ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

КАФЕДРА МЕХАНИКИ

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие

Москва 2008

Составители: В.Н. Калиничев, А.П. Назаров, С. Ю. Некоз.

Инженерно-геологическая графика. М., РГГРУ, 2008

Учебное пособие предназначено для студентов вечернего и заочного отделения специальностей 08.04 «Разведка месторождений полезных ископаемых», «Гидрогеология», а также студентов, обучающихся по дистанционной форме обучения по указанным специальностям. При подготовке сборника использован учебник «Инженерно-геологическая графика» (авторы Б.М.Ребрик, Н.В.Сироткин, В.Н.Калиничев).

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ПЛОСКОСТИ

Изображение пространственных форм на плоскости производят в начертательной геометрии методом проекций. Проекцией точки А на плоскости П′ называют точку А′ пересечения прямой *а* с плоскостью П′ (рис. 1.1). Прямую *а* принято называть проецирующим лучом, плоскость П′ - плоскостью проекций.

Метод центрального проецирования. Для построения фигуры ABCD из точки S пространства, называемой центром проекций проводят проецирующие лучи *a, b, c* и *d* к характерным точкам фигуры (рис. 1.2). Совокупность точек A′, B′, C′ и D′ пересечения проецирующих лучей с плоскостью П′ представляет собой проекцию фигуры на данной плоскости проекций.

Метод, в котором все проецирующие лучи проходят через одну и ту же точку S пространства, называют методом центрального проецирования, а проекции – центральными.

Метод параллельного проецирования. При удалении центра проекций на бесконечно далекое расстояние от плоскости П′ центральное проецирование преобразуется в параллельное. В этом случае проецирующие лучи параллельны друг другу и одинаково наклонены к плоскости проекций. Направление проецирующих лучей называют направлением проецирования (рис. 1.3)

В зависимости от направления проецирования параллельные проекции делят на косоугольные и прямоугольные. В прямоугольном проецировании проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости проекций, а в косоугольном они составляют с плоскостью проекций угол, не равный 90° (рис. 1.4)

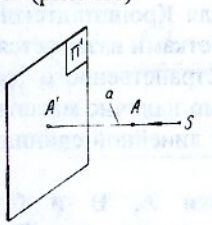


Рис. 1.1

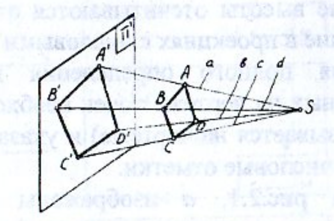


Рис. 1.2

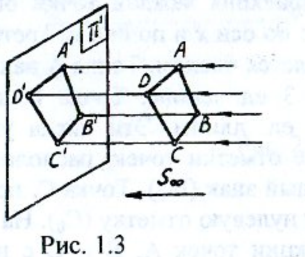


Рис. 1.3

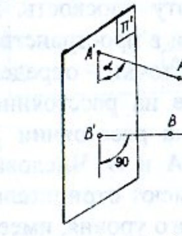


Рис. 1.4

2. ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ТОЧКА, ПРЯМАЯ ЛИНИЯ.

2.1. СУЩНОСТЬ МЕТОДА. ПРОЕКЦИИ ТОЧЕК НА ПЛАНЕ.

В прямоугольных проекциях изображенный предмет проецируют на две и более плоскостей проекций. Но если вертикальные размеры изображаемого предмета существенно невелики по сравнению с горизонтальными (длиной и шириной), то построение фронтальной проекции затруднено, а практическое ее использование неудобно. В таком случае пользуются особым методом построения изображений, называемым методом проекций с числовыми отметками. Наибольшее применение этот метод нашел в решении задач при горном и геологоразведочном производстве.

Сущность метода проекций с числовыми отметками заключается в следующем. Изображаемый предмет прямоугольно проецируют только на одну горизонтально расположенную плоскость проекций $П_0$, называемую плоскостью нулевого уровня. На чертеже в этом случае отображаются только два его измерения: длина и ширина. Третье измерение – высота изображаемого предмета – выражается числами, определяющими расстояние от точек предмета до плоскости проекций. Условимся в дальнейшем эти числа называть числовыми отметками. Плоскость проекций $П_0$, относительно которой ориентируют точки пространства, называют основной или плоскостью нулевого уровня. В решении географических, геодезических и геологических задач за такую плоскость принимают уровень воды моря и океана. В России все абсолютные высоты отсчитываются от нуля Кронштадтского футштока. Изображение в проекциях с числовыми отметками называется планом.

Для полного определения пространственного расположения изображенных на чертеже точек необходимо наличие масштаба (масштаб всегда указывается на чертеже) и указания линейной единицы, в которой выражены числовые отметки.

На рис.2.1, *а* изображены точки А, В и С. Основания перпендикуляров, опущенных из этих точек на плоскость $П_0$, являются их проекциями на эту плоскость. Проекция каждой точки определяет две координаты точки в пространстве: по оси *x* и по оси *y*. Третья координата по оси *z* – высота точки – определяется числом. Точка А находится над $П_0$ и отстоит от нее на расстояние 3 ед. длины. Точка В находится под плоскостью $П_0$ на расстоянии 2 ед. длины. Эти числа указаны около проекций точек А и В. Числовые отметки точек, расположенных ниже плоскости $П_0$, имеют отрицательный знак (B_{-2}). Точка С, принадлежащая плоскости нулевого уровня, имеет нулевую отметку (C_0). На рис.2.1, *б* дан план, на котором показаны проекции точек А, В и С с их числовыми

отметками.

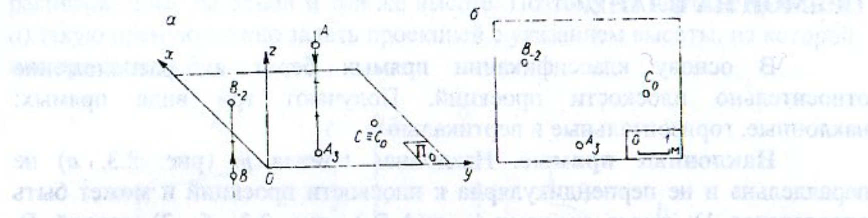


Рис. 2.1

В решении практических задач геодезии, а также маркшейдерии возможен случай перехода от одной плоскости проекций к другой: новую плоскость проекций располагают параллельно $П_0$, но выше или ниже ее (рис 2.2). Расположение точек в пространстве остается неизменным, поэтому положение их проекций не изменяется, изменяются только отметки точек. Если новую плоскость расположить выше первоначальной, то положительные отметки всех точек уменьшатся на n ед. (на рис 2.2 на 2 ед.), а отрицательные - увеличатся на n ед. (на рис 2.2 на 2 ед.). Если плоскость проекций расположить ниже, то отрицательные отметки всех точек уменьшатся на n ед., а положительные - увеличатся на n ед. (на рис 2.2 на 3 ед.). Числовая отметка, выражающая удаление точки от плоскости проекций, называется абсолютной, от произвольно взятой плоскости проекций – условной.

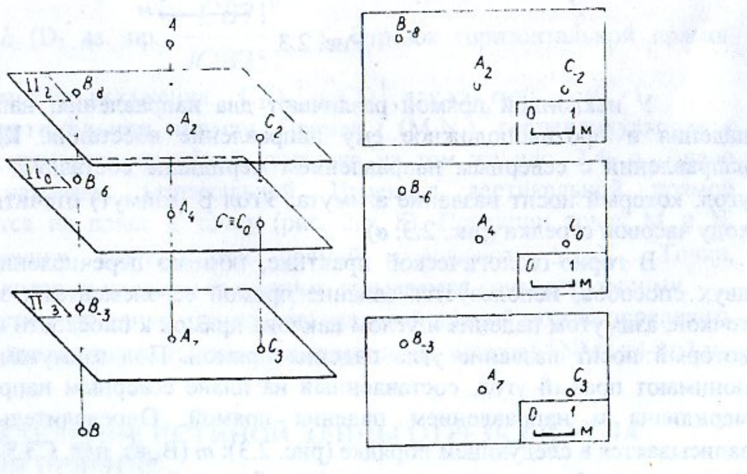


Рис. 2.2

2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЯМЫХ И СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПРЯМОЙ НА ПЛАНЕ.

В основу классификации прямых берут их расположение относительно плоскости проекций. Получают три вида прямых: наклонные, горизонтальные и вертикальные.

Наклонные прямые. Наклонная прямая *m* (рис. 2.3, *а*) не параллельна и не перпендикулярна к плоскости проекций и может быть определена: 1) двумя точками – $m(A_1B_4)$, рис 2.3, *б;* 2) точкой В, направлением наклона (на плане показана стрелкой) и величиной угла наклона к плоскости проекций Π_0 – m ($B_4\angle 40^0$) (рис. 2.3., *в*). Определитель прямой условимся указывать в скобках.

Под определителем прямой будем понимать совокупность условий, необходимых и достаточных для ее одинакового задания. На рис. 2.3, *б* прямая *m* задана на плане двумя указанными способами.

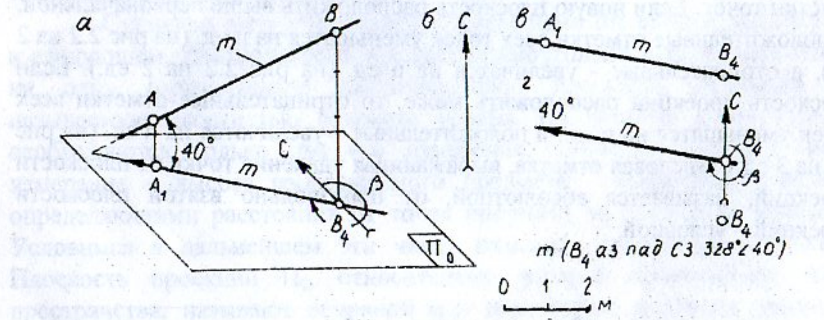


Рис. 2.3

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 β (азимут) отсчитывают по ходу часовой стрелки (рис. 2.3, *в*).

В горно-геологической практике, помимо перечисленных выше двух способов, используется задание прямой ее элементами залегания: точкой, азимутом падения и углом наклона прямой к плоскости проекций, который носит название угла падения прямой. Под азимутом падения понимают правый угол, составленный на плане северным направлением меридиана и направлением падения прямой. Определитель прямой записывается в следующем порядке (рис. 2.3): *m* (B_4 аз. пад. СЗ 328^0 $\angle 40^0$). Кроме угловой величины азимута (для большей ясности) указывают и азимутальную четверть (СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ), в которой этот угол находится. На плане проекция отрезка наклонной прямой *m* меньше его наклонной длины: $|A_1B_4| < |AB|$.

Горизонтальная прямая. Прямая *h* (C_2D_2) параллельна

плоскости проекций (рис. 2.4, *а*). Такую прямую называют горизонтальной. Горизонтальная прямая проходит через точки, расположенные на одной и той же высоте. Поэтому на чертеже (рис. 2.4, *а*) такую прямую можно задать проекцией с указанием высоты, на которой она проходит, - h_2.

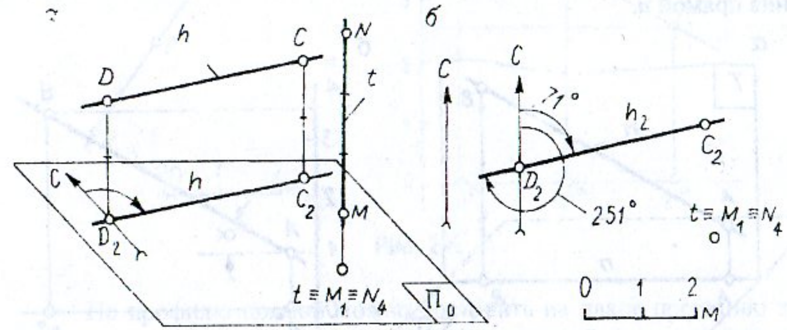


Рис. 2.4

У горизонтальной прямой различают два направления, которые носят название направлений простирания. На плане с северным направлением меридиан они составляют углы, которые называют азимутами простирания. Под азимутом простирания понимают правый угол, составленный на плане северным направлением меридиана и одним из направлений простирания прямой. Второе направление простирания образует азимут, величина которого больше первого на 180^0. Определитель горизонтальной прямой записывается в следующем порядке: *h* (D_2 аз. пр. $\dfrac{CB71^0}{ЮB251^0}$). Отрезок горизонтальной прямой проецируется без искажения: $|C_2D_2| = |CD|$, так как $\alpha=0^0$, $\cos 0^0=1$.

Вертикальная прямая. Прямая *t* (M_1N_4), перпендикулярная к основной плоскости проекций, показана на том же рис. 2.4, *а*. Такую прямую называют вертикальной. Проекция вертикальной прямой вырождается на плане в точку (рис. 2.4, *б*). Проекции точек М и N, принадлежащих вертикальной прямой, совпадают: $M_1 \equiv N_4$. Точки, проекции которых на плане совпадают, называются конкурирующими.

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

2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИНОЙ ДЛИНЫ ОТРЕЗКА И УГЛА ПАДЕНИЯ ПРЯМОЙ.

Истинную длину отрезка наклонной прямой *n*, а также угол ее падения можно определить построением ее профиля (рис. 2.5*)*. Через прямую *n* проводят вспомогательную вертикальную плоскость Т, которую в дальнейшем условимся называть плоскостью профиля прямой (рис. 2.5, *а*). Плоскость профиля совмещают с плоскостью чертежа наложением ее на свободное от построений место (рис. 2.5, *б*). Построенная проекция отрезка (профиль отрезка) равна его истинной длине. Угол α, составленный профилем отрезка и линией горизонта, является углом падения прямой *n*.

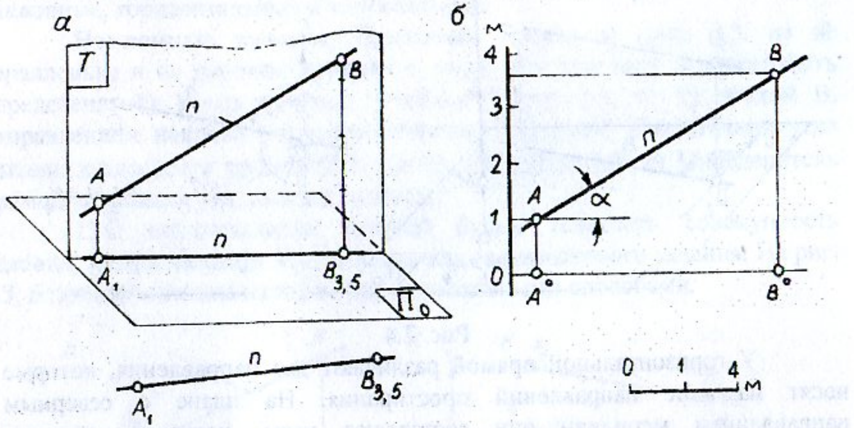


Рис. 2.5

Построение профиля прямой *n* сводится к построению ее вертикальной проекции и проводится в следующем порядке:

1) на свободном месте чертежа наносят линию вертикального масштаба (при решении метрических задач вертикальный масштаб берут равным горизонтальному - рис. 2.5, *б*);

2) на произвольно выбранном горизонте (в рассматриваемом примере на горизонте 0 метров) отмечают положение горизонтальных проекций заданных точек A и B, соблюдая равенство: $|A^0B^0| = |A_1B_{3,5}|$. Точки A^0 и B^0 условимся в дальнейшем называть основаниями точек;

3) через основания точек проводят линии вертикальной связи до пересечения их с горизонтами 1 и 3,5 в точках A и B. Точки A и B определяют профиль прямой *n*. Угол α, составленный профилем прямой *n* и линией горизонта, определяет наклон прямой к плоскости проекций. Отрезок AB определяет истинное расстояние между точками A и B.

В практике решения горно-геологических задач построенное изображение носит название профиля разреза, выполненного плоскостью T по направлению прямой *n*.

На рис. 2.6 дан пример построения профиля прямой *d*, заданной на плане точкой R, направлением падения и углом падения 30° (рис. 2.6, *а*). Построение профиля и в этом случае начинают с проведения масштабной вертикальной линии (рис. 2.6, *б*). На горизонте 4,5 метров отмечают точку R, через которую проводят профиль прямой *d*, пересекающий линию горизонта под углом 30°.

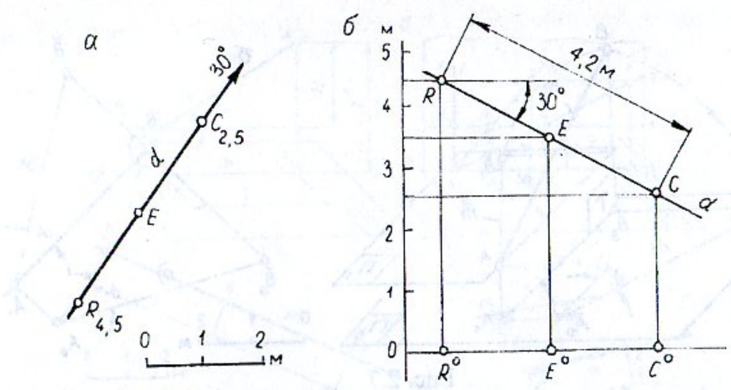


Рис. 2.6

По профилю прямой можно построить на плане проекцию точки C, принадлежащую прямой *d* и удаленной от точки R на расстояние 4,2 м, а также построить проекцию точки E с заданной числовой отметкой. Решение задачи в первом случае:

1) на профиле прямой *d*, отложив от точки R длину 4,2 м, отмечают точку C;

2) определяют основание – C^0 и высотную отметку точки – 2,6 м;

3) строят проекцию точки C на плане, исходя из равенства: $|R^0C^0| = |R_{4,5}C_{2,6}|$.

Во втором случае проекцию точки с отметкой 3,5 м определяют проведением линии соответствующего горизонта до пересечения ее с профилем прямой в точке E. Построив основание E^0, строят проекцию точки E на плане: $|R^0E^0| = |R_{4,5}E_{3,5}|$.

На рис. 2.7 рассматривается другой метод построения профиля прямой *m*, заданной на плане точками A и B. Вертикальную плоскость T (плоскость профиля прямой) вращением вокруг линии пересечения ее с плоскостью проекций совмещают с плоскостью чертежа (рис. 2.7, *а*). На плане построение профиля прямой проводят в следующем порядке: через точки A_1 и B_3 перпендикулярно к проекции прямой *m* проводят линии проекционных связей, на которых в масштабе плана откладываются высоты точек A и B. Точки $\overline{A}_0$ и $\overline{B}_0$ определяют профиль прямой *m*. Профиль отрезка равен его истинной длине $|\overline{A_0\ B_0}| = |AB|$ (рис. 2.7, *б*).

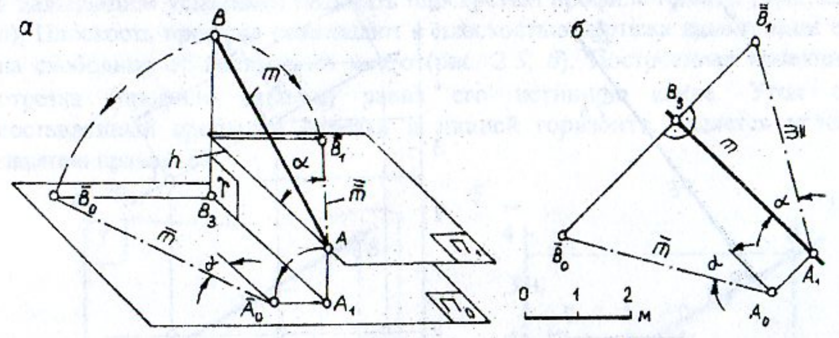


Рис. 2.7

Профиль прямой можно строить, совмещая плоскость Т с любой горизонтальной плоскостью. В этом случае плоскость Т вращается вокруг линии пересечения ее с горизонтальной плоскостью $П_1$. Решение задачи на плане сводится к построению прямоугольной трапеции $A_1\ \overline{A_0}\ \overline{B_0}\ B_3$, либо прямоугольного треугольника $A_1\ \overline{\overline{B_1}}\ B_3$, один из катетов которого равен длине проекции отрезка, а второй – разности высот его концов.

2.4.УКЛОН И ЗАЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ. ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ.

На рис. 2.8 изображен отрезок прямой *m*, наклоненной к плоскости проекций под углом α. Однако наклон прямой к плоскости $П_0$ может быть выражен не только величиной угла падения, но и другими величинами – уклоном, обозначаемым буквой *i*, а также заложением прямой, обозначаемым буквой *l*. Уклон прямой равен тангенсу угла падения

$$i = tg\alpha$$

Если на чертеже требуется указать уклон, то он записывается над проекцией прямой в виде десятичной дроби. Если разность отметок точек А и В принять равной единице, то длину проекции отрезка $|AB|$ называют заложением прямой *l*

$$l = \frac{|B_1A_3|}{z_A - z_B} = ctg\alpha$$

Разность числовых отметок двух точек наклонной прямой, приравненную к единице, условимся называть высотой сечения Н. Таким образом, длина проекции отрезка прямой *m*, соответствующая заданной высоте сечения, называется заложением.

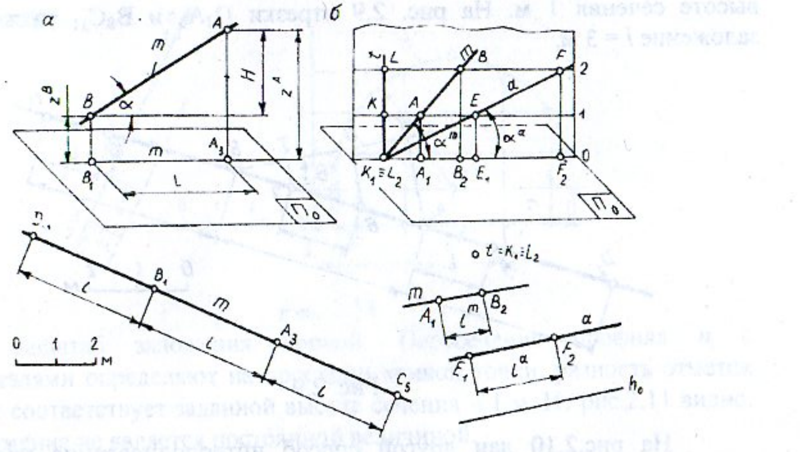


Рис. 2.8

Из сказанного следует, что уклон и заложение прямой являются величинами обратными друг другу: $i = 1/l$. Отложив на проекции прямой *m* в сторону падения и восстания отрезки, равные *l*, определяют точки D, C,…,отметки которых будут иметь постоянную высотную разность, равную 2м. Как видно из рис. 2.8, *б*, с увеличением угла α заложение прямой уменьшается и наоборот, $\alpha^m > \alpha^n$, но $l^m < l^n$; $l^d > l^n$; $\alpha^d < \alpha^n$. У вертикальных прямых заложение равно 0, а у горизонтальных - ∞. Следовательно, уклон и заложение - величины, характеризующие пространственное расположение относительно плоскости $П_0$ только наклонных прямых.

Определение на проекции прямой точек, отметки которых имеют постоянную разность, называют интерполированием (градуированием) прямой. Интерполирование прямой на плане сводится к определению заложения прямой, соответствующего заданной высоте сечения. Если прямая задана двумя точками, то длина отрезка, соединяющего их проекции, будет заложением прямой для высоты сечения, равной разности числовых отметок этих точек. Так, на рис. 2.9 проекция отрезка АВ наклонной прямой *n* является заложением *l*, соответствующим высоте сечения 3 м. Пользуясь им можно строить проекции точек прямой, разность отметок у которых равна 3. При построении проекций точек, разность отметок у которых была бы равна другой величине, например 1 м, проекцию отрезка необходимо разделить на три равные части. Для этого через точку B_8 под произвольным углом θ к проекции отрезка проводят вспомогательную прямую, на которой откладывают три произвольных, но равных отрезка (разность числовых отметок точек А и В). Точку III соединяют с точкой A_5 прямой линией. Из остальных точек проводят прямые, параллельные отрезку III - A_5, до пересечения их с проекцией прямой *n*. Полученные точки пересечения и являются искомыми. Отрезок l' является заложением прямой *n*, соответствующим высоте сечения 1 м. На рис. 2.9 отрезки D_2A_5 и B_8C_{11} также имеют заложение l = 3 м.

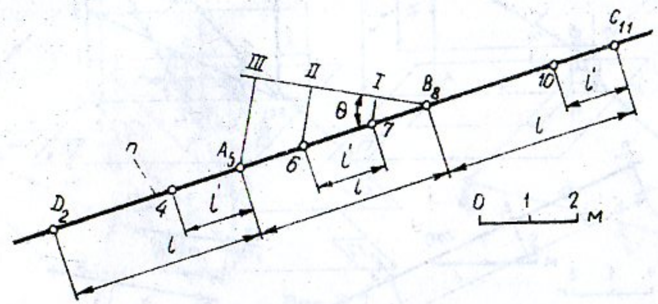


Рис. 2.9

На рис.2.10 дан другой способ интерполирования прямой m, заданной на плане точкой А и углом падения 30° (рис.2.10. а). Заложение прямой m определяют построением масштаба заложения, геометрическая сущность которого заключается в следующем:

1) с учетом масштаба плана проводят две горизонтальные прямые – горизонтали плоскости профиля Т, проходящей через данную прямую m. Расстояние между горизонталями должно соответствовать заданной высоте сечения; в данном случае его берут равным 1 м;

2) строят профиль прямой m, пересекающий горизонтали масштаба заложения под углом 30°. Отрезок l является заложением прямой m (рис.2.10, *б*). Отметки построенных точек на проекции прямой указывают с учетом направления ее падения.

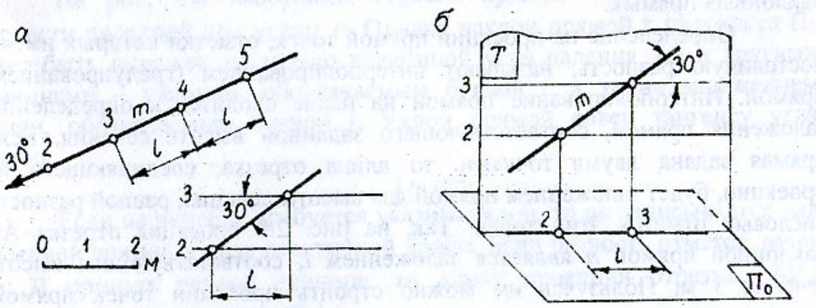


Рис. 2.10

Этим способом можно интерполировать любую линию, в том числе и кривую, если представляется возможность построить ее профиль. На рис.2.11 дан пример интерполирования дуги окружности радиуса R, расположенной в вертикальной плоскости Т (плоскости профиля кривой). Как и в случае с прямой линией,

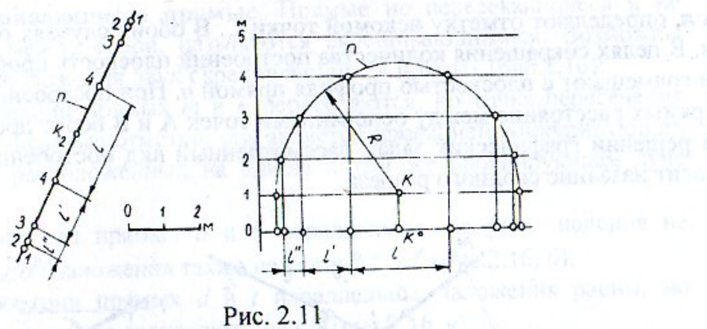


Рис. 2.11

строят масштаб заложения кривой. Пересечение профиля n с горизонталями определяют на проекции кривой точки, разность отметок которых соответствует заданной высоте сечения – 1 м. Из рис.2.11 видно, что заложение не является постоянной величиной.

2.5. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПРЯМЫХ ЛИНИЙ.

Различают три случая взаимного расположения двух прямых в пространстве: пересекающиеся, параллельные и скрещивающиеся.

Вопрос о взаимном расположении двух прямых сводится к определению или взаимного расположения их проекций, величин углов падения (заложений) и направлений падения, или взаимного расположения двух точек, принадлежащих данным прямым.

Пересекающиеся прямые. Пересекающиеся прямые имеют общую точку (рис.2.12). Следовательно, на плане проекции таких прямых пересекаются, причем точка пересечения имеет одинаковую отметку. Отметку общей для прямых точки определяют либо интерполированием прямых (рис.2.13), либо построением их профилей (рис.2.14).

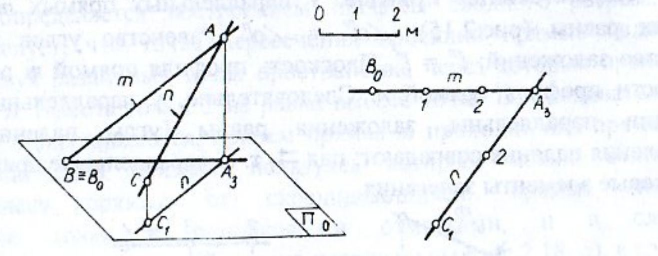


Рис. 2.12

Решая задачу первым способом, построение выполняют в следующем порядке: прямую a интерполируют делением отрезка M_4N_8 на четыре равных части, а прямую $в$ интерполируют с помощью масштаба заложений. Отметка искомой точки А и в одном, и в другом случаях равна 5,5 м, следовательно, точка А является общей для прямых a и b. На рис.2.14 дан другой способ решения задачи. Построив профиль прямых m

и *n*, определяют отметку искомой точки С. В обоих случаях она равна 1,8 м. В целях сокращения количества построений плоскость профиля прямой *m* совмещают с плоскостью профиля прямой *n*. При построении профилей прямых расстояние между основаниями точек А и В берут произвольным. В решении графических задач рассмотренный вид построения профилей носит название сводного разреза.

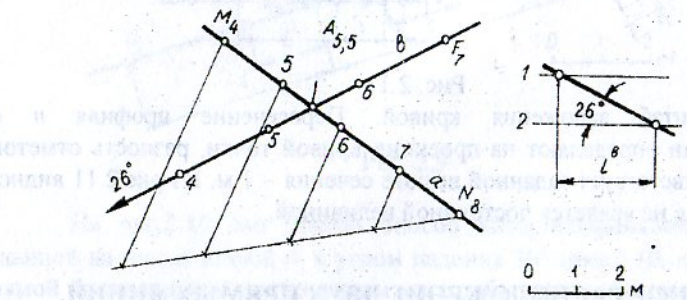


Рис.2.13

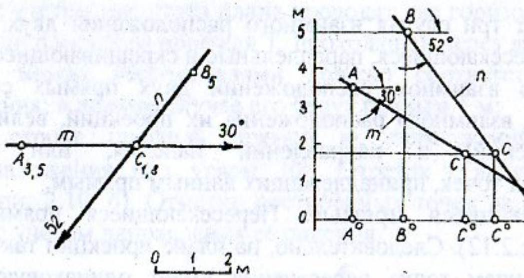


Рис. 2.14

Параллельные прямые. У параллельных прямых *m* и *n* углы падения равны (рис.2.15): $\angle\alpha^m = \angle\alpha^n$. Равенство углов определяет равенство заложений: $l^m = l^n$. Плоскость профиля прямой *m* параллельна плоскости профиля прямой *n*. Следовательно, у параллельных прямых проекции параллельны, заложения равны (углы падения равны), направления падения совпадают: пад.⇉, т. е. параллельные прямые имеют одинаковые элементы залегания.

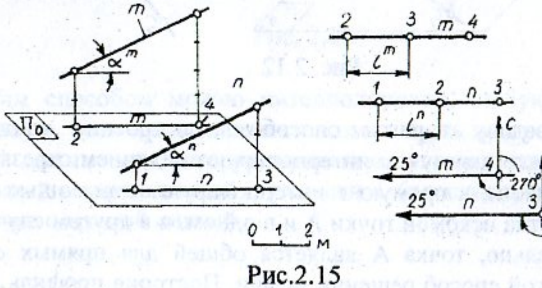


Рис.2.15

Скрещивающиеся прямые. Прямые не пересекающиеся и не параллельные между собой, называются скрещивающимися. Возможны три случая расположения двух скрещивающихся прямых (рис.2.16):

1) проекции прямых *m* и *n* пересекаются, но точка пересечения имеет разные числовые отметки, она является проекцией конкурирующих точек А и В, расположенных на одном и том же проецирующем луче (рис.2.16, *а*);

2) проекции прямых *a* и *b* параллельны, но углы падения не равны: $\angle\alpha^a \neq \angle\alpha^b$; заложения также не равны: $l^a \neq l^b$ (рис.2.16, *б*);

3) проекции прямых *d* и *t* параллельны, заложения равны, но направления падения не совпадают: пад.⇆(рис.2.16, *в*).

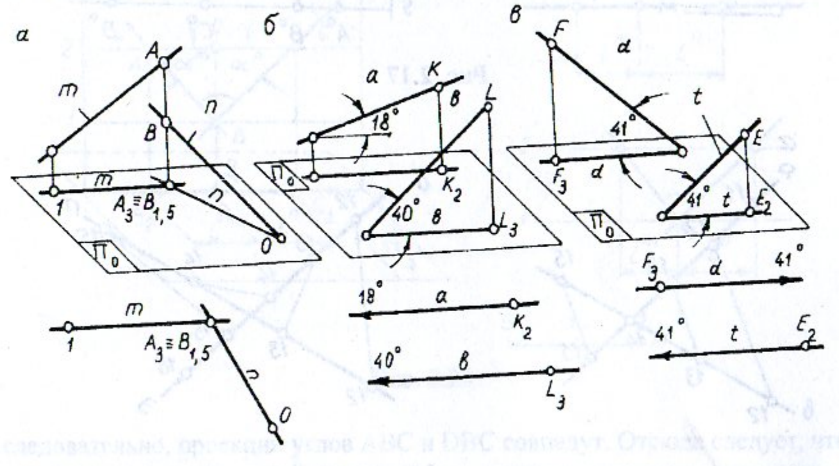


Рис. 2.16

На рис.2.17 взаимное расположение прямых *m* ($A_{15}\angle 20°$) и *n* ($B_{12,5}\angle 35°$) определяется построением профиля сводного разреза, из которого следует, что точка пересечения проекций прямых является проекцией двух различных точек пространства, через которые проходят прямые *m* и *n*. Высота точки С не равна высоте точки D. Следовательно, прямые *m* и *n* скрещиваются, причем прямая *m* проходит над прямой *n*. Отметим еще один признак, пользуясь которым можно отличать пересекающиеся прямые от скрещивающихся: прямые линии, соединяющие точки с одинаковыми отметками, и в случае пересекающихся прямых *a* и *b* взаимно параллельны (рис.2.18, *а*), в случае скрещивающихся прямых *m* и *n* не параллельны друг другу (рис.2.18, *б*).

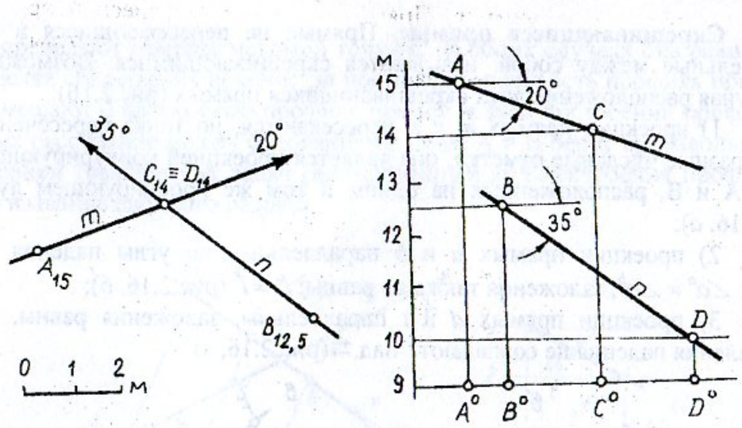


Рис. 2.17

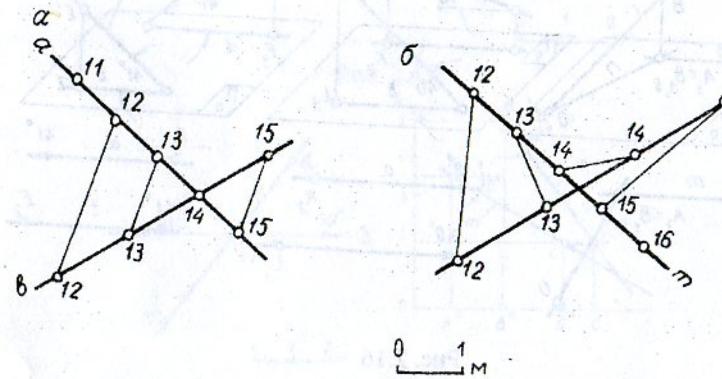


Рис. 2.18

Взаимно перпендикулярные прямые. Линейный угол, образованный двумя пересекающимися прямыми, проецируется без искажения, если обе стороны угла параллельны плоскости проекций. Однако прямой угол проецируется без искажения и том случае, если только одна из его сторон параллельна плоскости проекций. На рис.2.19 изображен прямой угол ABC, стороны которого параллельны плоскости Π_0. Он проецируется без искажения, т. е. $\angle A_2B_2C_2 = \angle ABC$. Отметим на проецирующем луче AA_2 произвольную точку D и соединим ее с точкой B. Полученный угол DBC тоже прямой, так как отрезок BC перпендикулярен к плоскости ABB_2A_2. Точки D и A лежат на одном перпендикуляре к плоскости Π_0,

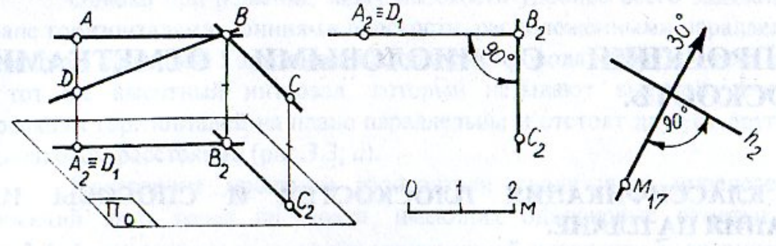


Рис.2.19

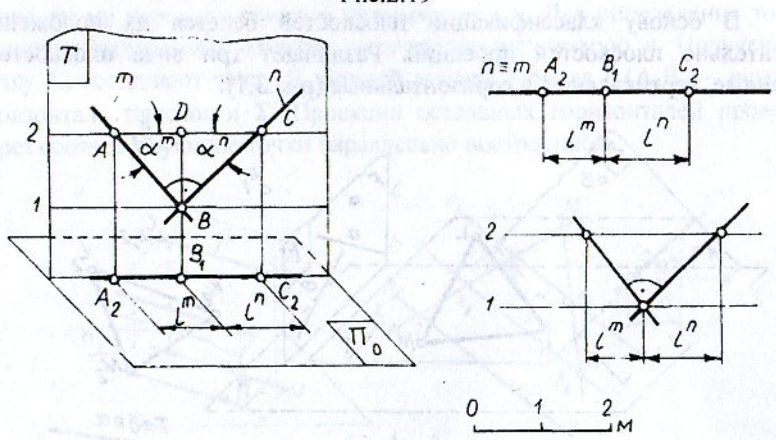


Рис. 2.20

следовательно, проекции углов ABC и DBC совпадут. Отсюда следует, что $\angle D_1B_2C_2 = \angle A_2B_2C_2 = 90^0$. Это свойство прямого угла дает возможность строить на плане проекции двух взаимно перпендикулярных прямых, одна из которых является горизонталью.

На рис.2.20 дан пример построения на плане проекций двух взаимно перпендикулярных прямых, лежащих в одной вертикальной плоскости T. Проекции прямых m и n на плане совпадают $m \equiv n$. Сумма углов падения таких перпендикулярных прямых равна 90^0: $\angle\alpha^m + \angle\alpha^n = 90^0$. Заложение прямой m обратно пропорционально заложению прямой n: $l^m = H/l^n$. Это следует из прямоугольного треугольника ABC, в котором $\frac{|AD|}{|BD|} = \frac{|BD|}{|DC|}$; $|BD|^2=|AD|\cdot|DC| = l^m \cdot l^n$. Если $|BD|$ принять за единицу, соответствующую выбранной высоте сечения, то уравнение примет вид: $1 = l^m \cdot l^n$, откуда $l^m = 1/l^n$. Как видно из чертежа, падения у прямых m и n направленные в противоположные стороны: пад.⇆.

3. ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ПЛОСКОСТЬ.

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛОСКОСТЕЙ И СПОСОБЫ ИХ ЗАДАНИЯ НА ПЛАНЕ.

В основу классификации плоскостей берется их положение относительно плоскостей проекций. Различают три вида плоскостей: наклонные, вертикальные и горизонтальные (рис.3.1).

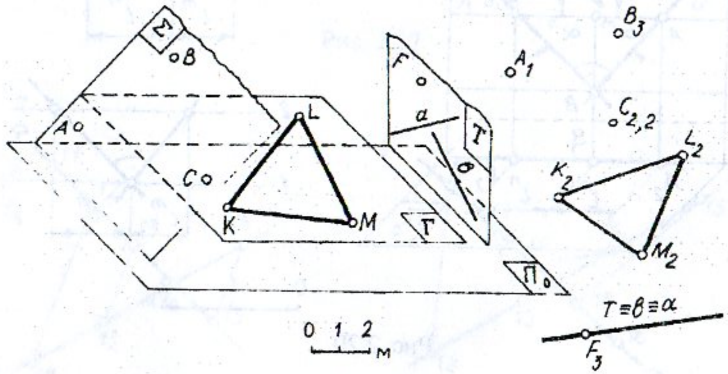


Рис. 3.1

Наклонная плоскость. Плоскость Σ (ABC), не перпендикулярную и не параллельную плоскости проекций называют наклонной. Наклонную плоскость определяют (рис.3.2): тремя точками, не лежащими на одной прямой: Λ ($A_2C_{15}B_9$); прямой и точкой, не лежащей на этой прямой: Δ (m, L_{11}); двумя параллельными прямыми: Ψ ($a \parallel b$); двумя пересекающимися прямыми: θ ($t \times d$).

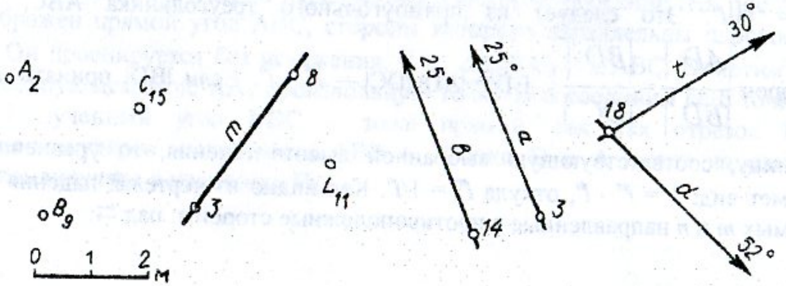


Рис. 3.2

Однако при решении задач плоскость удобнее всего задавать на плане горизонталями - линиями плоскости, расположенными параллельно плоскости проекций. Горизонтали плоскости проводят обычно через один и тот же высотный интервал, который называют высотой сечения. Проекции горизонталей на плане параллельны и отстоят друг от друга на одинаковом расстоянии (рис.3.3, *а*).

Построение проекции горизонтали сводится к определению проекций двух точек плоскости, имеющих одинаковые отметки. На рис.3.3, *б* дан пример построения горизонталей плоскости Σ, заданной на плане двумя пересекающимися прямыми m и n. Для определения точек, имеющих одинаковые отметки, интерполируют прямую n. Полученную точку A_8 соединяют точку B_8 прямой линией. Прямая h (A_8B_8) – искомая горизонталь плоскости Σ. Проекции остальных горизонталей проводят через соответствующие точки параллельно построенной.

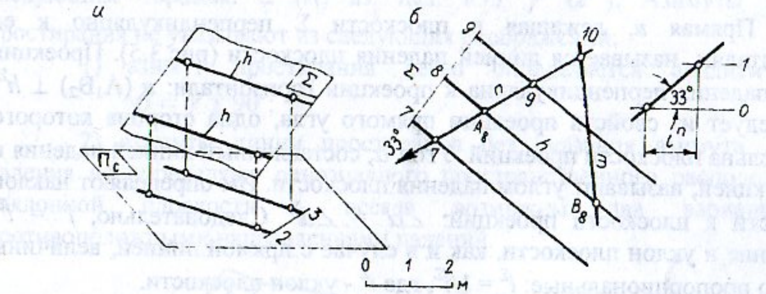


Рис. 3.3

Горизонтальная плоскость. Плоскость Г ($K_3L_2M_2$) (см. рис.3.1), параллельно плоскости проекций, называют горизонтальной. Всякая фигура, лежащая в горизонтальной плоскости, проецируется без искажения: $|K_2L_2| = |KL|$; $\angle K_2L_2M_2 = \angle KLM$; $\Delta K_2L_2M_2 = \Delta KLM$.

Вертикальная плоскость. Плоскость Т (b, F_3) (см. рис.3.1), перпендикулярную к плоскости проекций, называют вертикальной. Проекция вертикальной плоскости вырождается на плане в прямую, следовательно, и проекции прямых, лежащих в этой плоскости, совпадают: $T \equiv a \equiv b$. Такие прямые называются конкурирующими.

3.2. ЗАЛОЖЕНИЕ И УКЛОН ПЛОСКОСТИ.

Кратчайшее расстояние между проекциями двух соседних горизонталей на плане называют заложением плоскости (рис.3.4). Чем больше наклон плоскости к плоскости проекций, тем меньше расстояние между проекциями ее горизонталей, и наоборот, чем меньше наклон плоскости, тем больше это расстояние, Иначе говоря, с увеличением угла наклона заложение уменьшается, с увеличением угла оно увеличивается: $L^{\Sigma} > l^{\Lambda}$; $\angle\alpha^{\Sigma} < \angle\alpha^{\Lambda}$.

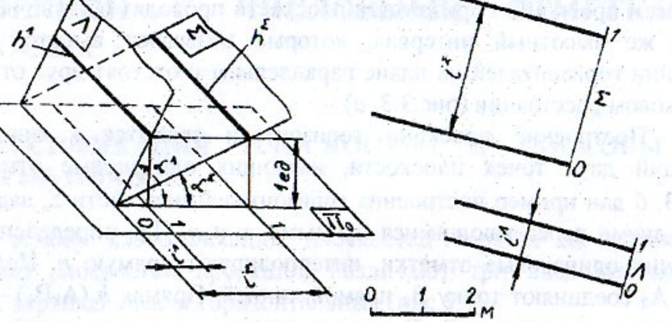


Рис. 3.4

Прямая u, лежащая в плоскости Σ перпендикулярно к ее горизонталям, называется линией падения плоскости (рис.3.5). Проекция линии падения перпендикулярна к проекции горизонтали: $u\ (A_1B_2) \perp h^{\Sigma}$. Это следует из свойств проекции прямого угла, одна сторона которого параллельна плоскости проекций. Угол α, составленный линией падения и ее проекцией, называют углом падения плоскости. Им определяют наклон плоскости к плоскости проекций: $\angle\alpha^{u} = \angle\alpha^{\Sigma}$. Следовательно, $l^{u} = l^{\Sigma}$. Заложение и уклон плоскости, как и в случае с прямой линией, величины обратно пропорциональные: $l^{\Sigma} = 1/i^{\Sigma}$, где i^{Σ} - уклон плоскости.

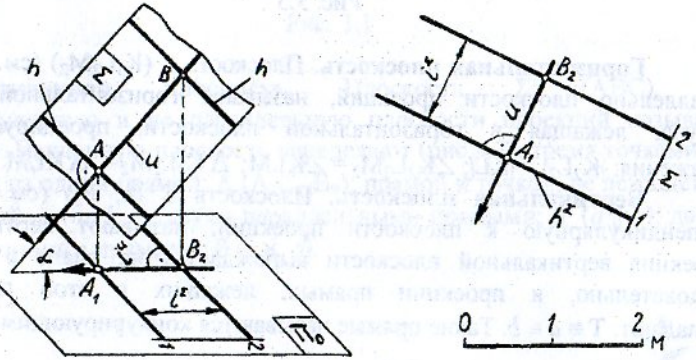


Рис. 3.5

В геологии линией падения определяют направление и угол падения слоев горных пород, рудных тел и т. п.

3.3. ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛОСКОСТИ.

В решении практических задач геологоразведочного производства поверхности, ограничивающие слои горных пород, рудных тел, разрывных нарушений и т. п., часто отождествляют с плоскостями,

пространственное положение которых определяют тремя угловыми величинами: азимутом линии простирания, азимутом линии падения и углом падения (рис.3.6). В геологии эти угловые величины носят название «элементов залегания».

Азимутом линии простирания называют правый угол β, составленный на плане северным направлением меридиана и одним из направлений простирания плоскости. Второе направление образует угол β' : $\beta' = \beta + 180^0$. **Азимутом линии падения** называют правый угол γ, составленный северным направлением меридиана и направлением падения плоскости. Линии падения и простирания взаимно перпендикулярны, следовательно, их азимуты отличаются друг от друга на 90°.

Запись элементов залегания наклонной плоскости производится следующим образом: Σ (A_3 аз. пад. ЮЗ $\gamma^0\ \alpha^0$). Азимуты линии простирания не указывают из следующих соображений:

1) азимут простирания легко определяется аналитически: $\beta = \gamma \pm 90^0$;

2) азимуты линии простирания без указания азимута линии падения не определяют однозначного пространственного расположения наклонной плоскости – всегда возможны два варианта с противоположными направлениями падений.

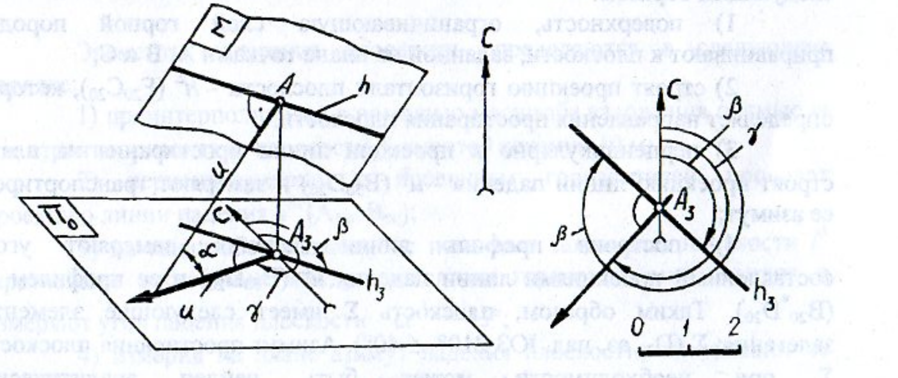


Рис. 3.6

Пространственное расположение вертикальной плоскости определяют точкой, азимутом линии простирания и углом падения, равным 90°. Азимут падения вертикальной плоскости Т не может быть определен, так как линия падения u проецируется в точку (рис.3.7). Элементы залегания вертикальной плоскости записывают следующим образом: Т(A_3 аз. пр. $\begin{bmatrix} СВ75^0 \\ ЮЗ255^0 \end{bmatrix}$ $\angle 90^0$).

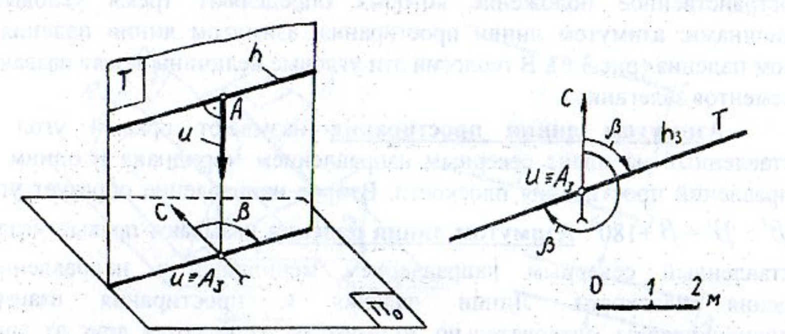


Рис. 3.7

Пространственное положение горизонтальной плоскости определяют либо точкой, через которую эта плоскость проходит, либо указывают ее высотную отметку: Г (D_{15}).

В геологической практике непосредственный замер перечисленных углов горным компасом не всегда представляется возможным. Тогда прибегают к косвенным способам, один из которых – графический, приведен рис.3.8. На плане (рис.3.8, *а*) нанесены проекции точек А, В, С пересечения трех разведочных скважин с поверхностью слоя горной породы. Для определения элементов залегания слоя поступают следующим образом:

1) поверхность, ограничивающую слой горной породы, приравнивают к плоскости, заданной на плане точками А, В и С;

2) строят проекцию горизонтали плоскости - h^{Σ} ($F_{20}C_{20}$), которая определяет направления простирания плоскости;

3) перпендикулярно к проекции линии простирания на плане строят проекцию линии падения - u^{Σ} ($B_{50}D_{20}$) и замеряют транспортиром ее азимут;

4) построив профиль линии падения, замеряют угол, составленный проекциями линии падения u^{Σ} ($B_{50}D_{20}$) и ее профилем u^{Σ} ($B_{20}{}^{*}D_{20}$). Таким образом, плоскость Σ имеет следующие элементы залегания: Σ (D_{20} аз. пад. ЮЗ 210° ∠ 40°). Азимут простирания плоскости Σ при необходимости может быть найден аналитически:

$$\beta = \gamma \pm 90^0 = \frac{ЮВ120^0}{СЗ300^0}.$$

На рис.3.8 рассматривается случай, когда поверхность, ограничивающая слой горной породы, определена двумя видимыми падениями *m* и *n*. Видимым падением слоя в геологии называют всякое направление на его поверхности, не совпадающее с направлением истинного падения. Истинное падение определяется линией падения плоскости. Поверхность слоя приравниваем к плоскости, заданной на плане двумя пересекающимися прямыми - Λ (m×n).

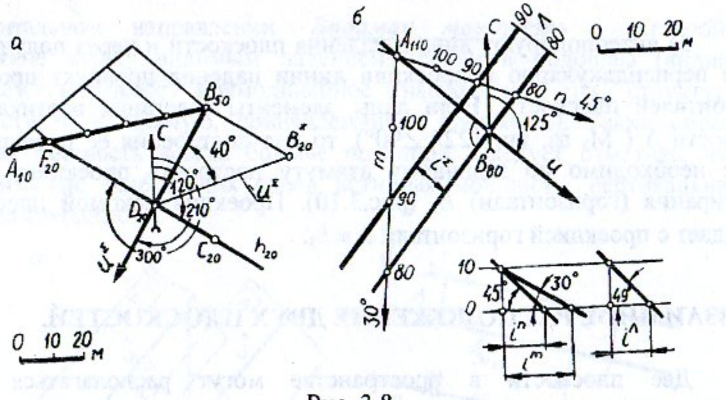


Рис. 3.8

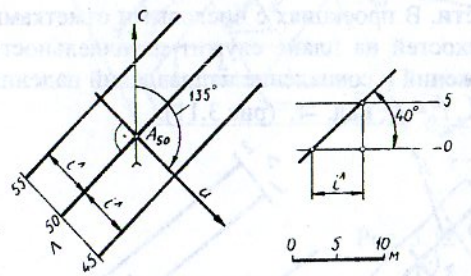


Рис. 3.9

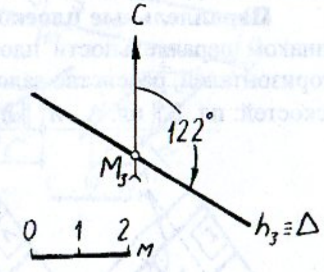


Рис. 3.10

Элементы залегания плоскости определяются в следующем порядке:

1) проинтерполировав с помощью масштаба заложения прямые *m* и *n*, строят горизонтали плоскости Λ высотой сечения 10 м;

2) перпендикулярно к проекциям горизонталей проводят проекцию линии падения u^{Λ} (A_{100} B_{80});

3) на масштабе заложений с помощью заложения плоскости l^{Λ} (кратчайшее расстояние между соседними горизонталями) находят и измеряют угол падения плоскости - $\alpha^{\Lambda} = 45°$;

4) измерив на плане азимут падения плоскости, записывают ее элементы залегания: Λ(A_{50} аз. пад. ЮВ125^0 ∠45^0).

Возможно решение и обратной задачи. На рис.3.9 показано построение горизонталей плоскости Λ (A_{50} аз. пад. ЮВ 135^0 ∠40^0). Высота сечения горизонталей 5 м. На плане задача выполняется в следующем порядке:

1) через точку А проводят проекцию линии падения плоскости, составляющую угол 135° с северным направлением меридиана. Стрелкой отмечают направление падения плоскости;

2) строят масштаб заложений, на котором определяют заложение плоскости Λ, соответствующее высоте сечения 5 м: $l^{\Lambda} = l''$;

3) интерполируют линию падения плоскости и через полученные точки перпендикулярно к проекции линии падения проводят проекции горизонталей плоскости. Если даны элементы залегания вертикальной плоскости Δ (M_3 аз. пр. 122° $\angle 90°$), то для построения ее проекции на плане необходимо по заданному азимуту построить проекцию линии простирания (горизонтали) h_3 (рис.3.10). Проекция искомой плоскости совпадает с проекцией горизонтали $\Delta \equiv h_3$.

3.4. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ.

Две плоскости в пространстве могут располагаться либо параллельно друг другу, либо пересекаться.

Параллельные плоскости. В проекциях с числовыми отметками признаком параллельности плоскостей на плане служит параллельность их горизонталей, равенство заложений и совпадение направлений падения плоскостей: пл. $\Sigma \parallel$ пл. Λ - $h^{\Sigma} \parallel h^{\Lambda}$, $l^{\Sigma} = l^{\Lambda}$, пад. $\rightrightarrows$. (рис.3.11).

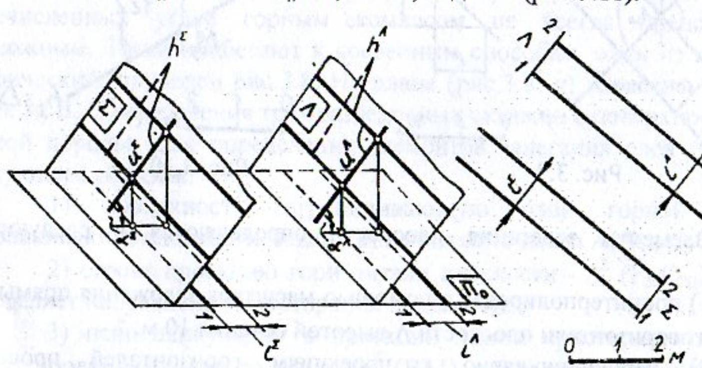


Рис.3.11

В геологии плоское однородное тело, сложенное той или иной породой, называют слоем. Слой ограничен двумя поверхностями, верхнюю из которых называют кровлей, а нижнюю – подошвой. Если слой рассматривается на сравнительно небольшой протяженности, то кровлю и подошву приравнивают к плоскостям, получая в пространстве геометрическую модель двух параллельных наклонных плоскостей.

Плоскость Σ - кровля, а плоскость Λ - подошва слоя (рис.3.12, *а*). В геологии кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой называют ***истинной мощностью*** (на рис.3.12, *а* истинная мощность обозначена буквой Н). Помимо истинной мощности, в геологии используют и другие параметры слоя горной породы: вертикальную мощность – $H_в$, горизонтальную мощность – L, видимую мощность – $H_{вид}$. ***Вертикальной мощностью*** в геологии называют расстояние от кровли до подошвы слоя, измеренное по вертикали. ***Горизонтальная мощность*** слоя есть кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой, измеренное в

горизонтальном направлении. ***Видимая мощность*** – 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. Следует отметить, что у горизонтально залегающих слоев истинная мощность, вертикальная и видимая совпадают.

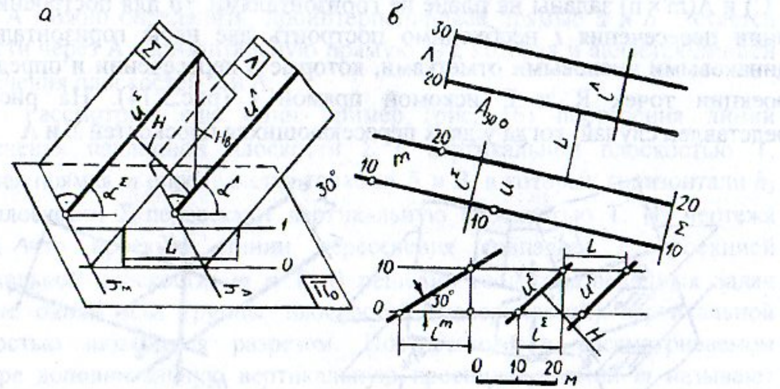


Рис. 3.12

Рассмотрим прием построения параллельных плоскостей Σ и Λ, отстоящих друг от друга на заданном расстоянии (рис.3.12, *б*).

На плане пересекающимися прямыми *m* и *n* задана плоскость Σ. Необходимо построить плоскость Λ, параллельную плоскости Σ и отстоящую от нее на расстоянии 12 м (т. е. истинная мощность – Н = 12 м). Плоскость Λ расположена под плоскостью Σ (плоскость Σ - кровля слоя, плоскость Λ - подошва).

1) Плоскость Σ задают на плане проекциями горизонталей.

2) На масштабе заложений строят линию падения плоскости Σ - u^{Σ}. На перпендикуляре к линии u^{Σ} откладывают заданное расстояние 12 м (истинную мощность слоя Н). Ниже линии падения плоскости Σ и параллельно ей проводят линию падения плоскости Λ - u^{Λ}. Определяют расстояние между линиями падения обеих плоскостей в горизонтальном направлении, т. е. горизонтальную мощность слоя L.

3) Отложив на плане горизонтальную мощность от горизонтали h^{Σ}, параллельно ей проводят горизонталь плоскости Λ с той же числовой отметкой h^{Λ}. Следует обратить внимание на то, что если плоскость Λ расположена под плоскостью Σ, то горизонтальную мощность следует откладывать в направлении восстания плоскости Σ.

4) Исходя из условия параллельности двух плоскостей, на плане проводят горизонтали плоскости Λ.

Пересекающиеся плоскости. Признаком пересечения двух плоскостей обычно служит параллельность на плане проекций их горизонталей. Линию пересечения двух плоскостей в этом случае определяют точками пересечения двух пар одноименных (имеющих одинаковые числовые отметки) горизонталей (рис.3.13): $h_6^{\Sigma} \times h_6^{\Lambda} = N_6$; $h_4^{\Sigma} \times h_4^{\Lambda} = M_4$. Соединив полученные точки N и M прямой *m*, определяют проекцию искомой линии пересечения. Если плоскость Σ (A, B, C) и Λ(m×n) заданы на плане не горизонталями, то для построения их линии пересечения *t* необходимо построить две пары горизонталей с одинаковыми числовыми отметками, которые в пересечении и определят проекции точек R и F искомой прямой *t* (рис.3.14). На рис.3.15 представлен случай, когда у двух пересекающихся плоскостей Σ и Λ

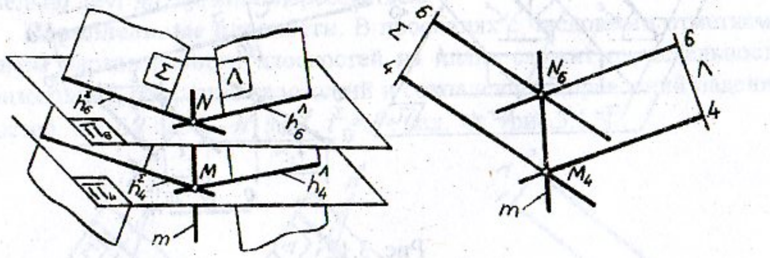


Рис. 3.13

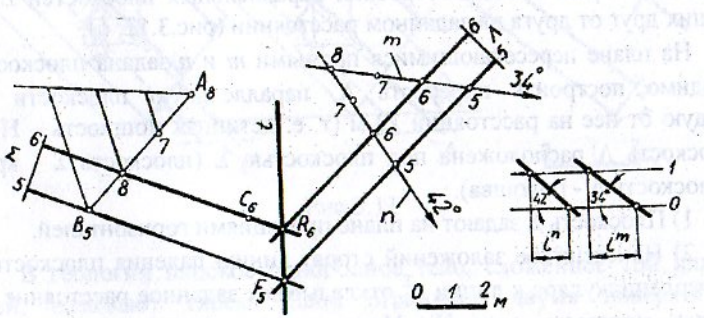


Рис. 3.14

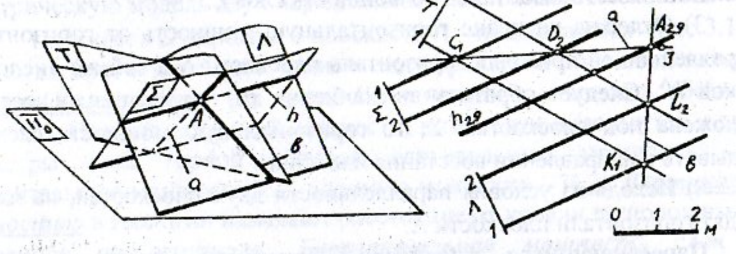


Рис. 3.15

горизонтали параллельны. Линией пересечения таких плоскостей будет горизонтальная прямая *h*. Для нахождения точки A, принадлежащей этой прямой, проводят произвольную вспомогательную плоскость T, которая пересекает плоскости Σ и Λ. Плоскость T пересекает плоскость Σ по прямой *a* (C_1D_2), а плоскость Λ - по прямой *b* (K_1L_2).

Точка пересечения прямых *a* и *b*, принадлежащих соответственно плоскостям Σ и Λ, будет общей для этих плоскостей: $a \times b$ =A. Отметку точки A можно определить, проинтерполировав прямые *a* и *b*. Остается провести через A горизонтальную прямую $h_{2,9}$, которая и является линией пересечения плоскостей Σ и Λ.

Рассмотрим еще один пример (рис.3.16) построения линии пересечения наклонной плоскости Σ с вертикальной плоскостью T. Искомая прямая *m* определяется точками A и B, в которых горизонтали h_3 и h_4 плоскости Σ пересекают вертикальную плоскостью T. Из чертежа видно, что проекция линии пересечения совпадает с проекцией вертикальной плоскости: *m* ≡ T. В решении геологоразведочных задач сечение одной или группы плоскостей (поверхностей) вертикальной плоскостью называется разрезом. Построенную в рассматриваемом примере дополнительную вертикальную проекцию прямой *m* называют профилем разреза, выполненного плоскостью T по заданному направлению.

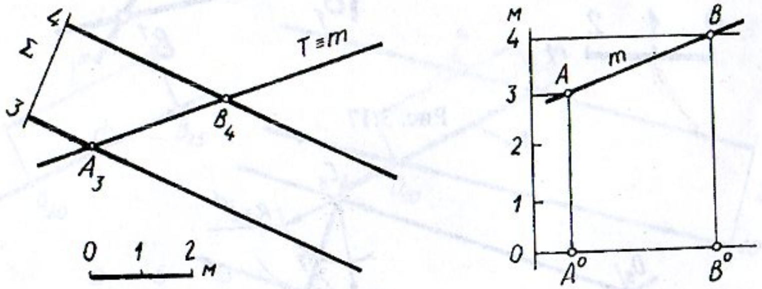


Рис. 3.16

3.5. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ.

Возможны следующие случаи взаимного расположения прямой и плоскости: прямая принадлежит плоскости, прямая параллельна плоскости и прямая пересекает плоскость.

Прямая, принадлежащая плоскости. Прямая принадлежит плоскости, если две точки, принадлежащие прямой и плоскости, имеют одинаковые отметки. Укажем и на другое, вытекающее из сказанного положение: точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой, лежащей в этой плоскости. Для построения прямой *m*, лежащей в плоскости Σ, необходимо на горизонталях плоскости задать точки A и B и соединить их прямой линией (рис.3.17). Меняя на горизонталях плоскости положение проекции двух точек, можно в плоскости провести прямые m, m^1, m^2,..., которые отличаются друг от друга как направлением падения, так и заложением (следовательно, и углом падения). Из всех прямых, проведенных в плоскости Σ, наименьший угол падения имеет прямая с наибольшей величиной заложения, и наоборот: $l^m < l^{m1} < l^{m2}$, а значит $\alpha^m > \alpha^{m1} > \alpha^{m2}$

На рис.3.18 показано решение другой задачи – проведение в плоскости Λ через точку D прямой n с углом падения 20°:

1) на масштабе заложения определяем заложение прямой n;

2) из точки D_8, как из центра радиусом l^n, проводят дугу окружности до пересечения с горизонталью h_7. Из чертежа видно, что можно получить два направления искомой прямой – n и n^1.

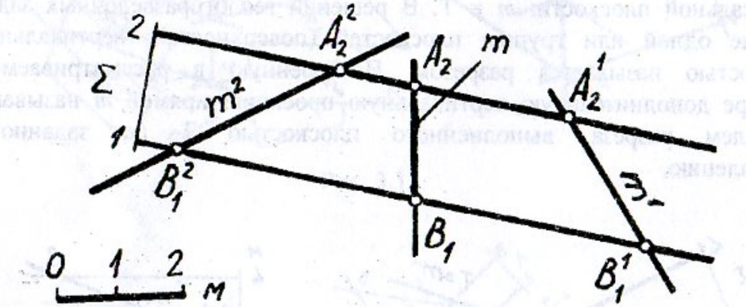


Рис. 3.17

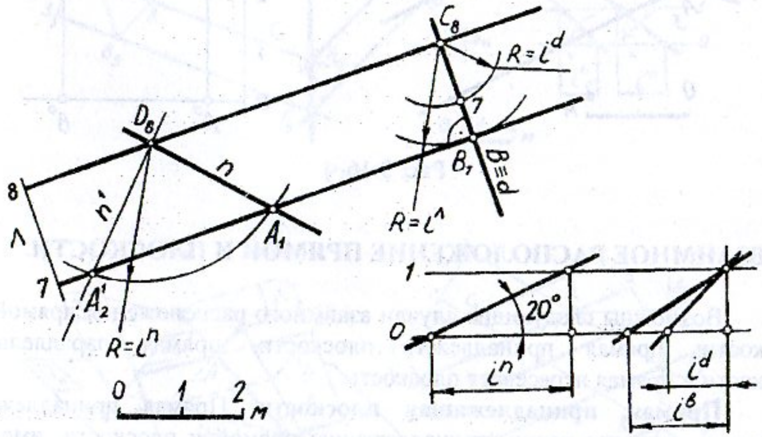


Рис. 3.18

Решение задачи возможно лишь при условии, если угол падения

искомой прямой не превышает угла падения плоскости: $\alpha^n \le \alpha^\lambda$, т. е. провести в плоскости прямую с углом падения, большим угла падения плоскости, не представляется возможным. Это видно из рис.3.18. Угол падения прямой d, которую попытаемся провести через точку C_8, больше угла падения плоскости Λ, а заложение прямой меньше заложения плоскости. В этом случае дуга окружности радиусом l^d, проведенная из точки C_8, не пересечет горизонталь h_7 и, следовательно, прямая d не имеет с плоскостью Λ двух общих точек, т. е. такая прямая не может принадлежать плоскости. Если прямая b имеет угол падения равный углу падения плоскости $\Lambda(l^b=l^\Lambda)$, то дуга окружности радиусом l^b коснется горизонтали h_7 в точке B_7. Прямая $b(C_8B_7)$ в этом случае пройдет перпендикулярно к горизонталям плоскости Λ и, следовательно, является линией падения плоскости.

Прямая, параллельная плоскости. Прямая параллельна плоскости, если она параллельна прямой, лежащей в этой плоскости. Для построения проекции произвольной прямой m, проходящей через точку B параллельно плоскости Σ, необходимо (рис.3.19):

1) в плоскости Σ провести в произвольном направлении вспомогательную прямую $a(D_{10}C_{15})$;

2) через точку A провести прямую m параллельно прямой a, (пр. $m \parallel$ пр. a; $l^m = l^a$; ⇉).

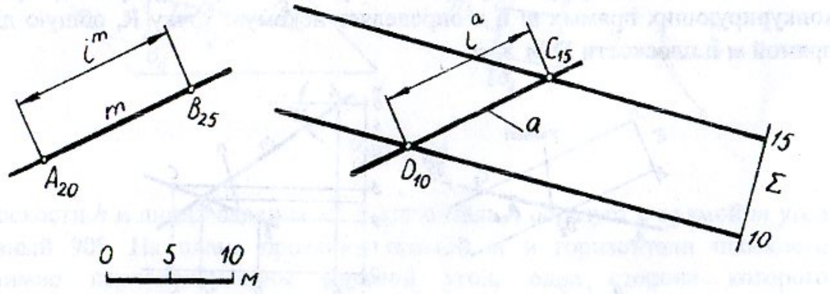


Рис. 3.19

Прямая, пересекающая плоскость. Чтобы найти точку пересечения прямой с плоскостью, необходимо (рис.3.20):

1) через заданную прямую m провести вспомогательную плоскость T;

2) построить линию n пересечения заданной плоскости Σ с вспомогательной плоскостью T;

3) отметить точку R пересечения заданной прямой m с линией пересечения n.

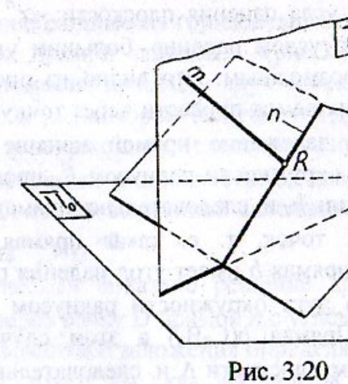


Рис. 3.20

На рис.3.21 рассматривается пример построения проекции точки R пересечения прямой m ($A_6 \angle 35°$) с плоскостью Σ.

1) Через прямую m проводят вспомогательную вертикальную плоскость Т, проекция которой на плане совпадает с проекцией прямой $m \equiv T$.

2) Плоскость Т пересекает плоскость Σ. Выше говорилось, что такое сечение называется разрезом. Линия пересечения m определяется точками B и C, а ее проекция на плане совпадает с проекцией прямой m и плоскости Т: $T \equiv m \equiv n$.

3) Строят профиль разреза. Пересечение на профиле разреза конкурирующих прямых m и n определяет искомую точку R, общую для прямой m и плоскости Σ: $m \times n$.

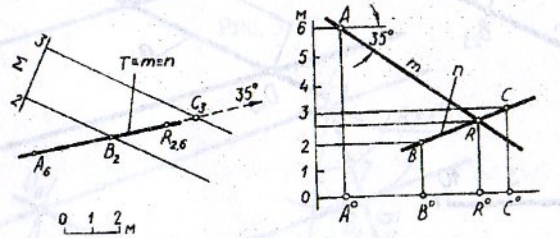


Рис. 3.21

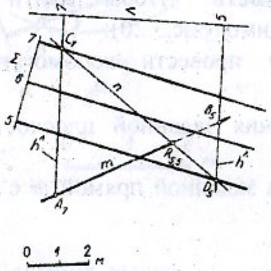


Рис. 3.22

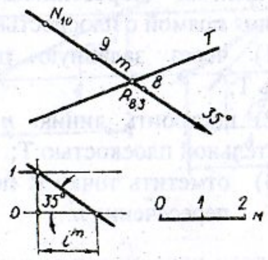


Рис. 3.23

4) Определив на профиле разреза расстояние между основаниями точек R^0 и A^0, а также высотную отметку искомой точки, строят проекцию точки R на плане, соблюдая равенство $|R^0A^0| = |R_{2,6}A_6|$. В качестве вспомогательной секущей плоскости через прямую m может быть проведена и наклонная плоскость Λ. В этом случае задача решается на плане, без построения разреза (рис. 3.22).

Точку пересечения прямой m (N_{10} $\angle 35°$) с вертикальной плоскостью Т определяют на плане пересечением их проекций, а числовую отметку – интерполированием прямой m (рис.3.23).

Прямая, перпендикулярная к плоскости. Прямая линия перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна к любым двум пересекающимся прямым этой плоскости. На рис.3.24 изображена прямая m, перпендикулярная к плоскости Σ и пересекающая ее в точке А. Через точку А проведена горизонталь

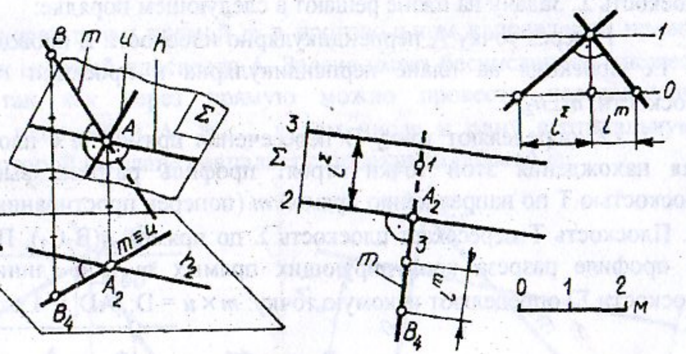


Рис. 3.24

плоскости h и линия падения u^{Σ}. Горизонталь h образует с прямой m угол равный 90°. На плане проекции прямой m и горизонтали плоскости взаимно перпендикулярны (прямой угол, одна сторона которого параллельна плоскости проекций, проецируется без искажения): $m \perp h_2$. Прямая u^{Σ} образует с прямой m угол, также равный 90^0. Обе прямые лежат в одной вертикальной плоскости, следовательно, заложение у таких прямых обратны по величине друг другу: $l^m = 1/l^{u\Sigma}$. Но $l^{u\Sigma} = l^{\Sigma}$, тогда и $l^m = 1/l^{\Sigma}$, т. е. заложение прямой m обратно пропорционально заложению плоскости Σ. Из чертежа видно, что падения у прямой и плоскости направлены в разные стороны.

Таким образом, у прямой, перпендикулярной к плоскости, проекция на плане перпендикулярна к проекциям горизонталей плоскости, заложение обратно по величине заложению плоскости, падения у прямой и плоскости направлены в противоположные стороны: пр. $m \perp$пр. h^{Σ}, $l^m = 1/l^{\Sigma}$, пад. ⇆.

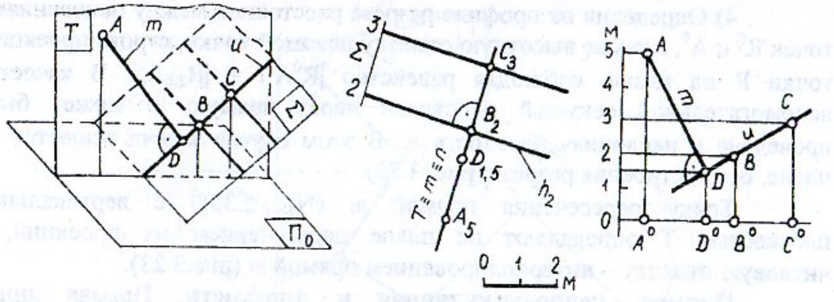


Рис. 3.25

На рис.3.25 дан пример определения истинного (кратчайшего) расстояния от точки A до плоскости Σ. Расстояние от точки до плоскости определяется отрезком перпендикуляра, опущенного из точки A на плоскость Σ. Задачу на плане решают в следующем порядке:

1) через точку A перпендикулярно плоскости Σ проводят прямую *m*. Ее проекция на плане перпендикулярна к проекции горизонтали плоскости: $m \perp h_2$;

2) определяют точку D пересечения прямой *m* с плоскостью Σ. Для нахождения этой точки строят профиль разреза, выполненного плоскостью T по направлению прямой *m* (поперек простирания плоскости Σ). Плоскость T пересекает плоскость Σ по прямой $u(B_2C_3)$. Пересечение на профиле разреза конкурирующих прямых *m* и *u* (линии падения плоскости Σ) определяют искомую точку: $m \times u$ = D; |AD| = 4 м.

3.6. ВЗАИМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫЕ ПЛОСКОСТИ

Две плоскости взаимно перпендикулярны, если одна из них проходит через перпендикуляр к другой плоскости. Следует отметить и другое, вытекающее из первого, положение: две плоскости взаимно перпендикулярны, если одна из них перпендикулярна к прямой, лежащей в другой плоскости. Поэтому проекции двух взаимно перпендикулярных плоскостей на плане можно построить двумя способами (рис.3.26, *а*):

1) плоскость Λ проводят через прямую *m*, перпендикулярно к плоскости Σ;

2) плоскость Σ проводят перпендикулярно к прямой *m*, лежащей в плоскости Λ.

На рис.3.26, *б* рассматривается решение задачи первым способом (через точку A проводят плоскость Λ, перпендикулярную к заданной плоскости Σ):

1) первоначально строят проекцию прямой *m*, проходящей через точку A перпендикулярно к плоскости Σ: $m \perp h_3$. Заложение прямой *m* определяют по масштабу заложений $l^m = 1/l^{\Sigma 1}$;

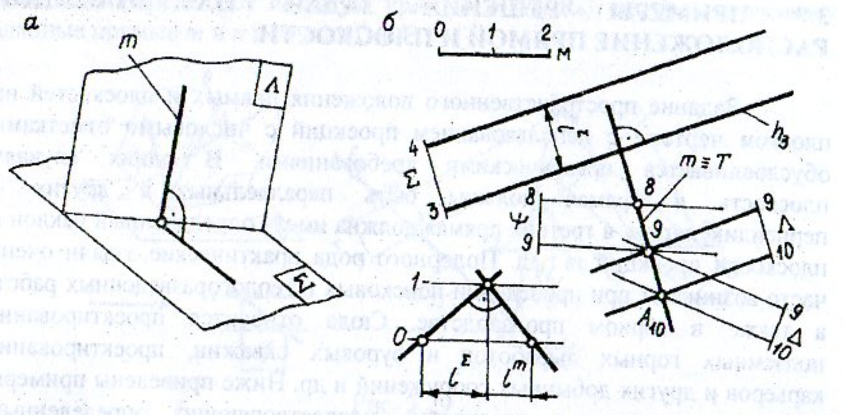


Рис. 3.26

2) через точки прямой *m* в произвольном направлении проводят горизонтали искомой плоскости Λ. Задача имеет бесчисленное множество решений, так как через прямую можно провести неограниченное количество плоскостей Λ, Ψ,..., в том числе и одну вертикальную T проекция которой на плане совпадает с проекцией прямой *m*.

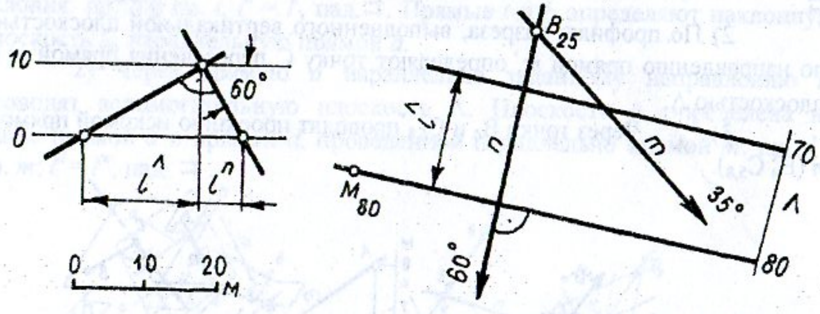


Рис. 3.27

На рис.3.27 решение аналогичной задачи дано вторым способом. Искомую плоскость Λ проводят через точку M перпендикулярно к прямой *n*, лежащей в плоскости Σ ($m \times n$). Построения на плане выполняют в следующем порядке:

1) через точку M проводят горизонталь искомой плоскости: $h_{80} \perp n$;

2) по масштабу заложений определяют заложение плоскости Λ - $l^{\Lambda} = 1/l^{n}$;

3) отложив на плане по линии падения плоскости Λ отрезок, равный l^{Λ}, проводят вторую горизонталь параллельно первой.

3.7 ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ.

Задание пространственного положения прямых и плоскостей на плоском чертеже с использованием проекций с числовыми отметками обусловливается практическими требованиями. В одних случаях плоскость и прямая должны быть параллельны, в других – перпендикулярны, в третьих прямая должна иметь определенный наклон к плоскости проекций и т. д. Подобного рода практические задачи очень часто возникают при проведении поисковых и геологоразведочных работ, а также в горном производстве. Сюда относится проектирование подземных горных выработок и буровых скважин, проектирование карьеров и других добычных сооружений и др. Ниже приведены примеры построения прямых и плоскостей, удовлетворяющих определенным требованиям.

Пример 1. Через точку B провести прямую *n*, которая пересекла бы прямую $m(A_3\ \angle 35°)$ под углом 90° (рис. 3.28).

Решение

1) Через точку B перпендикулярно к прямой *m* проводят вспомогательную плоскость Λ, соблюдая условие: $h^{\Lambda} \perp$ пр. *m*, $l^{\Lambda}=1/l^{m}$, пад. ⇆.

2) По профилю разреза, выполненного вертикальной плоскостью по направлению прямой *m*, определяют точку C пересечения прямой *m* с плоскостью Λ.

3) Через точки B_4 и $C_{5,8}$ проводят проекцию искомой прямой *n* ($B_4\ C_{5,8}$).

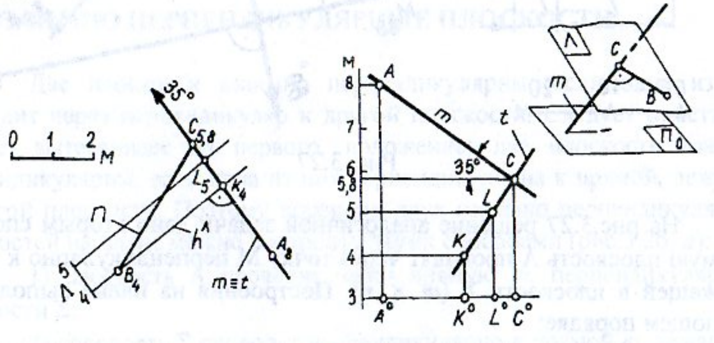


Рис. 3.28

Пример 2. Через точку A провести прямую *b*, которая пересекла бы скрещивающиеся прямые $m(C_7B_{10})$ и $n(F_{11}\ \angle 38°)$ (рис 3.29)

Решение

Проинтерполировав прямые *m* и *n*, строят горизонтали плоскостей Σ (mA_{10}) и Λ (nA_{10}). Точки A и R пересечение одноименных горизонталей плоскостей определяют искомую прямую *b* ($A_{10}R_9$), которая пересекает заданные прямые *m* и *n* в точках D и E.

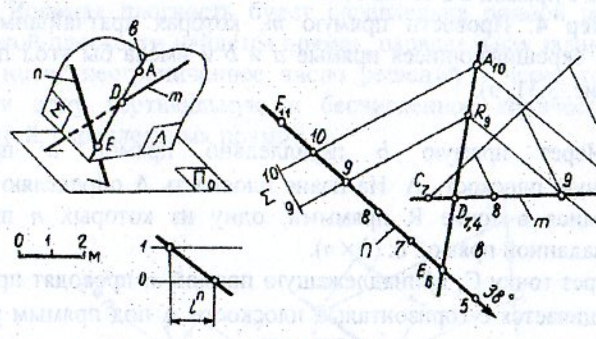


Рис. 3.29

Пример 3. Параллельно заданному направлению m провести прямую *n*, которая пересекала бы скрещивающиеся прямые *a* и *b* (рис. 3.30).

Решение

1) На прямой *b* выбирают произвольную точку T, через которую параллельно прямой *a* проводят вспомогательную прямую *t*, соблюдая условия: пр. *a* || пр. *t*, $l^{a} = l^{t}$, пад.⇉. Прямые *t* и *b* определяют наклонную плоскость Σ, параллельную прямой *a*.

2) Через прямую *a* параллельно заданному направлению *m* проводят вспомогательную плоскость Λ. Плоскость Λ определена на плане прямой *a* и прямой *d*, проведенной параллельно прямой *m*: пр. *d* || пр. *m*; $l^{d} = l^{m}$, пад. ⇉ .

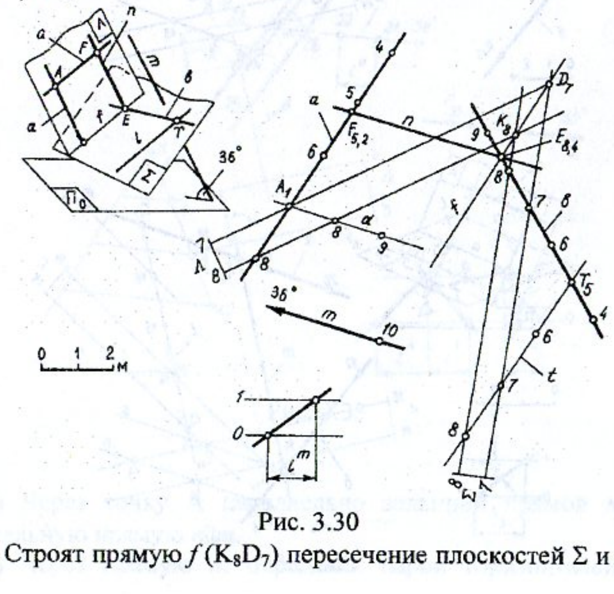


Рис. 3.30

3) Строят прямую *f* (K_8D_7) пересечение плоскостей Σ и Λ, которая

пересечет заданную прямую b в точке E.

4) Через точку E параллельно m проводят искомую прямую до пересечения ее с прямой a в точке F.

Пример 4. Провести прямую m, которая кратчайшим путем соединила бы скрещивающиеся прямые a и b и имела бы угол падения, равный 35° (рис. 3.31, *а*).

Решение

1) Через прямую b параллельно прямой a проводят вспомогательную плоскость Λ. На плане плоскость Λ определяют двумя пересекающимися в точке R прямыми, одну из которых n проводят параллельно заданной прямой a: $(b \times n)$.

2) Через точку C, принадлежащую прямой a, проводят прямую t, которая скрещивается с горизонталью плоскости Λ под прямым углом и имеет угол падения, равный 35°. Прямые a и t определяют вспомогательную плоскость Σ (рис. 3.31, *б*).

3) Строят линию $d(L_{13}K_{14})$ пересечения плоскостей Σ и Λ, которая пересечет заданную прямую b в точке E.

4) Через точку E параллельно прямой t проводят искомую прямую m до пересечения ее с прямой a в точке F (рис. 3.31, *в*)

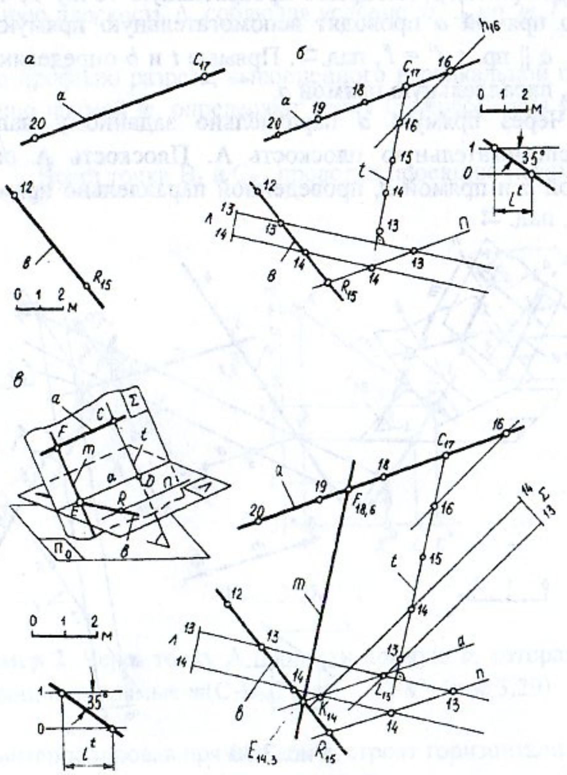


Рис. 3.31

Пример 7. Через точку A провести произвольную плоскость Σ, которая была бы параллельна прямой m (рис. 3.32).

Искомая плоскость будет параллельна прямой m при условии, если в этой плоскости найдется прямая, параллельная заданной прямой m. Задача имеет неограниченное число решений – через точку A можно провести одну вертикальную и бесчисленное количество наклонных плоскостей, параллельных прямой m.

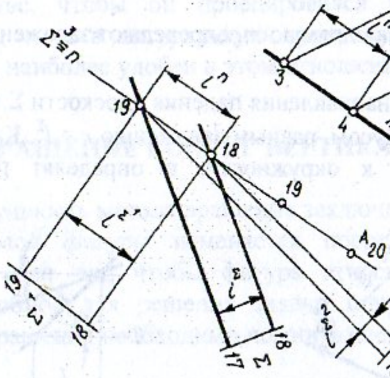


Рис. 3.32

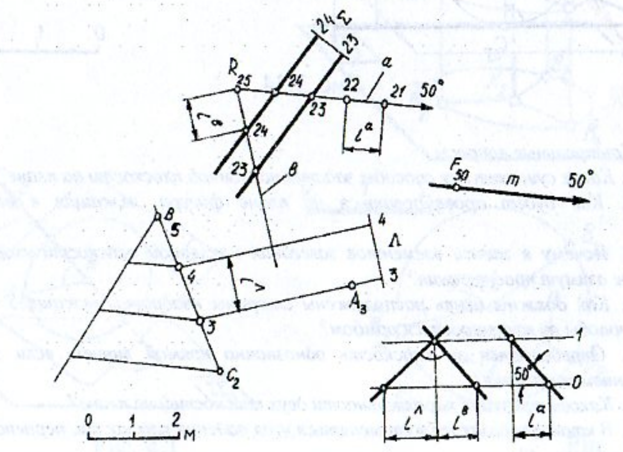


Рис. 3.33

Решение

1) Через точку A параллельно заданной прямой m проводят вспомогательную прямую $n \| m$.

2) Через прямую n, определяя парой горизонталей, проводят

наклонные плоскости Σ, Σ^1, Σ^2 и вертикальную плоскость Σ^3.

Пример 8. Через точку R провести плоскость Σ, которая была бы перпендикулярна к плоскости Λ ($A_3B_5C_2$) и параллельна прямой m (F_{50} $\angle 50°$) (рис.3.33).

Решение

Искомую плоскость Σ определяют двумя пересекающимися прямыми; прямую b проводят перпендикулярно плоскости Λ, а прямую a – параллельно прямой m.

Пример 9. Через прямую m ($A_{15}\angle 20°$) провести плоскость Σ, угол падения которой был бы равен 43° (рис. 3.34).

Решение

1) Проинтерполировав прямую m, определяют заложение искомой плоскости Σ.

2) Для определения направления падения плоскости Σ через точку B проводят окружность радиусом, равным заложению $r = l^{\Sigma}$. Касательные, проведенные из точки A к окружности, и определят горизонтали плоскостей Σ и Σ^1.

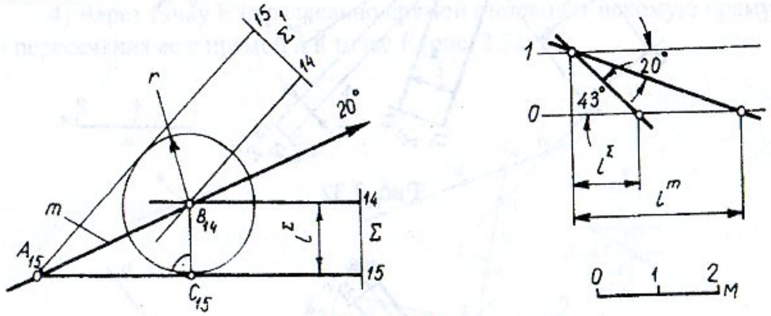


Рис. 3.34

Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы задания наклонной плоскости на плане?

2. Как будет проецироваться на плане фигура, лежащая в вертикальной плоскости?

3. Почему в запись элементов залегания наклонной плоскости входит азимут падения, а не азимут простирания?

4. Как должны быть расположены стороны квадрата, лежащего в наклонной плоскости, чтобы он проецировался ромбом?

5. Определяется ли плоскость однозначно прямой линией, если эта прямая является линией ее падения?

6. Каковы признаки параллельности двух плоскостей на плане?

7. В каких пределах может меняться угол падения плоскости, перпендикулярной к заданной плоскости Λ?

8. Укажите алгоритм решения задачи на пересечение прямой и плоскости.

9. Какой должна быть вспомогательная секущая плоскость Λ, чтобы определить линию пересечения двух плоскостей Σ и Λ, у которых параллельны горизонтали? Какой линией в пространстве будет линия их пересечения?

10. Как провести плоскость Σ через прямую m параллельно заданной прямой n?

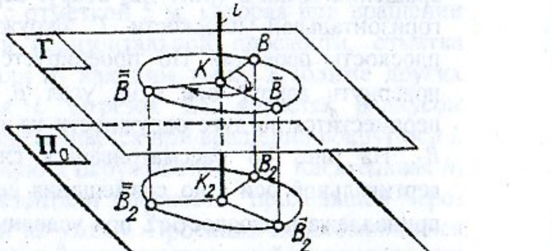
11. Укажите алгоритм решения задачи на определение расстояния от точки до наклонной прямой.

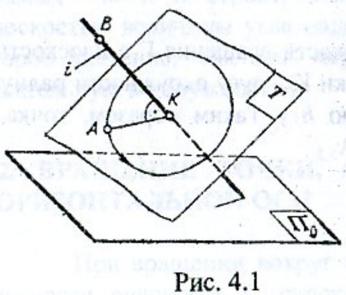
4. ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА МЕТОДОМ ВРАЩЕНИЯ.

При решении метрических задач, в первую очередь связанных с определением величин линейных углов, истинных размеров плоских фигур, а также при решении многих других позиционных задач возникает необходимость изменить положение рассматриваемого объекта в пространстве, чтобы он проецировался на плоскость проекций без искажения, т. е. в натуральную величину. В проекциях с числовыми отметками наиболее удобен в этом отношении метод вращения.

4.1. ВРАЩЕНИЕ ВОКРУГ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ

Сущность метода вращения заключается в том, что расположение изображаемой фигуры изменяется посредством ее поворота вокруг некоторой оси так, чтобы фигура относительно плоскости проекций заняла удобное для решения задачи положение. При решении задач методом вращения необходимо помнить следующие положения (рис. 4.1):





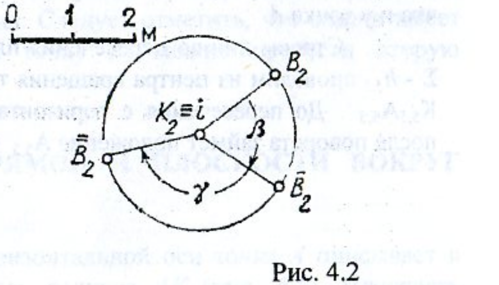


Рис. 4.1 Рис. 4.2

1) точка A при вращении вокруг некоторой оси i перемещается в плоскости T, которую условимся называть плоскостью вращения и которая расположена перпендикулярно к этой оси;

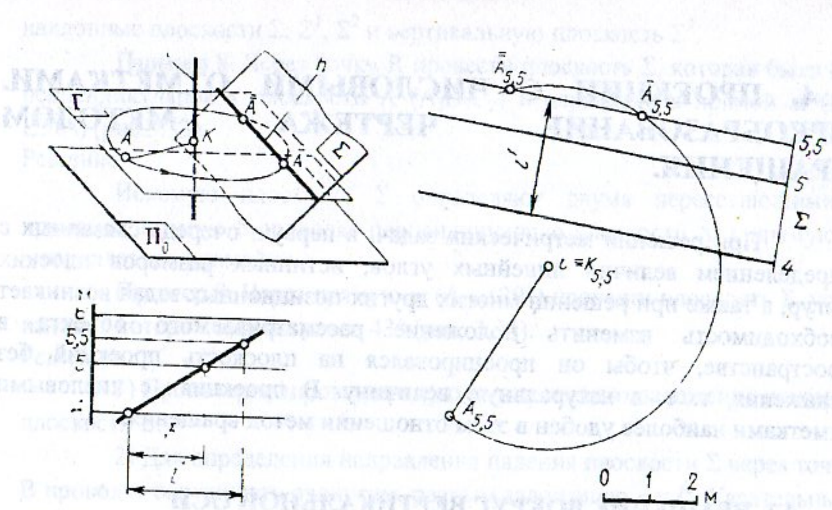


Рис. 4.3

2) траекторией движения точки является окружность, центр которой определяется как точка К. пересечения плоскости Т с осью вращения;

3) радиус *АК* окружности перпендикулярен к оси вращения. При вращении точки *В* (рис. 4.2) вокруг вертикальной оси точка описывает в горизонтальной плоскости Г окружность радиуса *ВК,* которая на плоскость проекций По проецируется без искажения. Если точку *В* повернуть вокруг оси *i* на угол *β*, то и проекция точки на плане переместится по дуге окружности на такой же угол и займет положение B_2. На рис. 4.3 рассматривается случай вращения точки *А* вокруг вертикальной оси *i* до совмещения ее с плоскостью Σ. Точка А будет принадлежать плоскости Σ при условии, если она при вращении окажется расположенной на горизонтальной плоскости с той же числовой отметкой, что и у точки *А*.

Строим линию пересечения плоскости вращения Г с плоскостью Σ - $h_{5,5}$ проводим из центра вращения точки $K_{5,5}$ дугу окружности радиуса $K_{5,5}A_{5,5}$. До пересечения с горизонталью $h_{5,5}$. Таким образом, точка *А* после поворота займет положение $A_{5,5}$ и $A_{5,5}$.

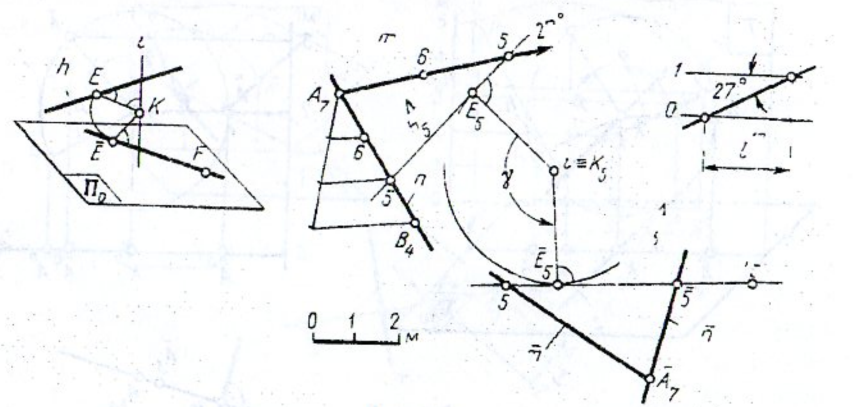


Рис. 4.4

На рис. 4.4 рассматривается случай вращения плоскости Λ *(m ×* n) вокруг вертикальной оси *i* до совмещения ее с заданной точкой *F*. Плоскость Λ будет проходить через точку *F* при условии, если ее горизонталь с отметкой 5 м после поворота будет проходить через эту точку. Заметим также, что при вращении плоскости вокруг оси *i* ее угол падения не изменит своей величины. Проинтерполировав прямые *m* и *n,* строим горизонталь плоскости Λ с отметкой 5 м, которая при вращении плоскости будет перемещаться в горизонтальной плоскости, отметка которой равна 5 м. На горизонтали h_5 находим точку *Е,* ближе других расположенную к оси вращения *i.* Отрезок ЕК является радиусом окружности, по которой точка *Е* перемещается при вращении вокруг оси *i.* Через точку F_5, проводят касательную к окружности — h_5. Касательная h_5 является проекцией искомой горизонтали плоскости, проходящей через точку *F* после поворота плоскости на угол *γ*. Проекции пересекающихся прямых *m* и *n* строят, исходя из условия сохранения вращаемой плоскостью величины угла падения. Следует отметить, что задача имеет второе решение, так как через точку F_5 можно провести вторую касательную к окружности *n.*

4.2. ВРАЩЕНИЕ ТОЧКИ, ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ ВОКРУГ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСИ

При вращении вокруг горизонтальной оси точка *А* описывает в плоскости вращения Т окружность радиуса *АК* (рис. 4.5). Плоскость вращения является вертикальной плоскостью 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 Т × h_2=K_2

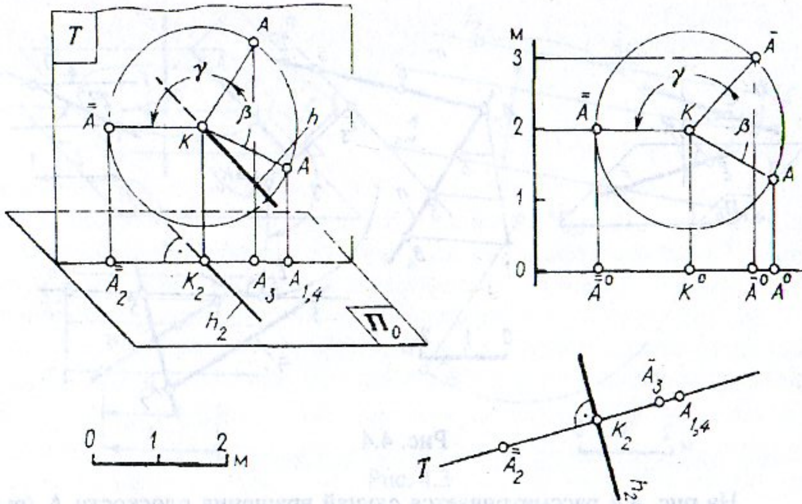


Рис. 4.5

Если точку A повернуть вокруг оси h на угол β, то проекция точки на плане переместится по проекции плоскости вращения и займет положение A_3, при повороте на угол γ — положениеA_2 и т. д.

На рис. 4.6 рассматривается случай вращения точки R вокруг горизонтальной оси h до совмещения ее с плоскостью Σ. Точка R будет принадлежать плоскости Σ, если она при вращении вокруг оси h окажется расположенной на прямой m, принадлежащей этой плоскости. Очевидно, что такой прямой может быть только линия пересечения плоскости Σ с плоскостью вращения T. Построение осуществляется в следующем порядке. Проводим проекцию плоскости вращения T перпендикулярно к проекции оси вращения: $T \perp h_1$. Определяем центр вращения — точку K_1. Тогда отрезок KR будет радиусом вращения этой точки. На профиле разреза, выполненного плоскостью T, отмечаем положение вращаемой точки R, центра вращения K, а также линии m (B_2C_3) — линии пересечения плоскости вращения T с заданной плоскостью Σ. Из точки K радиусом KR проводим дугу окружности до пересечения ее с профилем прямой m в точке R.. Определив на профиле разреза положение основания точки $R°$, а также высотную отметку, строим проекцию точки R на плане: $|R^oK^o| = R_{3,5}K_1$. Если точку R на разрезе вращать в противоположном направлении, можно получить второй вариант решения задачи.

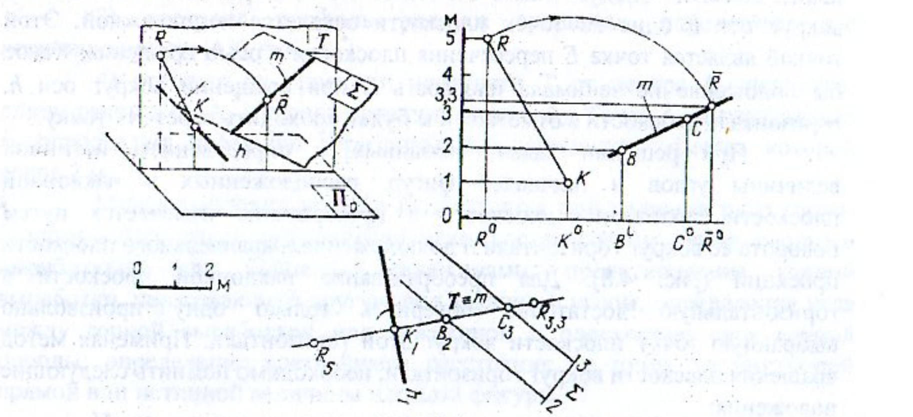


Рис. 4.6

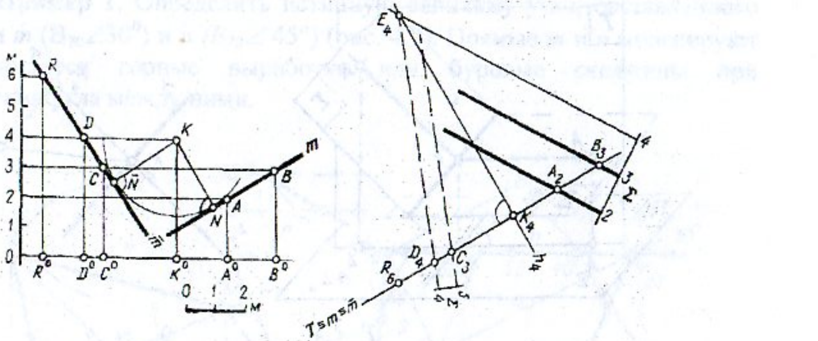


Рис. 4.7

На рис. 4.7 рассматривается случай вращения плоскости Σ вокруг горизонтальной оси h до совмещения плоскости с точкой A. При вращении плоскости Σ вокруг оси h надо добиться такого ее расположения в пространстве, чтобы одна из прямых, принадлежащих плоскости Σ, прошла через заданную точку A. Такой прямой является линия пересечения плоскости вращения T, проведенной через точку A, с плоскостью Σ.

Проведем через точку R проекцию плоскости вращения T перпендикулярно к проекции оси вращения h (следовательно, перпендикулярно и к плоскости Σ). Определяем центр вращения — точку K_4 и линию пересечения плоскости вращения с плоскостью Σ — линию m (A_2B_3). На профиле разреза отмечаем положение точки K и прямой m. При вращении плоскости Σ вокруг оси h прямая m будет перемещаться в плоскости T, при этом точка N этой прямой, ближайшая к центру вращения K, перемещается по дуге окружности радиуса KN. Через точку R проводим касательную от к этой дуге. Определив на профиле разреза положение произвольных точек D и C прямой m, строим ее проекцию на плане: $m \equiv m \equiv T$. Следует также отметить, что при вращении плоскости Σ вокруг оси h одна из точек плоскости останется неподвижной. Этой точкой является точка E пересечения плоскости с осью вращения. Какое бы положение не занимала плоскость Σ при вращении вокруг оси h, горизонталь плоскости с отметкой 4 м будет проходить через эту точку.

При решении задач, связанных с определением истинной величины углов и площадей фигур, расположенных в наклонной плоскости, положение плоскости в пространстве изменяется путем поворота ее вокруг горизонтали h до положения, параллельного плоскости проекций (рис. 4.8). Для преобразования наклонной плоскости в горизонтальную достаточно повернуть только одну произвольно выбранную точку плоскости вокруг этой горизонтали. Применяя метод вращения плоскости вокруг горизонтали, необходимо помнить следующие положения:

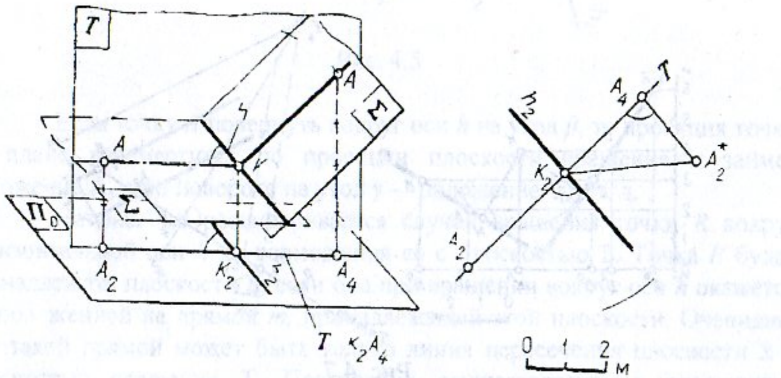


Рис. 4.8

плоскость вращения Т перпендикулярна к оси вращения и, следовательно, на плане она изображена прямой линией, пересекающей проекцию горизонтали под углом 90°: $T \perp h_2$;

радиус вращения AK располагается в вертикальной плоскости Т. Следовательно, его проекция совпадает с проекцией этой плоскости: $T = A_4K_2$;

при горизонтальном расположении плоскости Σ радиус вращения вращаемой точки A займет тоже горизонтальное положение AK, следовательно, новая проекция точки A_2 на плане удалится от проекции центра вращения K_2 на расстояние, равное истинной длине этого радиуса: $|A_2K_2| = |AK|$.

На плане задачу решают в следующем порядке:

1) через точку A_4 проводят проекцию плоскости вращения: $T \perp h_2$;

2) отмечают центр вращения — точку пересечения плоскости вращения с осью вращения: $T \times h_2 = K_2$;

3) построив профиль радиуса вращения, определяют его истинную длину: $|AK| = |K_2A_2^*|$;

4) отложив на проекции плоскости Т от центра K_2 истинную длину радиуса $|K_2A_2^*|$, строят проекцию точки A_2. Точка A_2 и горизонталь h_2 определяют проекцию горизонтальной плоскости, отметка которой равна 2 м.

Метод вращения широко используется при решении ряда горно-геологических задач: определение угла, составленного двумя горными выработками или буровыми скважинами; проектирование горной выработки, пересекающей другую под заданным углом; определение угла между горной выработкой или скважиной и плоскостью слоя горной породы; определение кратчайшего расстояния от точки до наклонной прямой или истинной величины плоской фигуры.

Ниже рассматриваются примеры решения некоторых задач с применением метода вращения плоскости вокруг ее горизонтали.

Пример 1. Определить истинную величину угла, составленного прямыми m ($B_{70}\angle 30^0$) и n ($B_{70}\angle 45°$) (рис. 4.9). Прямые m и n моделируют пересекающиеся горные выработки или буровые скважины при определении угла между ними.

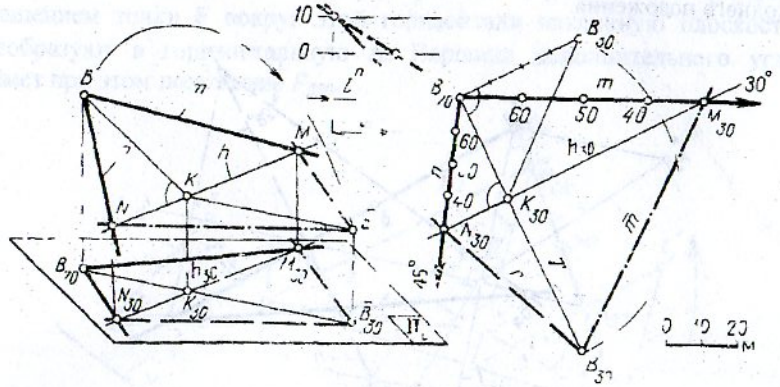


Рис. 4.9

Для определения истинной величины угла наклонную плоскость Σ $(m \times n)$ вращением вокруг ее горизонтали преобразуют в горизонтальную. Вращаемой точкой следует взять вершину угла — точку B. При вращении плоскости точка B будет перемещаться по дуге окружности, точки M и N, лежащие на оси вращения, не изменят своего положения. Следовательно, при горизонтальном расположении плоскости стороны угла пройдут через те же точки M и N.

Решение

1. Проинтерполировав прямые m и n, проводят горизонталь h $(A_{30}N_{30})$, вокруг которой вращается плоскость Σ.

2. Отмечают проекцию центра вращения — точку K_{30} и проекцию

радиуса вращения $|K_{30}B_{70}|$. Построением профиля определяют истинную длину радиуса: $|KB| = |K_{30}B_{30}^{*}|$.

3. Строят новую проекцию точки B_{30}, отложив от центра K_{30} истинную длину радиуса вращения.

4. Точку B_{30} соединяют прямыми линиями с неподвижными при вращении точками M_{30} и N30 плоскостями. Новая проекция угла, составленного горизонтальными прямыми m $(B_{30}M_{30})$ и n $(B_{30}N_{30})$, конгруэнтна искомому углу $\angle N_{30}B_0M_{30} = \angle N_{30}B_{30}M_{30}$.

Пример 2. В этом примере мы рассмотрим обратную задачу. Через точку B надо провести прямую m, которая пересекла бы прямую n под углом 28° (рис. 4.10). (Данная задача решается при проектировании горной выработки, пересекающей другую под заданным углом).

Построение двух пересекающихся под заданным углом прямых, расположенных в наклонной плоскости Δ (B_4n), не представляется возможным, так как угол, под которым прямые пересекаются, проецируется на плоскость проекций с искажением. Решение задачи значительно упрощается, если наклонную плоскость Δ вращением вокруг ее горизонтали преобразовать в горизонтальную Δ. Построив в горизонтально расположенной плоскости Δ угол заданной величины, плоскость вращают в обратном направлении до занятия ею своего исходного положения.

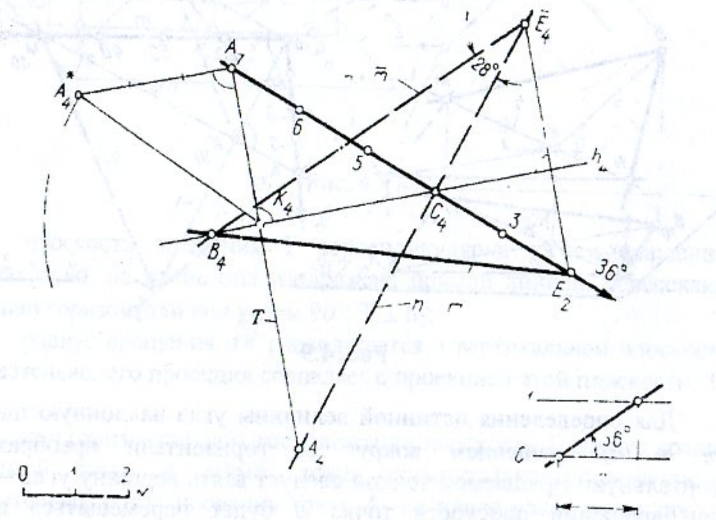


Рис. 4.10

Решение

1. Проинтерполировав прямую n, строят горизонталь h, плоскости Δ.

2. В качестве точки вращения берем точку A и, определив истинную длину радиуса вращения этой точки, строим ее новую

проекцию A_4. Проекция прямой n пройдет через точку A_4 и неподвижную при вращении прямой точку C_4.

3. Через точку B проводим прямую m, которая пересекает прямую n под углом 28°. Отмечаем точку E их пересечения и, проведя через нее плоскость вращения Т, находим положение точки E на прямой m.

4. Соединив на плане проекции точек B и E прямой линией, строим проекцию прямой m (B_4E_2).

Пример 3. Определить истинную величину угла, составленного прямой a и плоскостью Σ $(A_{170}B_{120}C_{150})$ (рис. 4.11). (Данная задача позволяет определить угол, составленный буровой скважиной и плоскостью слоя горной породы).

Углом между прямой a и плоскостью Σ называют острый угол β, составленный данной прямой и ее прямоугольной проекцией a^{Σ} на эту плоскость. Определение истинной величины угла β очень длинно и громоздко. Значительно проще определяется угол γ, дополняющий угол β до 90°: $\beta + \gamma = 90°$, откуда $\beta = 90° - \gamma$.

Решение

1. Из точки F опускают перпендикуляр b на плоскость Σ, соблюдая условия: $b \perp h_{270}$, $l^{b} = 1/l^{\Sigma}$, пад.⇆.

2. В плоскости Λ $(a \times b)$ проводят горизонталь h^{λ} $(N_{270}M_{270})$. Вращением точки F вокруг этой горизонтали наклонную плоскость Λ преобразуют в горизонтальную Λ. Вершина дополнительного угла γ займет при этом положение F_{270}.

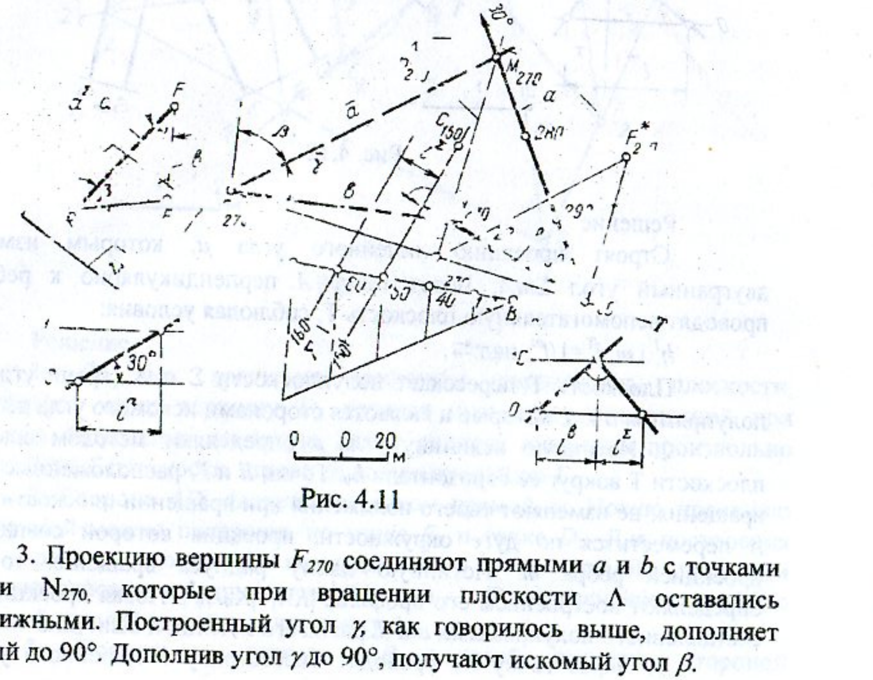


Рис. 4.11

3. Проекцию вершины F_{270} соединяют прямыми a и b с точками M_{270} и N_{270}, которые при вращении плоскости Λ оставались неподвижными. Построенный угол γ, как говорилось выше, дополняет искомый до 90°. Дополнив угол γ до 90°, получают искомый угол β.

Пример 4. Определить истинную величину двугранного угла $\Sigma m \Lambda$; построить проекцию его биссекторной плоскости (рис. 4.12). (Подобные задачи также встречаются в геологической практике при определении угла складки, угла, составленного плоскостью слоя горной породы и плоскостью геологического нарушения, и др.). Величина двугранного угла определяется линейным углом, составленным прямыми a и b пересечения его граней с плоскостью Т, перпендикулярной к ребру m. Биссекторная плоскость двугранного угла пройдет через ребро m и биссектрису b линейного угла μ.

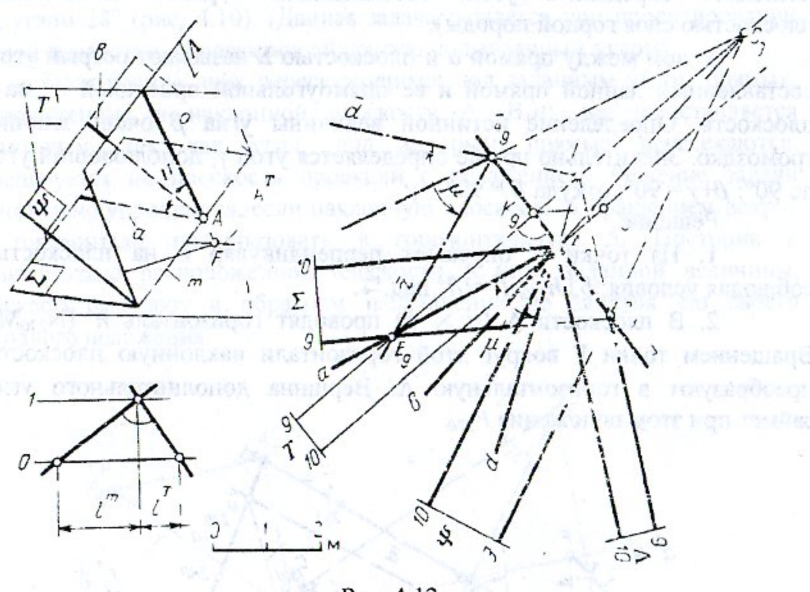


Рис. 4.12

Решение

Строят проекцию линейного угла μ, которым измеряют двугранный угол $\Sigma m \Lambda$. Через точку A перпендикулярно к ребру m проводят вспомогательную плоскость Т, соблюдая условия:

$h^T \perp m$, $l^T = 1/l^m$, пад.$\leftrightarrows$.

Плоскость Т пересекает полуплоскости Σ и Λ (грани угла) ,'по полупрямым a и d, которые и являются сторонами искомого угла μ.

2. Истинную величину угла μ определяют методом вращения плоскости Т вокруг ее горизонтали h_9. Точки E и F, расположенные на оси вращения, не изменяют своего положения при вращении плоскости, точка A переместится по дуге окружности, проекция которой совпадает с проекцией ребра m. Истинную длину радиуса вращения точки A определяют построением его профиля: $|KA| = |K_9 A_9^*|$. Новая проекция угла, составленного полупрямыми a и d, равна его истинной величине.

3. Через точку A_9 проводят биссектрису b линейного угла до

пересечения ее с осью вращения в точке C_9. Если плоскость Т вращать в обратном направлении, то проекция биссектрисы займет положение b $(A_{10}C_9)$. Биссектриса b и ребро m, как две пересекающиеся прямые, определяют в пространстве биссекторную плоскость ψ $(m \times b)$ двугранного угла $\Sigma m \Lambda$.

4. Горизонталь h_9 плоскости ψ определяется точками B и C, имеющими одинаковые числовые отметки. Вторую горизонталь h_{10}, проводят через точку A параллельно первой. Следует помнить, что ψ является полуплоскостью, поэтому ее горизонтали — полупрямые.

Пример 5. Определить истинную величину четырехугольника $ABCD$, лежащего в наклонной плоскости Σ (рис. 4.13).

Заметим предварительно, что сторонами четырехугольника являются отрезки прямых m, n, t, построение которых возможно по любым их точкам.

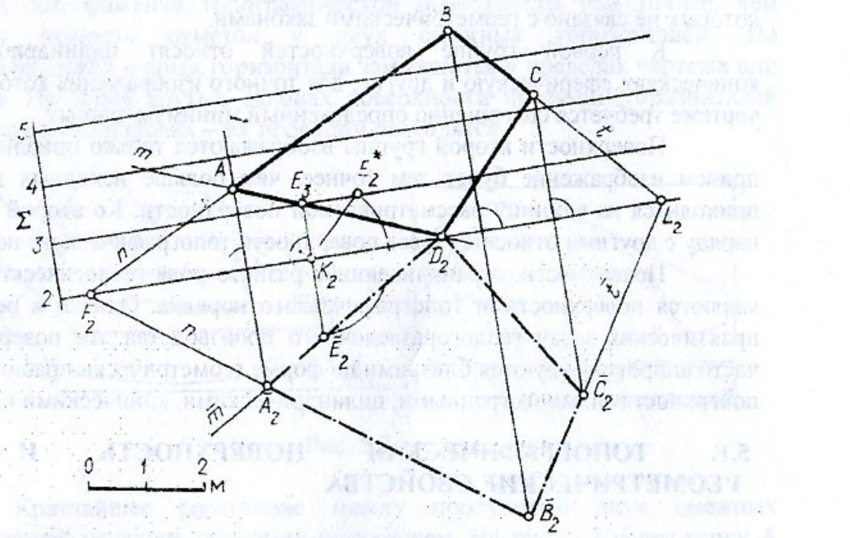


Рис. 4.13

Решение

1. За ось вращения выбираем горизонталь плоскости, проходящую через вершину D, которая останется неподвижной при вращении. Определив истинную длину радиуса вращения произвольно взятой точки E плоскости, строят ее новую проекцию E.

2. Сторона AD_2 является отрезком прямой m. Новую проекцию этой прямой можно построить по точке E_2 и точке D_2. Для построения новой проекции точки A, принадлежащей этой прямой, проводим проекцию плоскости вращения этой точки — Т, пересечение которой с проекцией прямой m и определит точку A_2.

3. Прямая n, отрезок AB которой является стороной

четырехугольника, может быть определена точками F_2 и A_2. Точка F_2 при вращении плоскости остается неподвижной. Искомая проекция *n,* таким образом, пройдет через точки F_2 и A_2. Аналогично точке A_2 определяем проекцию вершины B_2.

4. Вершина *C,* находящаяся на прямой *t,* строится точно таким же образом. Построенная проекция четырехугольника равна его истинной величине: $A_2B_2C_2D_2 = ABCD$.

5. ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. КРИВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

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 аппроксимируются близкими по форме геометрически правильными поверхностями: многогранными, цилиндрическими, коническими и др.

5.1. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ 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.

На рис. 5.1 дан пример плана участка топографической поверхности, на котором показаны проекции ее отдельных точек. Такой план хотя и дает возможность составить представление о форме изображаемой поверхности, однако отличается малой наглядностью. Чтобы придать чертежу большую наглядность и облегчить тем самым его чтение, проекции точек с одинаковыми отметками соединяют плавными кривыми линиями, которые называют горизонталями – изолиниями.

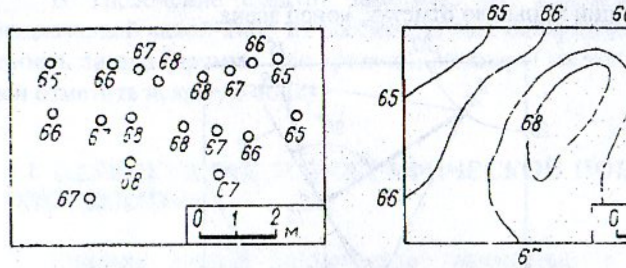


Рис. 5.1

Горизонтали топографической поверхности иногда определяют и как линии пересечения этой поверхности с горизонтальными плоскостями, отстоящими друг от друга на одно и то же расстояние (рис. 5.2). Разность отметок у двух смежных горизонталей называют высотой сечения. Изображение топографической поверхности тем точнее, чем меньше разность отметок у двух смежных горизонталей. На топографических планах горизонтали замыкаются в пределах чертежа или вне его. На более крутых склонах поверхности проекции горизонталей сближаются, на пологих – их проекции расходятся.

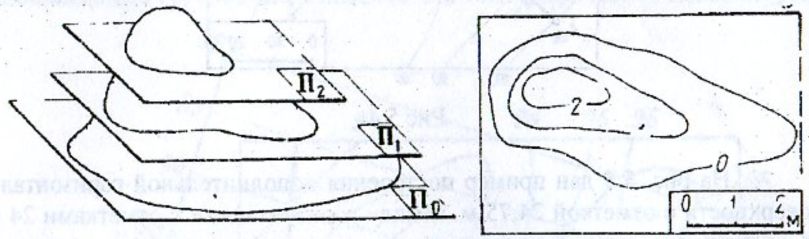


Рис. 5.2

Кратчайшее расстояние между проекциями двух смежных горизонталей на плане называют заложением. На рис. 5.3 через точку A топографической поверхности проведено несколько отрезков прямых: |AB|, |AC| и |AD|. Все они имеют разные углы падения. Наибольший угол падения имеет отрезок |AC|, заложение которого имеет минимальное значение. Очевидно, он и будет являться проекцией линии падения поверхности в данном месте. Проекция этой линии перпендикулярна к касательной *n*, проведенной через точку C. На рис. 5.4 приводится пример построения проекции линии падения через заданную точку A. Из точки A_{100} , как из центра, проводят дугу окружности, касающуюся ближайшей горизонтали в точке B_{90}. Точка B_{90} , лежащая на горизонтали h_{90} , будет принадлежать линии падения. Из точки B_{90} проводят дугу, касающуюся следующей горизонтали в точке C_{80}, и т.д. Из чертежа видно, что линией падения топографической поверхности является ломаная линия, каждое звено которой перпендикулярно к горизонтали, проходящей через нижний, имеющий меньшую отметку, конец звена.

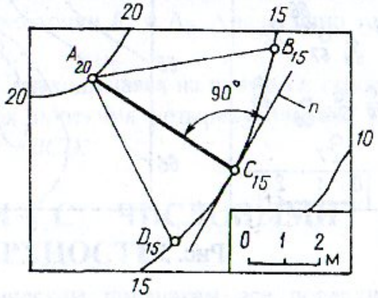


Рис. 5.3

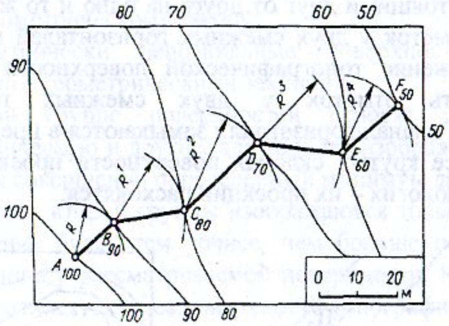


Рис 5.4

На рис. 5.5 дан пример построения дополнительной горизонтали поверхности с отметкой 24,75 м. Между горизонталями с отметками 24 и 25 м проводят отрезки прямых, на которых методом профиля находят точки с заданной отметкой. Полученные точки A, B, C … соединяют плавной линией.

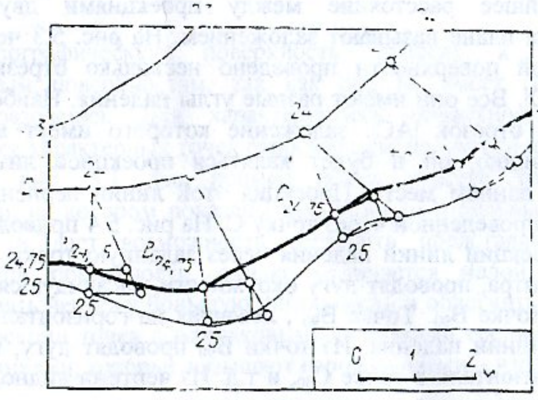


Рис. 5.5

В заключение следует заметить, что для построения точки, принадлежащей какой-либо из рассмотренных поверхностей, необходимо построить линию (прямую или кривую), лежащую на этой поверхности, и на ней отметить искомую точку.

5.2. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПЛОСКОСТЬЮ

Сечение кривой поверхности плоскостью в общем случае представляет собой плоскую кривую линию. Проекция этой линии на плане может быть построена по ее отдельным точкам, которые определяют либо пересечением семейства образующих кривой поверхности с секущей плоскостью, либо пересечением одноименных горизонталей плоскости и поверхности.

Случай пересечения топографической поверхности с плоскостью наиболее часто встречается в решении геологических задач и прежде всего в решении задач геологического картирования. На рис. 5.7 дан пример построения пересечения топографической поверхности с плоскостью Σ. Искомую кривую m определяют точками пересечения одноименных горизонталей плоскости и топографической поверхности.

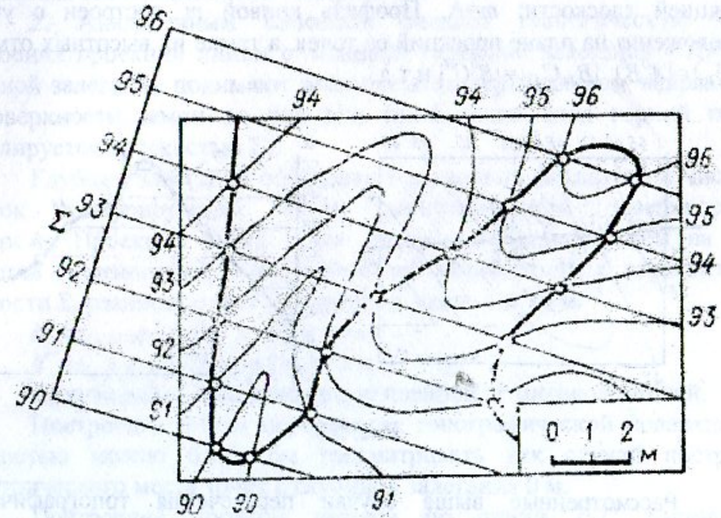


Рис 5.7

На рис. 5.8 топографическая поверхность пересекается с горизонтальными плоскостями Γ^1 и Γ^2, отметки которых соответственно равны 60 и85 м. Линиями пересечения указанных плоскостей с топографической поверхностью будут горизонтали h^1 и h^2 с отметками 60 и 85 м.

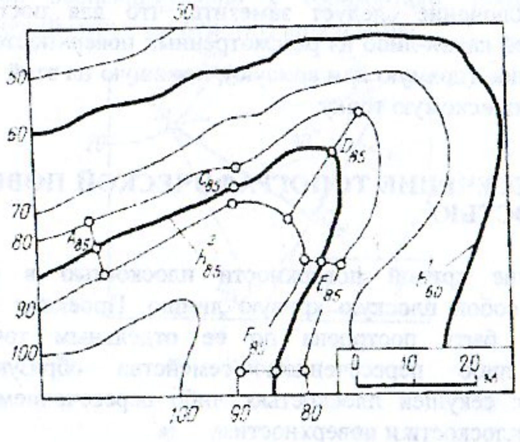


Рис 5.8

На рис. 5.9 дан пример построения истинного вида линии пересечения топографической поверхности с вертикальной плоскостью Λ. Искомую линию *m* определяют точками *A, B, C, ...,N* пересечения горизонталей топографической поверхности с секущей плоскостью Λ. На плане проекция кривой выражается в прямую линию, совпадающую с проекцией плоскости: *m*=Λ. Профиль кривой *m* построен с учетом расположения на плане проекций ее точек, а также их высотных отметок: $|A_{45}B_{46}|=|A^0B^0|$, $|B_{46}C_{47}|=|B^0C^0|$ и т.д.

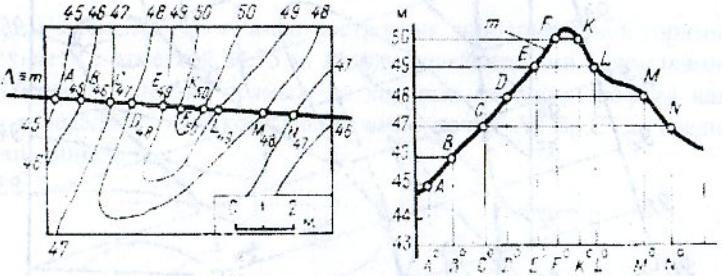


Рис. 5.9

Рассмотренные выше случаи пересечения топографической поверхности с плоскостью служат геометрической основой при построении линии выхода слоев горных пород на дневную поверхность. В первом случае для наклонного, во втором- для горизонтального и в третьем- для вертикального залегания слоя.

Ниже даны примеры решения задач пересечения топографической поверхности с плоскостью.

Пример 1. Построить проекцию линии пересечения топографической поверхности с плоскостью Σ, а также построить

проекции линии, принадлежащих плоскости Σ, с глубиной залегания 5 и 10 м. Построить профиль разреза по линии T-T^1 (рис. 5.10).

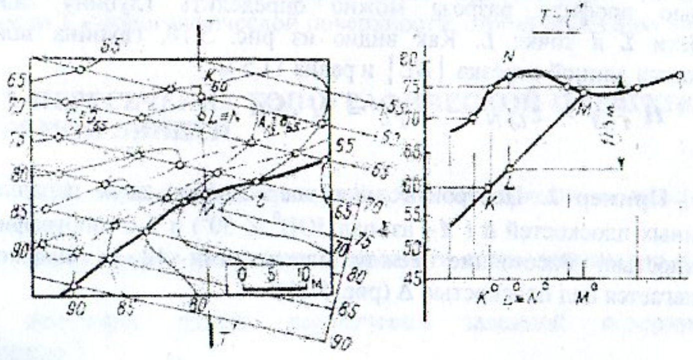


Рис. 5.10

Решение

1. Линию пересечения *t* плоскости Σ с топографической поверхностью строят по точкам пересечения одноименных горизонталей плоскости и топографической поверхности.

2. Аналогичным способом решают геологическую задачу построения проекции линии с заданной глубиной залегания - $H_{Г.З}$. Под глубиной залегания понимают расстояние (в вертикальном направлении) от поверхности земли до той или иной точки слоя горной породы (моделируется плоскостью Σ).

Глубину залегания определяют разностью показателей числовых отметок конкурирующих точек топографической поверхности и плоскости. Проекции таких точек определяют пересечением на плане проекций горизонталей топографической поверхности с горизонталями плоскости Σ, разность отметок у которых равна 5 и 10 м.

$h^m=z_{()C}-z_{()D}$=70 м -65 м =5 м;

$h^m=z_{()C}-z_{()B}$=75 м -65 м =10 м.

Полученные точки соединяют плавной штриховой линией.

Построение линии пересечения топографической поверхности с плоскостью можно было бы рассматривать как случай построения геометрического места точек с глубиной залегания 0 м.

Построение профиля разреза по линии T-T^1 начинают с построения профиля топографической поверхности по точкам пересечения вертикальной плоскости с горизонталями топографической поверхности. Плоскость Σ секущая плоскость пересекает по прямой линии, для построения которой достаточно двух точек. В качестве первой точки можно взять точку *M*, принадлежащую одновременно плоскости Σ и топографической поверхности. В качестве второй точки можно выбрать точку пересечения плоскости разреза с любой горизонталью плоскости Σ.

Через прямую *m* проводят вертикальную плоскость Λ, проекция которой на плане совпадает с проекцией прямой: Λ≡*m*. Строят профиль разреза и отмечают точку пересечения профиля прямой *m* с профилем кривой *n* и искомую точку *B*. Определяют отметку точки *B* и строят ее проекцию на плане.

На рис. 5.13 дано другое решение аналогичной задачи. Через интерполированную прямую *m* (F_{40}<40^0) проводят вспомогательную наклонную плоскость Σ. Горизонтали произвольной наклонной плоскости Σ проводят с таким расчетом, чтобы точки их пересечения с одноименными горизонталями топографической поверхности не выходили за пределы чертежа. Плоскость Σ пересекает топографическую поверхность по кривой *b*. Пересечение на плане проекций прямой *m* и кривой *b* определяет искомую точку *N*.

Контрольные вопросы

1. Изложите общий прием построения линии пересечения поверхности с плоскостью.

2. Как строится линия пересечения топографической поверхности с плоскостью?

3. Как проводят вспомогательную секущую плоскость при определении точек пересечения прямой с топографической поверхностью?

ОГЛАВЛЕНИЕ

Подписано в печать 10.06. 2008 г. Объем 3,75 п.л.
Тираж 200 экз. Заказ № 175

Редакционно-издательский отдел РГГРУ
Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23