неправильными топографическими поверхностями. Однако в решении практических задач поверхности, ограничивающие геологические или рудные тела, часто приравнивают к геометрически правильным поверхностям: цилиндрической, конической, сферической, косой плоскости, используя при этом геометрические свойства этих поверхностей.

При задании поверхности на чертеже необходимо указать на нем такие элементы поверхности, которые позволяли бы построить каждую точку этой поверхности. Для построения поверхности на плане прибегают к одному из приведенных способов:

1. проекциями образующей и направляющих, с указанием числовых отметок этих направляющих;
2. проекциями направляющих и рядом профилей (сечений) этой поверхности по образующим, с указанием отметок этих образующих;
3. проекцией направляющей с ее отметками, направлением образующей и величиной ее наклона к основной плоскости.

Для придания большей наглядности часто на чертеже строят еще и очертание поверхности, которое является границей видимости частей поверхности на плане и отделяет видимую часть поверхности от невидимой. В

практике решения задач геологоразведочного производства кривые поверхности на плане обычно изображают горизонтальными. Исходными данными для построения горизонталей поверхности являются образующая и направляющая поверхности; направляющая и элементы залегания образующей, отнесенные к определенным точкам поверхности; образующая и ось вращения поверхности и т. д.

Кратчайшее расстояние между проекциями двух соседних горизонталей на плане называется заложением кривой поверхности, которое не является постоянной величиной. Наличие горизонталей придает изображению поверхности большую наглядность и позволяет определить некоторые ее параметры.

Цилиндрическая поверхность. Цилиндрическая поверхность образуется прямой t , которая, перемещаясь по произвольной кривой направляющей h , остается параллельной своему исходному положению (направлению), т. е. все образующие параллельны друг другу и имеют одинаковые элементы залегания (рис. 70).

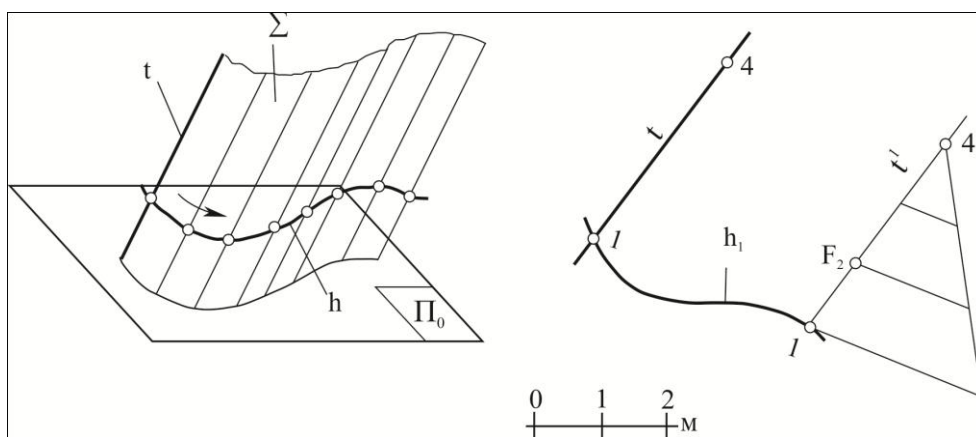


Рис. 70. Пример развернутой цилиндрической поверхности

В основу классификации цилиндрических поверхностей положен вид кривой, которую получают при пересечении поверхности с плоскостью, перпендикулярной к ее образующей. Цилиндрическую поверхность называют

круговой, если линия пересечения является окружностью; эллиптической, если линия пересечения – эллипс, и т. д.

Если образующие цилиндрической поверхности перпендикулярны к основаниям, то цилиндр называется прямым, в противном случае – наклонным. Если линией пересечения является геометрически неопределенная кривая, цилиндрическую поверхность называют поверхностью общего вида.

Цилиндрическая поверхность без разрывов и складок разворачивается на плоскости, поэтому ее называют развращивающейся поверхностью.

На рис. 71 приведен пример построения горизонталей цилиндрической поверхности общего вида, заданной на плане направляющей h и образующей t . Направляющая располагается горизонтально и является, таким образом, одной из горизонталей поверхности.

Для построения большого количества горизонталей через произвольно выбранные точки направляющей h проводят дополнительные образующие. Определив на профиле заложение образующей t (A_0B_3), интерполируют и остальные образующие. Плавные кривые, проведенные через точки образующих с одинаковыми числовыми отметками, являются проекциями искомых горизонталей.

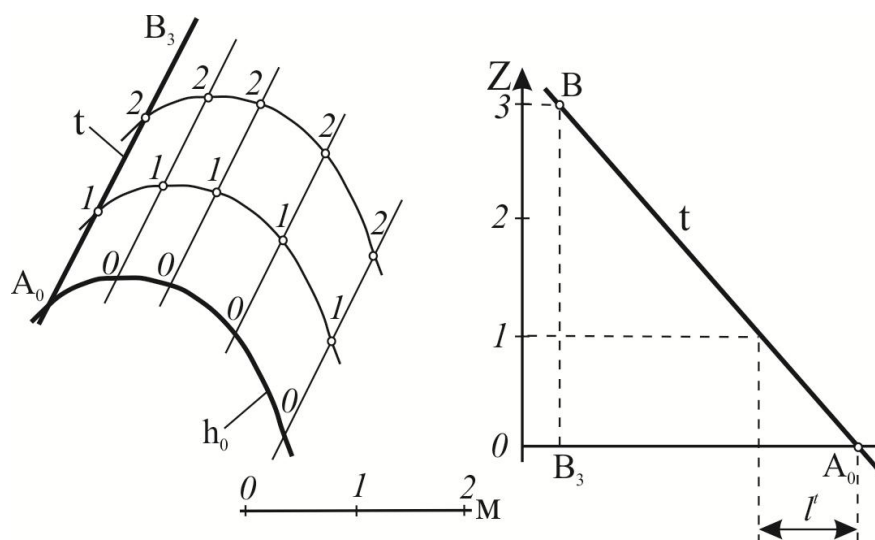


Рис. 71. Построение горизонталей цилиндрической поверхности

Коническая поверхность. Эта поверхность образуется движением прямолинейной образующей, скользящей по кривой, направляющей m и проходящей во всех своих положениях через одну и ту же неподвижную точку S (рис. 72).

Коническая поверхность образуется прямой t , которая, перемещаясь по произвольной кривой h , во всех положениях проходит через неподвижную точку S пространства вершину поверхности. Поверхность, неограниченно простираясь в обе стороны от точки S образует две полости: верхнюю Φ^1 и нижнюю Φ .

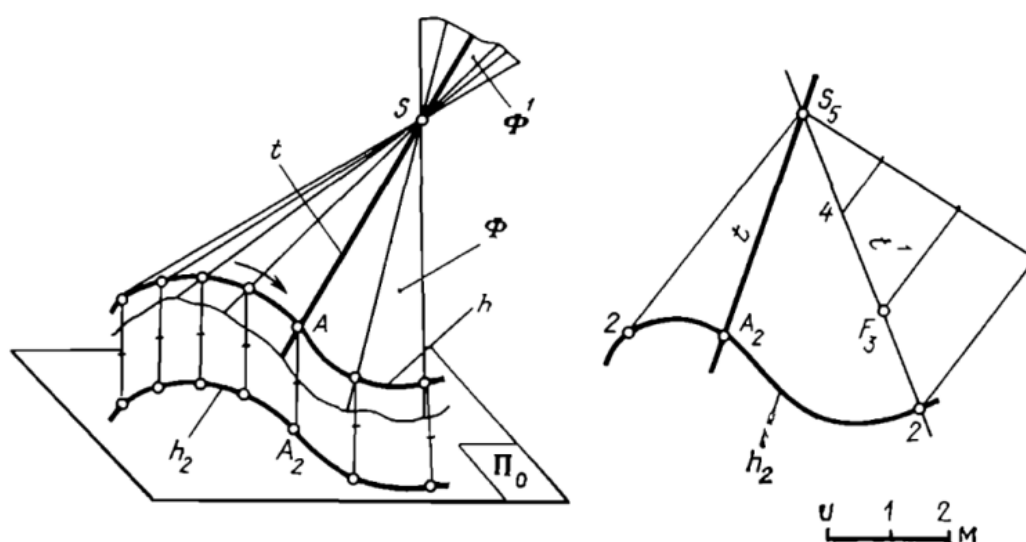


Рис. 72. Пример конической поверхности

В основу классификации конических поверхностей берут вид кривой, которую можно получить при пересечении поверхности плоскостью, перпендикулярной к ее оси. Под осью поверхности понимают линию пересечения ее двух плоскостей симметрии. Как и в случае с цилиндрической, коническая поверхность может быть круговой, эллиптической и т. д. Коническую поверхность, не имеющую оси симметрии, называют поверхностью общего вида.

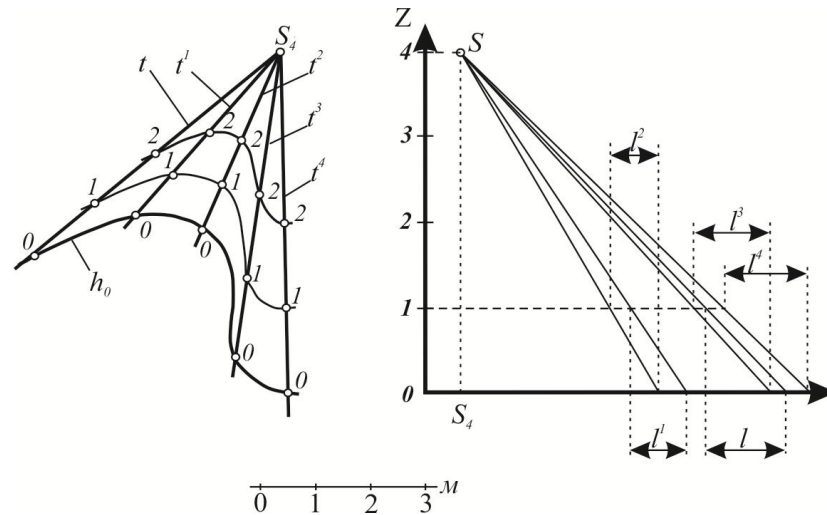


Рис. 73. Построение горизонталей конической поверхности

Горизонтали конической поверхности общего вида, заданной направляющей h и вершиной S , строят в следующем порядке, (рис. 73): через произвольно выбранные точки направляющей h и вершину S проводят образующие конической поверхности; определив по профилю их заложения, интерполируют образующие поверхности; плавные линии, проведенные через точку с одинаковыми отметками, являются проекциями искомых горизонталей конической поверхности.

8. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ

На топографических картах рельеф изображается горизонталями, т. е. кривыми замкнутыми линиями, каждая из которых представляет собой изображение на карте горизонтального контура неровности, все точки которого на местности расположены на одной и той же высоте над уровнем моря.

8.1. ТОПОПОВЕРХНОСТЬ И ЕЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Топографическую поверхность относят к геометрически неправильным поверхностям, так как она не имеет геометрического закона образования. Для характеристики поверхности определяют положение ее характерных точек относительно плоскости проекций.

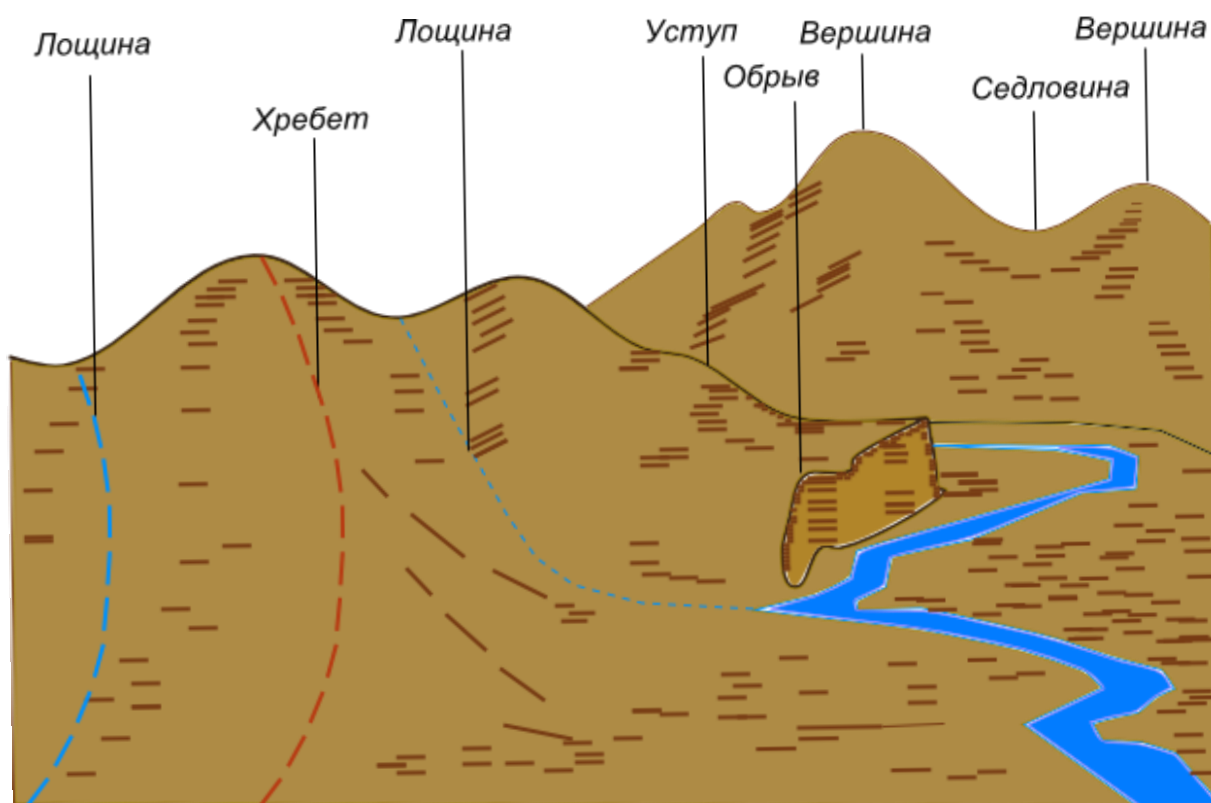


Рис. 74. Различные формы рельефа

Земная (топографическая) поверхность представляется горизонтальной проекцией каркасной модели, образующейся при рассечении земной поверхности горизонтальными плоскостями. По возрастанию горизонталей можно

судить о виде изображаемой поверхности. Так, на рисунке 74 изображены различные формы рельефа и отображение этих форм горизонталями на рисунке 75.

Часть поверхности выраженной в горизонталях в виде замкнутых кривых называют:

- *вершиной*, когда каждая внутренняя горизонталь имеет числовую отметку больше каждой внешней;
- *котловиной*, когда каждая внутренняя горизонталь имеет числовую отметку меньше каждой внешней;
- *седловиной*, поверхность ограниченную с четырех сторон выпуклыми сторонами горизонталей. При этом противоположные горизонталы образуют одно семейство горизонталей, каждая из которых имеет числовую отметку, меньшую (или большую) числовой отметки каждой горизонтали второго семейства, образованного другими противоположными горизонталями;

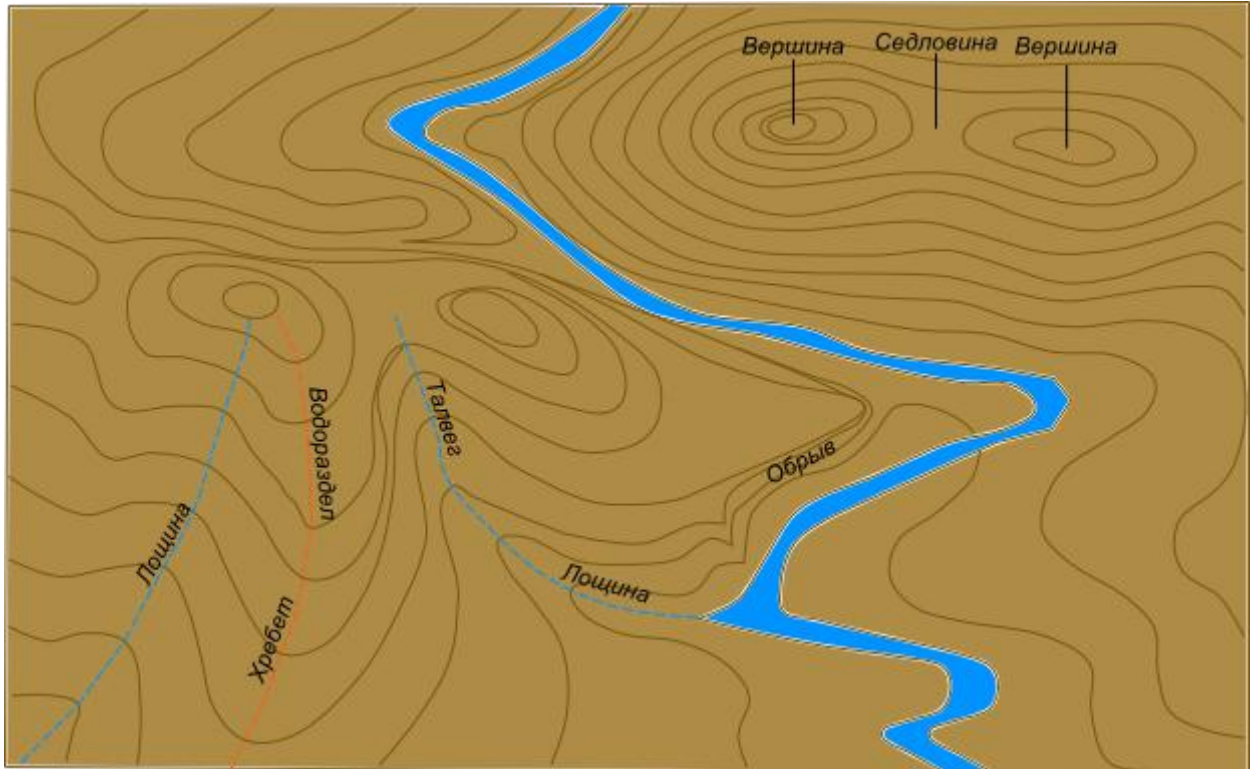


Рис.75. Отображение форм рельефа горизонталями

- *водоразделом* (или линией хребта) линию наибольшего ската поверхности, проходящей через точки максимальной кривизны горизонталей в случае, когда всякая огибающая горизонталь имеет меньшую числовую отметку, чем огибаемая;

- *водосливом* (тальвегом) линию ската, проходящую через точки максимальной кривизны горизонталей (линия долины), если каждая огибающая горизонталь имеет числовую отметку больше числовой отметки огибаемой горизонтали. Водяные струи всегда стремятся от линии водораздела к линии водослива.

В дополнение к высотным отметкам на горизонталях обычно проставляются бергштрихи (черточки), показывающие направление понижения местности. Важным допущением в проекциях с числовыми отметками является допущение о линейном характере изменения местности между ее горизонталями.

На рис. 76 пример плана участка топографической поверхности, на котором показаны проекции ее отдельных точек. Этот план дает возможность составить представление о форме изображаемой поверхности, однако отличается малой наглядностью.

Чтобы придать чертежу наглядность и облегчить его чтение, проекции точек с одинаковыми отметками соединяют плавными кривыми линиями, которые называют горизонталями — (изолиниями) (рис. 76). Высота сечения горизонталей на топоповерхности равна 5 метрам.

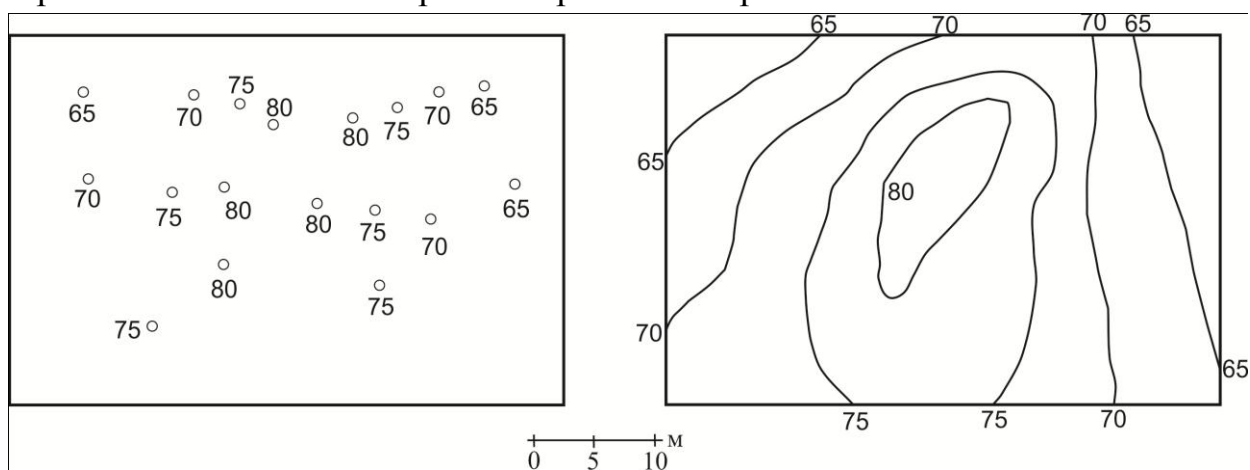


Рис. 76. Пример построения топографической поверхности

Высоту сечения горизонталей выбирают в зависимости от рельефа местности и принятого масштаба изображения, чем меньше высота сечения, тем точнее изображение поверхности. Горизонтальи рельефа наносят кривыми линиями черного или коричневого цвета, на месте обозначения высотной

отметки горизонталь прерывают, отметку располагают в месте разрыва, основанием к понижению рельефа.

Горизонталь топографической поверхности иногда определяют и как линии пересечения этой поверхности с горизонтальными плоскостями, отстоящими друг от друга на одно и то же расстояние (рис. 77). Разность отметок у двух смежных горизонталей называют высотой сечения. Изображение топографической поверхности тем точнее, чем меньше разность отметок у двух смежных горизонталей.

На более крутых склонах поверхности проекций горизонталей сближаются, на пологих — их проекции расходятся.

Кратчайшее расстояние между проекциями двух смежных горизонталей на плане называют заложением. На рис. 77 через точку А проведено несколько отрезков прямых: $\backslash AB \backslash$, $\backslash AC \backslash$ и $\backslash AD \backslash$. Они имеют разные углы падения. Наибольший угол падения имеет отрезок $\backslash AC \backslash$ - его заложение имеет минимальное значение. Он и будет являться проекцией линии падения поверхности в данном месте.

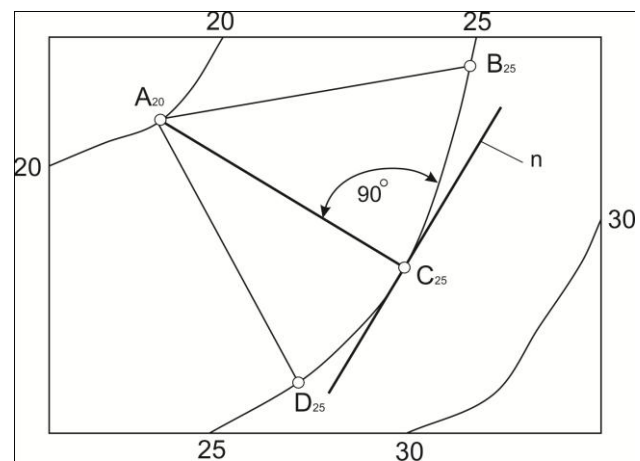


Рис. 77. Определение высоты сечения и заложения плоскости

Анализ рельефа производится на основании следующих свойств топографической поверхности:

1. *Конечность* - любая точка поверхности имеет конечную отметку, эта отметка не может быть ни бесконечно большой, ни бесконечно малой;

2. *Однозначность* – каждой точке соответствует только одно значение координат (x, y, z) . По топографической поверхности можно определить высотную отметку любой конкретной точки на чертеже, отметки точек не лежащих на горизонталях, определяются методом интерполирования.

3. *Плавность* – горизонталь поверхности имеют плавные очертания.

8.2. ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ

Топографические профили местности используются для решения большого числа различных инженерных задач: при составлении предварительных проектов строительства инженерных сооружений линейного типа, при составлении геологических разрезов, при определении на местности линий видимости между выбранными точками, для составления описания рельефа по выбранному маршруту и др.

Топографический профиль — линия, проведенная по совокупности точек на какой-либо поверхности на местности, или по геологической карте и демонстрирующая общий геометрический облик этой поверхности. Проекция этой линии на плане может быть построена по ее отдельным точкам, которые определяют пересечением вертикальной плоскости и поверхности рельефа (рис. 78). Бывают поперечные и продольные профили речных русел, профили речных долин, геологических тел, рельефа и т. д.

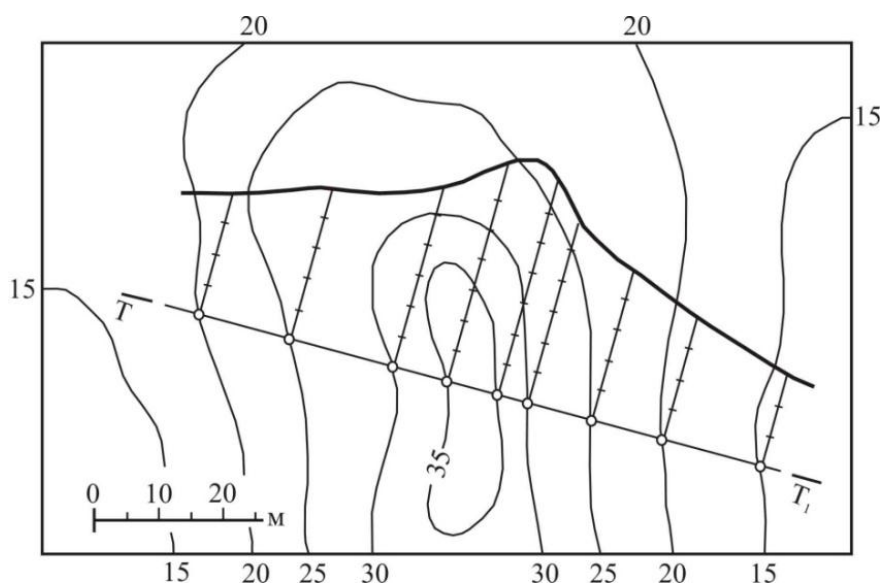


Рис. 78. Наложенный топографический профиль рельефа

Для построения профиля по какому-либо направлению по топографической карте прочерчиваем прямую (восстанавливаем вертикальную секущую плоскость), на которой отмечаем и определяем по горизонталям высоты точек пересечения с вершинами высот и перегибами скатов. Эти точки переносят на линию основания профиля на чертеже и восстанавливают в них перпендикуляры к основанию, по которым в крупном масштабе (в 5-10 раз крупнее масштаба карты) откладывают относительные высоты точек над той из них, которая имеет наименьшую абсолютную высоту. Полученные точки соединяют плавной кривой, которая и будет изображением профиля рельефа по

данному направлению. Профили местности строят и с помощью геодезических приборов, в частности, нивелиров, теодолитов и т. д.

Если между точками пересечения горизонталей и профильной линией имеются заметные перегибы склонов рельефа, то можно определить по горизонталям высота дополнительных точек. Превышение точек рельефа почти всегда незначительны по сравнению с горизонтальным расстоянием. Поэтому на профиле различают два масштаба: горизонтальный (для заложений, обычно по масштабу карты) и вертикальный (для превышений в 5-10 раз крупнее).

8.3. РАЗРЕЗ

В соответствии с ГОСТ 2.305 разрезом называется изображение, полученное при мысленном рассечении предмета одной или несколькими секущими плоскостями. При этом часть предмета, расположенную между наблюдателем и секущей плоскостью, мысленно отбрасывают, а на плоскости проекций изображают то, что находится в секущей плоскости, и то, что расположено за ней.

Разрезы бывают простые и сложные. Простой разрез получается при использовании одной секущей плоскости. Сложный разрез получается при использовании нескольких секущих плоскостей.

Геологические разрезы должны пересекать всю площадь участка вкрест простирания пород и захватывать наиболее типичные, важные и тектонически сложные участки. Допускается составление разрезов по ломаным линиям. Горизонтальный и вертикальный масштабы разрезов должны быть одинаковы и соответствовать масштабу карты. Увеличение вертикального масштаба допускается только для изображения горизонтальных или полого наклонных толщ.

Оформление разрезов производится в полном соответствии с инструкциями по составлению Государственных геологических карт России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ребрик Б.М., Сироткин Н.В., Калиничев В.Н. Инженерно-геологическая графика: учебник. – Москва, 1991. – 318 с.
2. Семенова Т.В., Петрова Е.В. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Курс лекций. – Новосибирск, 2012.
3. Королёв Ю.И. Начертательная геометрия: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Питер, 2007. – 252 с.
4. Швайгер А.М. Начертательная геометрия. Инженерная графика: электронное пособие. - Челябинск: Национальный Союз производителей CD-ROM и мультимедиа, 2000.
5. Кулагина Л.А., Филиппов В.Р. Лабораторные и курсовые работы по структурной геологии: учебное пособие. – Якутск, 2013. – 96 с.
6. Копырин Р.Р. Горно-инженерная графика: учебное пособие. – Якутск, 2007. – 207 с.
7. Основные требования к содержанию и оформлению обязательных геологических карт масштаба 1:50000 (1:25000).

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Третьякова Ольга Геннадьевна, **Третьяков** Максим Феликсович

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 17.05.2019. Формат 60x84/16
Печать цифровая. Печ.л. 6,75. Уч.-изд. л. 7,0. Тираж 50 экз. Заказ № 128.

Издательский дом Северо-Восточного федерального университета,
677891, г. Якутск, ул. Петровского, 5

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии Издательского дома СВФУ