

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ПО «ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАФИКЕ»
для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология

Донецк ДонНТУ 2019

ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ПО «ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАФИКЕ»
для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология

РАССМОТРЕНО:

на заседании кафедры начертательной
геометрии и инженерной графики

Протокол № от .2019 г.

Донецк ДонНТУ 2019

УДК 622:142.5.518

Конспект лекций по «Инженерно-геологической графике». /Сост.: Д.А. Масленников – Донецк: ДонНТУ, 2019, с. 135 (на электронном носителе).

Учебное пособие представлено в виде подробных рекомендаций по разделам, читаемым в соответствии с учебными планами для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология.

Составители:

Д. А. Масленников

Рецензент:

О. Г. Гайдарь

Ответственный

за выпуск:

О. Г. Гайдарь

Раздел 1. «Теоретические основы выполнения чертежей методом проекций с числовыми отметками»

Лекция 1 «ВВЕДЕНИЕ. МЕТОД ПРОЕКЦИЙ»

ВВЕДЕНИЕ

При изучении геологических структур и разведке месторождений полезных ископаемых приходится решать большое количество трудоемких пространственных задач, связанных с созданием геометрических моделей, структурных карт и вертикальных разрезов участков земной коры, изображением складчатых структур и разрывных разрушений, определением элементов залегания слоев и пластов по данным разведки, построением линий выхода слоев и пластов на поверхность или под наносы и т.п.

Решением пространственных задач при помощи изображений занимается начертательная геометрия. Графические методы часто оказываются наиболее целесообразными, а иногда и единственно доступными в сложных полевых условиях. Среди методов начертательной геометрии наиболее широкое применение у инженеров-геологов нашел метод проекций с числовыми отметками, отличающийся *простотой построений* и *удобством измерений* и обеспечивающий достаточную *наглядность* и *динамичность* получаемых изображений.

Принятые обозначения:

A, B, C - точки;

a, b, c - линии;

$\Gamma, \Pi, P, \Sigma, T, \Phi, \Psi$ - поверхности (плоскости);

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ - углы;

\subset или \supset - знаки принадлежности, включения: $C \subset d$ (точка C принадлежит линии d), $\Psi \supset b$ (плоскость Ψ проходит через прямую b);

\cap - знак пересечения;

\cup - знак объединения;


$=$ - знак результата операции: $a \cap b = K$ (линия a пересекает линию b в точке K), $A \cup B = c$ (прямая c есть результат соединения точек A и B);

\equiv - знак совпадения: $a \equiv b$ (линия a совпадает с линией b);

\parallel - знак параллельности;

$\%$ - знак скрещивания;

\perp - знак перпендикулярности;

 - прямой угол ($\angle 90^\circ$);

\rightarrow - знак логического следствия (например, запись $a \parallel b \rightarrow a' \parallel b'$ означает, что если прямая a параллельна прямой b , то проекции этих прямых a' и b' тоже параллельны).

$/$ - знак отрицания ($\neq, \not\subset, \neq$): $A \not\subset m$ (точка A не принадлежит линии m).

МЕТОД ПРОЕКЦИЙ

Метод проекций обеспечивает построение изображений пространственных форм на плоском чертеже. Аппарат проецирования включает проецирующие лучи, проецируемый объект и плоскость, на которой получается изображение объекта. Например, если в пространстве взять некоторую точку S - *центр проекций*, то луч SA (рис. 1), проведенный через заданную точку A , образует в пересечении с плоскостью Π' изображение объекта A' - *проекцию точки A на плоскость проекций Π' : $SA \cap \Pi' = A'$.*

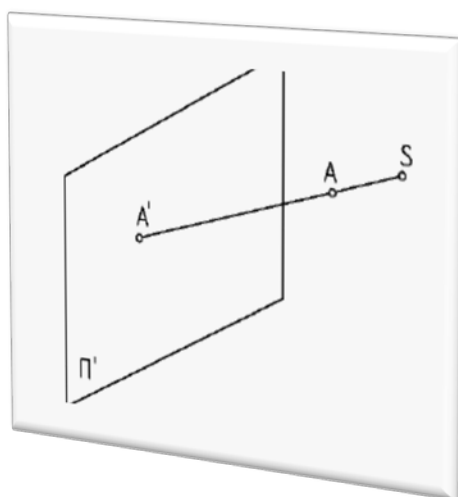


Рис. 1

Любой материальный объект можно представить состоящим из множества точек, которые могут быть спроецированы на плоскость рассмотренным выше образом. В этом случае проекции точек формируют плоское изображение объекта.

Свойства полученных проекций во многом определяются положением центра проекций S по отношению к плоскости Π' . При этом различают *центральное* и *параллельное* проецирование.

Центральные проекции

При центральном проецировании проецирующие лучи выходят из центра S , который находится на определенном (конечном) расстоянии от плоскости Π' .

Для построения центральной проекции $A'B'$ отрезка AB (рис. 2) достаточно найти центральные проекции A' и B' его двух точек, а для построения центральной проекции m' кривой линии m необходимо взять на этой линии некоторое число точек, найти их проекции и соединить соответствующей линией.

Данный метод проецирования используют для построения перспективы различных сооружений, а также в стереографических проекциях, применяемых в кристаллографии и рентгеноструктурном анализе. Подобным образом получают изображения на киноэкране и фотопленке, тени от искусственно освещенных объектов и т.п. Изображение предметов, полученное центральным проецированием, обладает большой наглядностью, но допускает значительное искажение формы и размеров оригинала.

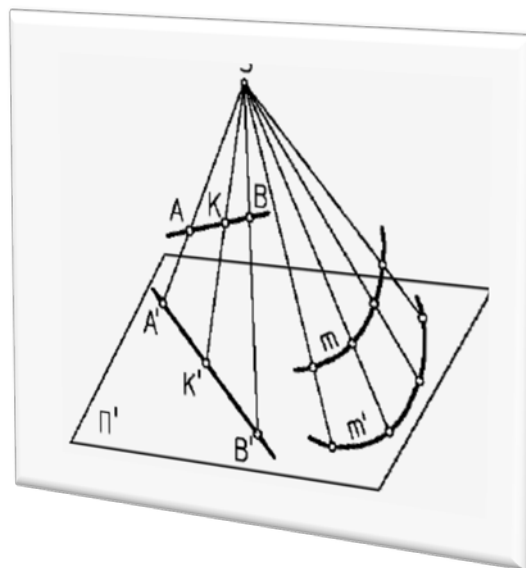


Рис. 2

Центральные проекции без дополнительной информации являются

необратимыми, т.е по изображению на плоскости проекций нельзя точно воспроизвести форму и размеры предмета, так как одной точке изображения соответствует множество точек проецирующего луча в пространстве.

Параллельные проекции

Параллельное проецирование обычно рассматривают как частный случай центрального, когда центр S удален в бесконечность, и все проецирующие лучи параллельны между собой (рис. 3). В зависимости от направления проецирующих лучей по отношению к плоскости проекций параллельное проецирование может быть *косоугольным* – проецирующие лучи не перпендикулярны плоскости проекций Π' (рис. 3, а),

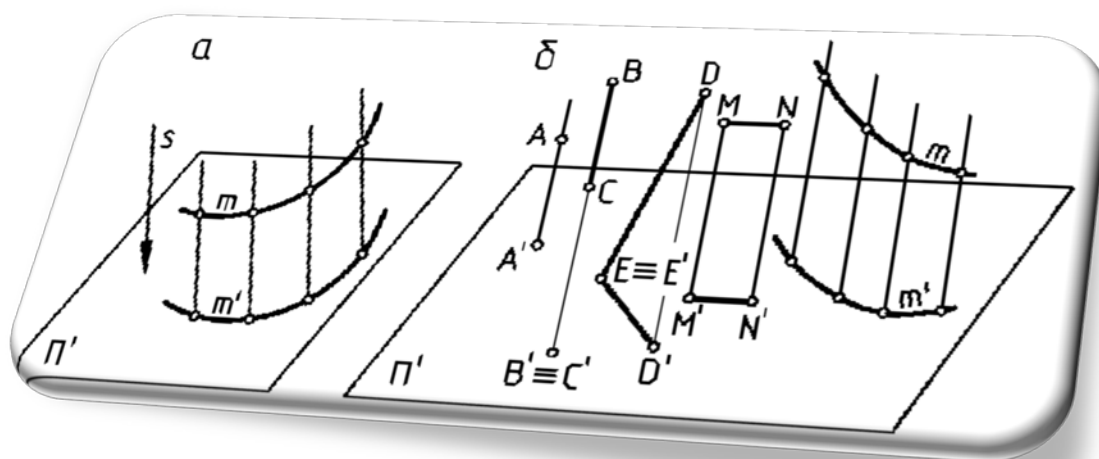


Рис. 3

или *прямоугольным* – проецирующие лучи перпендикулярны плоскости проекций Π' (рис. 3, б).

Косоугольные проекции обычно используют для построения наглядных изображений предметов (косоугольная аксонометрия). Основную часть инженерных чертежей выполняют в прямоугольных проекциях, рассматриваемых в настоящем курсе.

Отметим основные свойства прямоугольных проекций:

1. Проекция точки есть точка (рис. 3, б, точка A).
2. Проекция прямой есть прямая линия. При этом, если направление прямой совпадает с направлением проецирования, то такую прямую называют проецирующей, и ее проекцией будет точка (рис. 3, б, прямая BC).
3. Если точка принадлежит линии, то ее проекция принадлежит проекции этой линии (рис. 4, точка K): $K \in AB \rightarrow K' \rightarrow A'B'$.
4. Отношение длин отрезков прямой равно отношению длин их проекций (рис. 4): $\frac{AK}{BK} = \frac{A'K'}{B'K'}$
5. Проекции двух параллельных прямых параллельны между собой (рис. 4): $a \parallel b \rightarrow a' \parallel b'$.

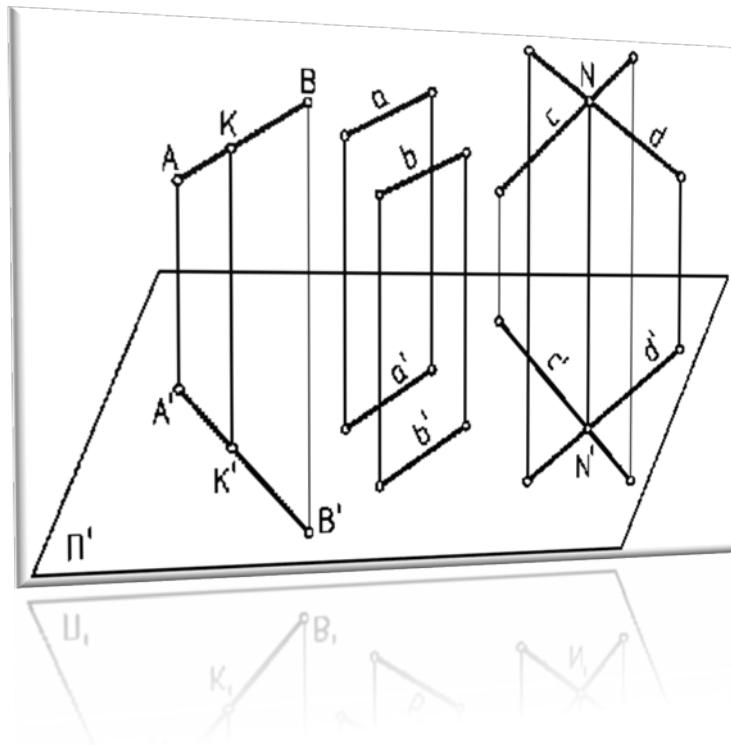


Рис. 4

6. Точка пересечения проекций двух пересекающихся прямых линий является проекцией точки пересечения этих прямых (рис. 4): $c \cap d = N$, $c' \cap d' = N'$, $N \rightarrow N'$.

7. Проекция скрещивающихся прямых могут пересекаться или быть параллельными (рис. 5): $a \neq b \rightarrow a \parallel b'$; $c \neq d \rightarrow c' \cap d'$, $M \in c$, $N \in d$, $M \neq N$, но $M' \equiv N'$.

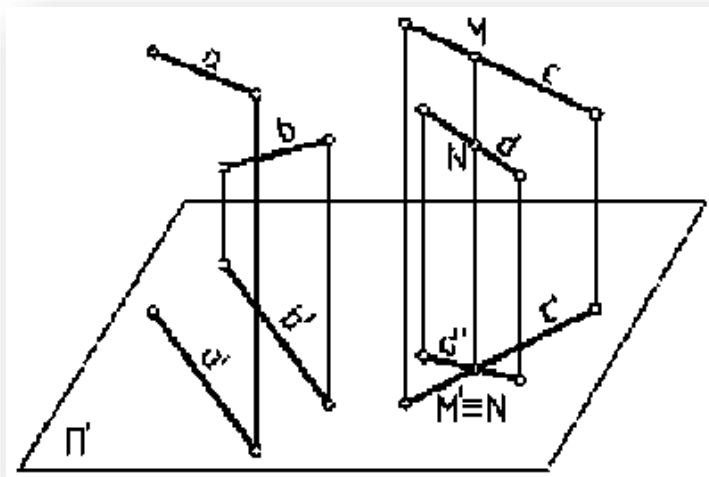


Рис. 5

8. Плоская фигура, параллельная плоскости проекций, проецируется на эту плоскость без искажения. При параллельном перемещении фигуры или плоскости проекций изображение фигуры на этой плоскости не изменяется (рис. 6): $ABCD \rightarrow A'B'C'D'$, $\Pi' \parallel \bar{\Pi}$, $A'B'C'D' = \bar{A}'\bar{B}'\bar{C}'\bar{D}'$.

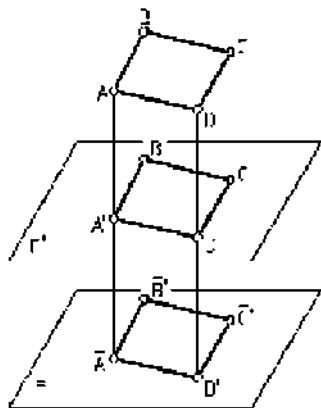


Рис. 6

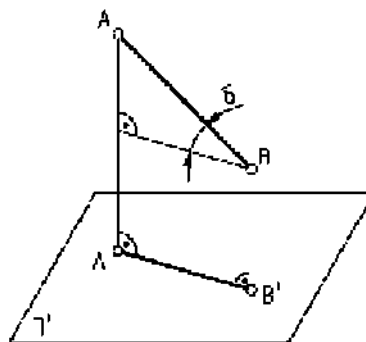


Рис. 7

9. Величина прямоугольной проекции отрезка (рис. 7) зависит от угла наклона прямой к плоскости проекций: $A'B' = AB \cdot \cos \delta$.

Одна параллельная проекция пространственного объекта без дополнительной информации не позволяет определить его форму и размеры. В инженерной практике используют следующие способы дополнения однопроекционного чертежа: проекции с числовыми отметками, аксонометрические проекции, векторные проекции и прямоугольные проекции на две взаимоперпендикулярные плоскости (комплексные проекции).

Лекция 2 «ИЗОБРАЖЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ПРОЕКЦИЙ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ»

Сущность метода проекций с числовыми отметками

Метод проекций с числовыми отметками зародился в средние века, когда возникла необходимость отмечать глубину отдельных мест на морских и речных картах. Применение на картах кривых одного уровня было предложено в 1557 г. Бессантенем (Франция). В XVIII в. этот метод получил достаточное теоретическое обоснование и широкое практическое применение.

В России метод проекций с числовыми отметками впервые был изложен проф. А.Х. Редером в 1855 г. в работе “Теория проекций с числовыми отметками или дополнительными числами”. В последующих трудах русских ученых Н.И. Макарова, В.И. Курдюмова, Н.А. Рынина, А.И. Добрякова, П.М. Леонтовского, В.С. Сокова, П.К. Соболевского и других этот метод получил дальнейшее развитие. Именно работы П.К. Соболевского вскрыли большие возможности использования метода изолиний при геометрической интерпретации результатов разведки месторождений.

Метод проекций с числовыми отметками есть частный случай прямоугольного проецирования. Его удобно использовать для изображения поверхностей и объектов, имеющих два измерения (длину и ширину), значительно превосходящие третье (высоту). Этот метод широко применяют при составлении топографических карт, проектировании и строительстве дорог, аэродромов, карьеров, шахт, гидротехнических и других сооружений, связанных с проведением земляных работ.

Сущность метода проекций с числовыми отметками заключается в том, что на основную плоскость проекций, расположенную горизонтально, прямоугольно проецируются точки заданного объекта. При этом получают изображение в двух измерениях, характеризующих длину и ширину. Третье

измерение – высота – выражается числом (отметкой), указывающим, на сколько единиц длины соответствующие точки объекта удалены от основной плоскости проекций. Уровень плоскости принимают равным нулю, а высотные отметки точек измеряют относительно этого уровня. Так, в строительном деле за плоскость нулевого уровня принимают уровень пола первого этажа, в горной промышленности – уровень устья шахтного ствола и т.п. В этом случае отметки точек являются *относительными, условными*.

Абсолютные отметки точек получают при совмещении плоскости нулевого уровня со средним уровнем океана (в России абсолютные отметки отсчитывают от среднего уровня воды в Финском заливе у Кронштадта).

Масштабные изображения горизонтальных проекций объектов называют *планами*. Планы составляют в плоской прямоугольной системе координат. Обычно ось Ox совпадает с направлением на север, а ось Oy – с направлением на восток (рис. 8).

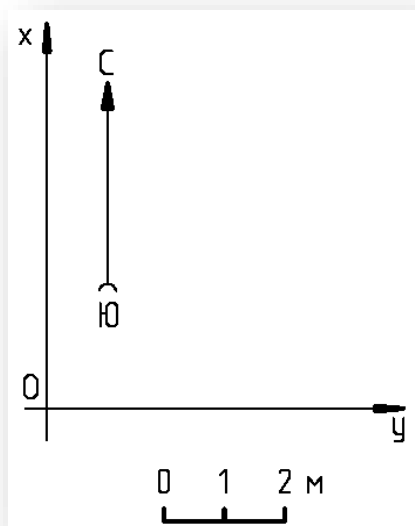


Рис. 8

Особенностью чертежей в проекциях с числовыми отметками является то, что на них крайне редко проставляются размеры. Их отсутствие восполняется указанием масштаба изображения, который позволяет

устанавливать действительные расстояния между интересующими точками чертежа. Масштаб задают простым соотношением чисел или графически с помощью масштабной шкалы (рис. 8).

Во многих случаях для более полного пространственного представления объекта строят его профильные изображения. Расположение вертикальных плоскостей проекций выбирают в зависимости от конкретной задачи. Типичным для геологической практики примером проецирования на вертикальную плоскость является составление разрезов участков земной коры.

Проекция точек на плане

Выбрав в пространстве горизонтальную плоскость проекций Π_0 , проходящую через точку C (рис. 9), можно построить прямоугольные проекции произвольных точек, например A и B . Допустим, что точка A удалена от плоскости Π_0 на четыре единицы принятого вертикального масштаба, а точка B – на три единицы. В этом случае проекцию точки A обозначают числовой отметкой “4”, а проекцию точки B – “3” (рис. 9, б). Так как точка B расположена ниже плоскости Π_0 , ее числовую отметку на плане сопровождают знаком “минус” (–).

Проекция точек на плане могут быть заданы без их буквенного обозначения, только числовыми отметками, если это не затрудняет чтение чертежа.

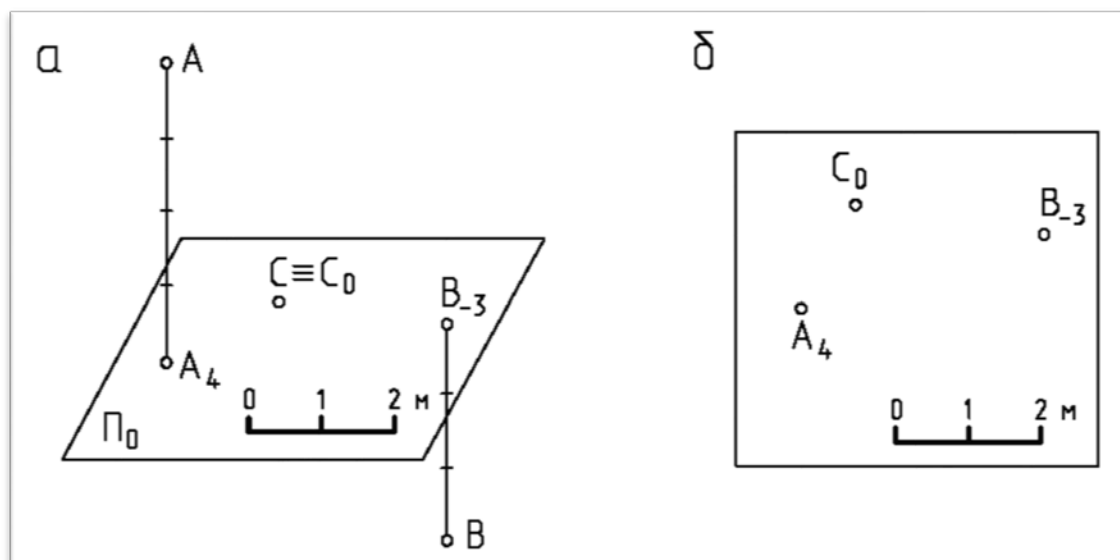


Рис. 9

При решении некоторых практических задач, связанных с пересчетом условных числовых отметок в абсолютные, возникает необходимость перейти от одной плоскости проекций к другой, параллельной ей. При любом изменении нулевого уровня положение проекций точек на плане остается прежним, а меняются только их высотные (числовые) отметки. Так, если новую плоскость нулевого уровня расположить ниже первоначального уровня Π_0 на m единиц, то высотные отметки всех точек увеличатся на m единиц, и, наоборот, если новую плоскость расположить выше Π_0 на k единиц, то высотные отметки всех точек уменьшатся на k единиц.

Изображение прямой на плане

Положение прямой линии в пространстве определяется двумя ее точками, либо одной точкой прямой и двумя угловыми параметрами, измеренными в этой точке: азимутом α и углом наклона δ прямой к плоскости нулевого уровня. На рис. 10 прямая m на плане задана указанными двумя способами.

Азимут α прямой называется правый угол между северным направлением меридиана (северным концом магнитной стрелки) и направлением

падения (понижения) прямой. Азимут прямой измеряется в горизонтальной плоскости с помощью измерительных приборов и на плане, как правило, не указывается.

Угол наклона δ прямой определяется вертикальным углом, образованным прямой и ее прямоугольной проекцией на плоскость Π_0 . Направление понижения прямой указывают стрелкой, около которой пишут величину угла δ (см. рис. 10).

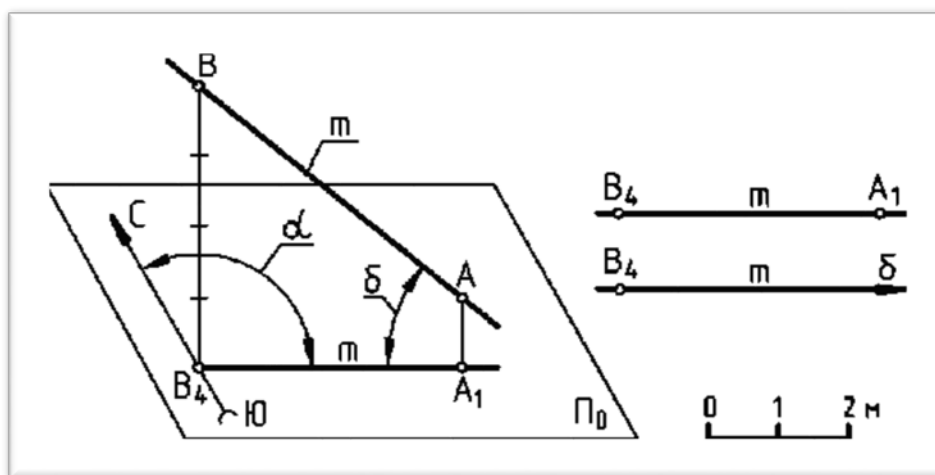


Рис. 10

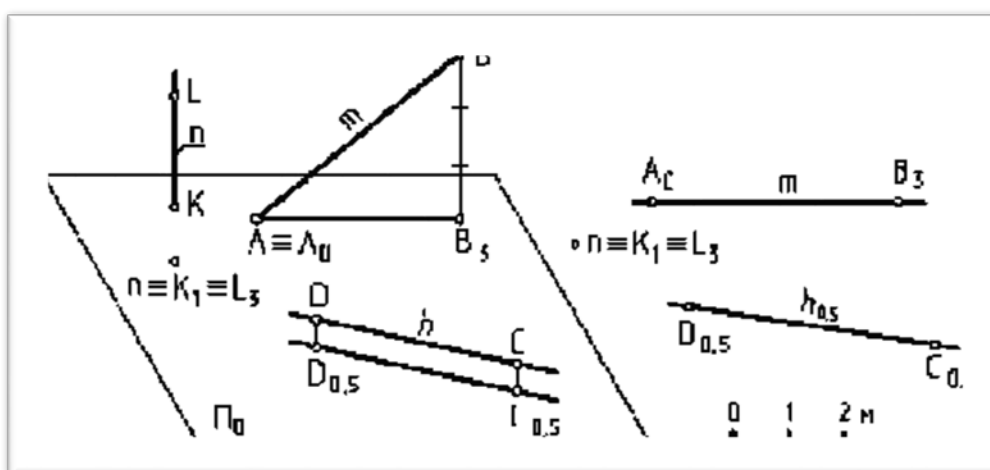


Рис. 11

В зависимости от расположения прямых относительно плоскости Π_0 различают прямые *наклонные* (общего положения), *горизонтальные* и

вертикальные (рис. 11).

Отрезки горизонтальных прямых h , будучи параллельными плоскости Π_0 , на плане изображаются в натуральную величину (см. рис. 11, отрезок CD).

Вертикальная прямая на плане изображается точкой, “собирающей” на себя проекции всех точек вертикальной прямой (см. рис. 11, $n \equiv K_1 \equiv L_3$). Проекцию прямой в виде точки называют *вырожденной*.

Уклон, заложение и интервал прямой

Проекцию отрезка прямой на плоскость Π_0 называют *заложением* L отрезка прямой. Расстояние между двумя точками горизонтальной проекции прямой, разность высотных отметок которых равна одной масштабной единице, называется *интервалом* прямой и обозначается буквой l (рис. 12). Интервал данной прямой на всем ее протяжении есть величина постоянная.

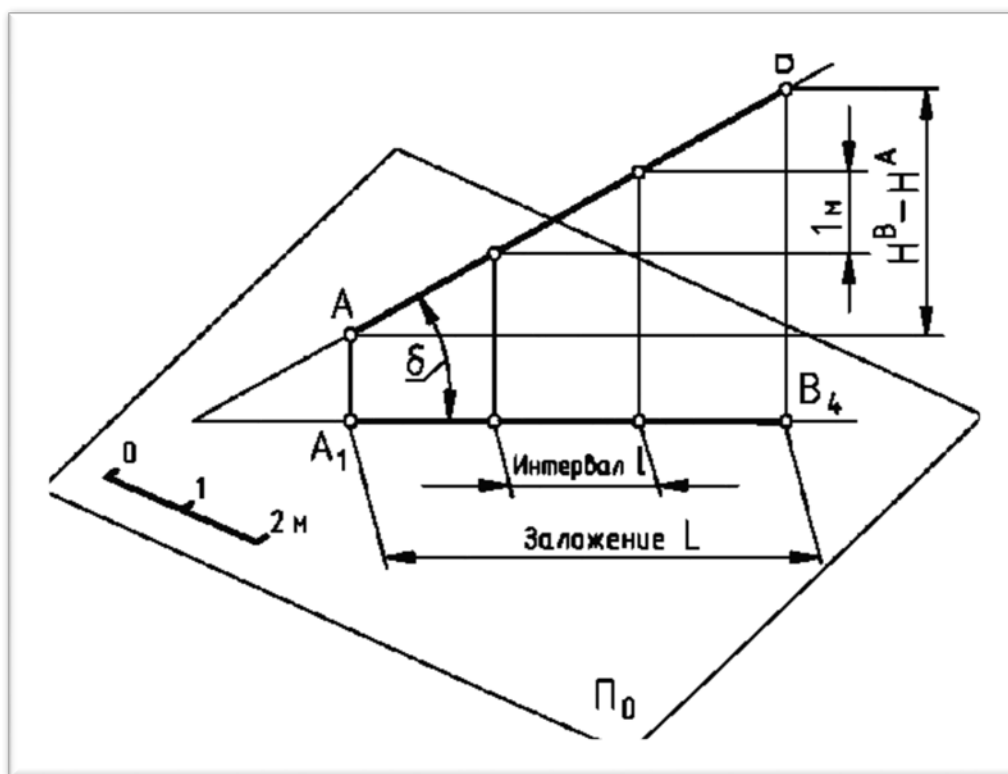


Рис. 12

Тангенс угла наклона прямой к плоскости Π_0 определяет *уклон* прямой,

обозначаемый буквой i . На рис. 12 точка B отрезка AB расположена выше точки

A на величину $(H^B - H^A)$, откуда $\operatorname{tg} \delta = \frac{H^B - H^A}{L}$, или $i = \operatorname{tg} \delta = 1/l$, т.е.

уклон и интервал прямой есть величины обратно пропорциональные.

Определение истинной длины отрезка и угла падения прямой

По изображению прямой на плане можно определить истинную величину ее произвольного отрезка и угол наклона к плоскости Π_0 путем построения профиля прямой.

Профилем прямой называют ее прямоугольную проекцию на вертикальную плоскость, расположенную параллельно прямой (рис. 13). Построение профиля прямой выполняют в следующей последовательности (рис. 13, *a*):

1. На свободном поле чертежа наносят линию вертикального масштаба, соответствующего принятому масштабу плана.

2. На выбранном горизонтальном уровне (в настоящем примере это горизонт 0 м) отмечают основания точек A и B , определяющих прямую на плане. Расстояние между основаниями точек должно строго соответствовать заложению L заданного отрезка.

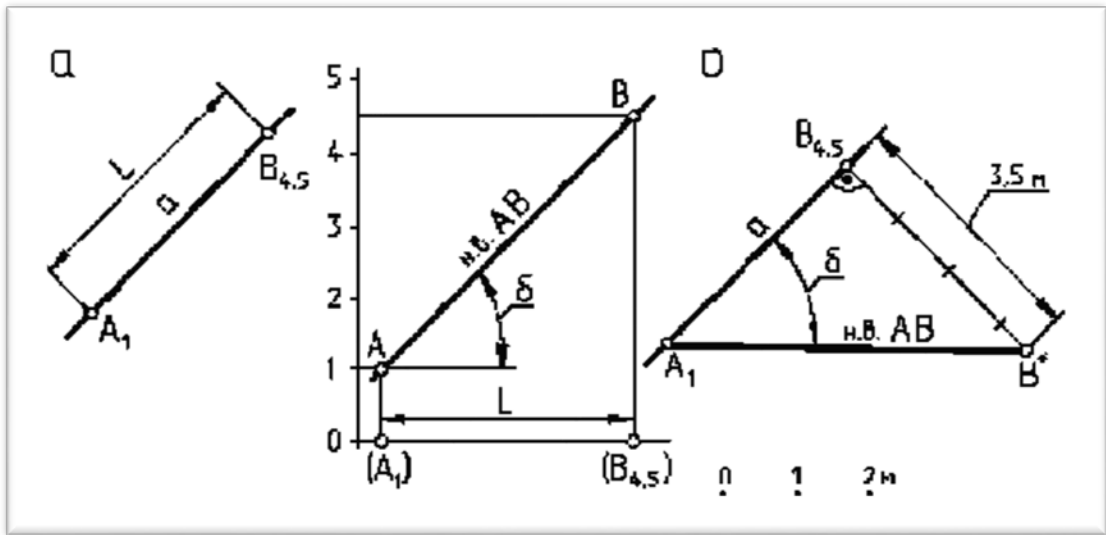


Рис. 13

3. Через основания точек проводят вертикальные прямые до пересечения с соответствующим горизонтом, тем самым отмечая положение точек в пространстве по высоте.

4. Построенные точки A и B соединяют прямой линией. Эта линия является профилем прямой a . При этом отрезок AB на профиле прямой определяет истинное расстояние между точками A и B . Угол δ между профилем прямой и линией горизонта определяет угол наклона прямой к плоскости плана.

Профиль прямой можно строить непосредственно на плане (наложенный профиль) по разности высотных отметок точек прямой (рис. 13, б).

Профильное изображение прямой часто используют для ее градуирования на плане или откладывания на заложении прямой отрезков заданной длины. На рис. 14 с помощью профильного изображения определено положение проекции точки F , отстоящей от заданной на плане точки R прямой d на 3,75 м.

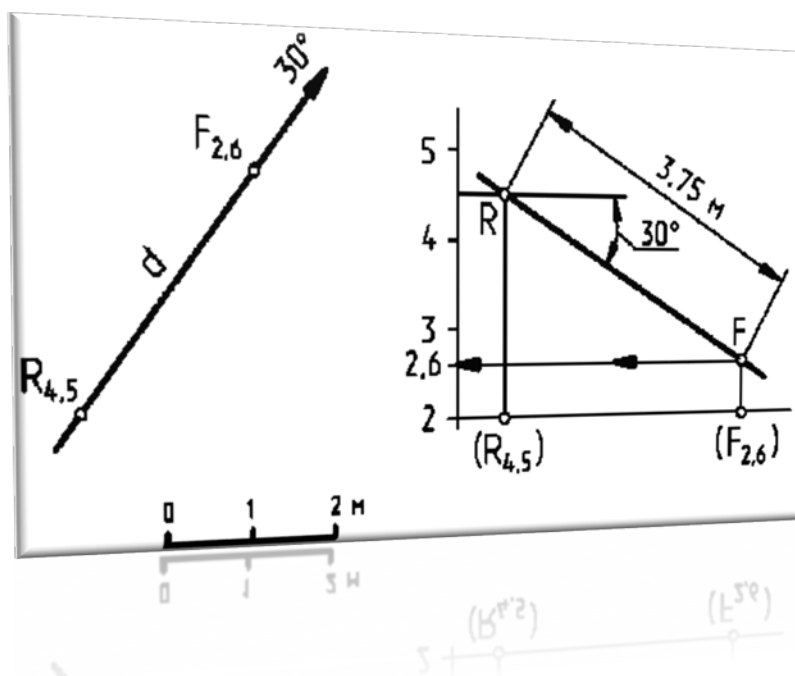


Рис. 14

В некоторых случаях решение вышеперечисленных задач целесообразно осуществлять аналитически с помощью тригонометрических уравнений.

Градуирование линий

Определение на заложении прямой точек, высотные отметки которых выражаются последовательными целыми числами, называется *градуированием* (или интерполированием) прямой.

Градуирование прямой линии на плане можно производить *делением ее заданного отрезка на n равных частей* (рис. 15). Для этого через один из концов заложения A_2B_7 под произвольным углом к нему проводят вспомогательную прямую, на которой откладывают n произвольных, но равных между собой отрезков. На рис. 15 на вспомогательной прямой A_2B^* отложено пять отрезков, что соответствует разности высотных отметок точек A и B . Соединив конец последнего отрезка B^* со свободным концом B_7 градуируемого заложения, проводят линии, параллельные B_7B^* , до пересечения их с A_2B_7 . Полученные точки пересечения будут иметь высотные

отметки, кратные единице вертикального масштаба.

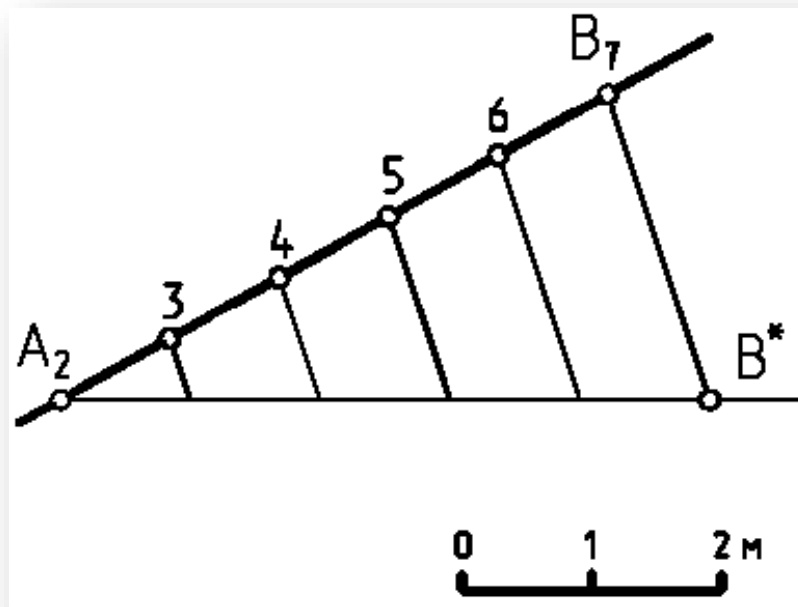


Рис. 15

Заложение прямой можно градуировать с помощью ее интервала. На рис. 16 на прямой m ($A_5, \alpha = 210^\circ, \delta = 60^\circ$) с помощью построенного на профильном изображении интервала l^m нанесены точки с отметками 6, 4 и 3 м.

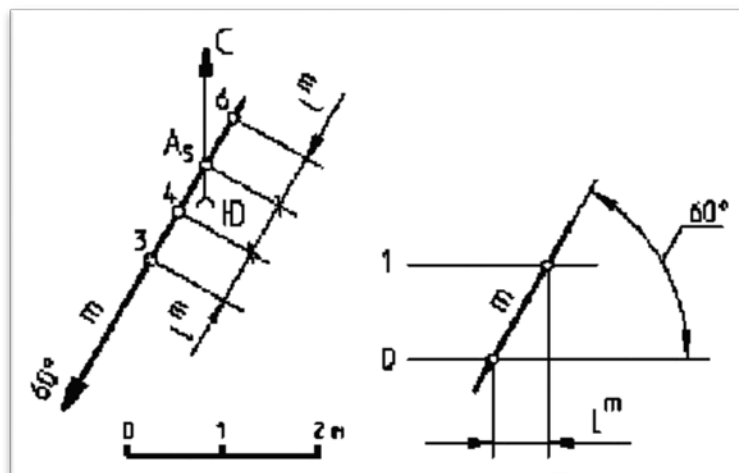


Рис. 16

Из вышеприведенного примера ясно, что операция градуирования линий на плане упрощается, если известен профиль этих линий (рис. 17).

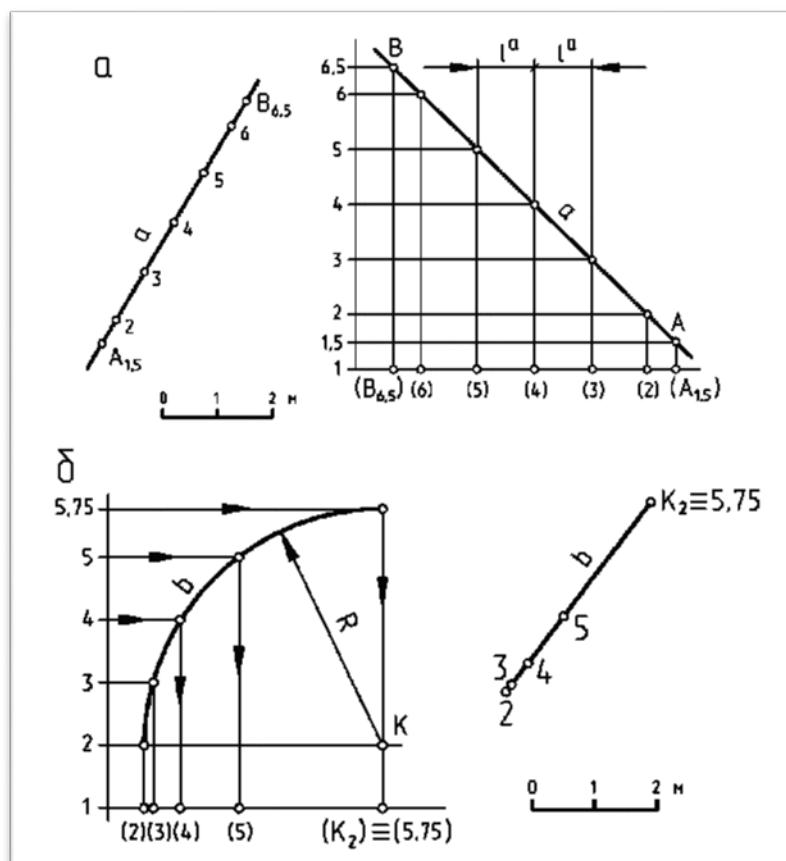


Рис. 17

На заложении прямой a ($A_{1,5}$, $B_{6,5}$), изображенном на рис. 17, a , отмечены точки с высотными отметками 2, 3, 4, 5 и 6 м. Расстояния между этими точками одинаковы и равны интервалу l^a , измеренном на профиле прямой a .

На рис. 17, b показаны горизонтальная проекция и профиль дуги окружности b с центром в точке K . Дуга расположена в вертикальной плоскости, поэтому на плане она имеет вид прямой. На профиле дуги отмечены точки ее пересечения с горизонтами 2, 3, 4 и 5 м. Проекции этих точек на заложении линии b показывают, что интервал кривой есть величина переменная и зависит от кривизны линии.

**Лекция 3 «ИЗОБРАЖЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
МЕТОДОМ ПРОЕКЦИЙ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ»
(окончание)**

**Взаимное расположение
двух прямых**

Взаимное расположение двух прямых устанавливают на основании следующих признаков:

если две прямые имеют две общие точки, то они совпадают;

если две прямые имеют одну общую точку, то они пересекаются;

если две прямые не имеют общих точек, то они являются параллельными или скрещивающимися.

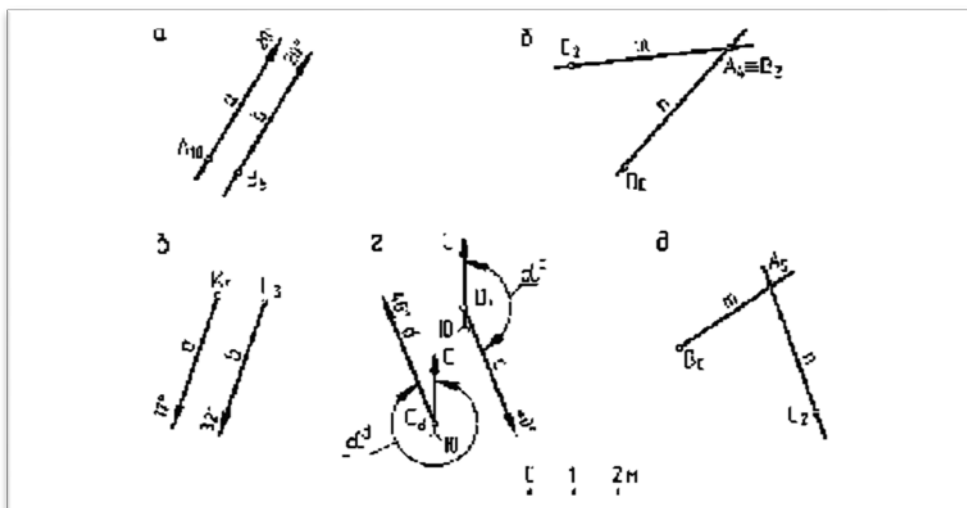


Рис. 18

Параллельные прямые (рис. 18, а) имеют одинаковые азимуты и углы наклона (т.е. их заложения параллельны, имеют равные интервалы и понижаются в одну сторону).

Скрещивающиеся прямые общего положения на плане могут быть представлены в трех вариантах:

проекции прямых m и n (рис. 18, б) имеют точку наложения, однако эта точка не является общей для этих прямых: $m \supset A_4$, а $n \supset B_2$;

проекции прямых a и b (рис. 18, в) параллельны, но углы наклона их к плоскости плана различны;

проекции прямых c и d (рис. 18, г) параллельны, углы наклона одинаковы, но азимуты различаются на 180° .

У *пересекающихся* прямых заложения пересекаются в точке, принадлежащей обоим прямым (рис. 18, д): $m \cap n = A_5$, так как $A_5 \supset m$ и $A_5 \supset n$.

Наибольший практический интерес представляет частный случай пересечения двух прямых, в результате которого образуется прямой угол. Рассмотрим некоторые особенности его горизонтальных проекций.

Прямой угол на плане изображается в натуральную величину, если плоскость угла параллельна плоскости плана (рис. 19, а), или хотя бы одна из его сторон является горизонталью (рис. 19, б).

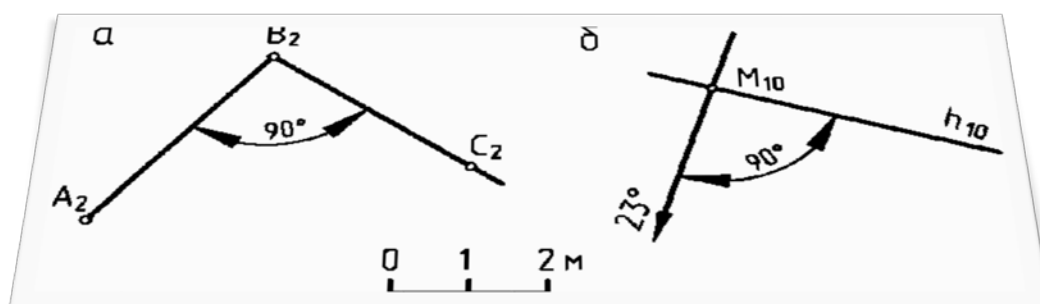


Рис. 19

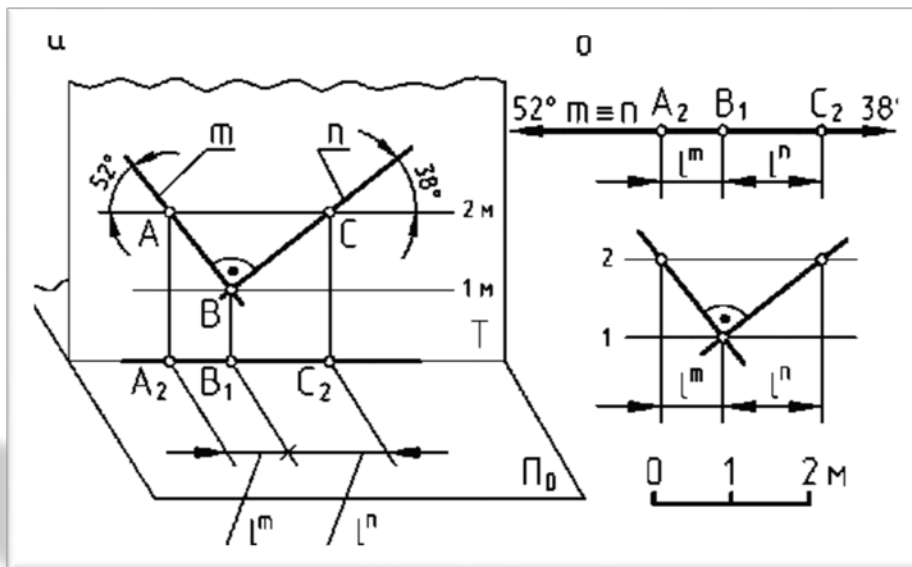


Рис. 20

Если прямой угол лежит в вертикальной плоскости, то углы падения δ его сторон в сумме составляют 90° ($l^m = 1/l^n$), а их азимуты различаются на 180° (рис. 20, а).

По известному интервалу одной из сторон вертикального прямого угла можно графически определить интервал другой стороны (рис. 20, б).

Изображение плоскости на плане. Элементы залегания плоскости

Положение плоскости в пространстве и ее изображение на чертеже вполне определяются одним из пяти известных из элементарной геометрии способов (рис. 21):

- а) тремя точками, не лежащими на одной прямой, – $\theta (A, B, C)$;
- б) прямой и точкой, не лежащей на этой прямой, – $\Sigma (a, A; A \notin a)$;
- в) двумя пересекающимися прямыми – $\Psi (m \cap n)$;
- г) двумя параллельными прямыми – $\Phi (c \parallel d)$;
- д) любой плоской фигурой – $\Omega (ABC)$.

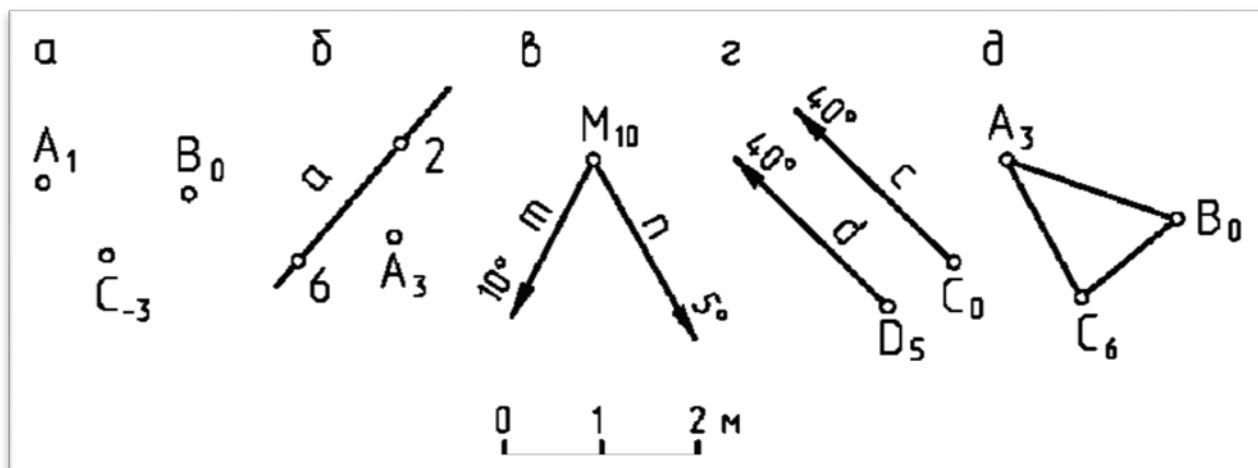


Рис. 21

На плане плоскость наиболее наглядно изображается проекциями ее горизонталей, представляющими собой параллельные прямые. Горизонталь обычно вычерчивают через две точки заданной плоскости с одинаковыми высотными отметками. Например, на рис. 22 в плоскости θ (A, B, C) через точку C построена горизонталь h_3 , направление которой определилось точкой с отметкой “3” на заложении отрезка A_2B_6 . Любую другую горизонталь h_n плоскости θ следует вычерчивать через любую известную точку плоскости с высотной отметкой “ n ” параллельно построенной линии h_3 (на рис. 22 через точку A указанным способом проведена горизонталь h_2).

Прямая u , лежащая в плоскости и перпендикулярная к ее горизонталям, называется *линией падения* (или *линией ската*) плоскости. Проградуированную линию ската принято называть *масштабом уклона* плоскости. Очевидно, что такая линия исчерпывающе определяет положение плоскости в пространстве – азимут и угол падения линии ската плоскости характеризуют азимут и угол падения плоскости. Соответственно, и интервал линии падения равен интервалу плоскости, в которой лежит эта линия: $l^u = l^z$ (рис. 23).

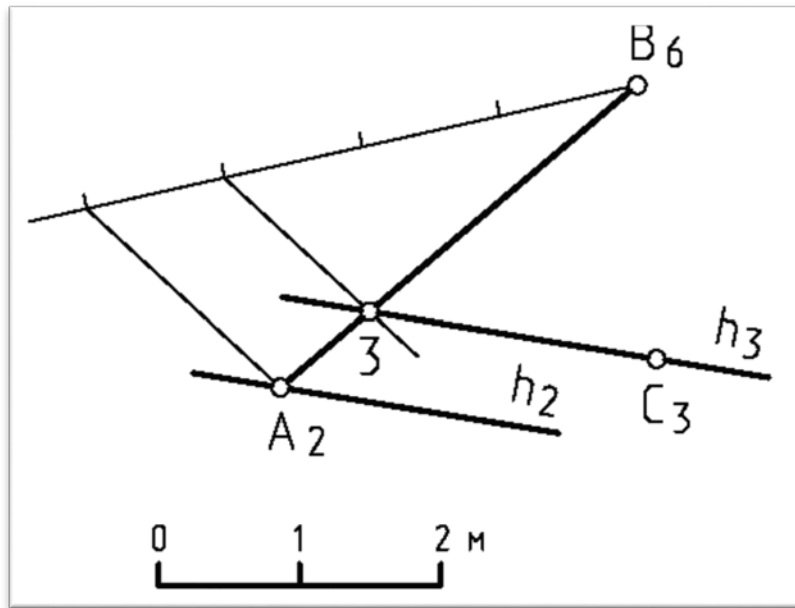


Рис. 22

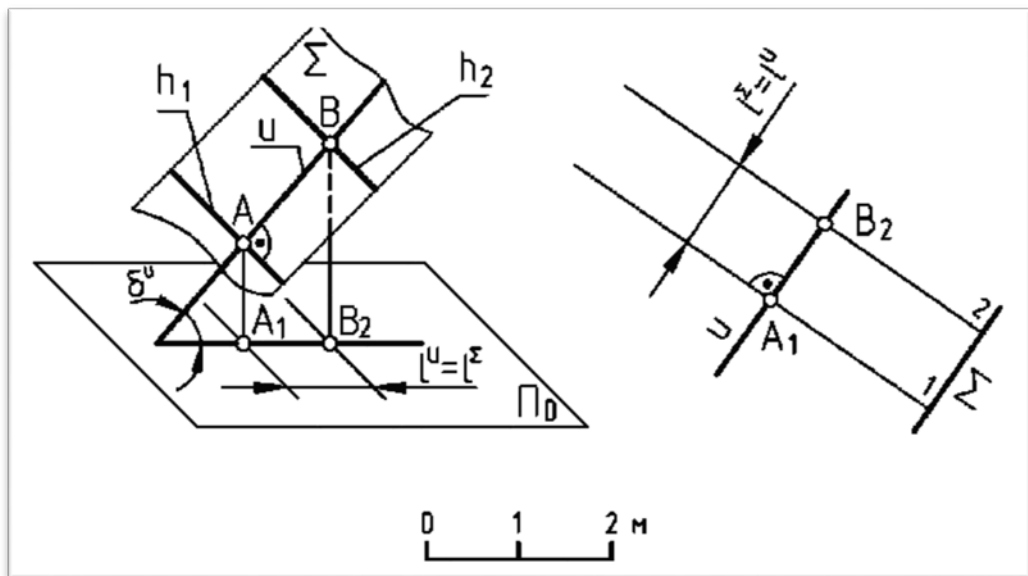


Рис. 23

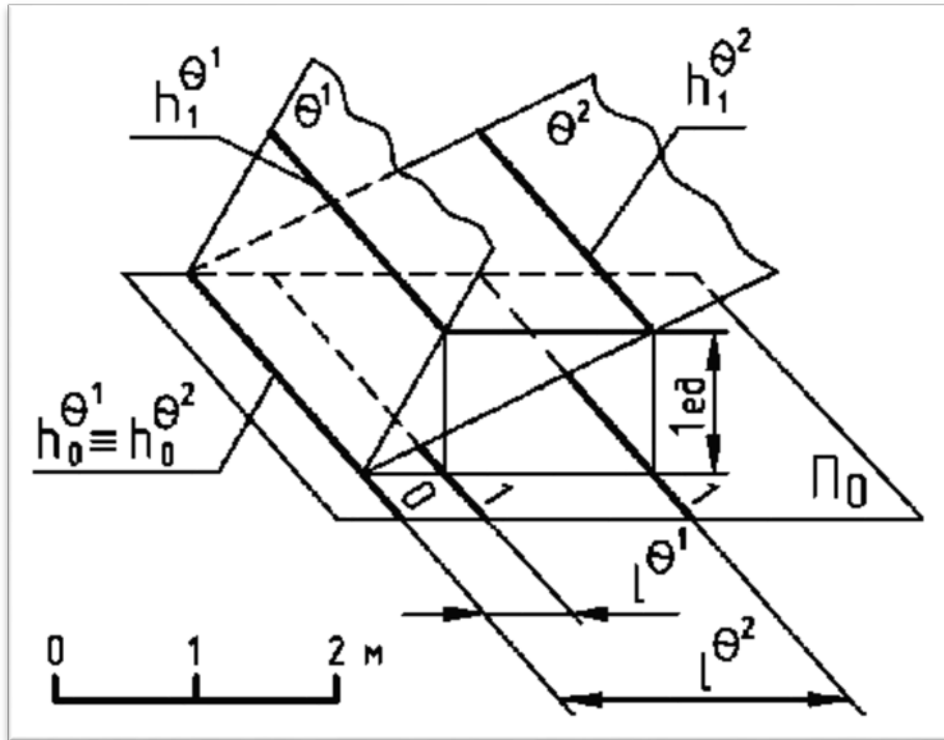


Рис. 24

Из рис. 24 видно, что с увеличением угла наклона δ плоскости θ к плоскости Π_0 интервал плоскости l^θ уменьшается, а с уменьшением угла δ – увеличивается.

При решении различного рода геологических задач может возникать необходимость позиционировать относительно частей света и горизонта изображенный на плане пласт породы. Обычно пласт имеет сложную форму, поэтому его поверхность делят на отдельные, условно плоские участки. Ориентирование каждой плоскости пласта производится путем определения *элементов ее залегания* – направления простирания, азимута и угла падения (рис. 25).

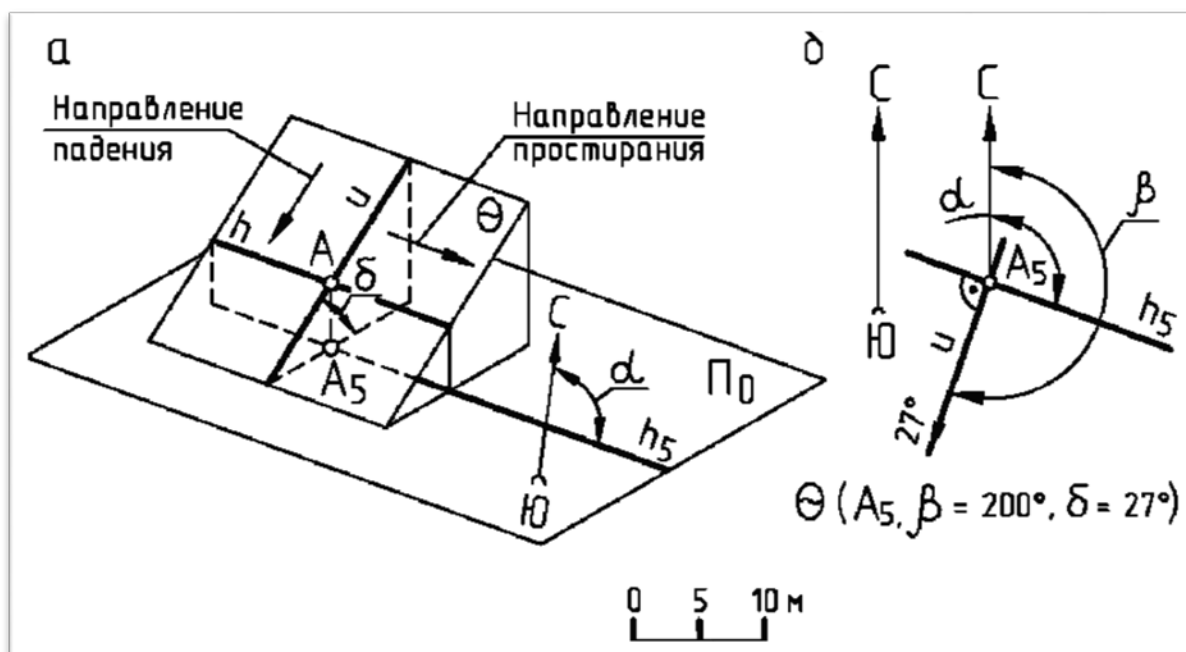


Рис. 25

За **направление простирания** плоскости принято считать направление ее горизонталей в правую сторону, если стоять лицом к подъему (восстанию) плоскости (рис. 25, а).

Азимут простирания плоскости называется правый угол α , составленный северным направлением меридиана и направлением линии ее простирания (рис. 25, а, б).

Азимут падения плоскости измеряется правым углом β , образованным северным направлением меридиана и направлением падения линии ската u плоскости (рис. 25, б).

Последним параметром, определяющим пространственное расположение плоскости, является **угол падения** δ , равный углу, образованному линией ската и ее горизонтальной проекцией (рис. 23, 25, а).

Классификация плоскостей

Упрощенный анализ позиционных свойств заданных на плане плоскостей основывается на оценке их положения относительно плоскости нулевого уровня Π_0 . При этом различают наклонные, горизонтальные и вертикальные

плоскости.

Наклонной называют плоскость, не параллельную и не перпендикулярную плоскости плана Π_0 .

Горизонтальной называют плоскость, параллельную плоскости Π_0 . Любая фигура, лежащая в горизонтальной плоскости (например, треугольник ABC на рис. 26), изображается на плане в натуральную величину, без искажения.

Вертикальной называется плоскость, перпендикулярная плоскости Π_0 . Ее изображение на плане “вырождается” в прямую линию: $\Sigma \equiv h_8$ (рис. 27).

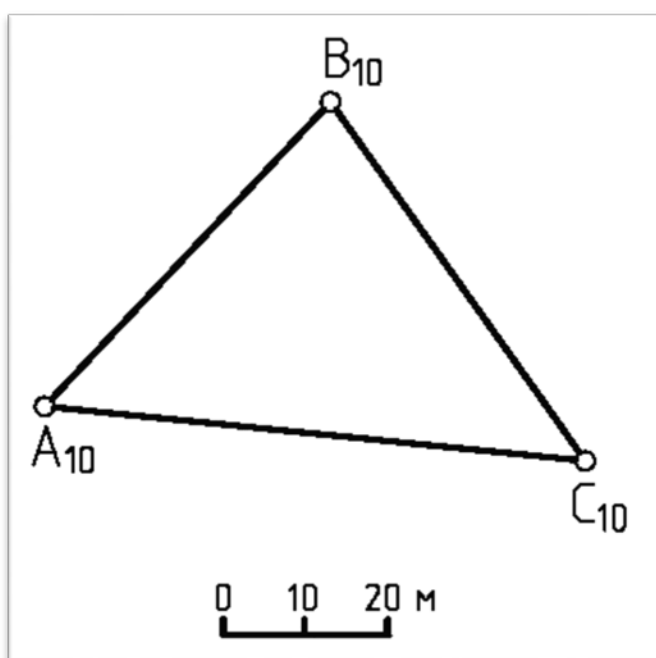


Рис. 26

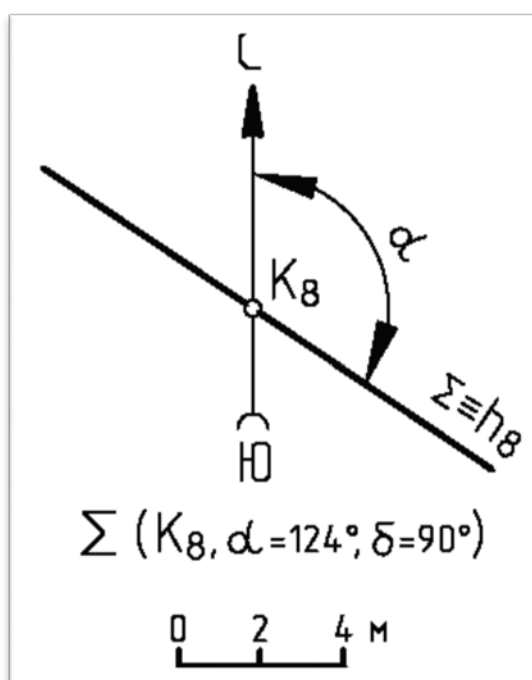


Рис. 27

Пространственное расположение вертикальной плоскости определяется точкой, азимутом линии простираения α и углом падения $\delta = 90^\circ$.

Лекция 4. «ПОЗИЦИОННЫЕ И МЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ»

Определение элементов залегания плоскости

Запись позиционных параметров, измеренных в конкретной точке плоскости (рис. 28, а), имеет следующий вид: $\Sigma (A_{50}, \beta = 135^\circ, \delta = 40^\circ)$. Азимут линии простираания а не указывают, так как линии падения и простираания взаимно перпендикулярны, и их азимуты отличаются на 90° ($\alpha = \beta - 90^\circ$). На основании указанных элементов залегания плоскость Σ может быть изображена проекциями своих горизонталей с высотой сечения 5 м следующим образом:

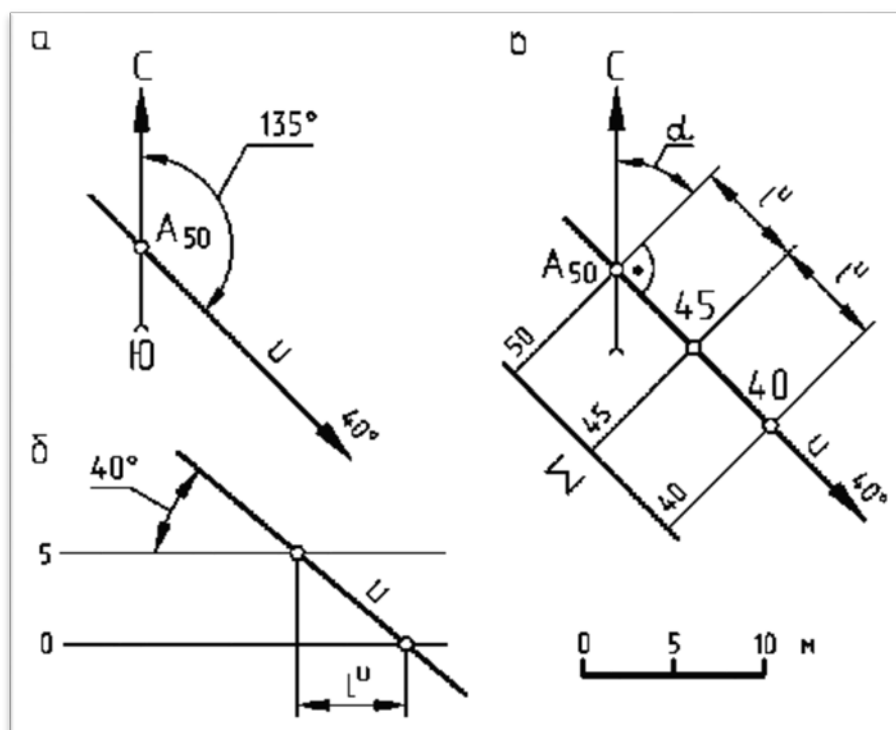


Рис. 28

1. Через заданную на плане точку A_{50} проводят проекцию линии ската по азимуту $\beta = 135^\circ$ и указывают на ней направление падения (стрелкой) и ве-

личину угла $\delta = 40^\circ$ (рис. 28, а).

2. На профильном изображении определяют интервал плоскости l'' (рис. 28, б) и градуируют этим интервалом линию падения в плане (рис. 28, в).

3. Через полученные при градуировании точки проводят прямые, перпендикулярные проекции линии падения (рис. 28, в). Эти прямые являются искомыми проекциями горизонталей плоскости.

В геологической практике непосредственный замер элементов залегания пластов пород горным компасом не всегда возможен. Тогда эти элементы определяют косвенным способом – графически, используя данные разведки. Если известны точки A , B и C пересечения разведочных скважин с условно плоским участком поверхности пласта горной породы, поступают следующим образом (рис. 29):

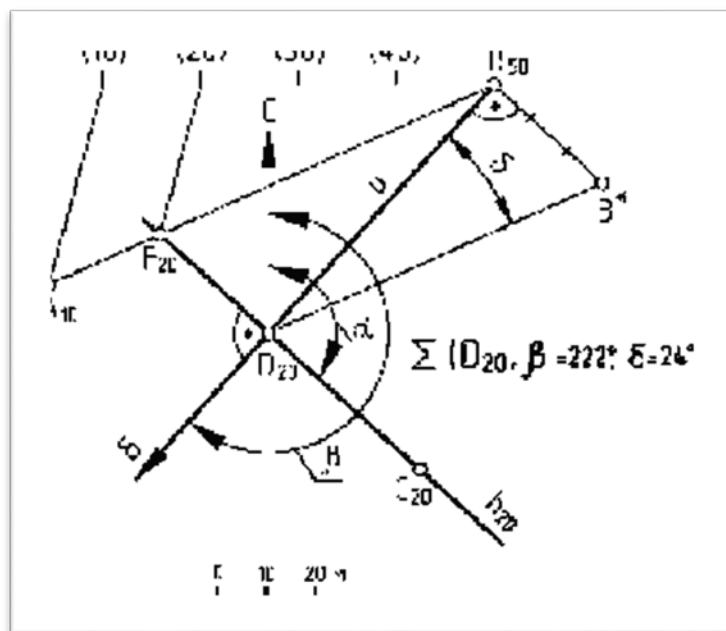


Рис.29

1. На линии $A_{10}B_{50}$, соединяющей на плане самую высокую B и самую низкую A точки, отмечают точку F , высотная отметка которой соответствует высотной отметке точки C . Точки F и C определяют проекцию горизонтали

h_{20} плоскости.

2. Через точку B вычерчивают линию падения u плоскости:

$$u \perp h_{20} = D_{20}.$$

3. В точке D_{20} плана отмечают северное направление меридиана, после чего измеряют с помощью транспортира азимут простирания α и азимут падения β плоскости.

4. Определяют угол падения d плоскости путем измерения угла пересечения проекции линии ската $B_{50}D_{20}$ и ее наложенного профиля $D_{20}B^*$.

Взаимное расположение прямой и плоскости

В трехмерном пространстве существуют следующие варианты взаимного расположения прямой и плоскости – прямая может принадлежать плоскости (две общие точки), пересекать ее (одна общая точка) или быть ей параллельной (общие точки отсутствуют).

Если прямая принадлежит плоскости, то ее угол падения не превышает угол падения плоскости (в предельном случае, когда их уклоны совпадают, прямая является линией ската плоскости). На рис. 30 решена задача по построению в плоскости \square прямой a , проходящей через точку A_9 под уклоном $i = 1:2$. Задача имеет два решения, в которых прямую a вычерчивают следующим образом. По заданной величине уклона графически находят интервал прямой l^a . Из точки A_9 , как из центра, радиусом l^a отмечают в плоскости θ точки B_{10} и C_8 , каждая из которых определяет направление искомой линии a : $A_9 \cup B_{10} = a^1$; $A_9 \cup C_8 = a^2$.

При решении обратной задачи следует учитывать, что через заданную на плане прямую можно провести плоскость с требуемыми параметрами только в том случае, когда интервал плоскости не превышает интервал прямой. На рис. 31 через прямую m (A_{10}, B_5) построена плоскость Σ с углом падения $\delta = 52^\circ$.

Задача также имеет два решения. Из точки B_5 плана, как из центра, вычерчивают окружность, представляющую собой геометрическое место проекций точек с высотной отметкой "10", отстоящих от B_5 на величину l^Σ . Прямая, проведенная через точку A_{10} касательно к построенной окружности, является проекцией одной из горизонталей искомой плоскости (Σ^1 или Σ^2) и определяет направление проекций других горизонталей.

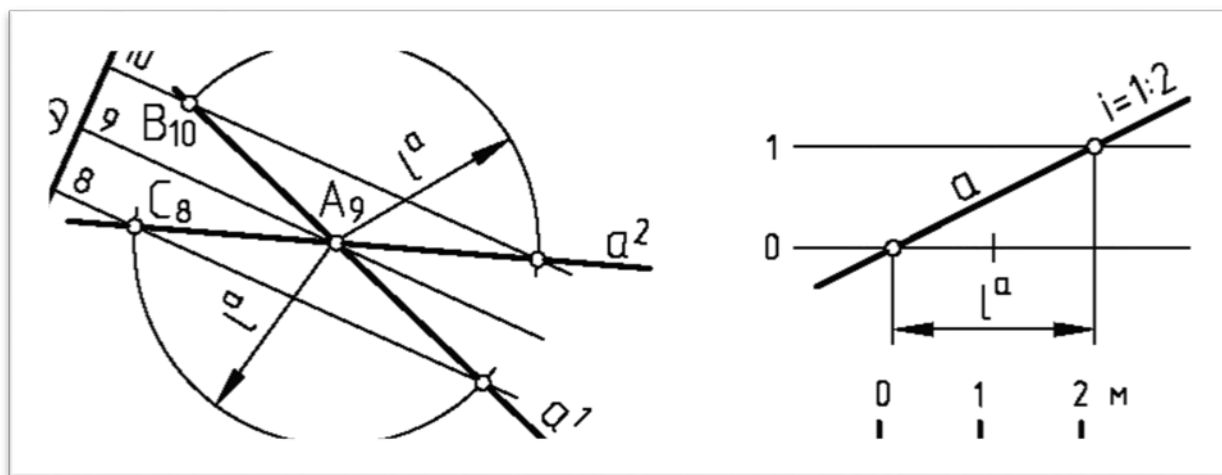


Рис.30

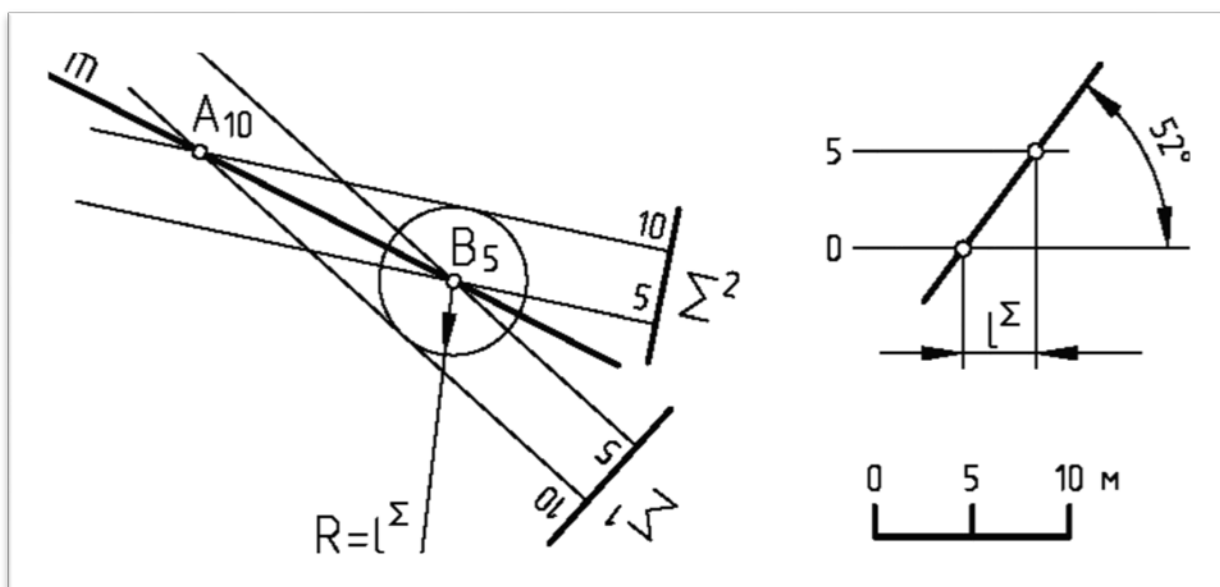


Рис. 31

При пересечении прямой и плоскости их общую точку на плане можно найти на профиле вертикального разреза, проведенного через данную прямую. В качестве примера рассмотрим задачу по определению точки пересечения прямой m ($A_6, \alpha = 82^\circ, \delta = 35^\circ$) с плоскостью Σ (рис. 32).

Через прямую m проводят вспомогательную вертикальную плоскость \square которая пересекает плоскость Σ по линии n (B_3, C_4): $B_3 = h_3 \cap T, C_4 = h_4 \cap T$. Таким образом, от определения взаимного положения прямой m и плоскости S переходят к определению взаимного положения двух прямых m и n , лежащих в вертикальной плоскости T . Эта плоскость позволяет получить профильное изображение прямых m и n с общей точкой K . На вертикальной масштабной оси профильного изображения находят высотную отметку точки пересечения ($K_{3,6}$). Измерив расстояние между основаниями точек A и K на горизонтальной оси, переносят заложение $A_6 K_{3,6}$ на плоскость плана, определяя на нем искомую проекцию точки пересечения. Затем устанавливают видимость частей прямой m относительно плоскости Σ , если плоскость непрозрачна. Участок прямой, расположенный над плоскостью, показывают сплошной основной линией ($A_6 K_{3,6}$), остальную часть прямой, расположенную под плоскостью – штриховой линией.

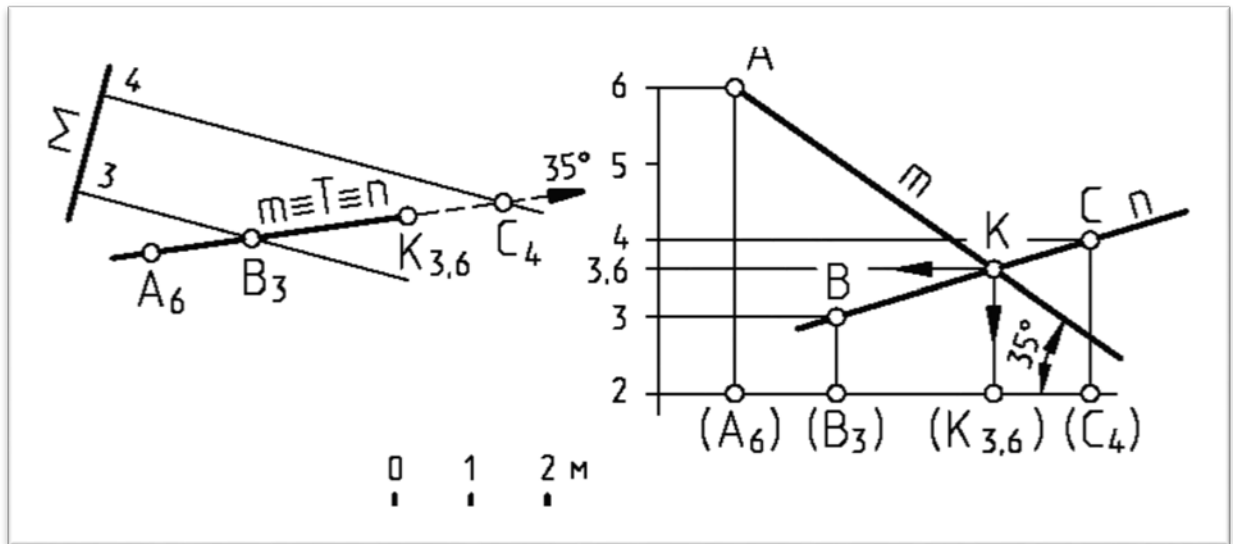


Рис.32

Если прямая перпендикулярна плоскости, то она перпендикулярна любой прямой этой плоскости, в том числе ее горизонталям и линии падения. Перпендикуляр n к плоскости Σ при изображении на плане (рис. 33) обладает тремя признаками: его проекция перпендикулярна к горизонталям плоскости, азимут падения перпендикуляра противоположен азимуту падения плоскости (т.е. отличается на 180°), а угол его падения в сумме с углом падения плоскости составляет 90° . На рис. 33 в точке A_2 плоскости Σ построен перпендикуляр n (A_2, B_4), интервал которого определен с помощью заданного интервала плоскости (см. рис. 20).

Умение строить горизонтальную проекцию перпендикуляра к плоскости позволяет решить задачу на определение расстояния от точки до плоскости, заданных на плане. На рис. 34 установлено истинное расстояние от точки A до плоскости Σ (перпендикуляр AD на профильном изображении) и построена проекция этого расстояния ($A_5, D_{1,8}$) на плане. Точку пересечения D перпендикуляра n с плоскостью Σ находят на профильном изображении, образованном в вертикальной плоскости T : $T \cap \Sigma = u$ (B_2, C_3), $n \perp u$, $n \cap u = D_{1,8}$.

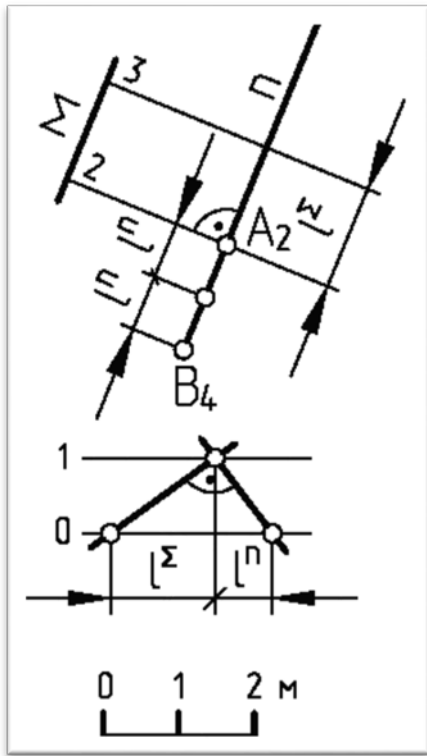


Рис. 33

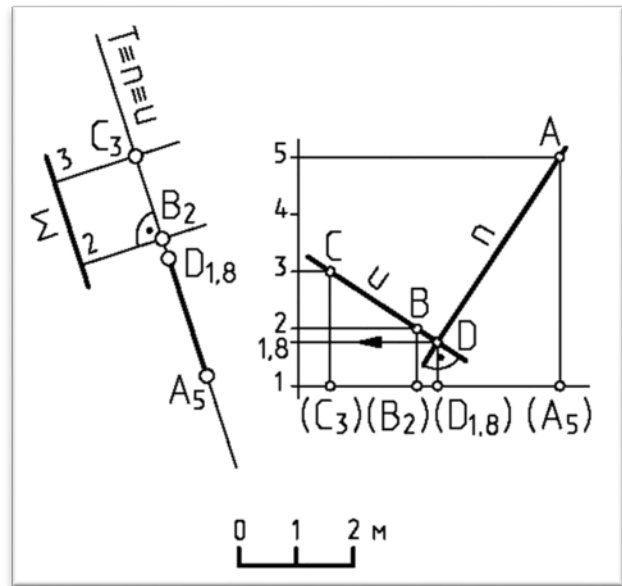


Рис. 34

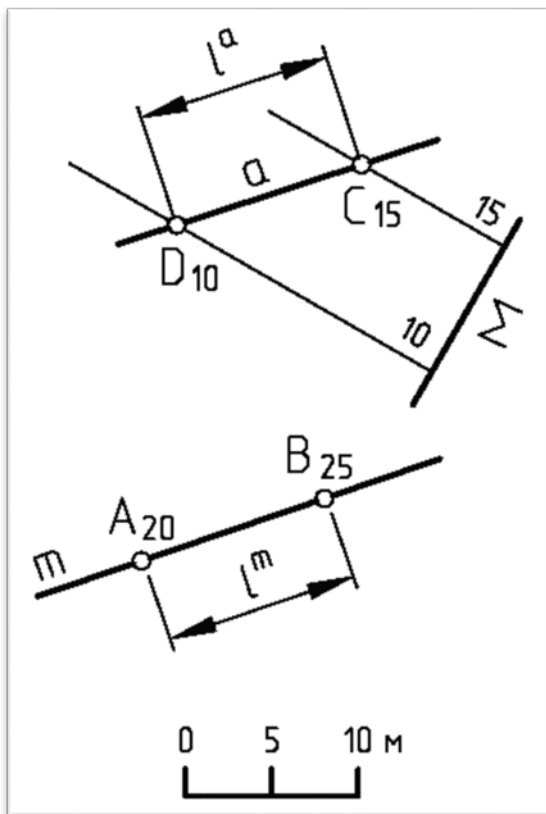


Рис. 35

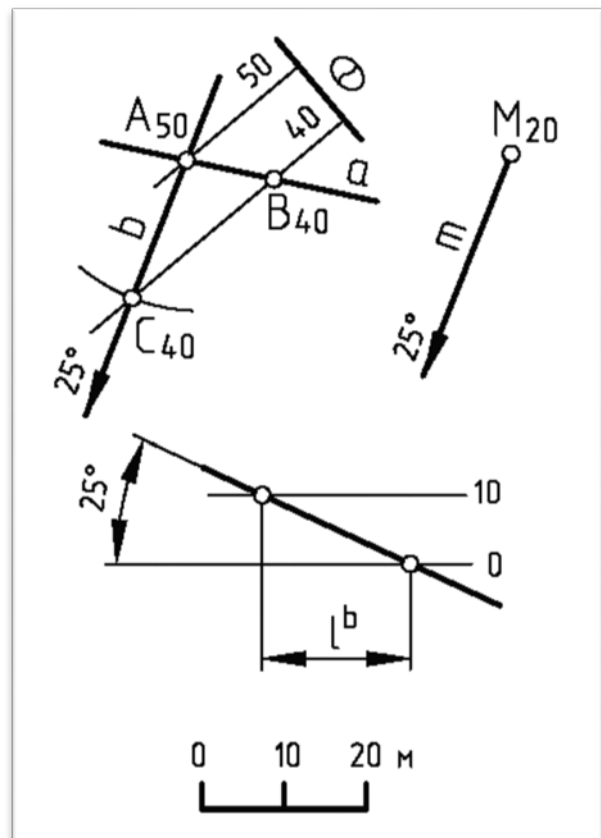


Рис. 36

И, наконец, рассмотрим последний вариант взаимного расположения прямой и плоскости, когда они не имеют общих точек. Из стереометрии известно, что прямая параллельна данной плоскости, если она параллельна какой-либо прямой, лежащей в этой плоскости. Для построения на плане прямой, параллельной плоскости, необходимо иметь в плоскости вспомогательную прямую, которой будет параллельна искомая прямая. На рис. 35 прямая m проведена через заданную точку A_{20} параллельно построенной в плоскости Σ вспомогательной прямой a (D_{10}, C_{15}). При этом интервал l^a определил интервал искомой прямой ($l^a = l^m$) и позволил отметить вторую точку (B_{25}) на проекции прямой m .

На рис. 36 решена обратная задача: через прямую a (A_{50}, B_{40}) построена плоскость θ , параллельная заданной прямой m ($M_{20}, \alpha = 202^\circ, \delta = 25^\circ$).

Для этого через точку A_{50} прямой a проведена вспомогательная прямая b (A_{50}, C_{40}), параллельная прямой m . Искомая плоскость θ определилась двумя пересекающимися прямыми a и b .

Взаимное расположение двух плоскостей

Две плоскости могут быть параллельны или пересекаться по прямой линии, образуя двугранный угол.

Если две плоскости *параллельны*, то на плане они изображаются параллельными горизонталями с одинаковыми интервалами и направлениями простираения (рис. 37), т.е. если $\theta \parallel P$, то $h^\theta \parallel h^P$, $a^q = a^P$, $b^q = b^P$, $d^q = d^P$, $l^q = l^P$.

Если хотя бы один из признаков параллельности отсутствует, то плоскости пересекаются. Линию пересечения двух плоскостей определяют точками пересечения горизонталей одного уровня (рис. 38).

Если одна из пересекающихся плоскостей является вертикальной, то линия их пересечения совпадает с вырожденной проекцией вертикальной плоскости и определяется точками пересечения горизонталей наклонной плоскости с вертикальной плоскостью (рис. 39): $\theta \cap T = m (A_3, B_4)$, $A_3 = h_3 \cap T$, $B_4 = h_4 \cap T$. Пересечение плоскости (группы плоскостей, поверхности) вертикальной плоскостью в прикладной геологии (как и в начертательной геометрии) называют *разрезом*.

Если проекции горизонталей пересекающихся плоскостей параллельны между собой (рис. 40), то эти плоскости пересекаются по горизонтальной прямой, для построения которой на плане достаточно определить одну точку. Введя вертикальную секущую плоскость Т в любом месте чертежа, выделяют линии пересечения a и b данных плоскостей с плоскостью Т и отстраивают их профильное изображение.

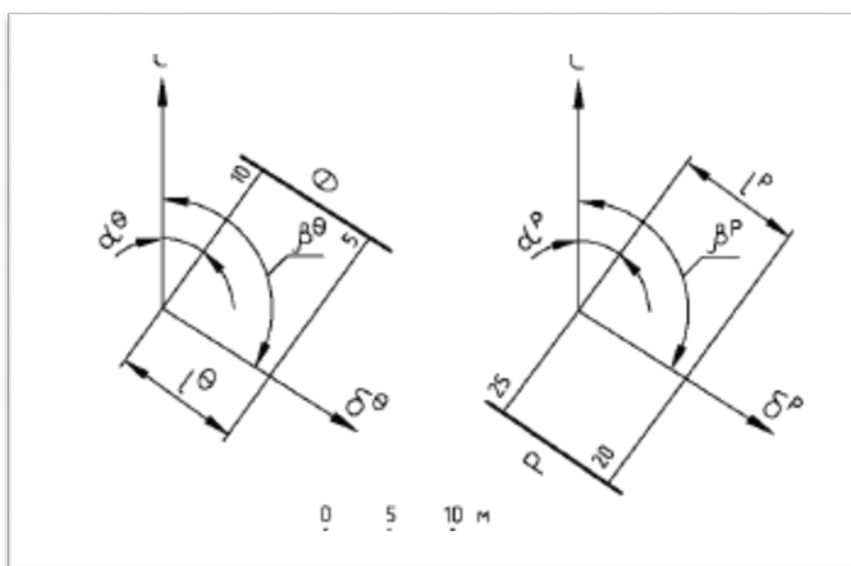


Рис. 37

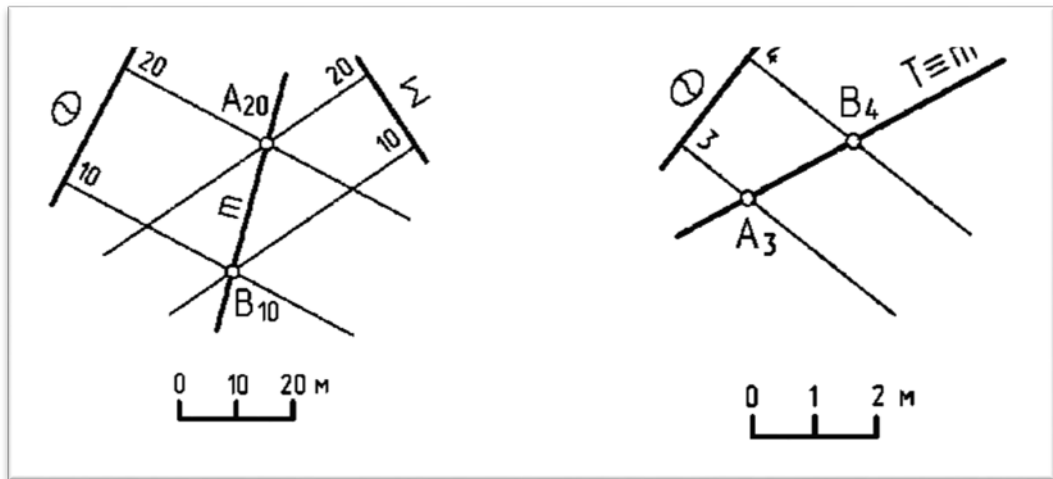


Рис. 38

Рис. 39

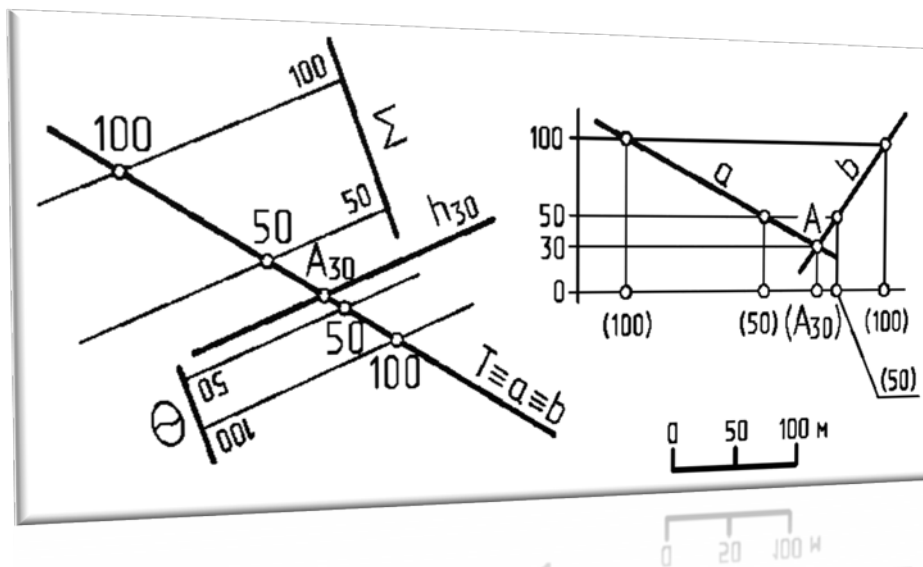


Рис. 40

На профиле линий a и b отмечают их общую точку A и определяют ее высотную отметку (A_{30}). Нанеся эту точку на план, проводят прямую h_{30} параллельно горизонталям плоскостей θ и Σ . Горизонталь h_{30} является искомой линией пересечения этих плоскостей.

Особым частным случаем пересечения двух плоскостей является образование прямого двугранного угла.

Как известно, любая плоскость θ , проведенная через перпендикуляр n к плоскости Σ , является перпендикулярной плоскости Σ . Поэтому, если речь

идет о построении конкретного прямого двугранного угла на базе заданной плоскости, в условии задачи вводят дополнительную информацию, уточняющую пространственное положение второй плоскости. На рис. 41 выполнено построение плоскости θ , перпендикулярной данной плоскости Σ и проходящей через прямую a (A_{15}, B_{12}).

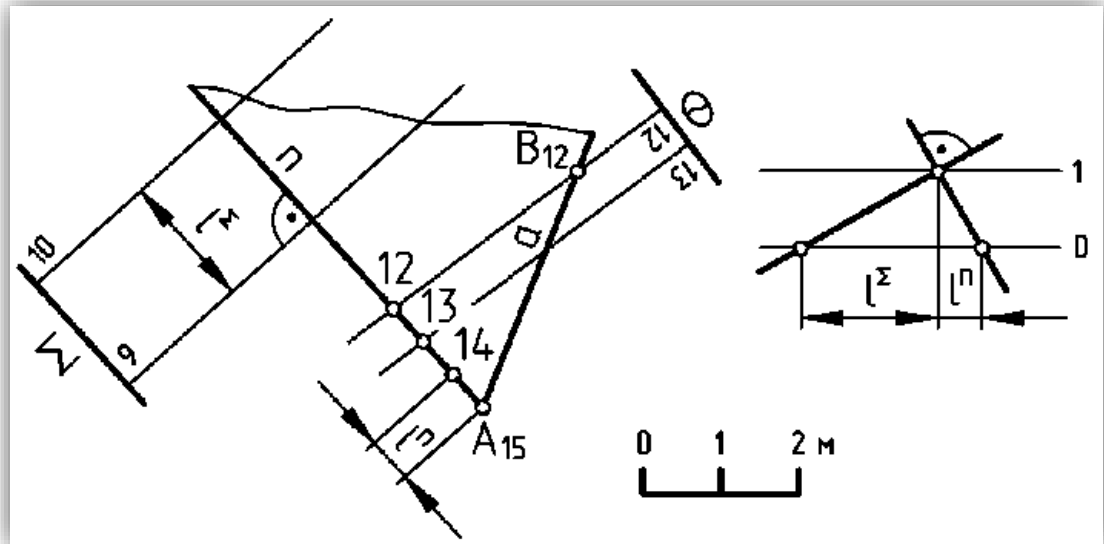


Рис. 41

Искомая плоскость определяется двумя пересекающимися прямыми: заданной прямой a и прямой n , перпендикулярной плоскости Σ ($l^n = 1/l^\Sigma$).

Лекция 5. «ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА»

Плоская фигура, расположенная в наклонной плоскости, на плане изображается с искажением. Задачи, связанные с нахождением истинной длины отрезка, величины угла, площади фигуры, объема тела, относятся к метрическим задачам. Для их решения, как и для решения некоторых позиционных задач, выполняют графические операции, направленные на преобразование чертежа с целью получения вырожденных (в точку или линию) проекций искаженных геометрических элементов, либо их проекций в натуральную величину.

Преобразование чертежа можно осуществить двумя способами: использованием дополнительных плоскостей проекций или условным перемещением (например, вращением) изображенного объекта.

Метод замены плоскостей проекций

Метод замены плоскостей проекций неоднократно использовался в предыдущих разделах. Дополнительная вертикальная плоскость проекций вводилась при построении профиля прямой (см. рис. 13, *a*), плоской кривой линии (см. рис. 17, *b*), вертикальных разрезов (см. рис. 32, 34, 40), наложенных профилей прямой линии (см. рис. 13, *b*, 29).

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

Сущность рассматриваемого метода преобразования чертежа наглядно раскрывает рис. 42, на котором приведено решение задачи по определению истинной величины отрезка AB , заданного на плане, и его угла наклона δ к плоскости Π_0 .

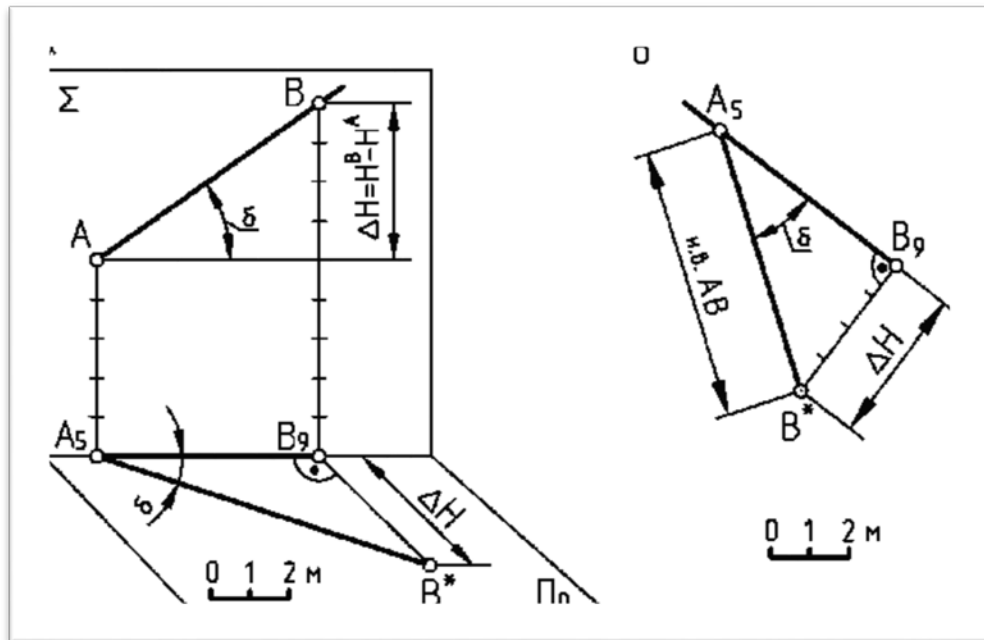


Рис. 42

Искомые величины получают на профильном изображении, образованном в вертикальной плоскости Σ , проведенной через заложение A_5B_9 (рис. 42, а).

Данное построение может быть воспроизведено непосредственно на плане (рис. 42, а, б): перпендикулярно к заложению A_5B_9 вычерчивают отрезок B_9B^* , длина которого равна четырем масштабным единицам ($\Delta H = H^B - H^A$); после этого соединяют точки A_5 и B^* прямой линией. Наложенный на план профиль A_5B^* представляет собой натуральную величину отрезка AB .

Метод вращения вокруг горизонтали

Сущность метода вращения (другое общепринятое название – метод совмещения) заключается в том, что наклонная плоскость вместе с изображенной на ней фигурой вращается вокруг одной из своих горизонталей до положения, параллельного плоскости плана, т.е. наклонную плоскость совмещают с горизонтальной плоскостью, расположенной на уровне горизонтальной оси вращения. После такого совмещения плоская фигура проецируется на плоскость плана Π_0 в натуральную величину.

Принципы преобразования чертежа этим способом рассмотрим на примере элементарной задачи по совмещению точки A с плоскостью Π_0 путем вращения ее вокруг горизонтали h_0 (рис. 43).

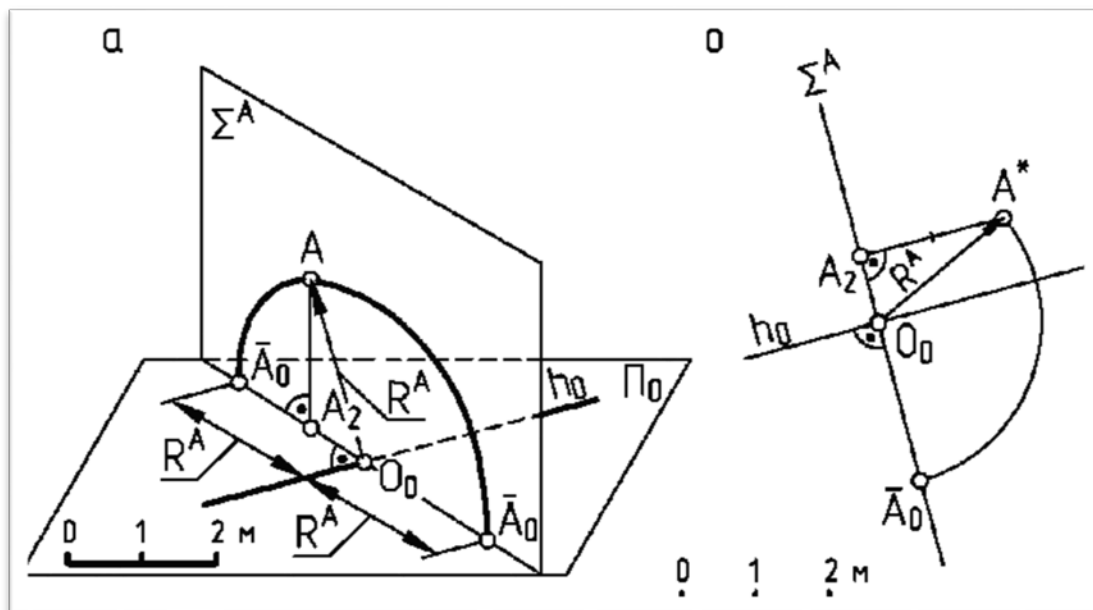


Рис. 43

При вращении вокруг оси h_0 точка A перемещается по окружности с центром в точке O_0 в плоскости Σ^A , перпендикулярной к оси вращения (рис. 43, *a*). В зависимости от направления вращения точка A в совмещенном с плоскостью Π_0 положении (\bar{A}_0) может находиться по одну или по другую сторону от оси вращения h_0 на расстоянии R от центра O_0 .

Для построения на плане совмещенного с плоскостью Π_0 положения точки A выполняют следующие графические операции (рис. 43, *б*):

1. Через проекцию точки A_2 перпендикулярно к оси h_0 проводят вертикальную плоскость вращения Σ^A . В результате на плане определяется центр вращения O_0 ($O = \Sigma^A \cap h_0$) и заложение радиуса вращения O_0A_2 .
2. Определяют истинную величину радиуса вращения R построением на плане наложенного профиля заложения O_0A_2 (O_0A^*).
3. Истинную величину радиуса вращения R откладывают от центра O_0 по

вырожденной проекции плоскости Σ^A в ту или другую сторону (в зависимости от конкретной задачи) от h_0 , получая на плане положение точки A , совмещенное с горизонтальной плоскостью Π_0 , - \bar{A}_0 .

При преобразовании чертежей этим способом ось вращения для всех точек перемещаемой плоской фигуры должна быть одна, а вертикальные плоскости вращения этих точек - параллельны между собой. Точки поворачиваемой плоскости, лежащие на оси вращения, являются неподвижными, и их нужно использовать при построении совмещенного положения плоской фигуры.

П р и м е р 1. Определить истинную величину угла между пересекающимися прямыми m (B_{70} , $a = 139^\circ$, $\delta = 30^\circ$) и n (B_{70} , $a = 206^\circ$, $\delta = 45^\circ$), изображенными на рис. 44, а.

Угол между прямыми m и n лежит в наклонной плоскости θ ($m \cap n$). Чтобы изобразить его на плане в натуральную величину, нужно расположить плоскость угла параллельно плоскости плана вращением вокруг любой из горизонталей плоскости θ . Для этого достаточно повернуть вокруг выбранной оси только вершину B угла и, используя неподвижные точки пересечения прямых m и n с осью вращения, построить совмещенные с горизонтальной плоскостью изображения прямых m и n .

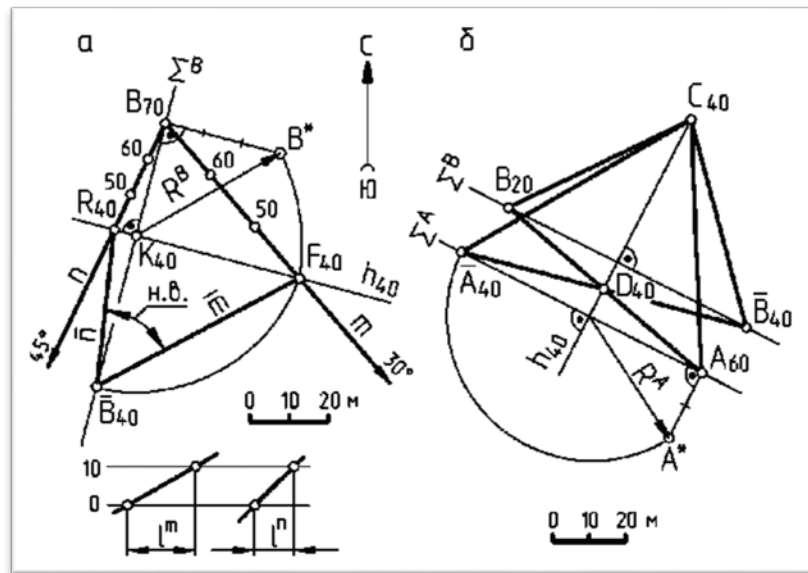


Рис. 44

На рис. 44, *a* в качестве оси вращения взята горизонталь h_{40} . Ее определили точки F_{40} и R_{40} на линиях m и n . При вращении эти точки будут неподвижны. Через вершину B_{70} перпендикулярно оси h_{40} проводим вертикальную плоскость вращения Σ^B . В результате получаем центр вращения: $K_{40} = \Sigma^B \cap h_{40}$. На заложении радиуса вращения $B_{70}K_{40}$ по разности высотных отметок точек K и B (три масштабные единицы) отстраиваем истинную величину радиуса вращения R^B ($K_{40}B^*$) и откладываем его на вырожденной проекции Σ^B , отмечая новое, совмещенное с горизонтальной плоскостью, положение точки B – точку \bar{B}_{40} . Соединив точку \bar{B}_{40} с точкой F_{40} , получаем совмещенное положение прямой m (линия \bar{m}). Линию \bar{n} проводим через точки \bar{B}_{40} и R_{40} .

Таким образом, плоскость θ находится в горизонтальном положении, а угол, образованный прямыми \bar{m} и \bar{n} , изображен на плане в натуральную величину.

Пример 2. Определить истинную величину треугольника ABC (рис. 44, *b*).

В исходном положении плоскость треугольника ABC ($A_{60}B_{20}C_{40}$) на-

клонна. Для изображения его на плане в натуральную величину преобразуем чертеж: повернем треугольник ABC вокруг его горизонтали до положения, параллельного плоскости плана. В качестве оси вращения удобнее всего взять горизонталь h_{40} , так как это дает возможность не вращать вершину C . Отстраиваем плоскости вращения двух других вершин A и B ($\Sigma^A \perp h_{40}$ и $\Sigma^B \perp h_{40}$). Методом вращения совмещаем вершину A с горизонтом 40 м. Вершина B , совмещенная с этим же уровнем (\bar{B}_{40}), находится на линии Σ^B в пересечении с прямой $\bar{A}_{40} D_{40}$. Треугольник $\bar{A}_{40} \bar{B}_{40} C_{40}$ определяет истинный размер треугольника ABC .

Пример 3. Определить истинный угол наклона прямой a (A_{70}, B_{50}) к плоскости θ , если прямая a и плоскость θ занимают общее положение (рис. 45).

Угол наклона прямой a к плоскости θ измеряется углом ε между прямой a и ее прямоугольной проекцией на плоскость θ (рис. 45, a).

Определить истинную величину этого угла на плане довольно сложно. Значительно проще графически найти угол γ между прямой a и перпендикуляром n к плоскости θ , проведенным из любой точки прямой a .

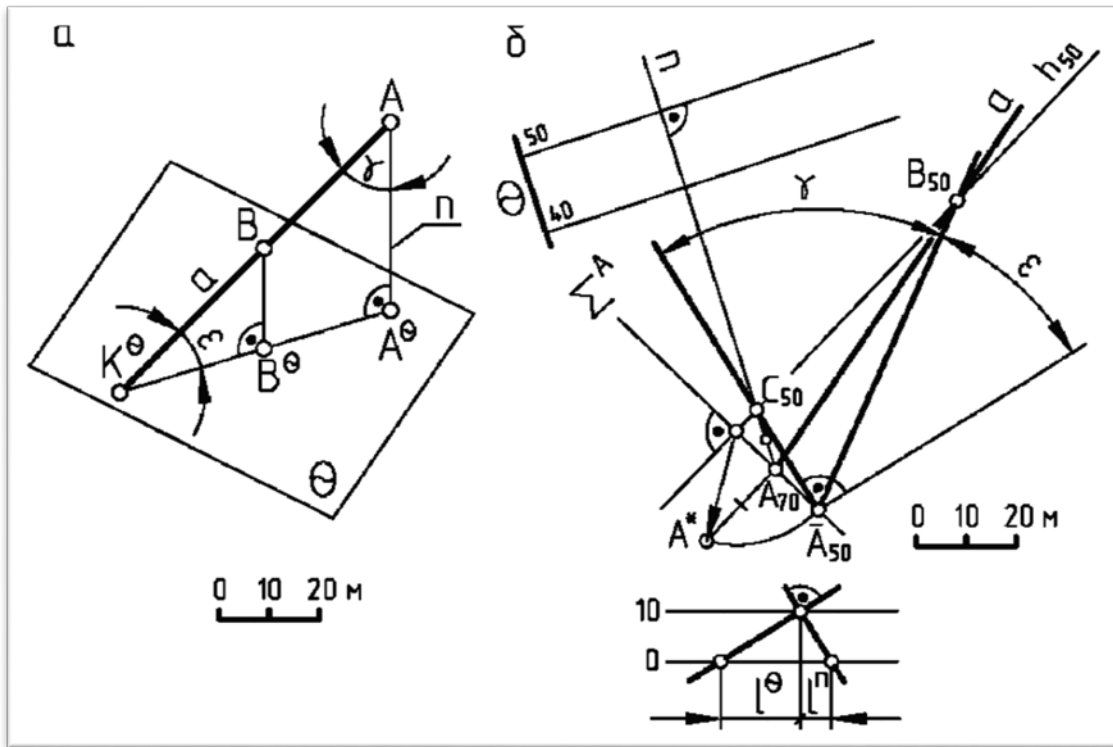


Рис. 45

Угол γ дополняет искомый угол ε до 90° : $\varepsilon = 90^\circ - \gamma$.

Решение задачи включает следующую совокупность графических операций (рис. 45, б):

1. Из точки A прямой a опускаем перпендикуляр n (A_{70}, C_{50}) на плоскость θ : $n \perp h^\theta$, $\alpha^n - \beta^\theta = 180^\circ$, $\delta^n + \delta^\theta = 90^\circ$ (т.е. $l^n = 1/l^\theta$).

2. В плоскости угла $C_{50} A_{70} B_{50}$ проводим горизонталь h_{50} .

3. Вращением вокруг горизонтали h_{50} совмещаем вершину A_{70} с горизонтом 50 м (точка \bar{A}_{50}) и определяем истинную величину угла γ между прямыми a и n (угол $C_{50} \bar{A}_{50} B_{50}$). Угол $\varepsilon = 90^\circ - \gamma$ дает искомую величину угла наклона прямой a к плоскости θ .

Пример 4. Определить натуральную величину заданного двугранного угла (рис. 46).

Величину угла, образованного двумя плоскостями, можно измерить углом между перпендикулярами, опущенными на эти плоскости из любой точки пространства.

Из произвольной точки M (рис. 46) проводим перпендикуляры n^P и n^θ к плоскостям P и θ . В плоскости этих перпендикуляров при точке M получаем два плоских угла ε и γ , величины которых определяют величины двух смежных двугранных углов, образованных плоскостями P и θ ($\varepsilon + \gamma = 180^\circ$).

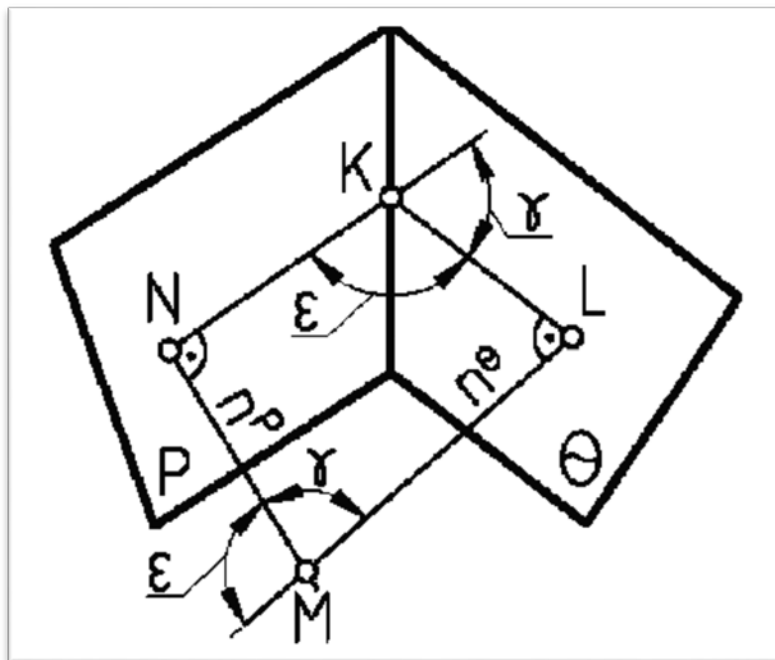


Рис. 46

Поставленную задачу решаем методом вращения, перемещая плоскость полученных линейных углов в горизонтальное положение.

Пример 5. Построить биссекторную плоскость заданного двугранного угла (рис. 47).

Биссекторная плоскость R двугранного угла, образованного плоскостями θ и Φ , проходит через ребро a двугранного угла и биссектрису b линейного угла, которым измеряется данный двугранный угол (рис. 47, a).

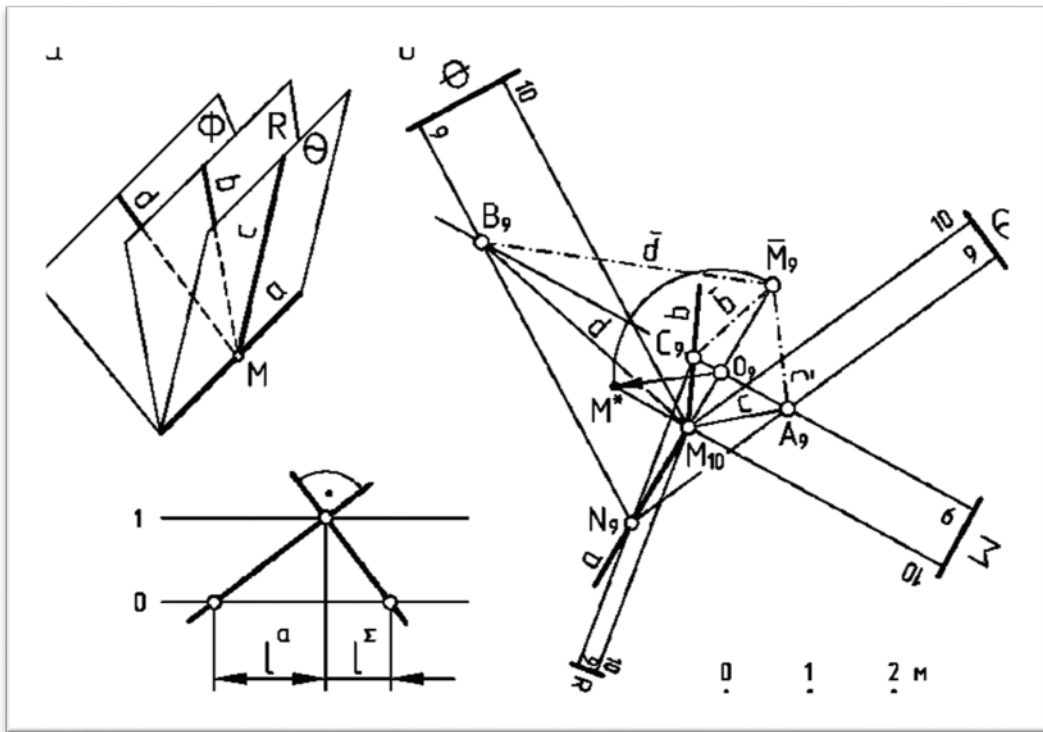


Рис. 47

Решение задачи включает следующую совокупность графических операций (рис. 47, б):

1. Строим ребро a (M_{10}, N_9) двугранного угла.

2. Грани θ и Φ двугранного угла пересекаем плоскостью Σ перпендикулярно к ребру a в точке M : $\bar{P} = 1/l^a$. Плоскость Σ пересекает плоскости θ и Φ по линиям c и d : $\Sigma \cap \theta = c$ (A_9, M_{10}), $\Sigma \cap \Phi = d$ (B_9, M_{10}). Угол между прямыми c и d является линейным углом двугранного угла.

3. Вращая плоскость линейного угла ($c \cap d$) вокруг горизонтали h_9 (A_9, B_9), определяем его истинную величину ($\angle B_9 \bar{M}_9 A_9$), после чего вычерчиваем биссектрису этого угла, сначала в совмещенном положении - $\bar{b}(\bar{M}_9 C_9)$, а затем в исходном - b (M_{10}, C_9).

4. Через ребро a и биссектрису b отстраиваем искомую биссекторную плоскость R заданного двугранного угла.

Выполненное на рис. 47 построение является наглядным примером использования метода вращения при решении позиционной инженерно-геологической задачи.

Лекция 6. «ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ»

Классификация поверхностей

Поверхностью называют непрерывную совокупность последовательных положений некоторой линии (*образующей*), перемещающейся в пространстве по определенному закону. Поверхность относят к типу *геометрически правильных*, если закономерности ее образования могут быть точно выражены аналитически. В противном случае поверхность классифицируют как *графическую*. В начертательной геометрии закон перемещения образующей m , как правило, задают *направляющими* линиями n (рис. 48).

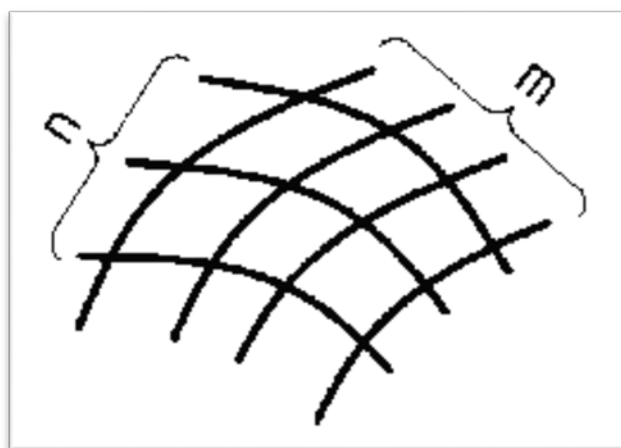


Рис. 48

Например, образующей плоскости является прямая линия, перемещаемая без вращения по направляющей прямой.

В зависимости от вида образующей геометрические поверхности делятся на *линейчатые* (образующая – прямая линия) и *нелинейчатые* (образующая – кривая линия). К линейчатым относятся поверхности многогранников, конические и цилиндрические поверхности, косая плоскость и т.д. К нелинейчатым геометрически правильным поверхностям – торовые, торсовые и др.

Задание и изображение геометрических поверхностей на плане

Линейчатая поверхность на плане обычно задается одним из трех способов:

проекциями образующей и направляющих с указанием отметок этих направляющих;

проекциями направляющих и рядом сечений (профилей) этой поверхности по образующим с указанием отметок этих образующих;

проекцией направляющей с ее отметками, направлением образующей в плане и величиной ее уклона.

На чертежах, как правило, не ограничиваются заданием поверхности, а проводят более детальное ее построение. В проекциях с числовыми отметками форма *любых* поверхностей достаточно полно передается их горизонталями. Наличие горизонталей придает изображению поверхности большую наглядность и позволяет с их помощью оперативно определять некоторые ее параметры. Принято считать поверхность построенной, если на чертеже, кроме горизонталей, установлены габариты изображения. Для некоторых поверхностей указывают проекции характерных точек или линий.

Многогранники (призматические, пирамидальные и др.) на плане удобно задавать проекциями их вершин и ребер (рис. 49). При этом любая точка изображенной поверхности может быть определена одним из двух рассматриваемых ниже способов.

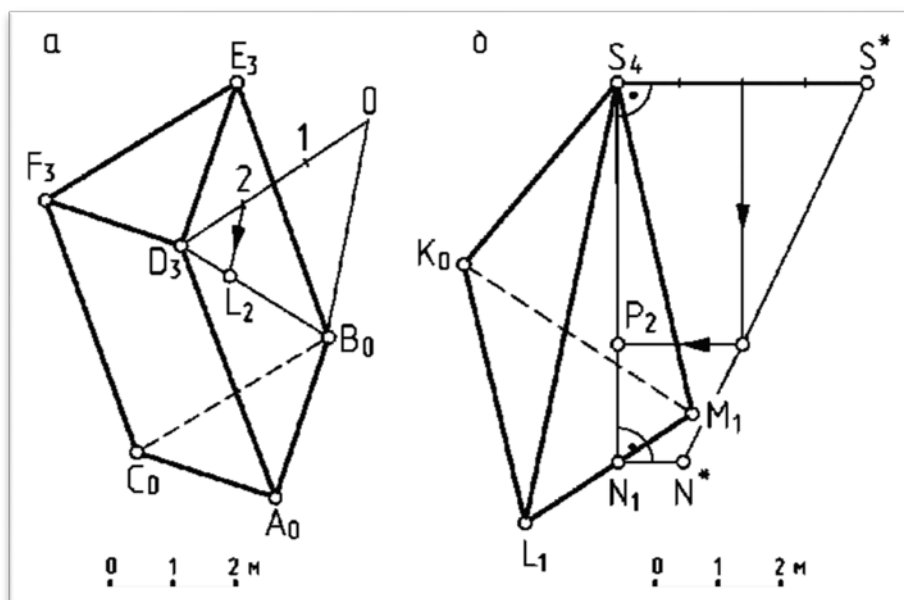


Рис. 49

На линии D_3B_0 в грани $ABED$ наклонной призмы с горизонтальными основаниями (рис. 49, а) способом деления отрезка на n равных частей (в данном случае $n = 3$) построена точка L_2 .

В грани MSL наклонной пирамиды $SKLM$ (рис. 49, б) построена точка P_2 с помощью наложенного профиля линии N_1S_4 .

Конические поверхности образуются перемещением прямолинейной образующей t по криволинейной направляющей h так, что во всех положениях образующая t проходит через неподвижную точку S – вершину поверхности (рис. 50).

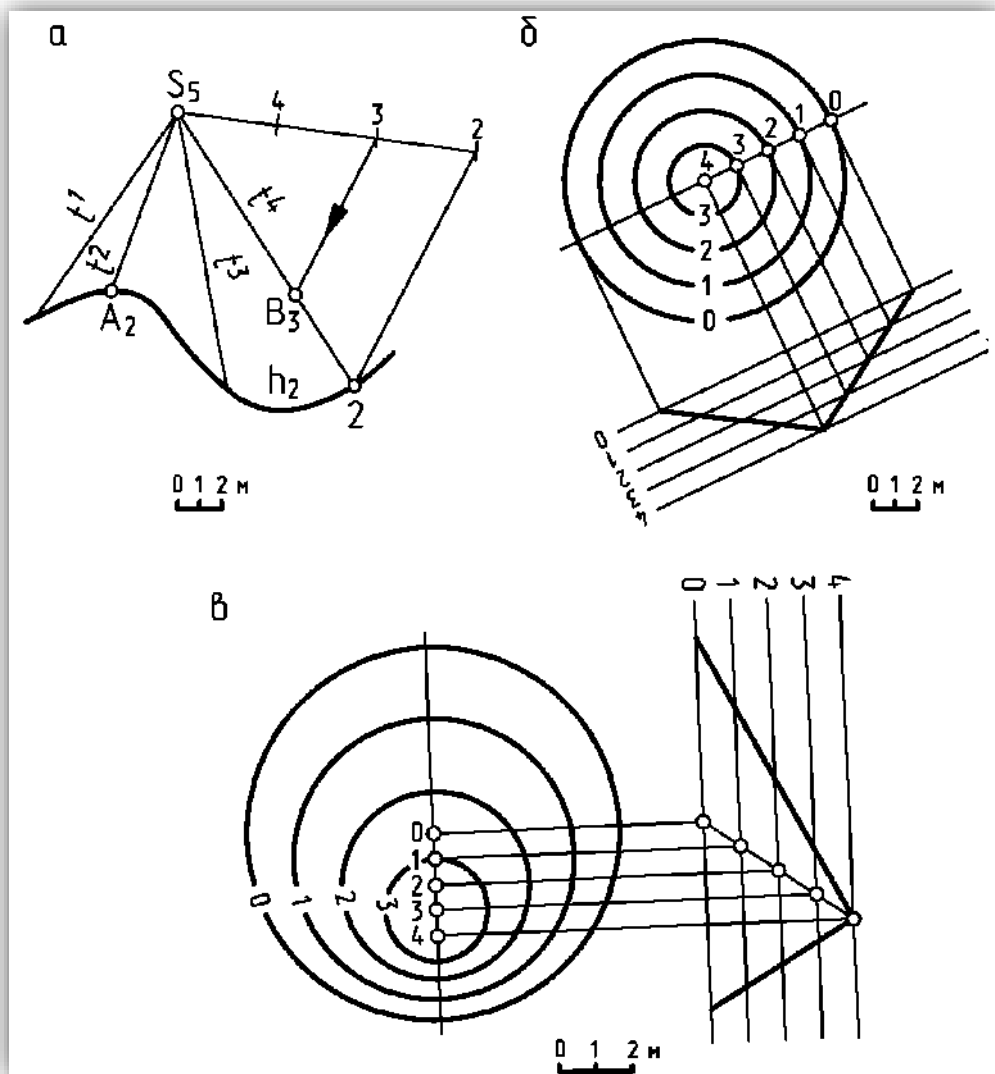


Рис. 50

Конические поверхности общего вида на плане изображают направляющей горизонталью и вершиной (рис. 50, а).

Прямой круговой конус с вертикальной осью вращения на плане изображается серией горизонталей в виде concentric окружностей, проведенных через равные интервалы (рис. 50, б), эллиптический конус с круговым горизонтальным основанием – серией горизонталей в виде эксцентрических окружностей (рис. 50, в).

Цилиндрические поверхности образуются перемещением прямолинейной образующей t по криволинейной направляющей h параллельно заданному направлению s , т.е. все образующие цилиндрической

поверхности параллельны между собой (рис. 51). Цилиндрическая поверхность может рассматриваться как частный случай конической поверхности, у которой вершина удалена в бесконечность.

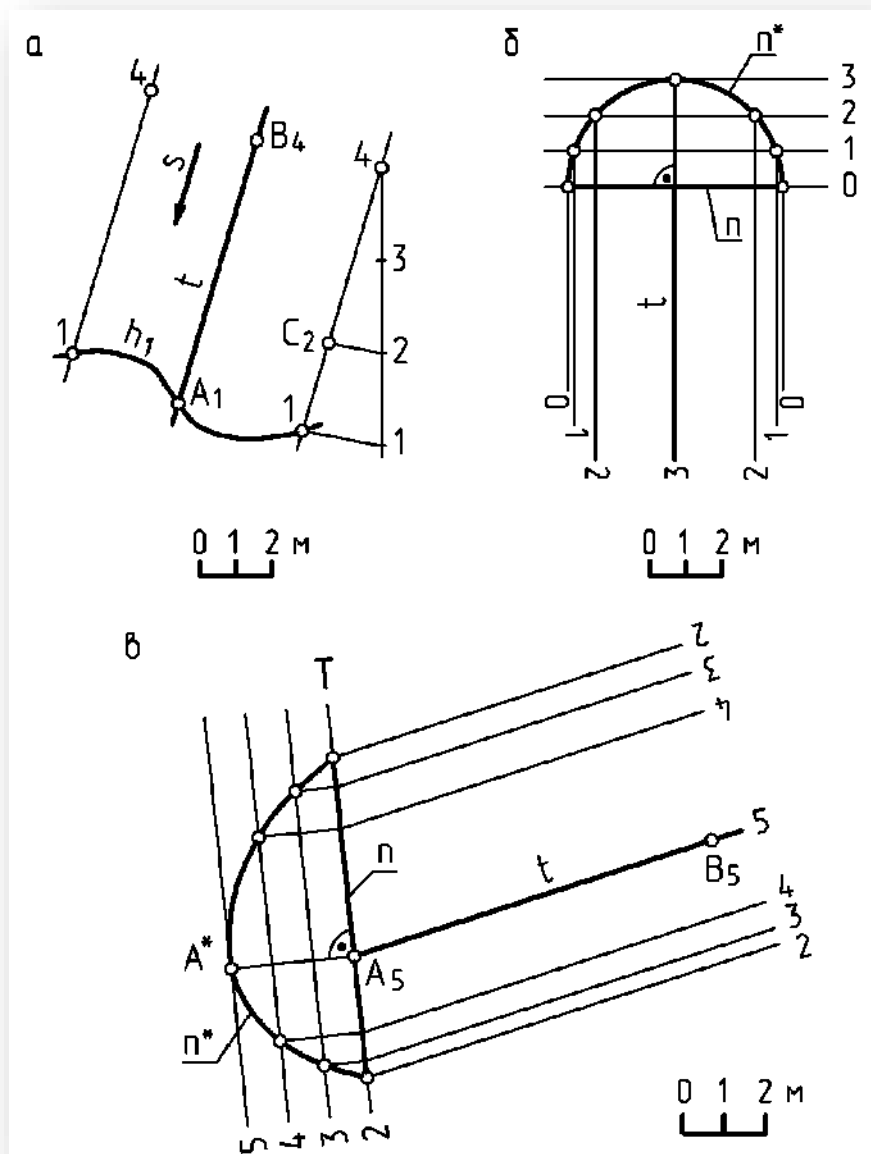


Рис. 51

Цилиндрические поверхности общего вида на плане изображаются направляющей горизонталью и одной из образующих поверхности (рис. 51, а).

Цилиндрическая поверхность с горизонтальными образующими задается серией параллельных горизонтальных прямых и профильным изображением направляющей. На рис. 51, б вычерчен прямой круговой полуцилиндр, а на рис. 51, в – цилиндрическая поверхность с криволинейной

направляющей n , расположенной в вертикальной плоскости T (n^* –наложенный профиль направляющей).

Косая плоскость (гиперболический параболоид) изображается серией горизонталей, пересекающих скрещивающиеся направляющие m и n (рис. 52). Плоскостью параллелизма этой поверхности служит плоскость нулевого отсчета.

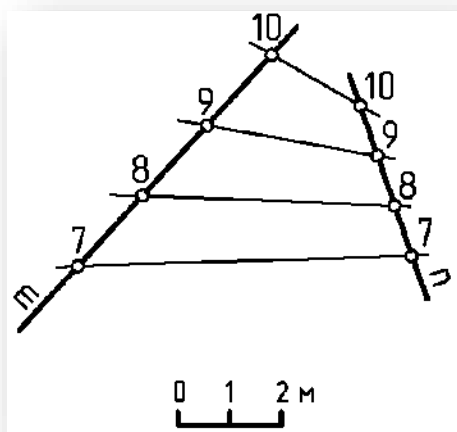


Рис. 52

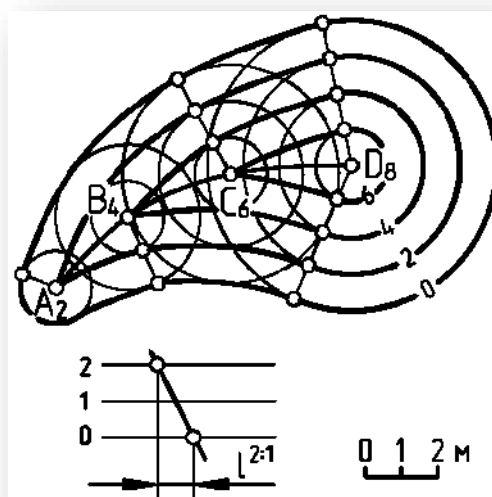


Рис. 53

Поверхность равного уклона (рис. 53) представляет собой линейчатую поверхность, все прямолинейные образующие которой составляют с горизонтальной плоскостью постоянный угол. Получить такую поверхность можно перемещением прямого кругового конуса с вертикальной осью так, чтобы его вершина скользила по некоторой направляющей.

На рис. 53 показана поверхность равного уклона $i = 2:1$, направляющей которой служит пространственная кривая $A_2B_4C_6D_8$.

Пересечение геометрической поверхности плоскостью

Величина и форма сечения поверхности плоскостью зависят от вида поверхности и положения секущей плоскости относительно нее. Проекцию фигуры сечения строят по отдельным точкам, которые находятся в пересечении характерных линий поверхности с плоскостью. Например, при построении плоских сечений линейчатых поверхностей общего вида, изображенных в проекциях с числовыми отметками, многократно решают рассмотренную на рис. 32 задачу, определяя точки пересечения образующих прямых с секущей плоскостью.

В ряде случаев форма плоского сечения может быть определена заранее. Так, при пересечении многогранника плоскостью получается многоугольник, количество углов которого соответствует количеству пересекаемых плоскостью ребер. Цилиндрическая поверхность вращения может пересекаться по образующим, окружности или эллипсу, а коническая поверхность вращения – по образующим, окружности, эллипсу, гиперболе или параболе.

Пример 1. Построить истинную величину сечения наклонной призмы вертикальной плоскостью Σ (рис. 54).

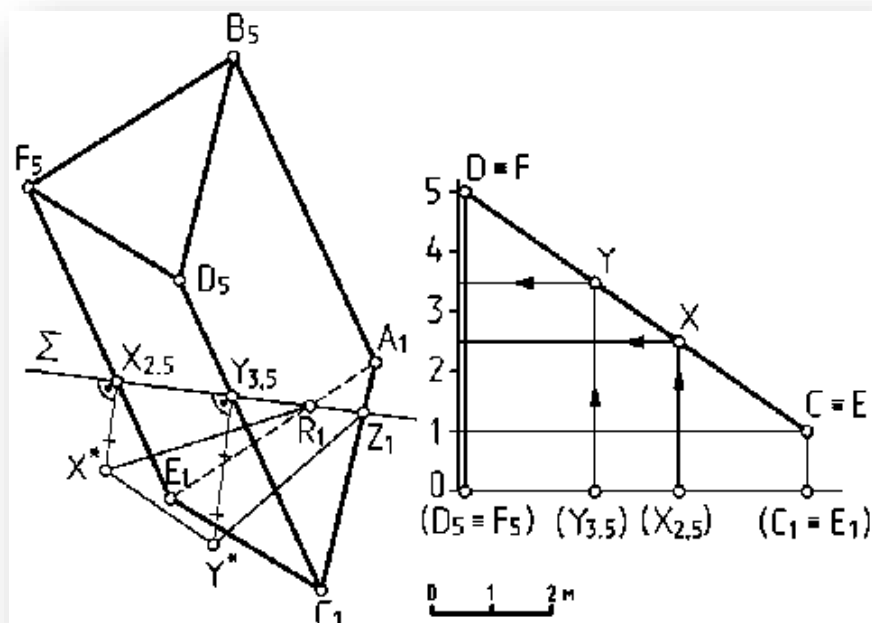


Рис. 54

Изображение искомого сечения на плане находится в пределах горизонтальной проекции призмы, где оно совпадает с вырожденным в прямую линией изображением секущей плоскости Σ . Эта плоскость пересекает четыре ребра призмы в точках X , Y , Z и R , являющихся вершинами четырехугольной фигуры сечения. Высотные отметки точек X и Y найдены на профильном изображении ребер EF и CD . Высотные отметки точек Z и R определяются их принадлежностью горизонталям AC и AE . Истинная величина фигуры сечения $X^*Y^*Z_1R_1$ построена как наложенный профиль по разности высотных отметок точек X , Y , Z и R .

Пример 2. Построить натуральную величину сечения пирамиды плоскостью θ (рис. 55).

Предварительный анализ показывает, что ребра AB , AS и BS не имеют общих точек с плоскостью θ , а в сечении получается треугольник PQR .

Две вершины этого треугольника P и Q определены непосредственно на плане – горизонталь 2-го уровня плоскости θ пересекает основание пирамиды по линии PQ : $h_2 \cap A_2B_2C_2 = P_2Q_2$.

Третья вершина R есть результат пересечения ребра CS пирамиды с плоскостью θ . Точка R определена на профильном изображении, образованном в вертикальной плоскости T , проведенной через ребро CS : $T \cap \theta = M_3N_2$, $C_2S_5 \cap M_3N_2 = R_{2,7}$.

Натуральная величина сечения найдена методом вращения вершины R вокруг горизонтали h_2 .

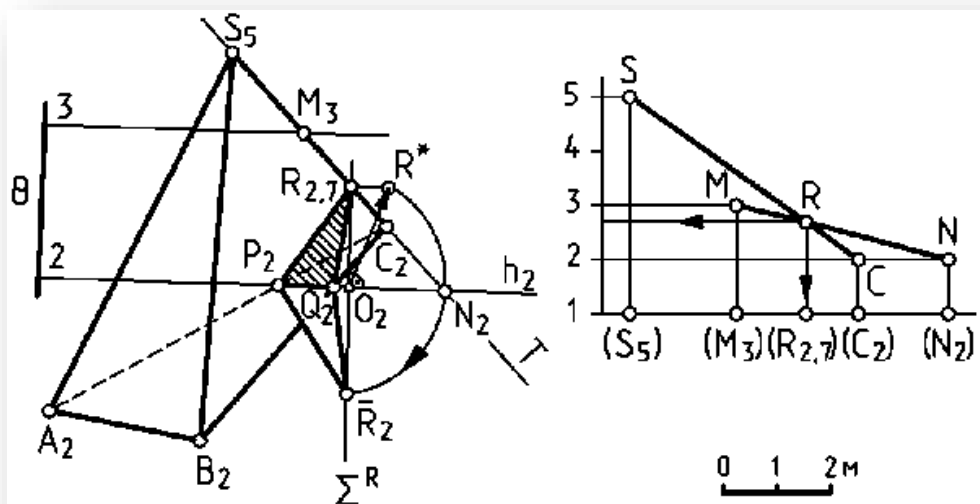


Рис. 55

Пример 3. Построить линию пересечения m конической поверхности общего вида $\Omega (h_{85}, S_{100})$ с плоскостью Σ (рис. 56).

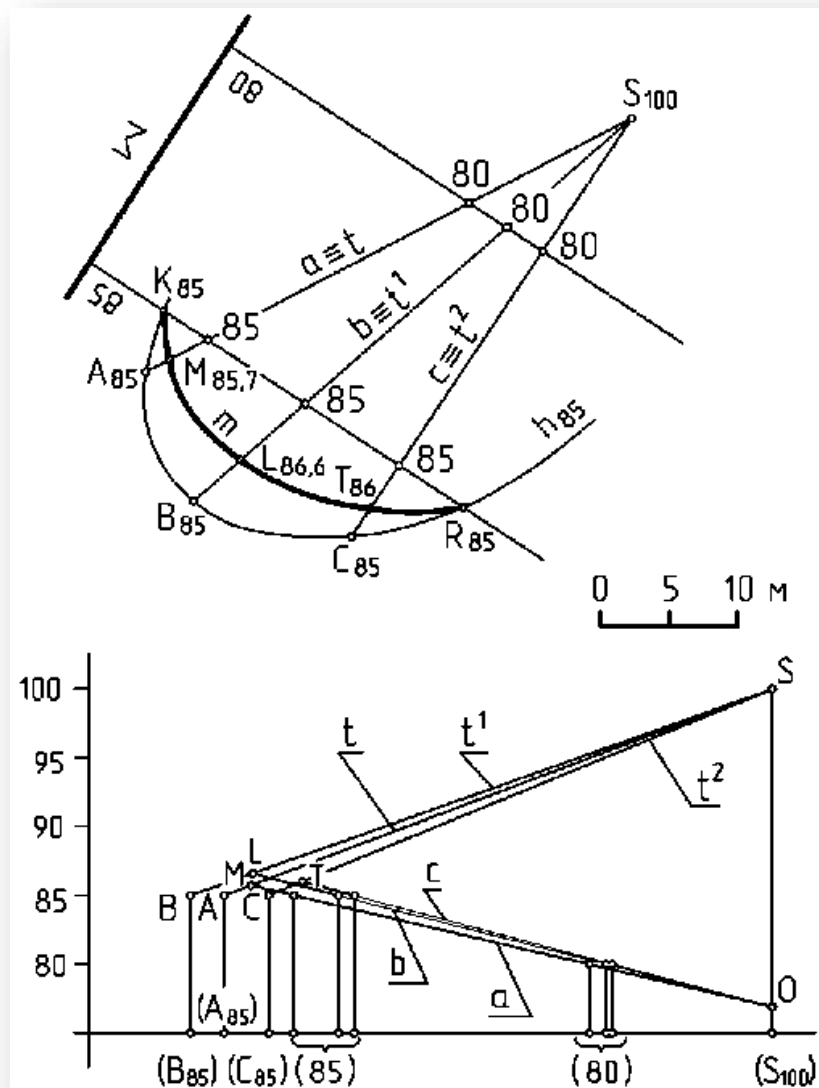


Рис. 56

Искомая кривая m определена точками M , L и T , в которых образующие t , t^1 и t^2 пересекают плоскость Σ (см. сводный разрез на рис. 56), и точками K и R , в которых направляющая h_{85} поверхности пересекается с горизонталью 85-го уровня секущей плоскости Σ .

При точном построении сводного вертикального разреза линии a , b и c плоскости Σ должны пересекаться в точке O , лежащей под точкой S .

Пересечение геометрической поверхности с прямой линией

Для определения точек пересечения прямой линии с поверхностью, заданной в проекциях с числовыми отметками, достаточно построить профиль вертикального разреза поверхности плоскостью, проходящей через данную прямую.

На рис. 57 выполнены построения, связанные с определением точки пересечения прямой m (K_3, L_1) с наклонной призмой. Через заданную прямую проведена вертикальная секущая плоскость T , которая пересекает призму по четырехугольнику $DD'E'E$. На профильном изображении, образованном в плоскости T , получена картина взаимного расположения четырехугольного сечения призмы с прямой m и выявлены две их общие точки M и N , которые являются искомыми. В точке M прямая входит в призму через грань $AA'C'C$ и выходит из нее через точку N грани $BB'C'C$.

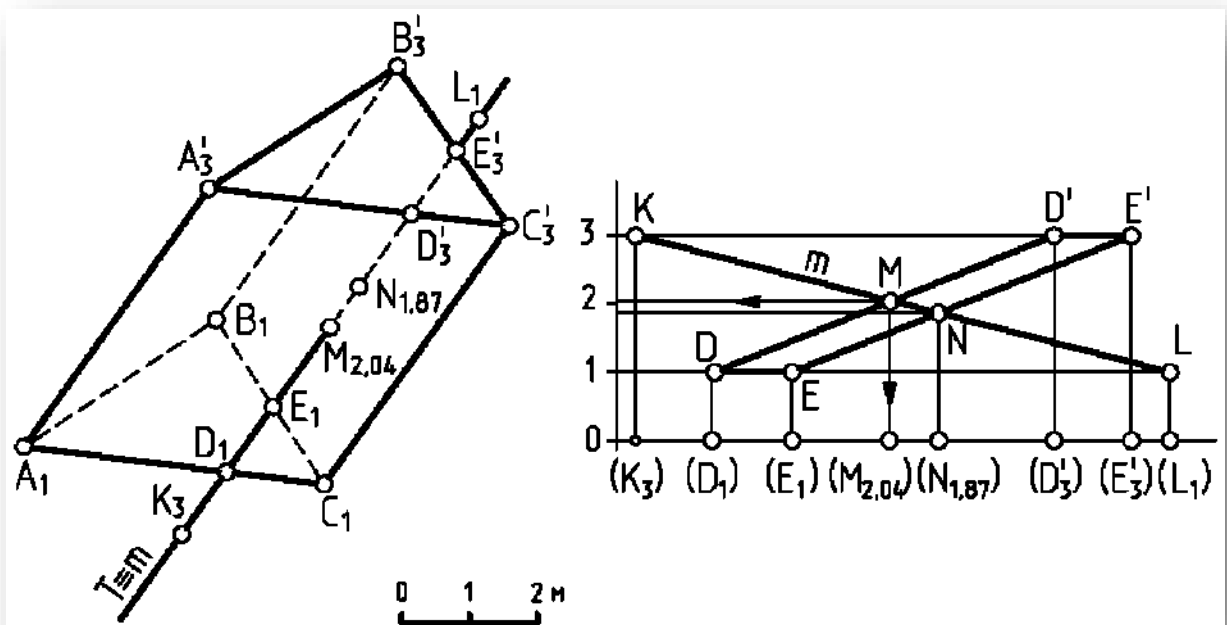


Рис. 57

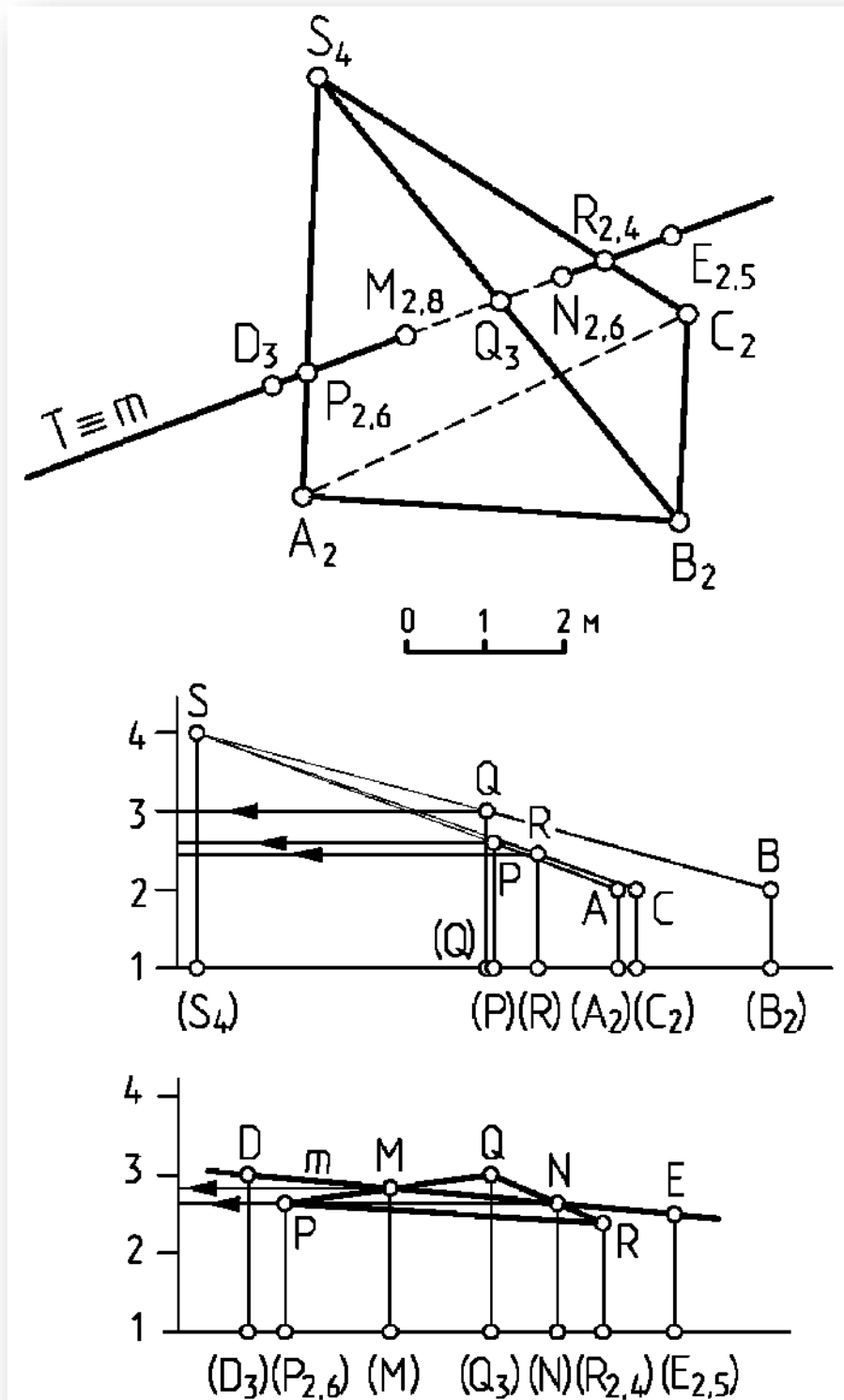


Рис. 58

На рис. 58 таким же путем найдены точки пересечения поверхности пирамиды $SABC$ с прямой m ($D_3, E_{2.5}$). Вспомогательная вертикальная

плоскость T , проведенная по направлению прямой m , рассекает пирамиду по треугольнику PQR . Высотные отметки вершин этого треугольника определены на сводном профиле ребер пирамиды, а искомые точки пересечения M и N – на профиле вертикального разреза пирамиды плоскостью T .

В качестве вспомогательной секущей плоскости иногда удобно использовать наклонную плоскость, проходящую через заданную прямую и, кроме того, пересекающую данную поверхность по образующим линиям. В этом случае секущая плоскость конических или пирамидальных поверхностей должна проходить через их вершину, а секущая плоскость цилиндрических или призматических поверхностей – быть параллельной не попавшим в плоское сечение образующим поверхности (рис. 59).

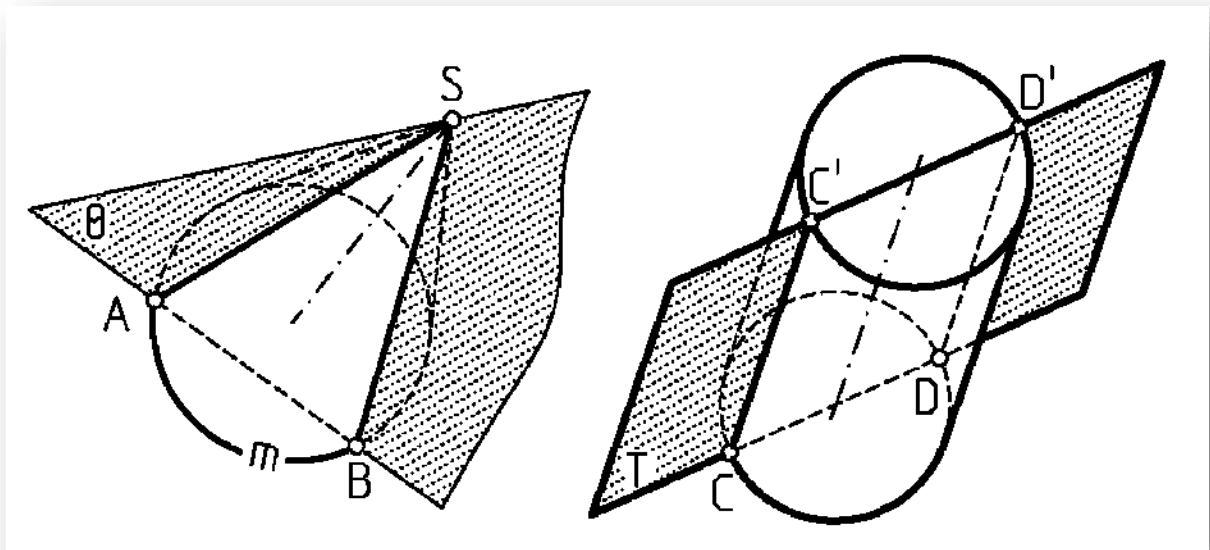


Рис. 59

Пример 1. Построить точки пересечения прямой m (F_7 , $\alpha = 109^\circ$, $\delta = 28^\circ$) с конической поверхностью Φ (h_3 , S_{10}).

Вспомогательную секущую плоскость Σ (рис. 60) проводят через прямую m и вершину поверхности S_{10} . Так как направляющая h_3 поверхности является горизонталью 3-го уровня, то в плоскости Σ (m , S_{10}) необходимо

построить горизонталь с той же высотной отметкой. Для этого с помощью интервала l^m отмечают точку M_3 на прямой m . Затем соединяют точки S_{10} и F_7 прямой линией a , после чего методом интерполирования находят на этой линии точку A_3 . Горизонталь A_3M_3 пересекает направляющую h_3 в точках R и T , используя которые можно построить образующие $t^1 (S_{10}, R_3)$ и $t^2 (S_{10}, T_3)$, лежащие с прямой m в одной плоскости Σ . Общие точки B и C прямой m и образующих t^1 и t^2 являются искомыми точками пересечения прямой m с конической поверхностью. Высотные отметки точек B и C проще всего определить на профиле прямой m (на рис. 60 это известное построение не показано).

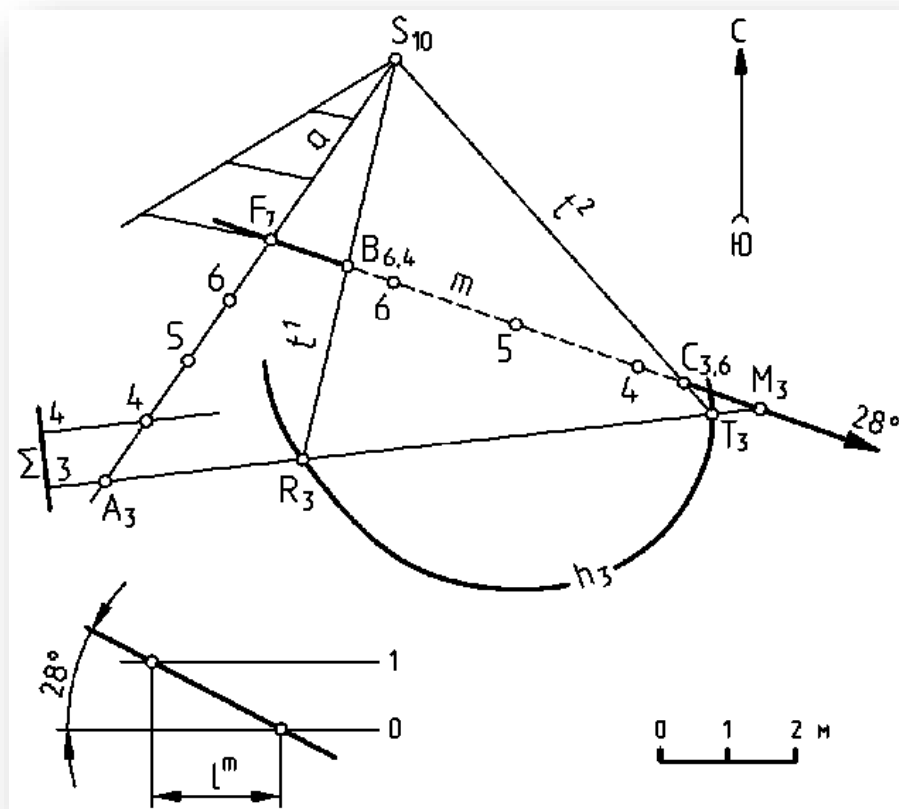


Рис. 60

Пример 2. Построить точку пересечения прямой m (M_{13}, N_9) с цилиндрической поверхностью Ψ [h_8, t (A_8, B_{12})].

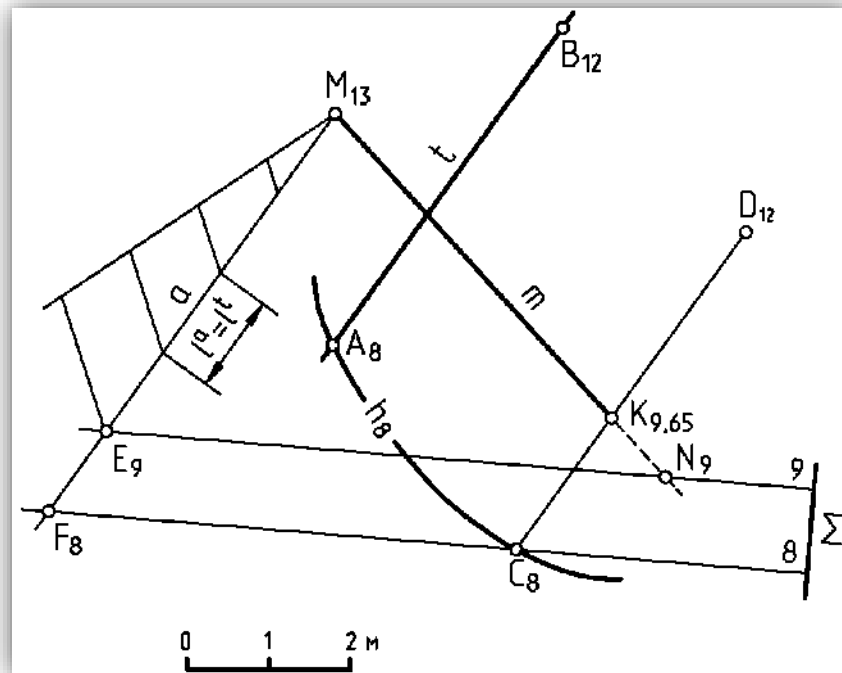


Рис. 61

Вспомогательная секущая плоскость Σ (рис. 61) построена через прямую m параллельно образующей t , что подтверждается наличием в плоскости Σ прямой a (M_{13}, E_9), проведенной параллельно линии t (т.е. $\alpha^a = \alpha^t$, $\delta^a = \delta^t$, $l^a = l^t$). Точки F_8 и E_9 на прямой a определены методом интерполяции с помощью интервала прямой t . Горизонталь 9-го уровня плоскости Σ проведена через точки E_9 и N_9 . Горизонталь 8-го уровня этой плоскости проходит через точку F_8 и пересекает направляющую h_8 поверхности Ψ в точке C_8 .

Следовательно, плоскость S пересекает поверхность Ψ по образующей CD , а точка K пересечения линии CD с прямой m является искомой точкой.

Лекция 7. «ГРАФИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ»

Изображение топографической поверхности

Топографическую (земную) поверхность относят к поверхностям графического (каркасного) типа, чья форма не подчиняется какому-либо определенному закону, хотя отдельные ее участки могут быть геометрически правильными. Топографическая поверхность в проекциях с числовыми отметками задается с помощью горизонталей (изогипс), образованных в пересечении земной поверхности с плоскостями горизонтального уровня (рис. 62).

Для изображения заданного участка топографической поверхности на плане (рис. 63) предварительно проводятся геодезические работы на местности. С помощью специальных инструментов определяются положения на плане и высоты (абсолютные или относительные) характерных точек поверхности. Точки на местности подбирают так, чтобы прямая, их соединяющая, располагалась по возможности в направлении, близко совпадающем с направлением уклона поверхности на этом участке. Для построения горизонталей местности используют точки с одинаковыми высотными отметками. При этом делают допущение, считая, что отрезок прямой линии, соединяющий две смежные, зафиксированные на плане точки, будет лежать всеми своими точками на рассматриваемой поверхности. Если геодезические работы проведены правильно, т.е. зафиксировано достаточное число точек и в том числе все характерные места изгиба поверхности, то сделанное при построении горизонталей допущение не дает практически большой погрешности.

Высоту сечения поверхности (расстояние по высоте между соседними горизонталями) выбирают в зависимости от рельефа местности и принятого масштаба изображения. Высота сечения может быть равна одному, пяти, десяти и более метрам. Чем меньше высота сечения, тем точнее изображение топографической поверхности.

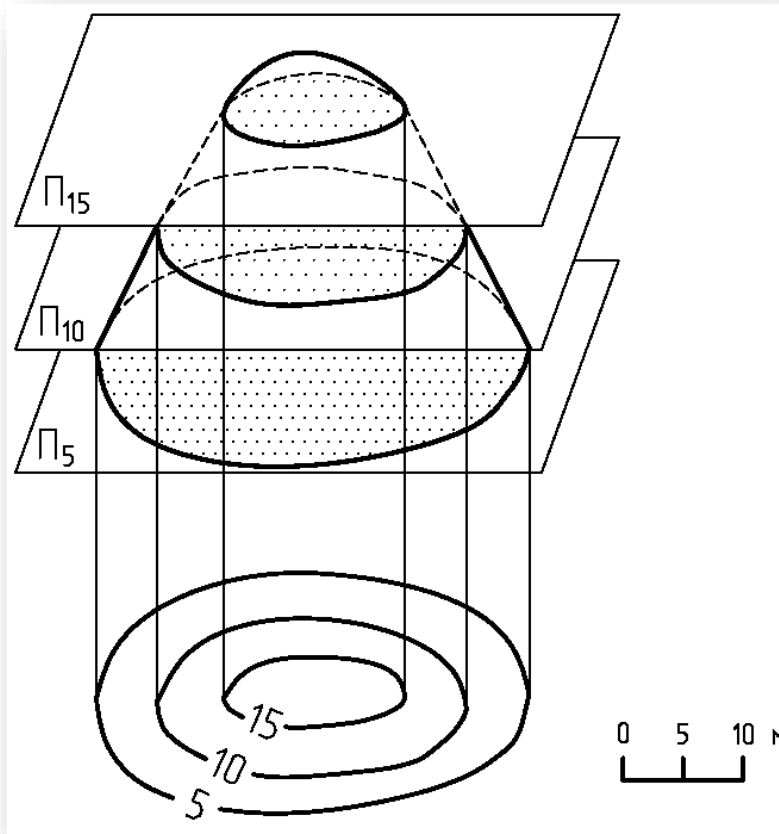


Рис. 62

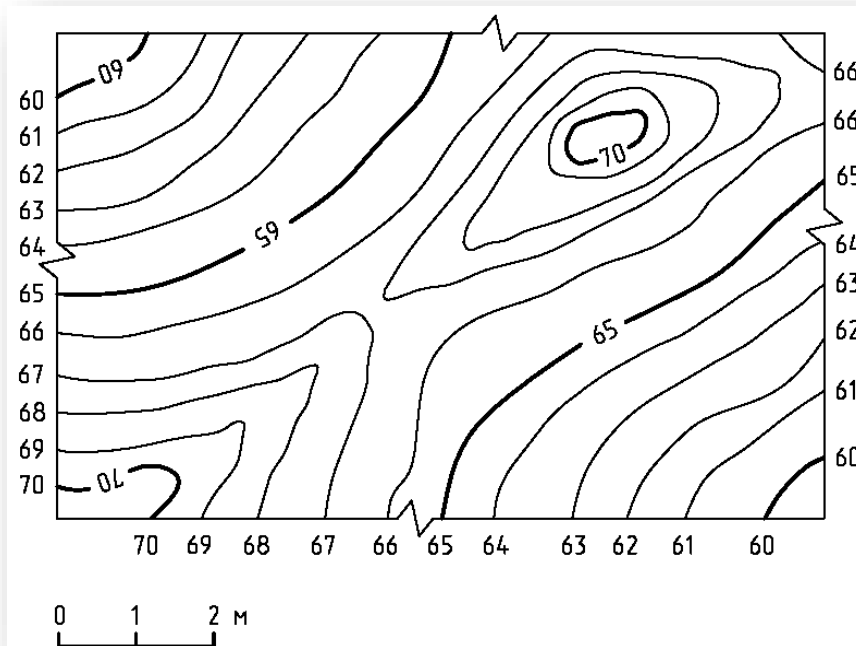


Рис. 63

Горизонтали рельефа местности наносятся тонкими линиями коричневого или черного цвета. Для удобства определения высоты рельефа на плане горизонтали, кратные пяти (пятая, десятая и т.д.), целесообразно вычерчивать утолщенными (рис. 63). На месте обозначения высоты горизонталь прерывают, высотную отметку располагают посередине разрыва, основанием к понижению рельефа. Таким образом обозначение горизонталей дополнительно выполняет функцию бергштриха, показывающего направление ската.

Анализ рельефа заданной на плане местности осуществляют на основании таких свойств изображения, как *конечность*, *однозначность* и *плавность*.

Линия ската топографической поверхности представляет собой линию, которая в данной точке поверхности имеет наибольший уклон. На рис. 64 показано построение линии ската, которая проходит через точку *A*. Направление линии ската определяется точками касания дуг, проведенных из вышележащих центров. По линии ската происходит размывание поверхности.

Линия равного уклона топографической поверхности строится в соответствии с условием равенства интервалов линии в любом ее месте. Например, на рис. 64 из точки *B* проведены две линии с уклоном 1:2 (радиус *R* дуг, определяющих на поверхности точки линии равного уклона, равен двум единицам вертикального масштаба: $R = l^{1:2}$).

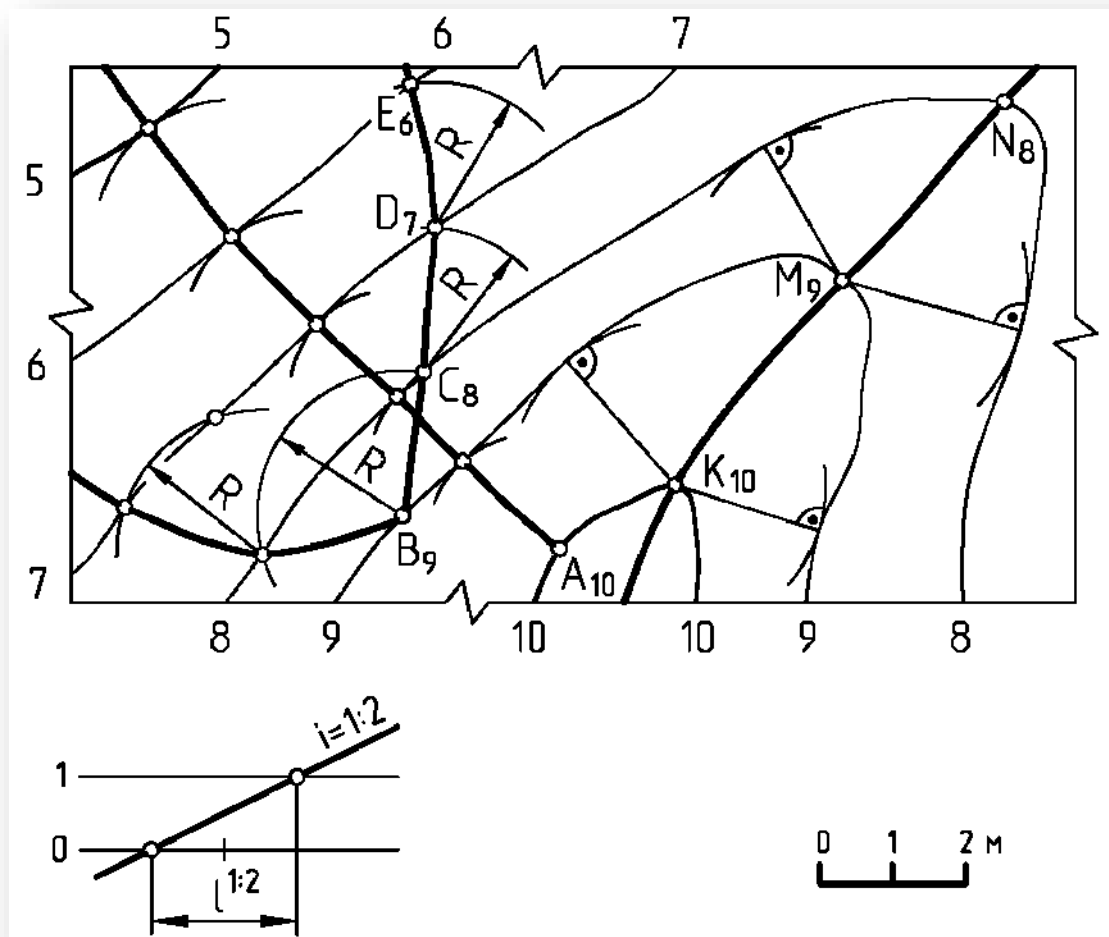


Рис. 64

Линия водораздела представляет собой кривую топографической поверхности, являющуюся границей, от которой дождевые воды стекают в разных направлениях. Эта линия определяется точками *K*, *M* и *N* (рис. 64), так как через каждую из этих точек можно провести не менее двух линий ската (на рисунке линии ската условно заменены перпендикулярами, опущенными на нижележащую горизонталь). Аналогично на топографической поверхности строится **линия водослива**, которая является границей между двумя водосборными поверхностями и показывает направление, по которому стекает вода.

Определение точки пересечения топографической поверхности с прямой линией

Для определения точек пересечения прямой линии с топографической поверхностью (рис. 65) выполняют вертикальный разрез поверхности по направлению секущей прямой.

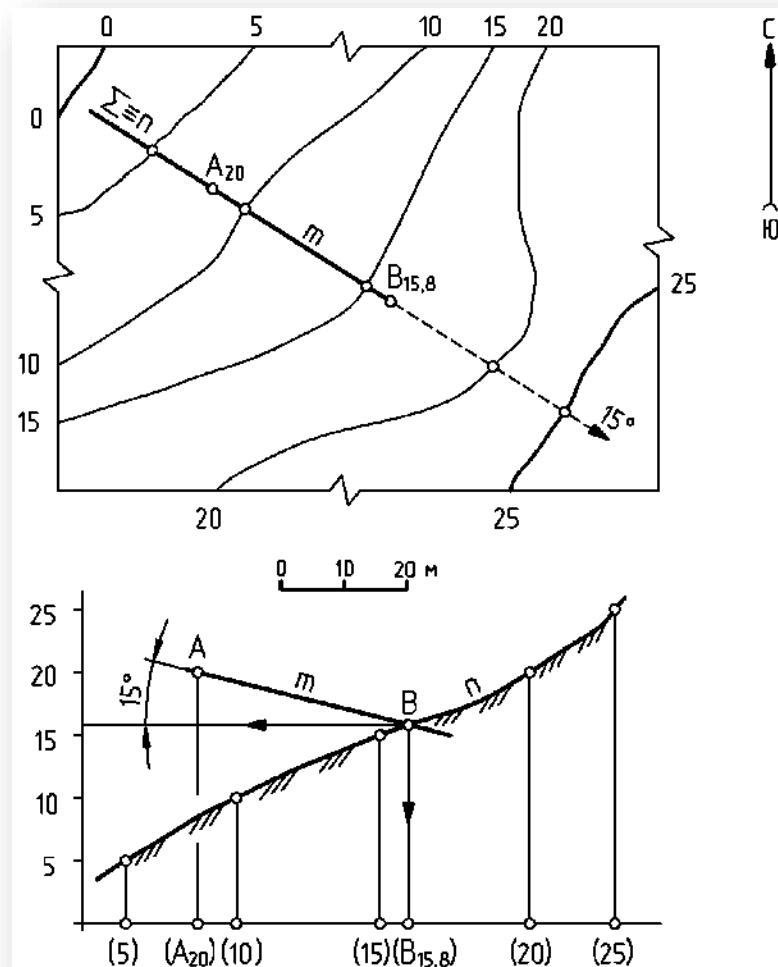


Рис. 65

На плане, изображенном на рис. 65, построена точка $B_{15,8}$ пересечения прямой m (A_{20} , $\alpha = 122^\circ$, $\delta = 15^\circ$) с заданным участком земной поверхности. Положение указанной точки определено на профильном изображении топографической поверхности (кривая n), образованном в вертикальной плоскости Σ , проведенной через линию m .

Раздел 2. «Изображение геологических объектов на чертежах»

Лекция 8. «ИЗОБРАЖЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ПЛАНЕ»

Требования государственных и отраслевых стандартов к горно-геологической графической документации

Сложность и многообразие горно-геологических чертежей, необходимость передачи с их помощью большого объема различной информации делает необходимым широкое применение условных графических обозначений. Обозначения материалов регламентируются ГОСТ 2.306-68 «Обозначения графические материалов и правила нанесения их на чертежах», а обозначения горных пород ГОСТ 2.857-75 «Обозначения условные полезных ископаемых, горных пород и условий залегания».

С помощью условных обозначений на горно-геологических чертежах показываются вид материала, тип, структура, текстура и другие особенности полезных ископаемых и вмещающих горных пород, а также элементы горных работ (вскрывающие выработки, уступы и т.п.). При выполнении условных обозначений широко используются цветные линии и цветовое тонирование, а также буквы латинского и греческого алфавитов.

Изображение, помещенное на рис. 66, содержит условные обозначения вертикальных выработок на плане – ствола круглого сечения и устья скважины, вскрывшей полезное ископаемое. Здесь же приводится условное обозначение подземной горной выработки на вертикальной плоскости проекций. Высотные отметки, наносимые возле условных обозначений, показывают уровни устья выработок и границ вскрываемых этими выработками слоев пород.

Упрощенные контуры сложных криволинейных форм, горизонтали, изолинии, границы горных пород на разрезах и сечениях, линии ската откосов и нижнюю бровку уступов на планах вычерчивают сплошной тонкой линией, а

нижнюю бровку насыпей (отвалов, терриконов, навалов и др.) – штрихпунктирной тонкой. Верхнюю бровку уступов и гребни отвалов на плане принято выполнять основной линией.



Рис. 66

Масштабы изображений на горно-геологических чертежах обычно выбирают из следующего ряда: 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000.

На горно-геологических чертежах размеры проставляют в миллиметрах, кроме чертежей, на которых изображают большие площади и протяженные объекты, например: изображения шахтных полей, чертежи систем разработок, схемы вскрытия, погоризонтные планы, планы горных работ, чертежи транспортных и энергетических коммуникаций, чертежи всех видов по открытым разработкам, чертежи целиков и т.д. На этих чертежах все линейные размеры следует приводить в метрах, не указывая единицы измерения.

Выполнение вертикальных и горизонтальных разрезов участков земной коры

Профилем вертикального разреза топографической поверхности называют плоскую фигуру, которую получают в сечении поверхности вертикальной плоскостью. На рис. 67 изображен профиль топографической поверхности, образованный в вертикальной плоскости Φ . Плоская кривая задается точками A, B, \dots, N пересечения горизонталей поверхности с секущей плоскостью. По основаниям этих точек, полученным на плане, строится профиль вертикального разреза.

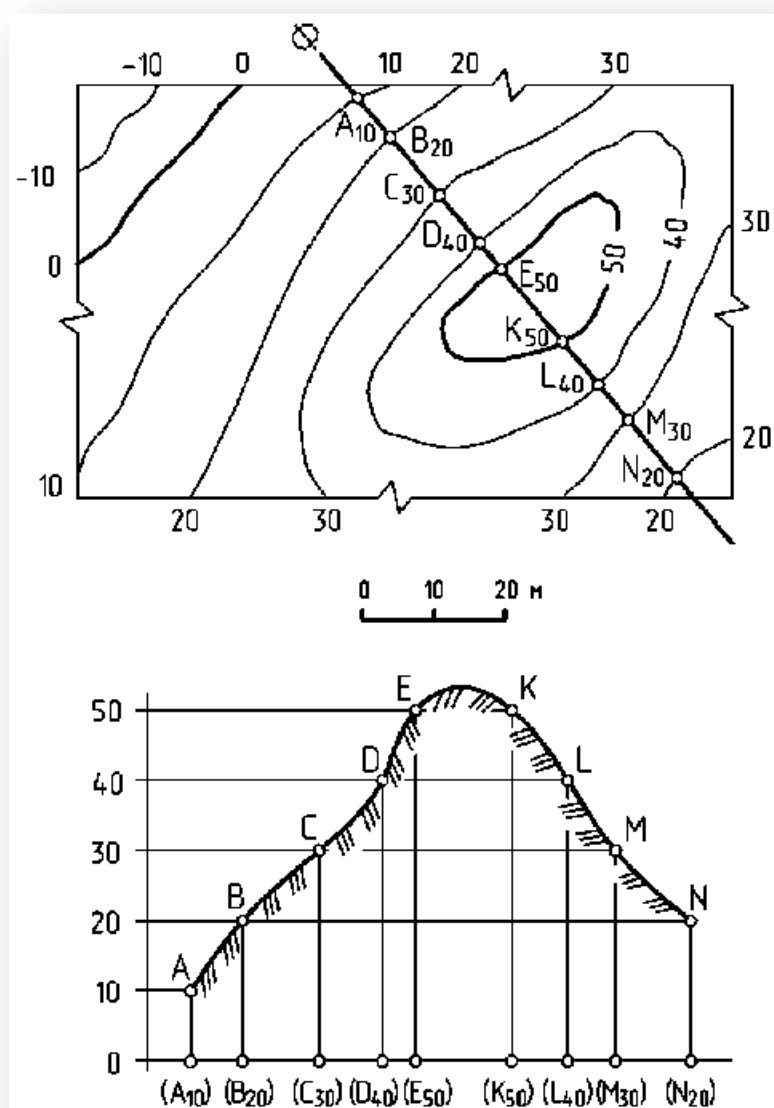


Рис. 67

В сечении топографической поверхности горизонтальной плоскостью получается горизонталь поверхности с той высотной отметкой, какую имеет секущая плоскость.

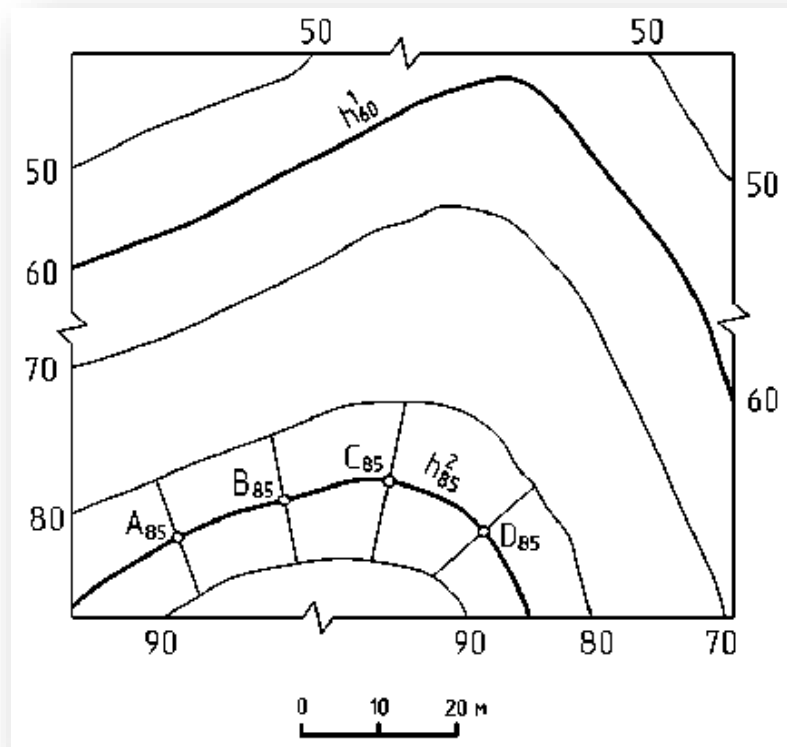


Рис. 68

На рис. 68 показаны линии горизонтальных разрезов поверхности на уровне 60 и 85 м (горизонтали h_{60}^1 и h_{85}^2). Промежуточная горизонталь h_{85}^2 определена на плане точками A , B , C и D , каждая из которых находится на середине линий ската, проведенных между горизонталями h_{80} и h_{90} .

Построение линий пересечения поверхностей на горно-геологических чертежах

Линии пересечения двух поверхностей представляют собой множество точек, общих для обеих поверхностей. Любая поверхность в проекциях с числовыми отметками может быть определена своими горизонталями, а линия пересечения поверхностей – точками пересечения горизонталей с одинаковыми высотными отметками. По этому принципу на рис. 69 построена линия пересечения наклонной плоскости Σ с участком топографической поверхности.

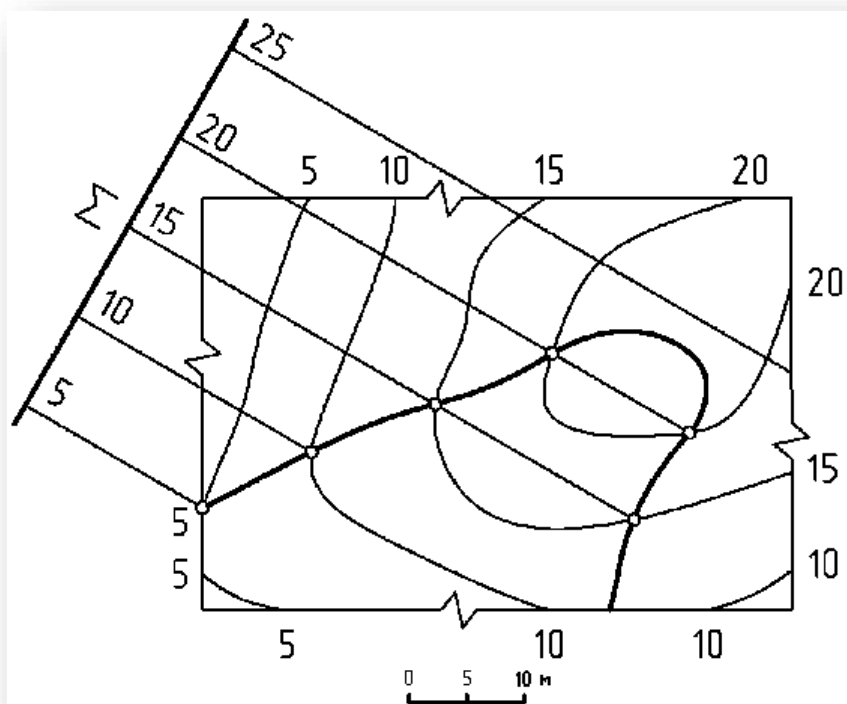


Рис. 69

Пример 1. Построить линию пересечения сферы и прямого кругового конуса, если на плане заданы центр сферы O_0 и вершина конуса S_6 , а также их горизонтали 0-го уровня, соответствующие экватору сферы и основанию конуса (рис. 70).

Проекции горизонталей сферы и прямого кругового конуса с вертикальной осью вращения на плане имеют вид концентрических окружностей. На профильном изображении, образованном в вертикальной плоскости, проведенной через вершину конуса и центр сферы, находим радиусы горизонталей поверхностей, после чего вычерчиваем их циркулем из соответствующих центров на плане (центр O_0 – для горизонталей сферы, центр S_6 – для горизонталей конуса). Точки пересечения одноименных горизонталей определяют искомую линию.

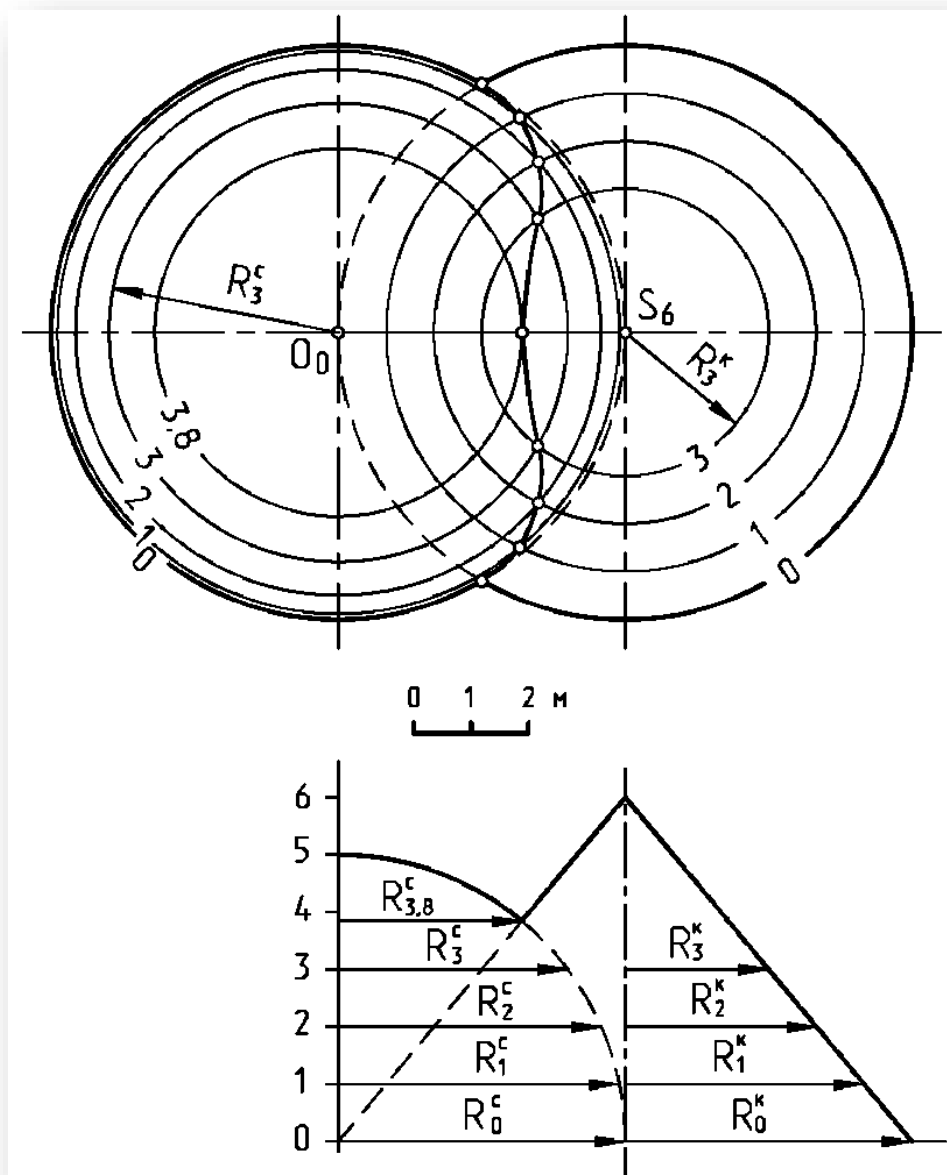


Рис. 70

Пример 2. На участке топографической поверхности (рис. 71) задано положение нижней бровки геолого-разведочной траншеи (горизонтальная линия 42-го уровня) и гребень отвала горных пород (горизонтальная прямая 56-го уровня), полученных при работе экскаватора. Построить верхнюю бровку траншеи и нижнюю бровку отвала, если углы их откоса равны, соответственно, 60 и 35°.

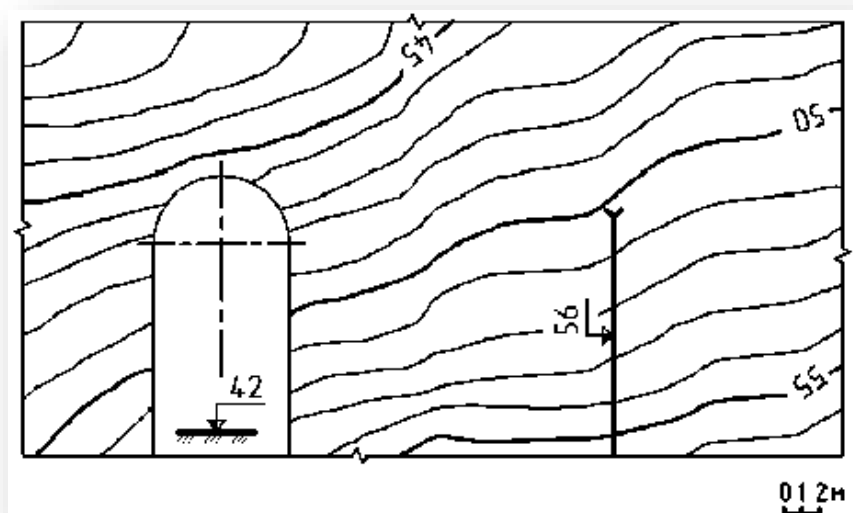


Рис. 71

Откос траншеи упрощенно можно представить состоящим из двух плоских и одного конического участка. Горизонтالي плоских участков имеют вид прямых, горизонтали конического участка – концентрических окружностей. Интервал между горизонталями этих участков одинаков и равен l^{60} (рис. 72). Параллельно заданной на плане горизонтальной бровке траншеи отстраиваем горизонтали 43, 44, 45-го и других уровней. Верхнюю бровку вычерчиваем по точкам пересечения одноименных горизонталей топографической поверхности и откоса траншеи.

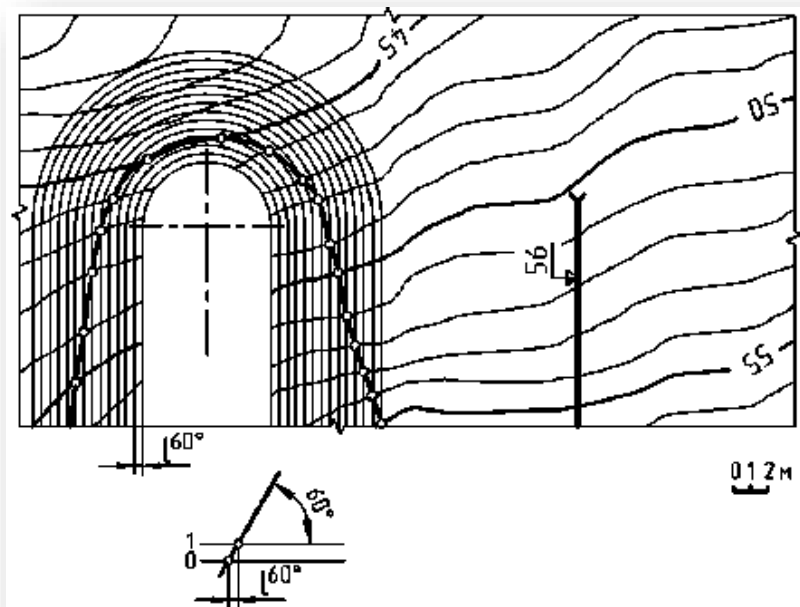


Рис. 72

Откос отвала горных пород также имеет один конический и два плоских участка. Интервал между горизонталями откоса отвала равен l^{35} (рис. 73). Используя этот интервал, вычерчиваем горизонтали 55, 54, 53-го и других уровней, фиксируя точки их пересечения с одноименными горизонталями топографической поверхности. Построенные точки определяют положение нижней бровки отвала.

Полученное на рис. 73 изображение требует доработки и оформления по правилам, принятым для горно-геологических чертежей. Убираем горизонтали откосов, а также те участки горизонталей топографической поверхности, которые оказались наложенными на изображения отвала и траншеи (рис. 74).

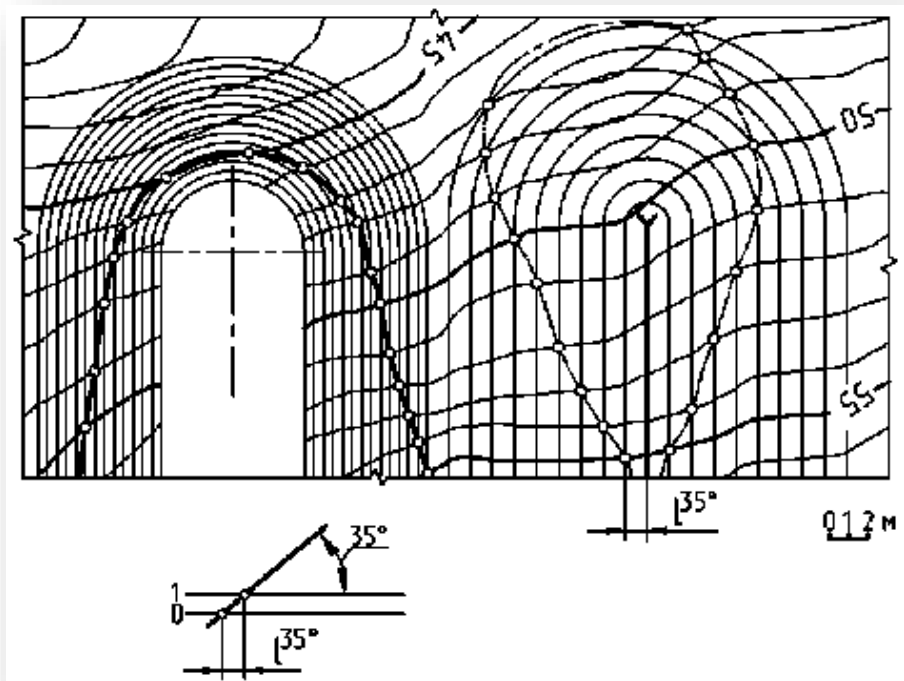


Рис. 73

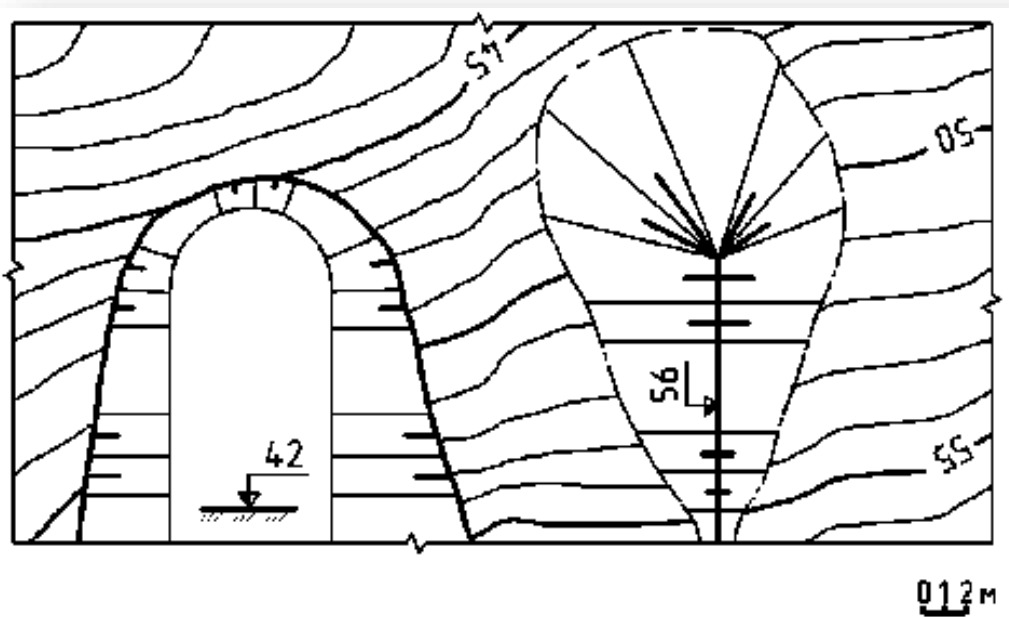


Рис. 74

Верхнюю бровку траншеи обводим сплошной толстой основной линией, нижнюю бровку – сплошной тонкой (так как в результате работы выемочного органа экскаватора по сложной траектории четкая линия нижней бровки отсутствует). Гребень отвала вычерчиваем сплошной толстой основной линией, нижнюю бровку отвала – штрихпунктирной тонкой. Сплошной тонкой линией наносим линии наибольшего ската откосов отвала и траншеи. Максимальное расстояние между соседними линиями ската – $1/3$ длины горизонтальной проекции откоса. Направление понижения откосов указываем бергштрихами основной толщины, длина которых должна быть равна $1/4 \div 1/3$ длины заложения откоса.

Лекция 9. «НАГЛЯДНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ»

Сущность аксонометрических проекций

Для получения наглядных изображений геологических объектов используют *метод аксонометрических проекций*.

Слово “аксонометрия” означает измерение по осям (*греч.* – “ось” и “измеряю”), что достаточно точно отражает сущность рассматриваемого метода изображения пространственных объектов на плоскости – объект относят к натуральной системе координат $Oxyz$ и параллельными лучами проецируют его вместе с координатными осями на картинную плоскость (рис. 75).

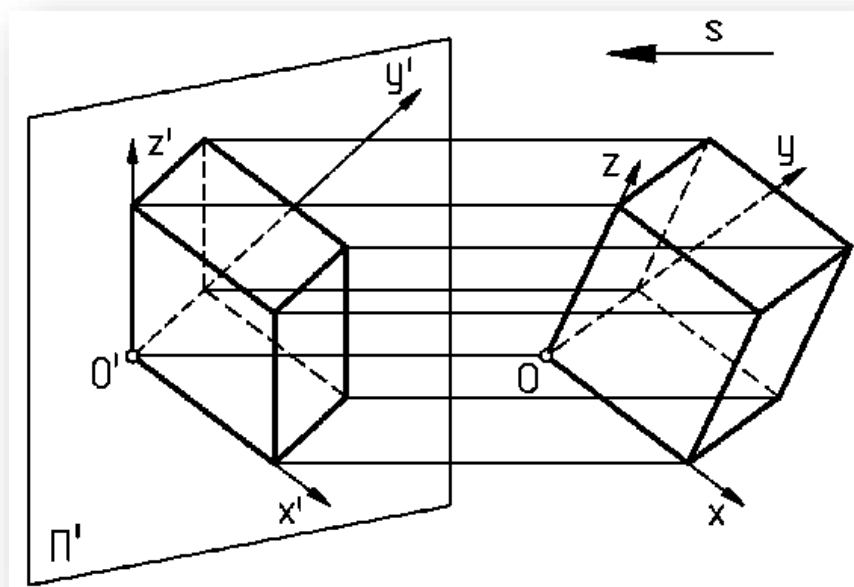


Рис. 75

В результате, на плоскости аксонометрических проекций Π' получают изображение объекта, пространственное положение и размеры которого определяют в *аксонометрической системе координат* $O'x'y'z'$.

Виды аксонометрических проекций и условности при их выполнении

В зависимости от направления проецирования аксонометрические проекции бывают прямоугольными или косоугольными.

При построении аксонометрических проекций необходимо учитывать, что отрезки, лежащие на осях натуральной системы координат (или им параллельные), на плоскости Π' отображаются с искажением. Отношения аксонометрических координатных отрезков к их натуральной величине характеризуют **коэффициентами искажения по осям**. Натуральные коэффициенты искажения обозначают так: по оси $O'x'$ – u , по оси $O'y'$ – v , по оси $O'z'$ – w .

В зависимости от сравнительной величины коэффициентов искажения различают три вида аксонометрических проекций:

изометрия ($u = v = w$);

диметрия ($u = v \neq w, v = w \neq u, u = w \neq v$);

триметрия ($u \neq v \neq w$).

Доказано, что расположение аксонометрических осей и коэффициенты искажения по ним могут быть выбраны произвольно. При этом существует следующая зависимость между коэффициентами искажения и направлением проецирования s :

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2 + \operatorname{ctg}^2 \varphi, \quad (1)$$

где φ – угол между направлением проецирования s и плоскостью Π' . Для прямоугольной аксонометрии зависимость (1) имеет вид

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2. \quad (2)$$

Тогда в прямоугольной изометрии $u = v = w = 0,82$, а в прямоугольной диметрии один коэффициент будет равен 0,47, а два других – 0,94.

При построении аксонометрической проекции объекта координаты его характерных точек умножают на величину соответствующего коэффициента искажения. На рис. 76 показано построение аксонометрии точки A , заданной

на плане (A_5), в аксонометрической системе координат $O'x'y'z'$ при коэффициентах искажения u , v и w .

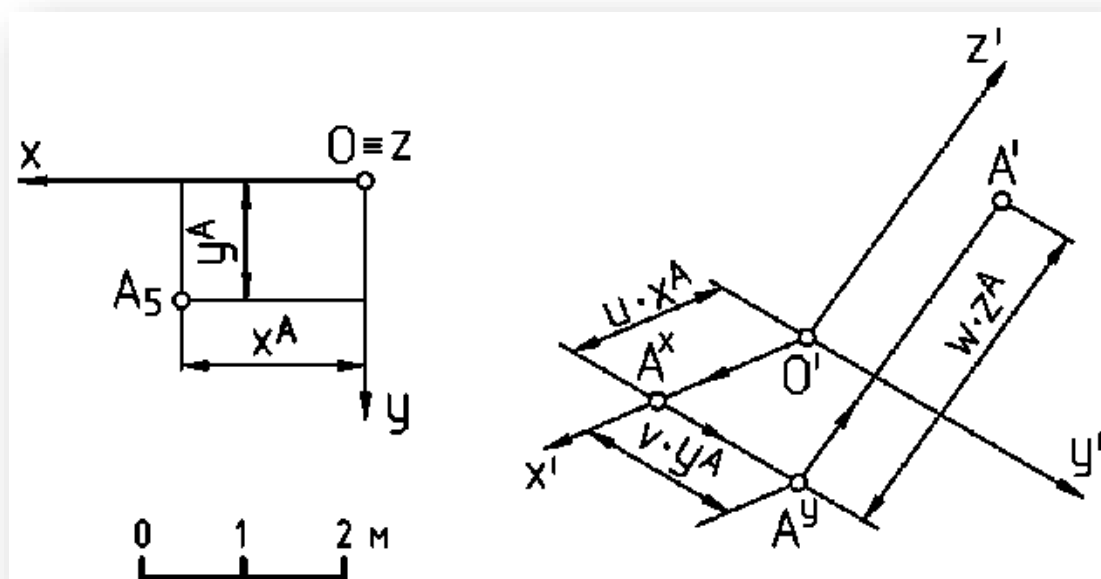


Рис. 76

Построения выполняются в такой последовательности:

на плане вычерчивают проекции осей натуральной системы координат $Oxyz$;

определяют величины координатных отрезков точки A : x^A , y^A и $z^A = 5$ (высотная отметка);

на аксонометрическом чертеже строят аксонометрическую координатную ломаную линию $O'A^x A^y A^z$, отдельные участки которой $O'A^x = u \cdot x^A$, $A^x A^y = v \cdot y^A$ и $A^y A^z = w \cdot z^A$ параллельны осям $O'x'$, $O'y'$ и $O'z'$ соответственно. В конце координатной ломаной получают аксонометрическую проекцию точки A (A').

ГОСТ 2.317-69 “Аксонометрические проекции” устанавливает пять видов аксонометрических проекций, рекомендованных для использования в чертежах всех отраслей промышленности и строительства (рис. 77): *a* - прямоугольная изометрия; *b* - прямоугольная диметрия; *в* - фронтальная изометрия; *г* - горизонтальная изометрия; *д* - фронтальная диметрия.

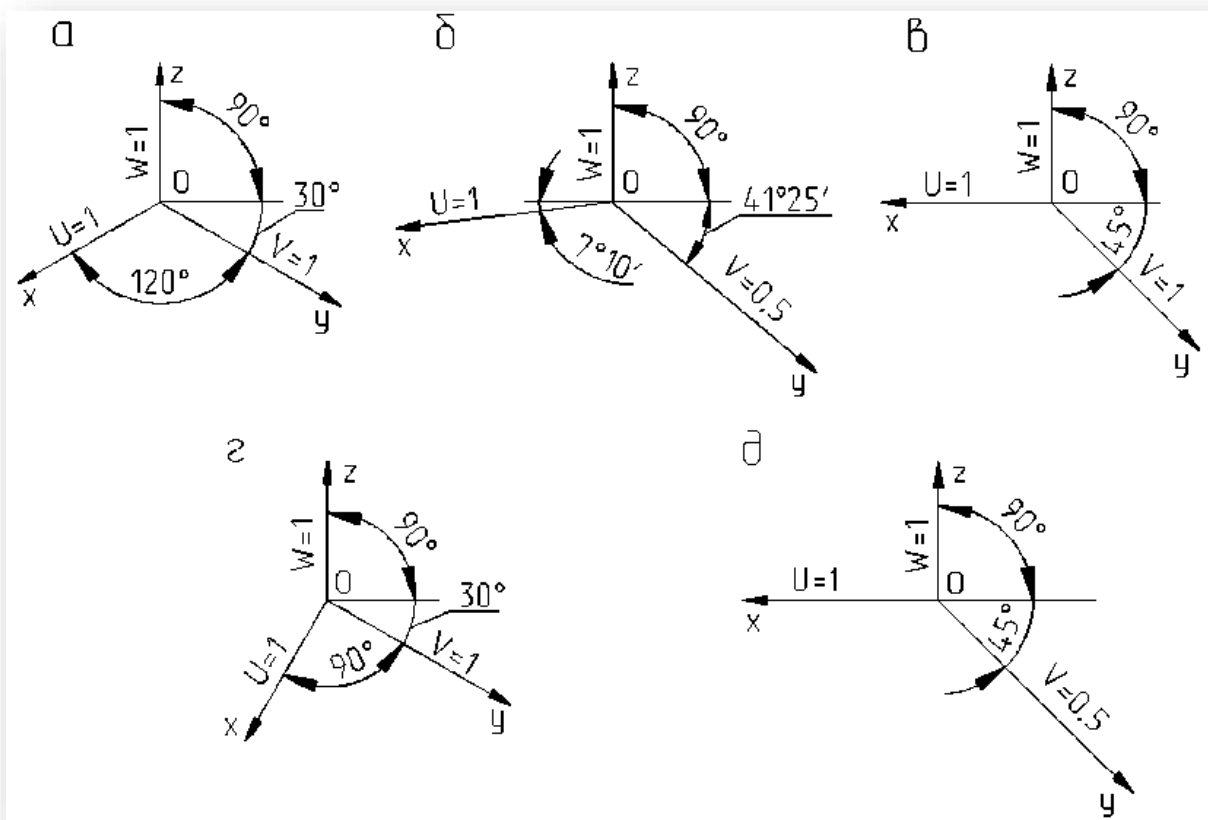


Рис. 77

В стандартной прямоугольной изометрии в целях исключения вычислительных операций коэффициенты искажения по аксонометрическим осям принимают равными $U = V = W = 1$. Использование приведенных к единице коэффициентов искажения увеличивает аксонометрическое изображение в 1,22 раза, т.е. его отношение к натуральной величине составляет 1,22:1. Координатные оси в прямоугольной изометрии располагаются под углом 120° друг к другу (рис. 77, а).

В стандартной прямоугольной диметрии оси располагаются, как показано на рис. 77, б. Приведенные коэффициенты искажения $U = W = 1, V = 0,5$. Масштаб изображения в этом случае равен 1,06:1.

ГОСТ 2.317-69 допускает применять фронтальную изометрию с углом наклона оси Oy 30° и 60° ; горизонтальную изометрию с углом наклона оси Oy 45° и 60° , сохраняя прямой угол между осями Ox и Oy ; фронтальную диметрию с углом наклона оси Oy 30° и 60° . Допускается использовать и другие

теоретически обоснованные аксонометрические проекции.

На рис. 78 выполнены построения прямоугольной изометрии и фронтальной диметрии прямоугольного параллелепипеда с вырезом, заданного на плане проекциями ребер с указанием высотных отметок вершин.

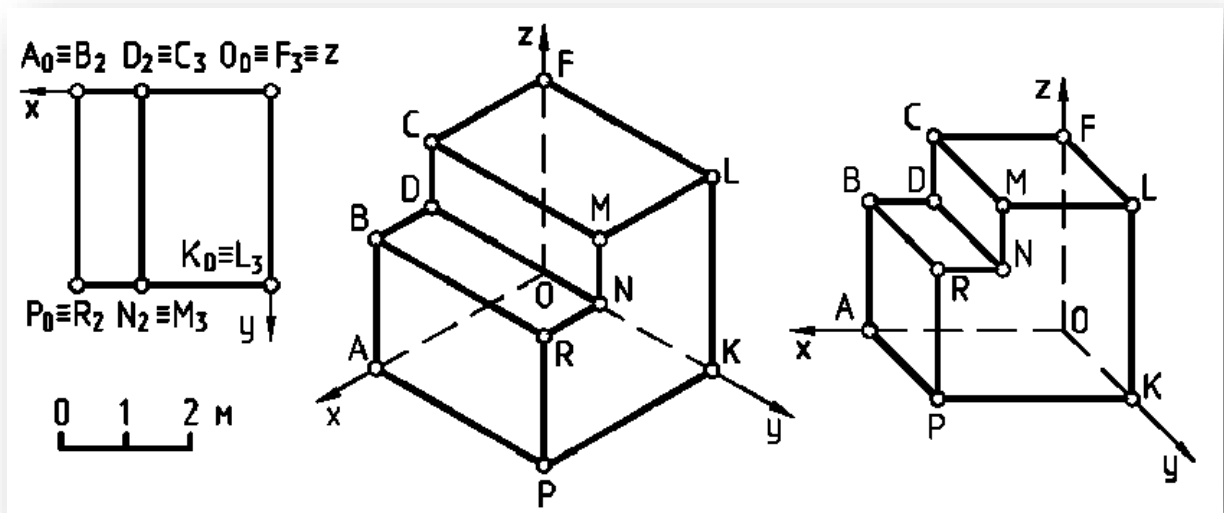


Рис. 78

Построения наглядных изображений осуществлены с использованием приведенных коэффициентов искажения.

Для удобства измерений оси координат сориентированы по ребрам многогранника: ось Ox проходит вдоль ребра OA , ось Oy – вдоль ребра OK , ось Oz – вдоль ребра OF .

Так как все ребра многогранника параллельны соответствующим координатным осям, то и на наглядном изображении их строят с учетом видимости параллельно аксонометрическим осям. При этом величину ребер замеряют на плане и откладывают ее в изометрии без изменения по всем осям, а в диметрии – уменьшая вдвое длины ребер, параллельных оси Oy .

Построение геологической блок-диаграммы

Блок-диаграммой в геологии называют наглядное изображение участка земной коры, ограниченного кровлей блока (участком топографической поверхности) и геологическими разрезами.

Рассмотрим пример построения прямоугольной изометрии участка топографической поверхности, заданной на плане горизонталями (рис. 79) и ограниченной вертикальными плоскостями между точками A , B , C и D . Эти плоскости пересекают топографическую поверхность по линиям m ($A_{2,5}$, ..., B_2), n (B_2 , ..., $C_{2,8}$), t ($C_{2,8}$, ..., D_6) и p (D_6 , ..., $A_{2,5}$).

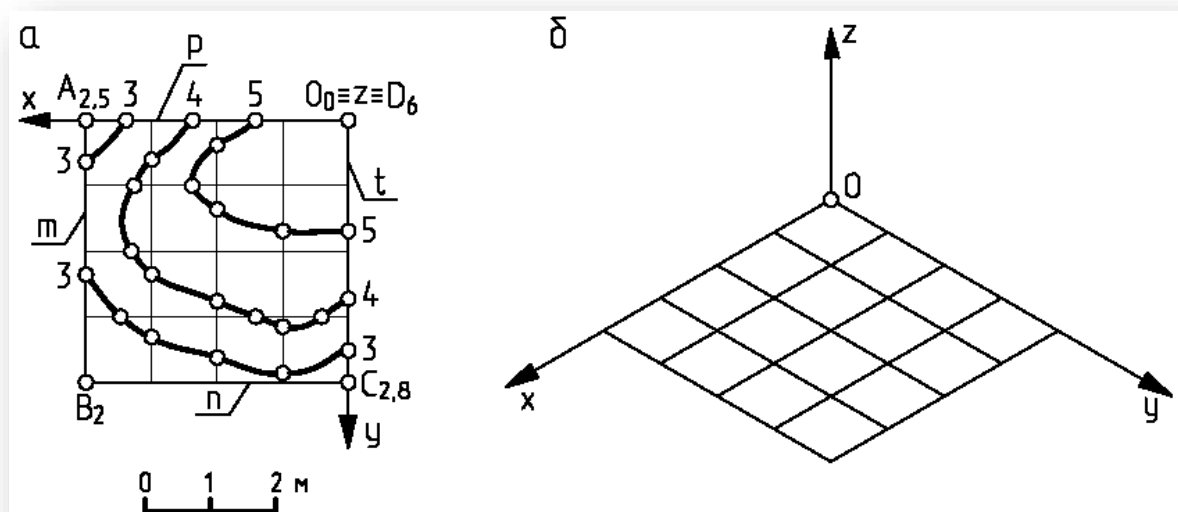


Рис. 79

Построение изометрии производят в следующей последовательности:
на плане топографической поверхности вычерчивают сетку квадратов;
отмечают точки пересечения (узловые точки) горизонталей поверхности с линиями сетки (рис. 79, а);

чертят оси натуральной системы координат, учитывая характер поверхности (подъем, спуск, направление склонов и т.д.) с целью придания аксонометрическому изображению наибольшей наглядности (на рис. 79

начало координат взято в основании самого высокого участка поверхности);
 вычерчивают оси изометрии и изометрию сетки квадратов (рис. 79, б);
 используя координаты узловых точек, измеренные на плане, строят изометрию плана топографической поверхности (рис. 80);
 поднимают каждую горизонталь изометрии плана на соответствующую высотную отметку и плавными кривыми соединяют крайние точки, ограничивающие участок поверхности (рис. 81).

Построение блок-диаграммы начинают с вычерчивания аксонометрической проекции кровли блока либо с аксонометрических проекций геологических разрезов. Профили разрезов для этой цели удобно изображать совмещенными в одну вертикальную плоскость, так как они имеют общую границу – ребро блока.

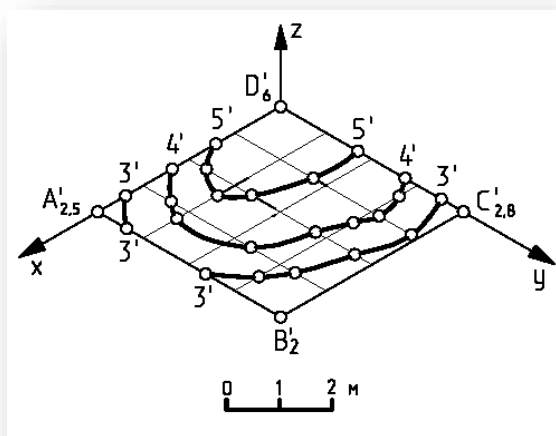


Рис. 80

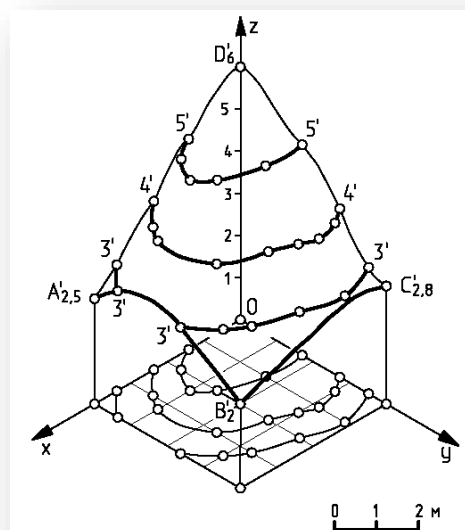


Рис. 81

На рис. 82 приведен участок геологической карты, где показан выход на дневную поверхность пластообразной залежи, ограниченной параллельными плоскостями θ и Σ .

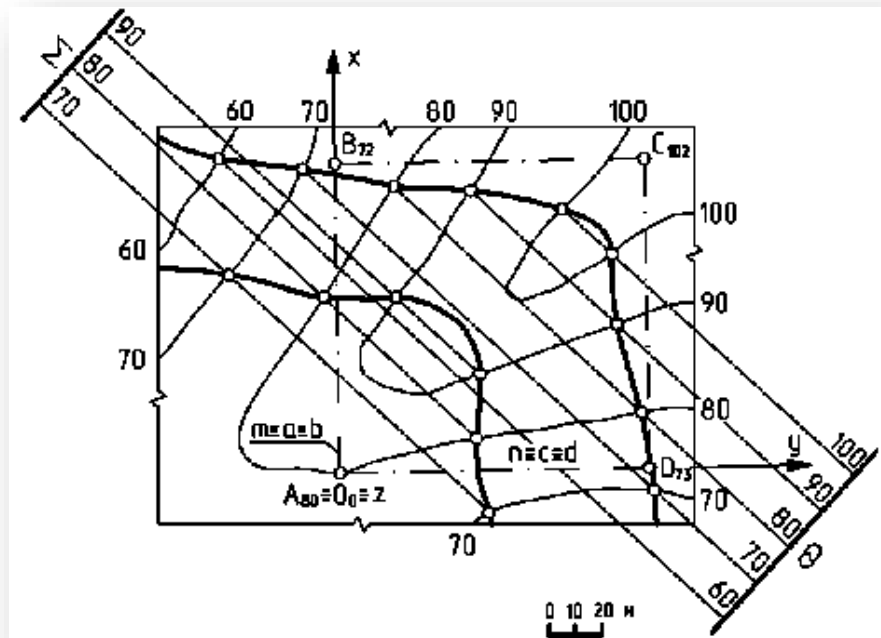


Рис. 82

Блок, наглядное изображение которого нужно построить, ограничен на плане четырехугольником $ABCD$. Начало координат взято под точкой A . Координатная плоскость xOz проходит по границе AB блока, а координатная плоскость yOz – по границе AD . Совмещенные вертикальные разрезы этими плоскостями показаны на рис. 83.

Плоскость xOz пересекает кровлю блока по линии m , кровлю пласта – по прямой a , а почву пласта – по прямой b . Плоскость yOz пересекает кровлю блока по линии n , кровлю пласта – по прямой c , почву пласта – по прямой d . Профили перечисленных линий строят по точкам пересечения горизонталей топографической поверхности и плоскостей θ и Σ с вертикальными плоскостями, ограничивающими блок. При этом ребро $A_{80}O_0$ является общим для стенок блока, поэтому линии a и c имеют на ребре общую точку M , а линии b и d – точку N .

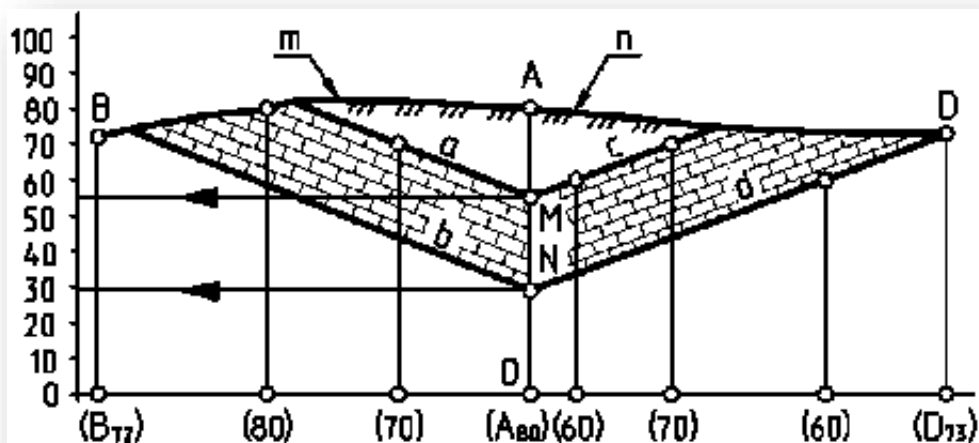


Рис. 83

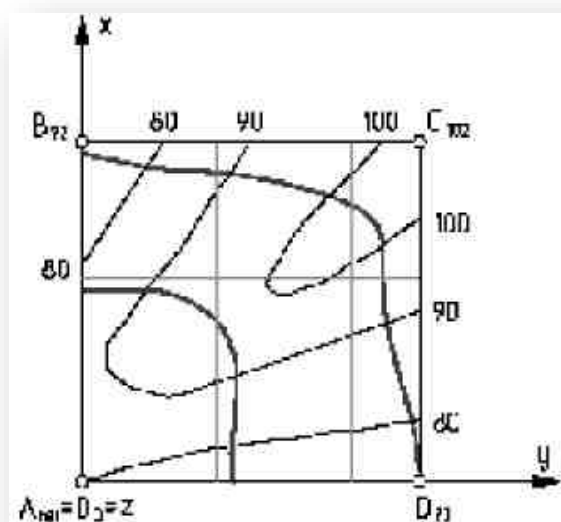


Рис. 84

Наглядное изображение кровли блока строят на основании плана участка, как это было показано выше (см. рис. 79–81). С целью упрощения построения изометрию плана выделенного участка вычерчивают на кальке с разбивкой его на квадраты (рис. 84).

На изометрии плана выделяют точки пересечения горизонталей топографической поверхности с линиями выхода пласта (рис. 85). Затем

вычерчивают “стенки” блока – прямоугольные изометрии вертикальных разрезов по линиям AB и AD (рис. 86).

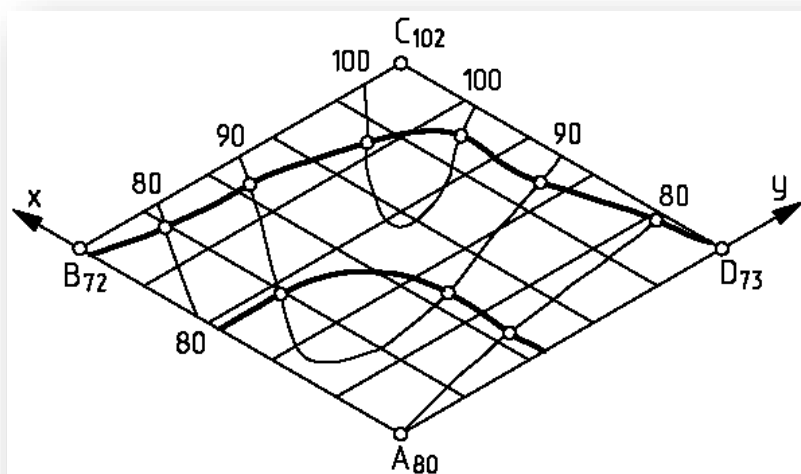


Рис. 85

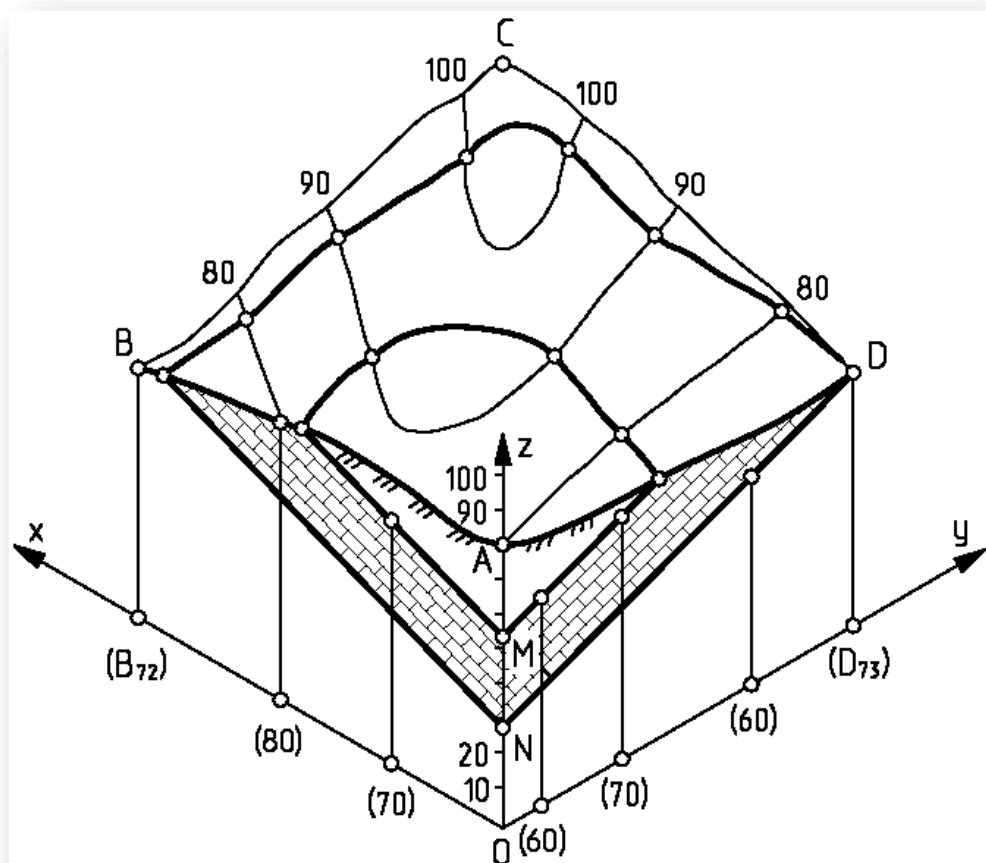


Рис. 86

Изображение аксонометрических проекций горизонталей топографической поверхности выполняют на светокопировальном столе. Точку A на кальке совмещают с выбранной высотной отметкой на оси Oz блок-диаграммы так, чтобы линии Ox и Oy изометрии плана были параллельны линиям Ox и Oy на блок-диаграмме, и перерисовывают соответствующую этой высотной отметке горизонталь поверхности, фиксируя точки ее пересечения с линиями выхода пласта. Перемещая точку A по оси Oz , аналогичным образом наносят все горизонталы. Затем очерчивают границы BC и CD блока плавными кривыми и соединяют точки, принадлежащие линиям выхода пласта на дневную поверхность (рис. 86).

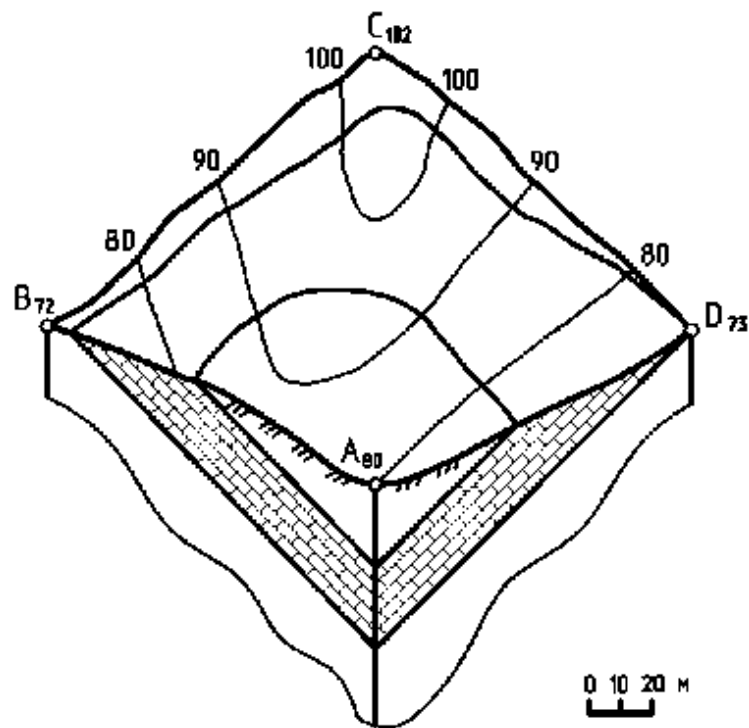


Рис. 87

Окончательное оформление блок-диаграммы зависит от конкретной задачи, при этом профиль рельефа и ребра блока следует наносить основной линией (рис. 87).

РАЗДЕЛ II

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

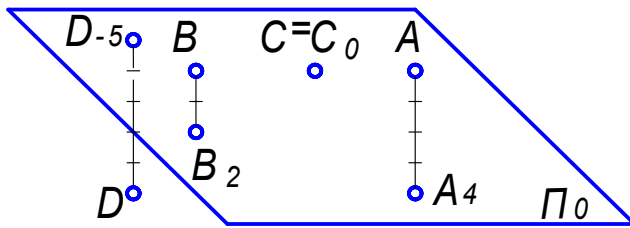
1. ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ, ПРЯМОЙ, ПЛОСКОСТИ

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

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

Чертеж, выполненный в проекциях с числовыми отметками, принято называть **планом** и сопровождать численным и линейным масштабами. На рис. 1, *а* дано наглядное изображение расположения точек **A, B, C, D** в пространстве; на рис. 1, *б* – чертеж этих точек в проекциях с числовыми отметками. Если соединить две из имеющихся точек прямой линией, то получим чертеж **прямой линии** в проекциях с числовыми отметками (рис. 2, *а*).

а)



б)

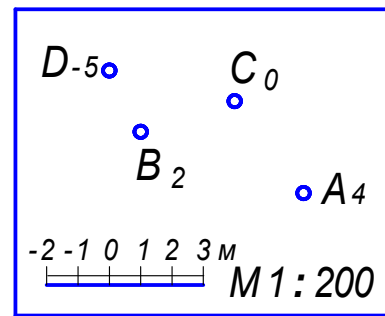


Рис. 1

Длину проекции прямой на горизонтальную плоскость ($B_2 A_4$) называют **заложением**. Заложение обозначают буквой L (рис. 2, б). Разность высот точек A и B называют **превышением Δh** .

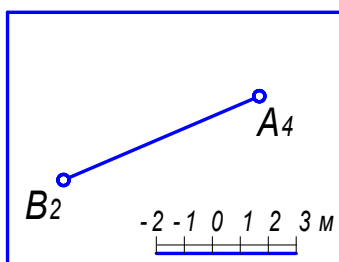
$$\Delta h = h_A - h_B.$$

Отношение превышения к заложению называют **уклоном** прямой и обозначают буквой i .

$$i = \Delta h / L.$$

Углом наклона φ прямой AB к горизонтальной плоскости Π_0 является острый угол между прямой и её проекцией на плоскость Π_0 (см. рис. 2, б).

а)



б)

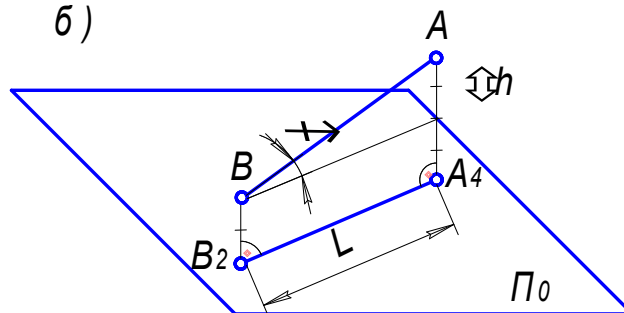


Рис. 2

На рис. 3 показано определение натуральной величины отрезков AB и AC как гипотенуз прямоугольного треугольника, одним катетом которого является заложение L , а другим – превышение конечных точек отрезка Δh . На этом же рисунке показано **градуирование** прямой AC т.е. определение на заложении прямой положения точек,

имеющих отметки, кратные 1 м. Если градуирование прямой выполняется на чертеже, где отсутствует натуральная величина, то используют произвольную прямую KE , на которой отмеряют необходимое количество произвольных, но равных между собой отрезков (рис. 4).

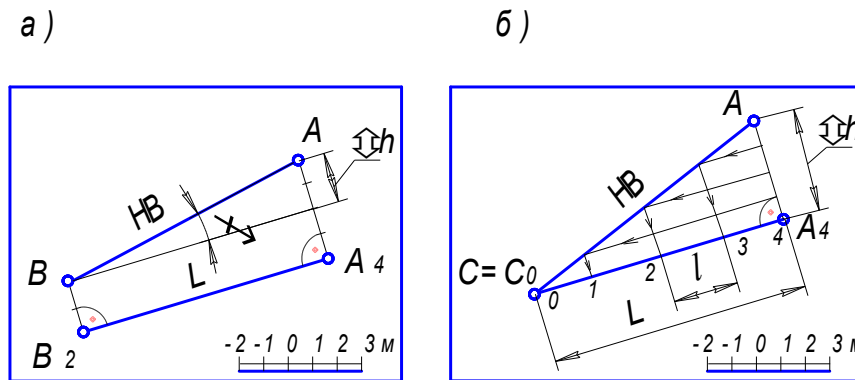


Рис. 3

Если превышение прямой равно единице, то заложение такого отрезка называют **интервалом**. Интервал – это горизонтальная проекция отрезка, разность отметок концов которого равна 1 м. Интервал обозначают буквой ℓ (см. рис. 3, 4). Интервал и уклон – величины обратно пропорциональные.

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

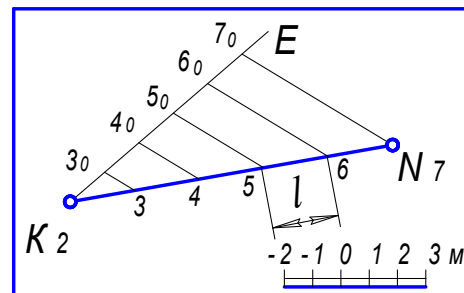


Рис. 4

Плоскость может быть задана на проекциях с числовыми отметками различными способами (рис. 5):

- параллельными прямыми (рис. 5, а). Признаками параллельности прямых на проекциях с числовыми отметками являются параллельность проекций, равенство интервалов и одинаковое направление уклонов;

- пересекающимися прямыми (рис. 5, б). Признаком пересечения двух прямых на проекциях с числовыми отметками является наличие общей точки K , которая имеет одинаковую отметку для каждой из двух прямых;

- тремя точками или любым плоским n -угольником (рис. 5, в);
- проекцией на горизонтальную плоскость проградированной линии ската, которая называется **масштабом уклона** (рис. 5, г). Масштаб уклона принято изображать двумя параллельными линиями (основной и тонкой).

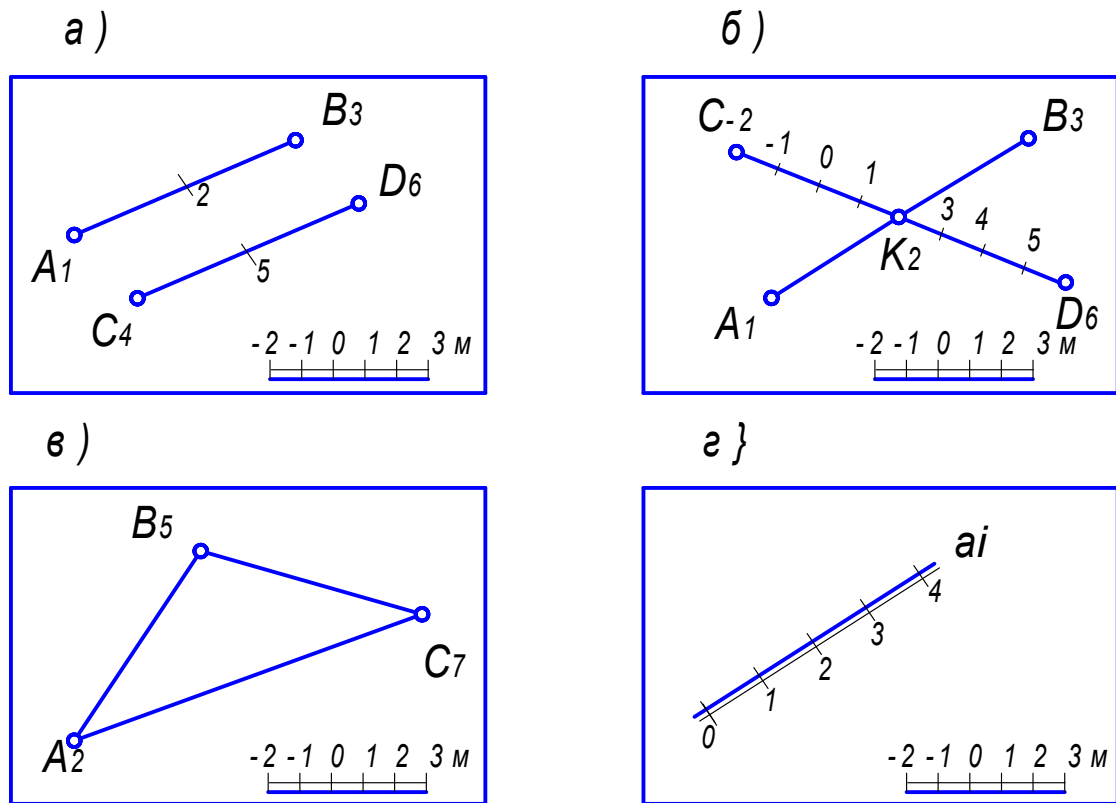


Рис. 5

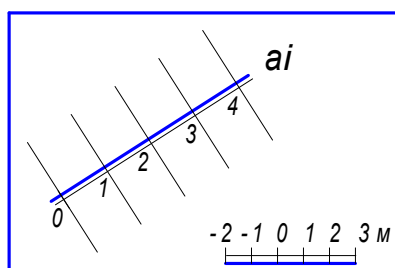


Рис. 6

Известно, что линия ската перпендикулярна горизонталям плоскости. Таким образом, согласно теореме о проекциях прямого угла, угол между масштабом уклона и проекциями горизонталей будет прямой (рис. 6).

Угол φ между линией ската и масштабом уклона является углом наклона плоскости к плоскости нулевого уровня Π_0 (рис. 7).

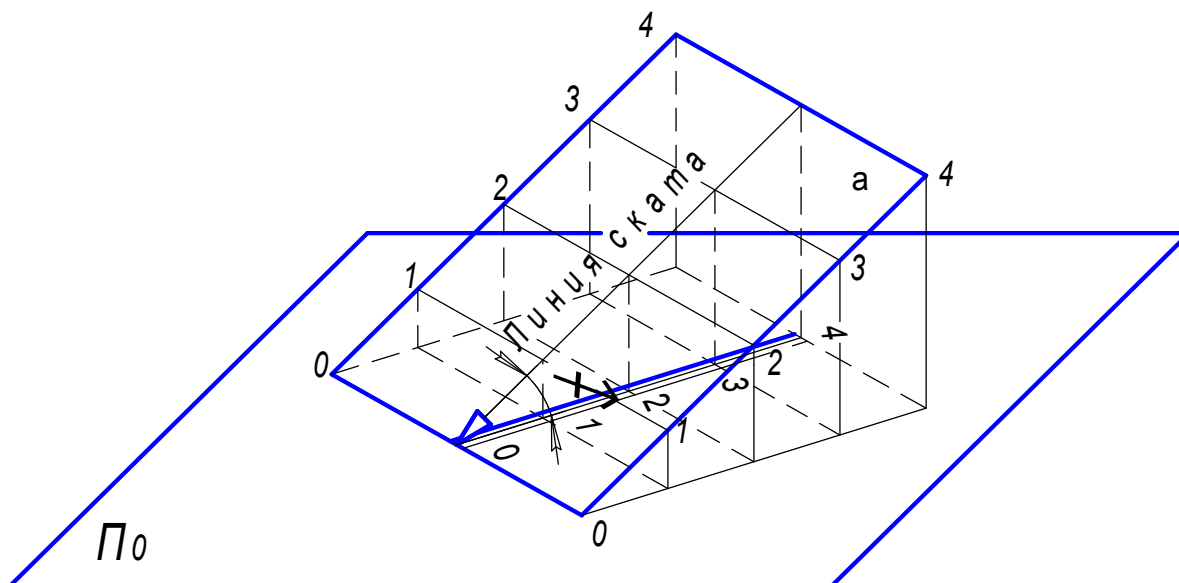


Рис. 7

II.2. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ, ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ

Многие положения относительно взаимного расположения двух плоскостей или прямой и плоскости, изображенных в ортогональных проекциях, применимы и к проекциям с числовыми отметками.

Прямая линия лежит в плоскости, если имеются две точки, общие для прямой и плоскости.

Точка принадлежит плоскости, если она расположена на какой-либо прямой этой плоскости.

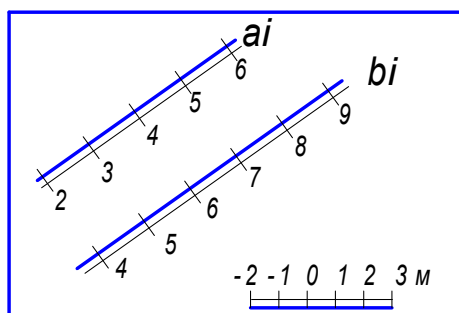


Рис. 8

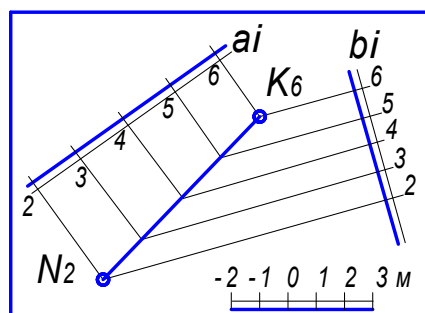


Рис. 9

Если две плоскости параллельны (рис. 8), то в проекциях с числовыми отметками:

- масштабы уклонов их параллельны;
- интервалы равны;
- отметки возрастают в одну сторону.

Если две плоскости пересекаются (рис. 9), то достаточно определить две точки K и N , общие для этих плоскостей. В проекциях с числовыми отметками эти точки определяются как точки пересечения горизонталей одного уровня.

Если одна или обе пересекающиеся плоскости заданы другими способами (см. рис. 5, a , b , v), то положение одноименных горизонталей определяется после градуирования прямых линий, задающих плоскость (рис. 10). В данном случае выполнено градуирование прямой AC .

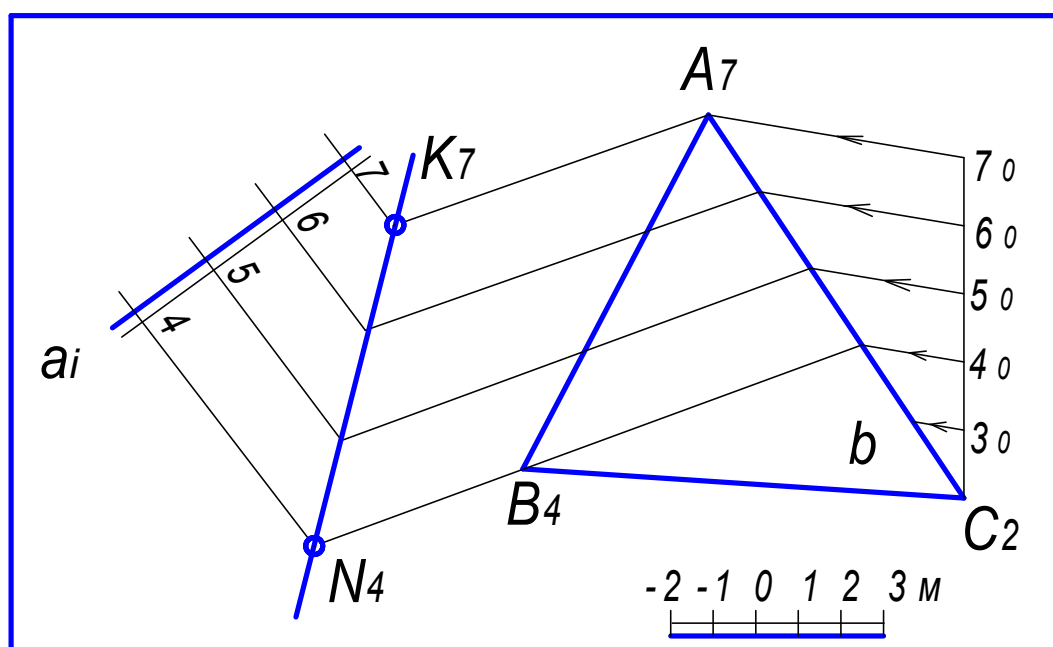


Рис. 10

На рис. 11 показано определение точки пересечения прямой AB с плоскостью α . При этом выполняют те же вспомогательные построения, что и при решении данной задачи в ортогональных проекциях:

- через прямую AB проводят вспомогательную плоскость β . Задают ее параллельными горизонталями соответствующего уровня. Направление горизонталей выбирают произвольно;
- строят линию пересечения MM заданной и вспомогательной плоскостей;
- искомую точку K определяют при пересечении заданной прямой AB и построенной линии пересечения NM

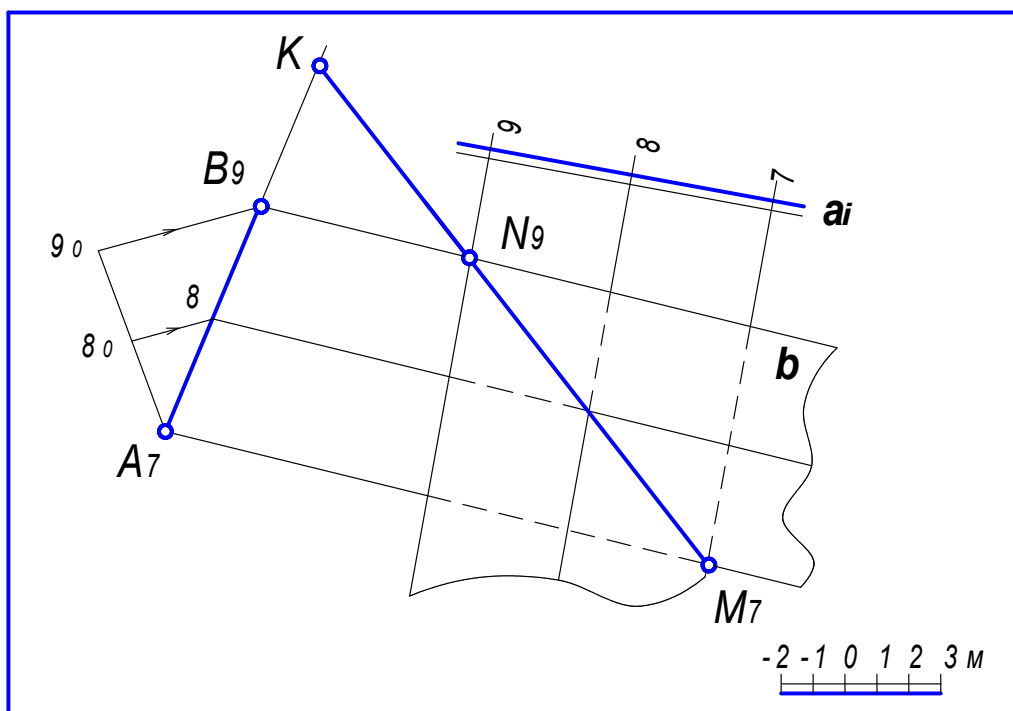


Рис. 11

II.3. ПОВЕРХНОСТИ В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

3.1. Проекция геометрических поверхностей

При проектировании инженерных сооружений широко используются чертежи геометрических поверхностей, выполненные в проекциях с числовыми отметками. К геометрическим поверхностям относятся все закономерные поверхности. Чаще всего при проектировании сооружений в проекциях с числовыми отметками встречаются поверхности конусов (конуса откосов дамб и насыпей подходов к мосту), гранные поверхности (откосы котлованов и насыпей дорог), поверхности равного уклона (в земляных сооружениях).

Поверхность в проекциях с числовыми отметками задается горизонталями, полученными при пересечении поверхности горизонтальными плоскостями, проведенными с равным шагом. Часто шаг этих плоскостей принимается равным 1 м.

Чертежи прямого кругового и наклонного конусов показан на рис. 12. Профили А-А и Б-Б на данных чертежах соответствуют фронтальным проекциям данных конусов на эпюре Монжа.

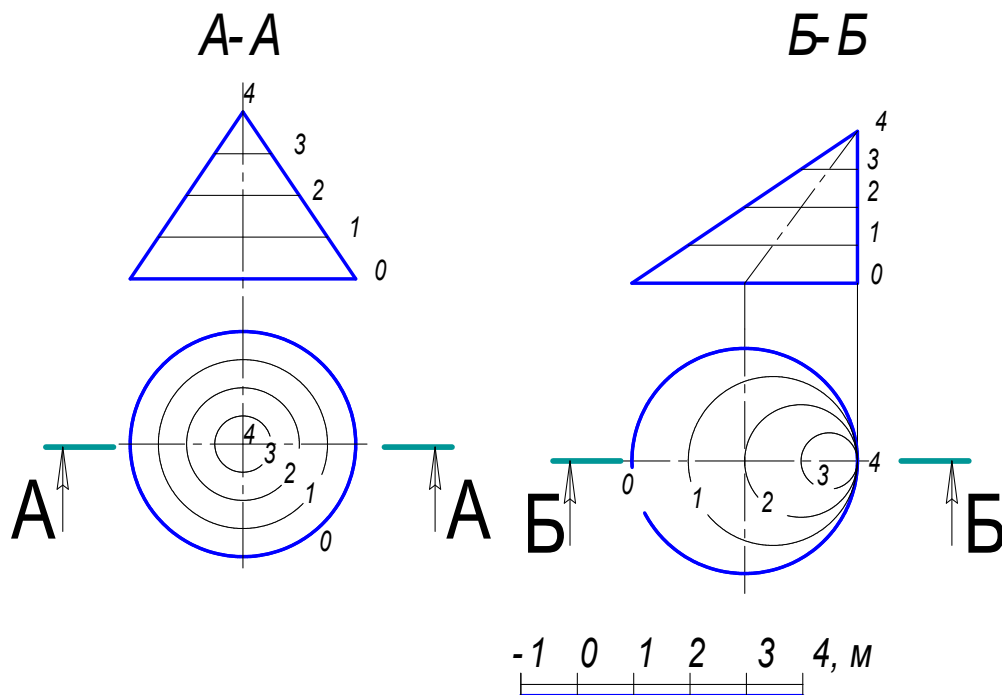


Рис. 12

Вертикальный круговой цилиндр на плане вырождается в окружность и все его горизонтالي совпадают с нею. На плане обозначают отметку верхней и нижней горизонталей цилиндра. Примером вертикального цилиндра в транспортном сооружении может служить кирпичная стенка укрепления откоса насыпи Ленинградского моста (на правом берегу) в г. Омске (рис. 13).



Рис. 13

Чертежи горизонтального цилиндра и сферы в проекциях с числовыми отметками даны на рис. 14, а, б соответственно.

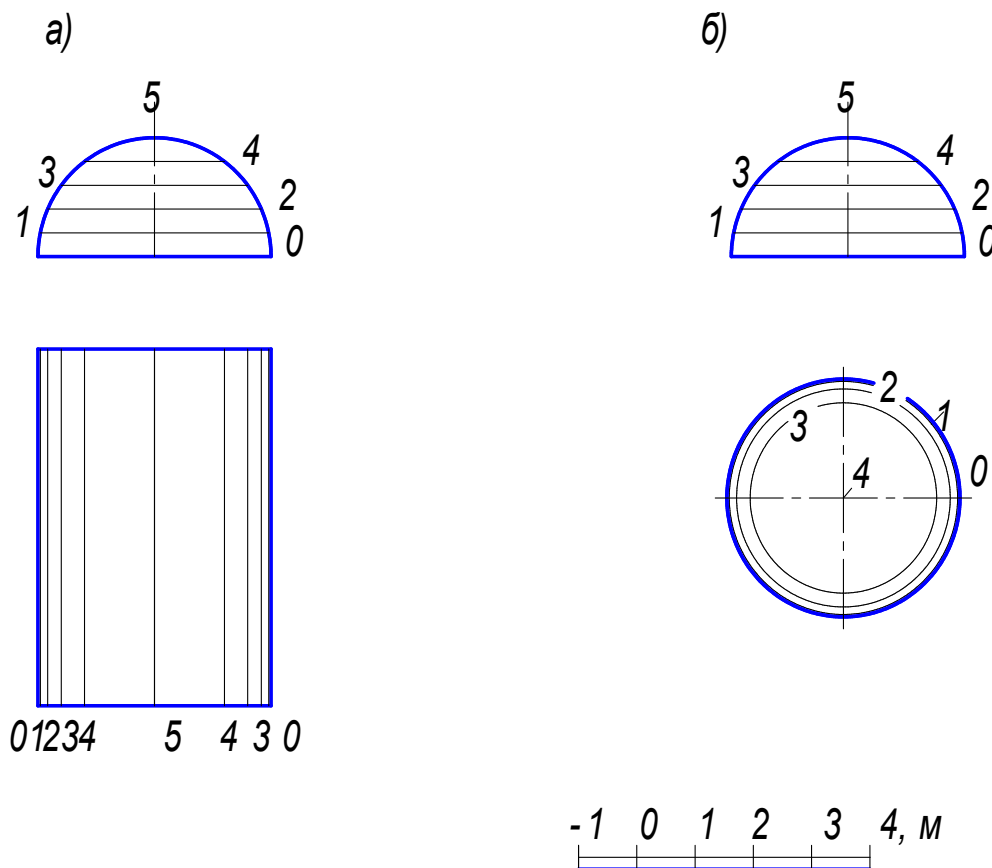


Рис. 14

3.2. Проекция топографической поверхности. Пересечение прямой и плоскости с топографической поверхностью.

Топографическая поверхность не подчиняется строгому математическому описанию. Примером топографической поверхности может служить рельеф местности. Топографическая поверхность изображается на чертежах проекциями расположенных на ней кривых линий-горизонталей, по которым топографическая поверхность пересекается горизонтальными плоскостями. Расстояние между этими плоскостями называется высотой сечения горизонталей, которую выбирают в зависимости от рельефа местности и масштаба чертежа. При крупных масштабах и пологих скатах рельефа местности рекомендуется высоту сечения горизонталей принимать кратной 1 метру.

Для построения линии пересечения плоскости α с топографической поверхностью точки пересечения одноименных горизонталей

соединяются отрезками прямых (рис. 15). Если секущая плоскость вертикальная, то на чертеже строится профиль топографической поверхности, т.е. линия пересечения топографической поверхности вертикальной плоскостью. Построение профиля топографической поверхности строится так же, если необходимо построить точки пересечения прямой с топографической поверхностью (рис. 16). Ход решения в этом случае следующий:

1. Через заданную прямую **СВ** проводится вспомогательная вертикальная плоскость.

2. Строится профиль топографической поверхности по данному разрезу **А-А**.

3. На профиль топографической поверхности наносится прямая **СВ** по отметкам точек **С** и **В**.

4. Точки **К** и **Н** пересечения прямой **СВ** с профилем топографической поверхности являются искомыми.

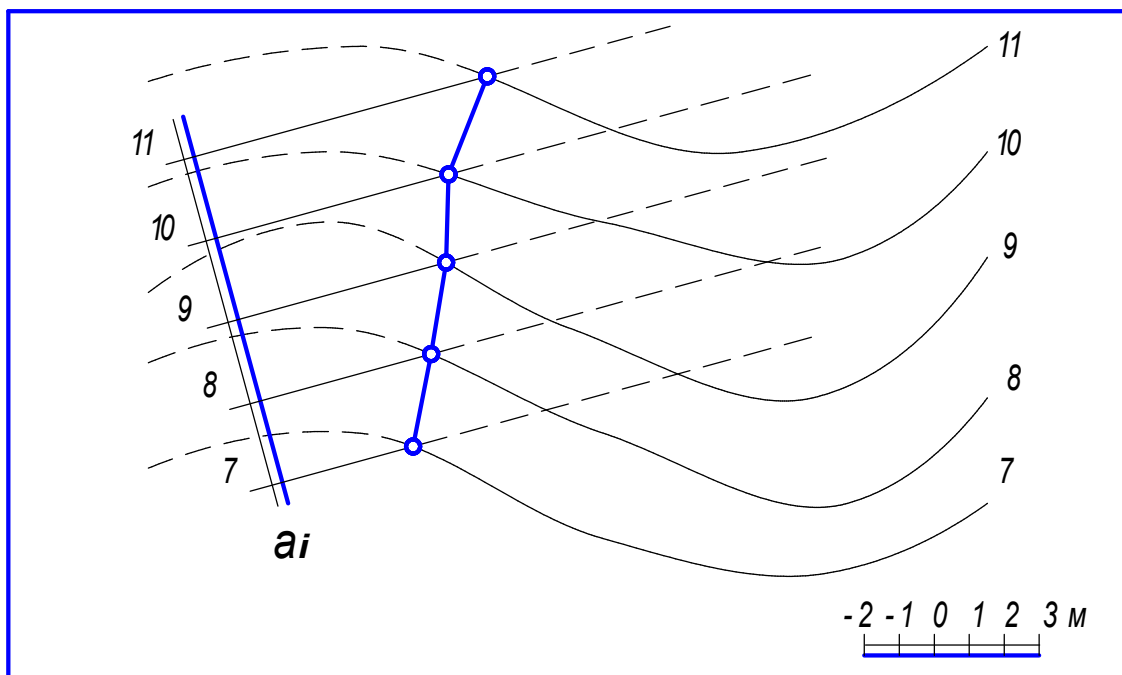


Рис. 15

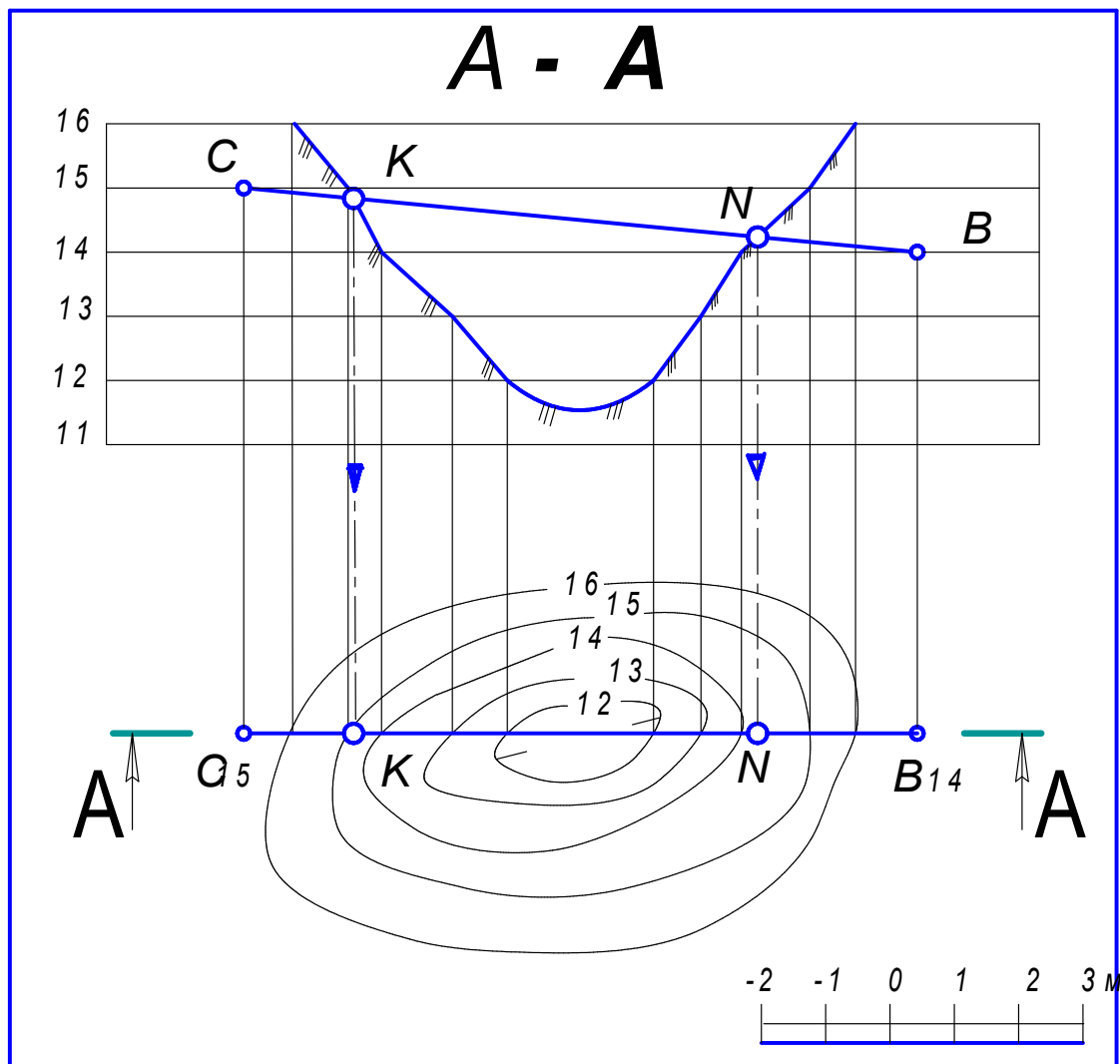


Рис. 16

3.3. Построение поверхности и плоскости заданного уклона

При решении задачи построения горизонталей откосов насыпи или выемки для аппарата используют вспомогательные конуса заданного уклона. Если аппарат запроектирована прямой в плане, то решение сводится к построению горизонталей плоскости, касательной к поверхности конуса (рис. 17). Прямой круговой конус должен иметь вертикальную ось и образующие с уклоном, равным уклону плоскости откоса насыпи. Горизонталь откоса A_41 проводится касательной к окружности радиуса $R1$.

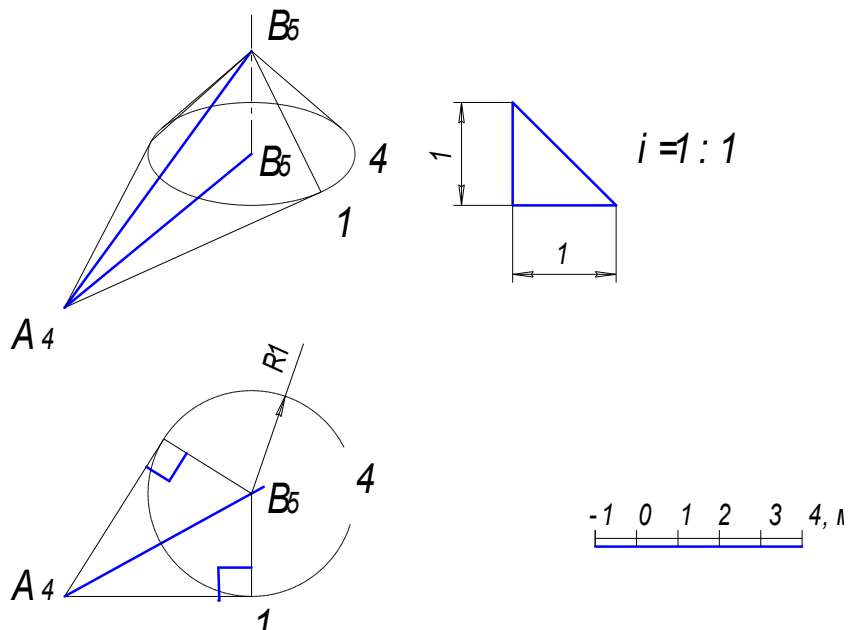


Рис. 17

При построении поверхности равного уклона (рис. 18) для откосов насыпи или выемки аппарели, запроектированной на кривой, задаются конусы соответствующего уклона и привязанные вершинами к точкам бровки аппарели, имеющим целочисленные значения отметок. Проекция горизонталей поверхности откосов проводятся как огибающие, касательные горизонталям конусов, соответствующим по высотной отметке.

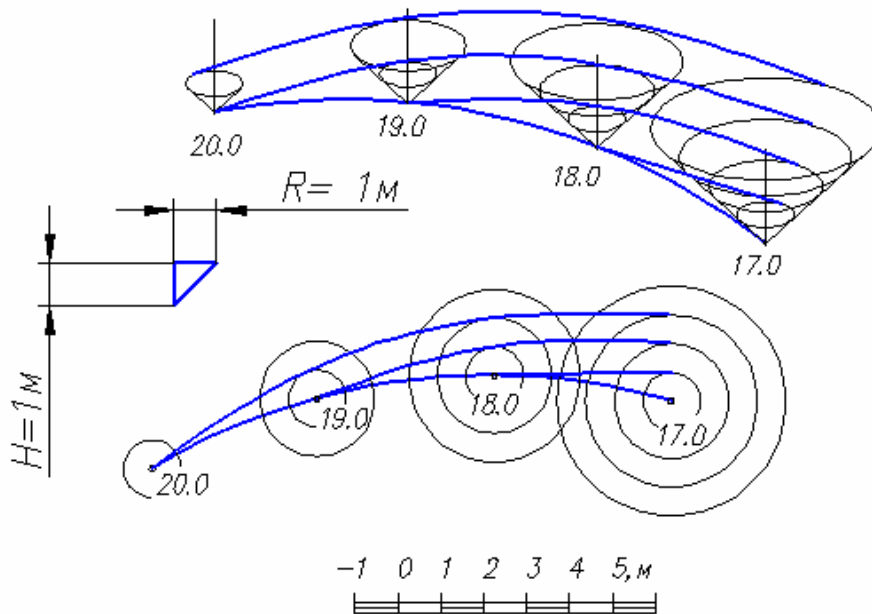


Рис. 18

II.4. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАДАЧИ В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

4.1. Условие задачи

Задача заключается в следующем: на заданном плане местности выполнить чертеж сооружения, состоящего из горизонтальной строительной площадки и двух съездов (аппарелей). **Аппарель** - это участок дороги с продольным уклоном. Наглядное изображение данного сооружения представлено на рис. 19.

Поверхность земли по заданию имеет уклон в одну сторону, поэтому часть площадки будет в насыпи, часть в выемке,

4.2. Исходные данные

Исходными данными являются:

1. План местности, изображенный совокупностью горизонталей, проведенных через 1 м.
2. Контур площадки и участков съездов. Площадка может иметь по углам скругление заданного радиуса. Съезды в плане заданы: один прямолинейный, другой криволинейный.
3. Высотная отметка площадки.
4. Уклоны съездов: прямолинейного $i_{п.с} = 1:6$, криволинейного $i_{к.с} = 1:4$; уклоны откосов насыпи: $i_{о.н} = 1:1,5$ и выемки $i_{о.в} = 1:1$.
5. Положение секущей плоскости для выполнения профиля сооружения и топографической поверхности.
6. Масштаб изображения 1:200 (или 1:100).

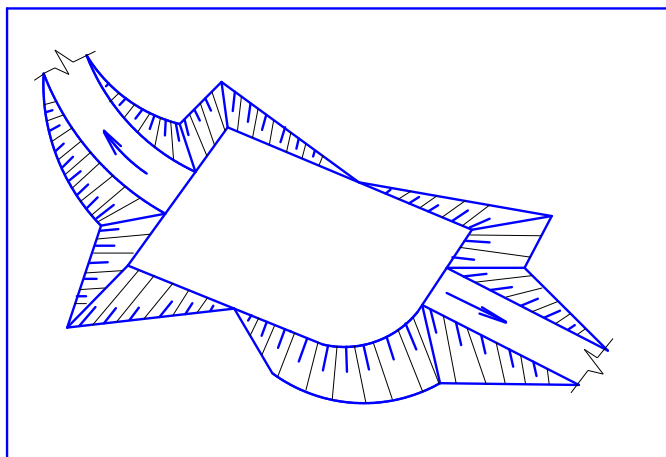


Рис. 19

4.3. Основные этапы построения чертежа

4.3.1. Построение графика масштабов уклонов

Построение графика масштабов уклонов показано на рис. 20. По вертикальной шкале нанесены значения превышений, по горизонтальной – заложений. Для масштаба чертежа 1:200 интервал сетки 5 мм, для масштаба 1:100 интервал сетки 10 мм. На графике представлены линии заданных уклонов и интервалы для них.

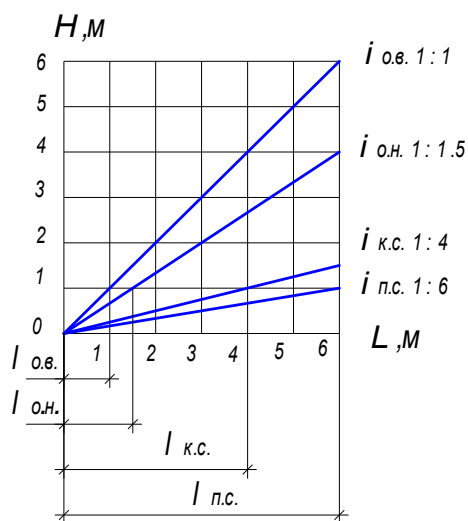


Рис. 20

4.3.2. Определение границы выемки и насыпи

Граница выемки и насыпи определяется положением горизонтали местности, отметка которой равна высотной отметке горизонтальной площадки сооружения (рис. 21).

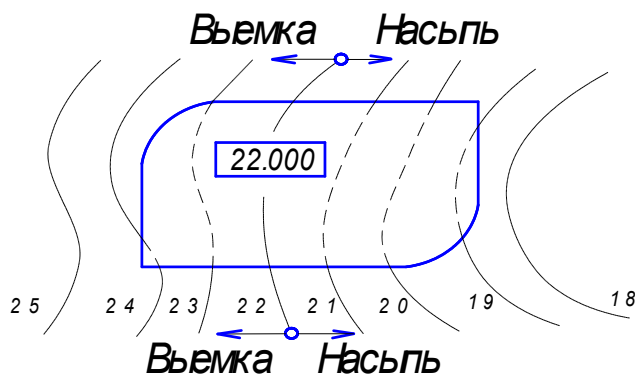


Рис. 21

4.3.3. Построение проектных горизонталей

Построение проектных горизонталей выполняется по двум параметрам: направлению и интервалу. Интервалы для откосов насыпи и выемки представлены на графике масштабов уклонов (рис. 20). На чертеже сооружения интервалы указываются на линии масштабов уклонов, которая проводится через точки – границы насыпи и выемки.

Направление проектных горизонталей для откосов горизонтальной площадки соответствует ее контуру, т.к. линии контура площадки и есть проектные горизонтали откосов с отметкой площадки. На откосах насыпи отметки проектных горизонталей от контура площадки уменьшаются, на откосах выемки – увеличиваются (рис. 22).

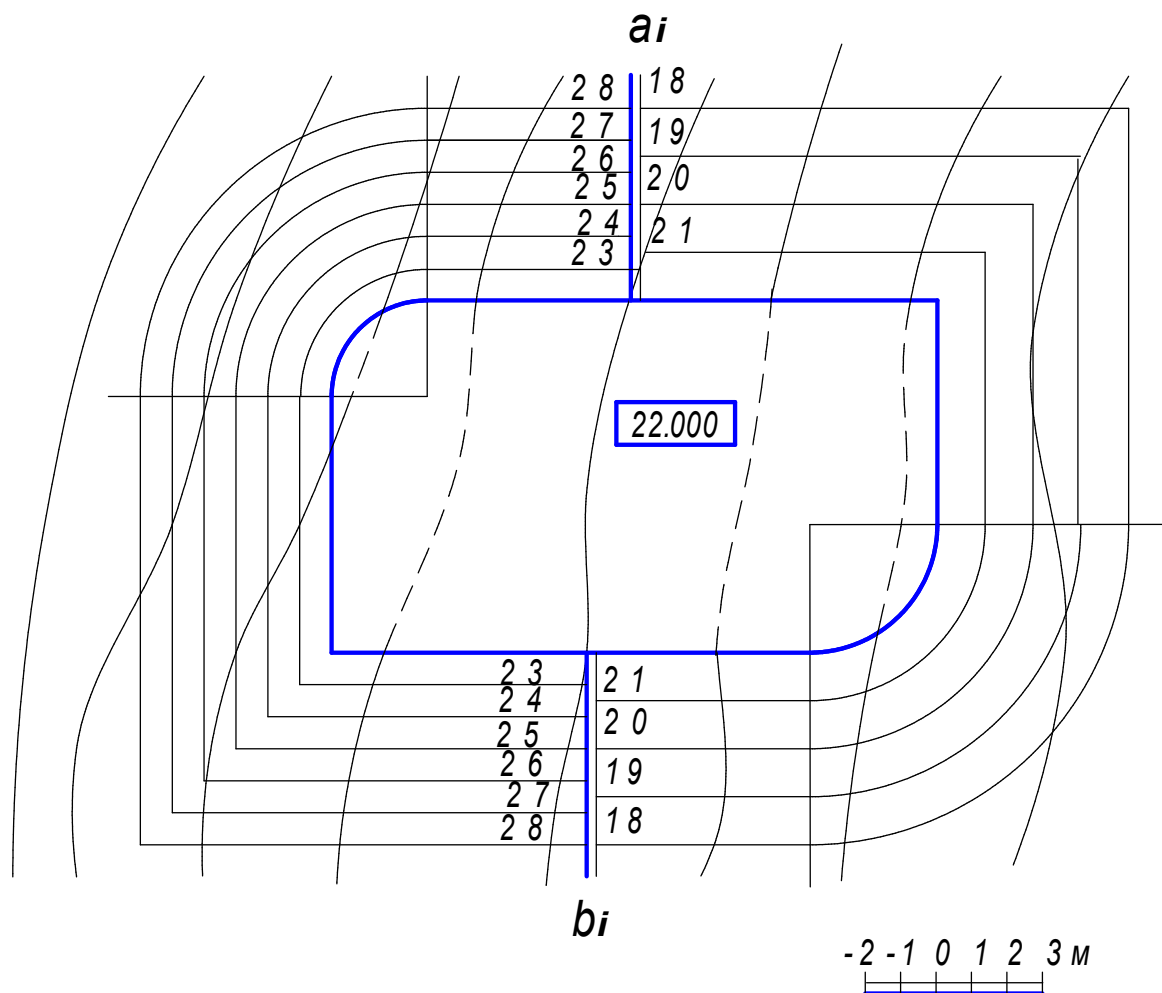


Рис. 22

Проектные горизонтали съездов (рис. 23, 24) вычерчиваются перпендикулярно оси съезда с соответствующим интервалом, указанным на рис. 20. Для криволинейного съезда величина интервала отмеряется по оси съезда, а направление горизонталей радиальное. На откосах съездов проектные горизонтали не параллельны контуру съездов, а будут расположены касательно к горизонталям вспомогательных конусов с вершинами в точке пересечения линии контура съезда с контуром площадки. Уклон образующих этих конусов будет равен уклону откосов съезда. Горизонтали вспомогательных конусов – это окружности радиусом, равным величине, кратной интервалу. Для их вычерчивания используется вспомогательное построение (см. рис. 23, 24).

В точке пересечения линий контура съезда с контуром площадки вычерчивается окружность радиусом, равным интервалу соответственно для откосов насыпи или выемки. Горизонталь откоса съезда с отметкой 21 (см. рис. 23) проводится как касательная к этой окружности.

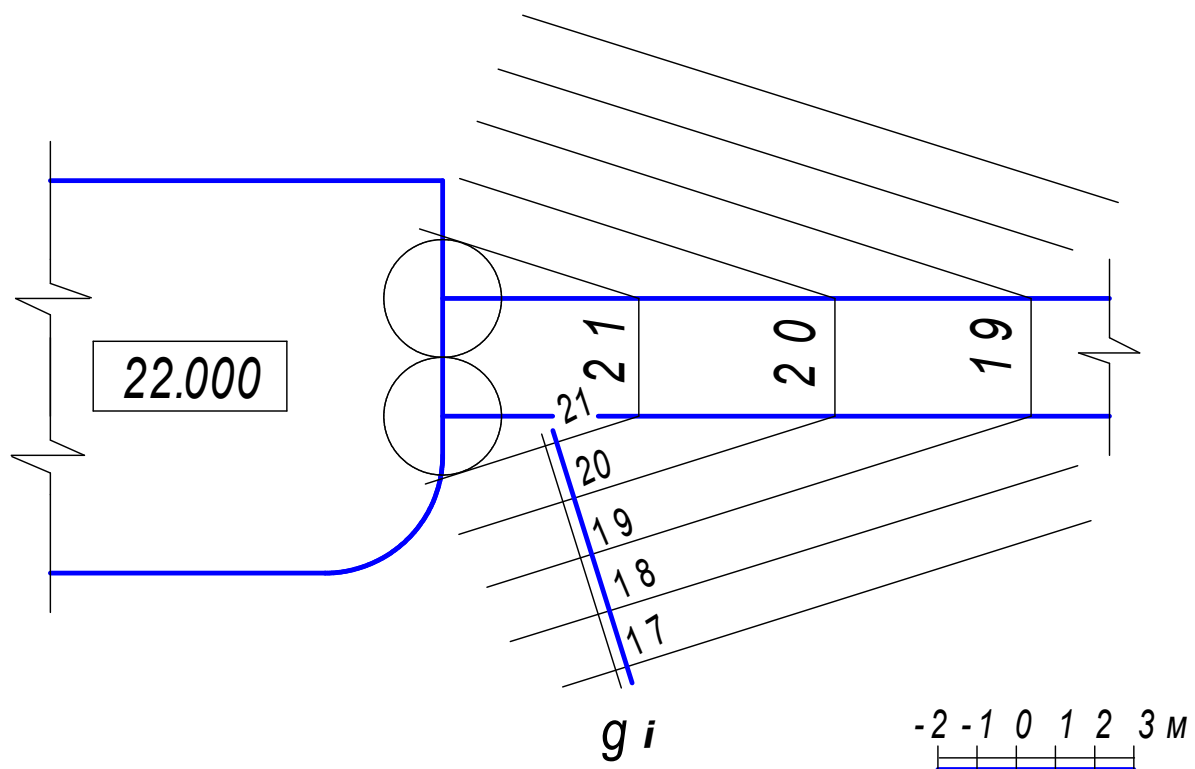


Рис. 23

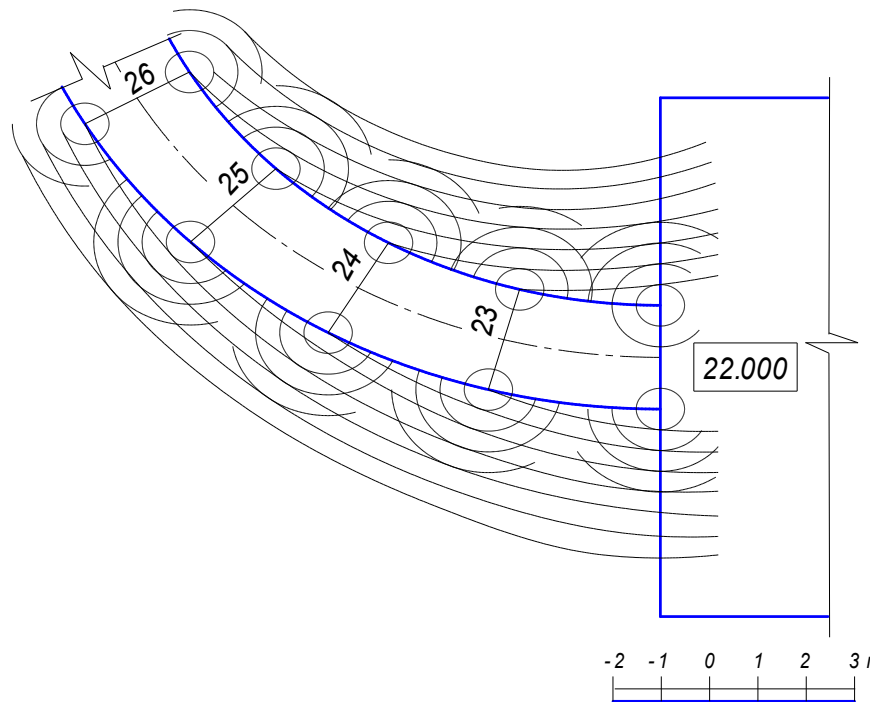


Рис. 24

Последующие горизонталы параллельны этому направлению. Для прямолинейного съезда проектные горизонталы откосов – прямые линии (см. рис. 23). Для криволинейного съезда проектные горизонталы откосов – кривые линии (см. рис. 24). Для обеспечения плавности этих кривых используются окружности радиусом, равным двум интервалам, трем и т. д. (см. рис. 18).

4.3.4. Построение линий пересечения соседних откосов

Линии пересечения соседних откосов строятся по точкам пересечения одноименных проектных горизонталей откосов (рис. 25, 26). Если оба соседних откоса плоские, то линия их пересечения – прямая линия (см. рис. 25). Если хотя бы один откос криволинейный, то линия пересечения откосов может оказаться кривой линией (см. рис. 26).

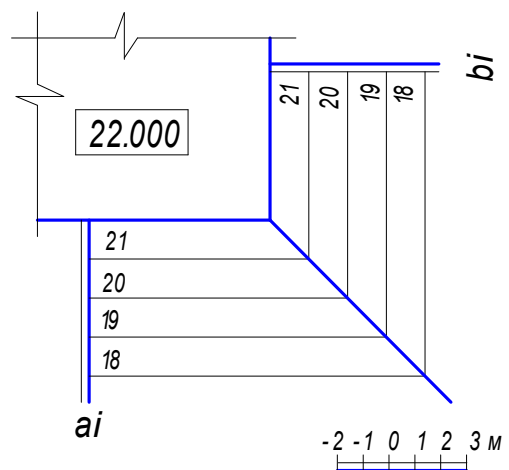


Рис. 25

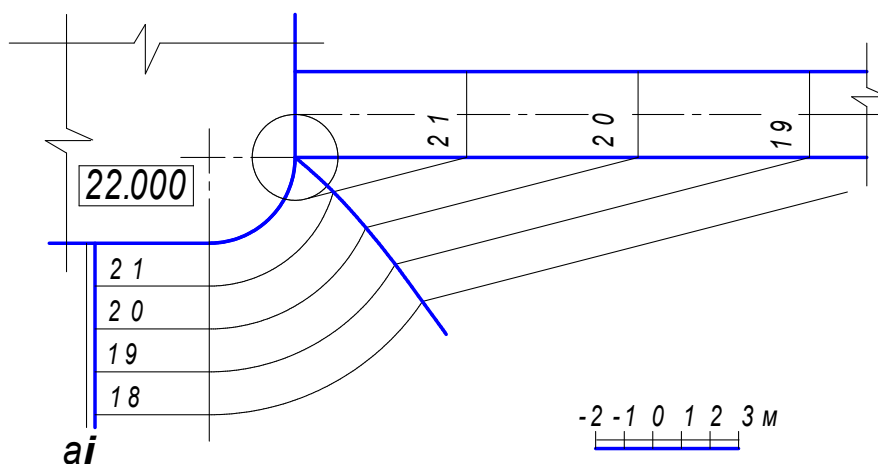


Рис. 26

4.3.5. Построение линий пересечения откосов сооружения с поверхностью земли (подошвы откосов сооружения)

Линия пересечения откосов сооружения с поверхностью земли строится по точкам пересечения одноименных проектных горизонталей откосов и горизонталей местности (рис. 27, 28). Для прямолинейного откоса соседние точки соединяются отрезками прямых линий (см. рис. 27), для криволинейного откоса - плавной кривой линией (см. рис. 28).

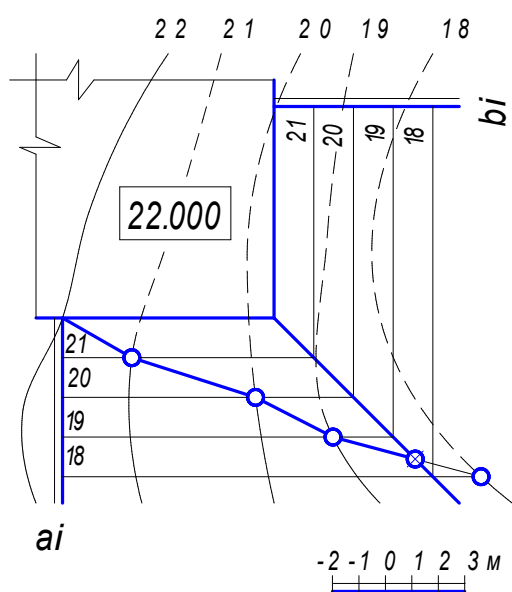


Рис. 27

При этом на всех линиях пересечения откосов должны быть построены угловые точки. Для их построения необходимо линию пересечения откоса сооружения с поверхностью земли строить до той точки 18, которая окажется на стороне соседнего откоса. Каждую угловую точку достаточно построить со стороны одного откоса. Линия подошвы соседнего откоса подводится к ней.

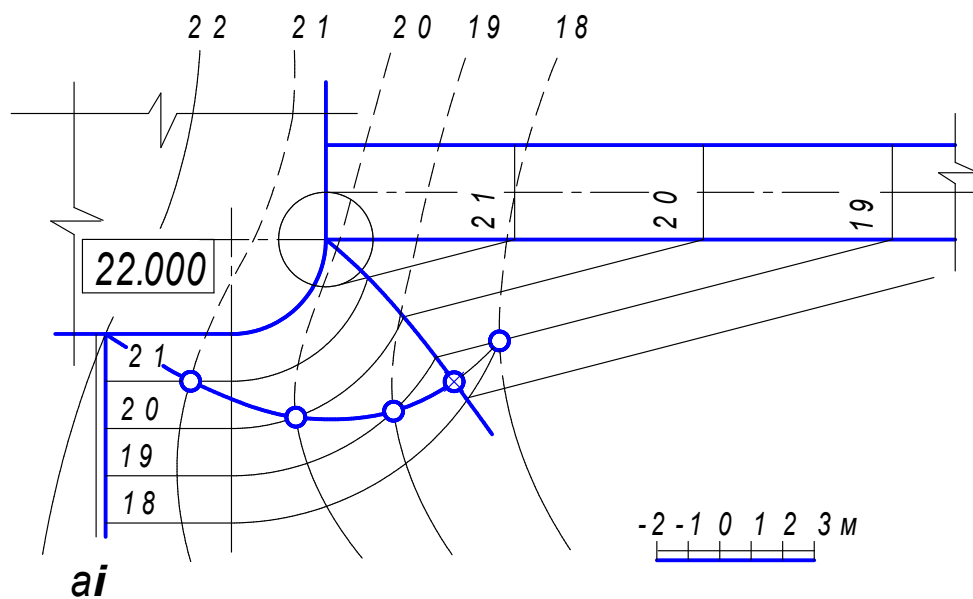


Рис. 28

4.3.6. Вычерчивание бергштрихов на откосах сооружения

Бергштрихи используются в строительных чертежах. Они показывают направление стока воды по откосам сооружения. Их направление перпендикулярно проектным горизонталям откосов (рис. 29, 30). На коническом откосе это направление по образующим конуса. Короткий штрих чередуется с длинным штрихом и вычерчивается в верхней части откоса. Длинные штрихи вычерчиваются тонкой линией в пределах откосов, короткие штрихи длиной до 5 мм вычерчиваются более толстой линией. Расстояние между длинными штрихами рекомендуется выдерживать в пределах 5-10 мм.

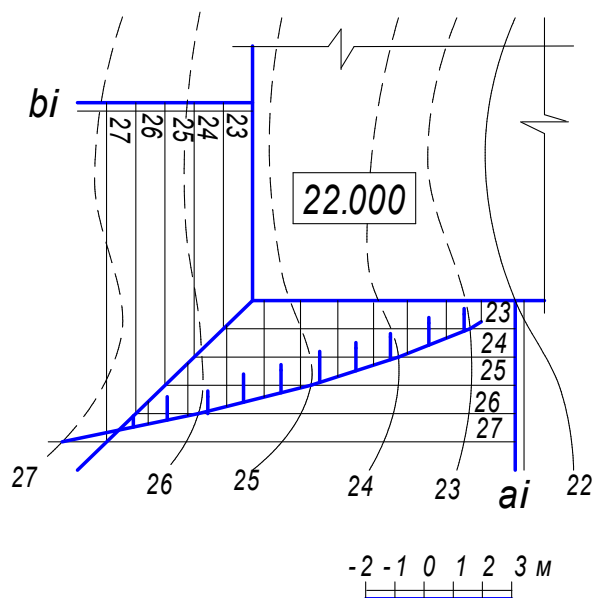


Рис. 29

Большее значение этого предела для М 1:100, меньшее – для М 1:200.

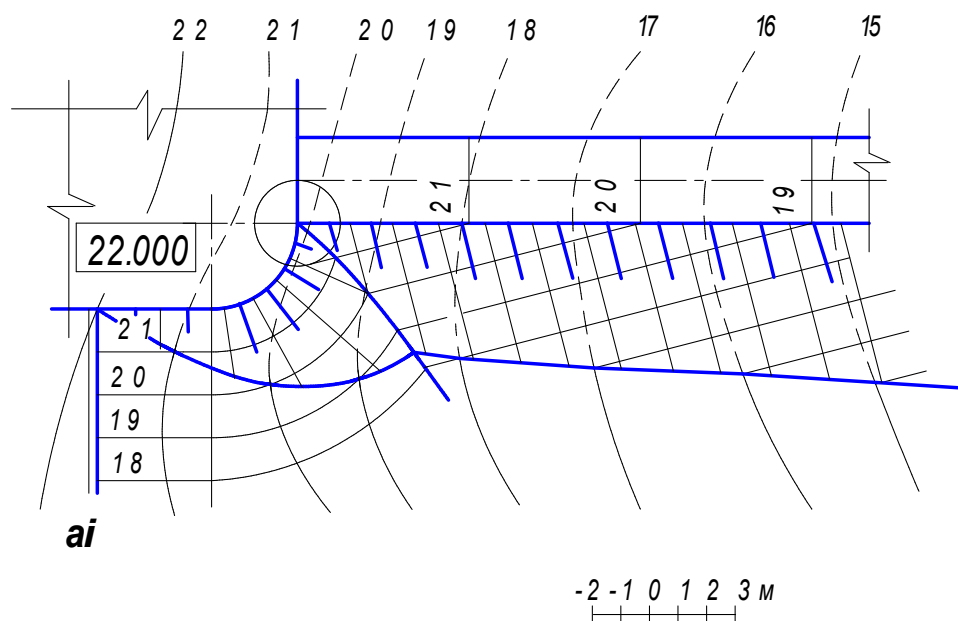


Рис. 30

4.3.7. Построение профиля сооружения и топографической поверхности

Заложение профиля определится расстоянием от точек пересечения заданной секущей плоскости с горизонталями местности за контуром сооружения. На рис. 31 это расстояние между точками с высотами 20 и 26. На профиле (см. рис. 31) заложение вычерчено по горизонтальному направлению, высоты точек – по вертикальному направлению в соответствии с заданным масштабом. На заложении отмечаются все промежуточные точки: 21, 22, 23, 24, 25. Каждая точка профиля поднимается на соответствующий высотный уровень. Соседние точки соединяются отрезками прямых линий. Полученная линия профиля топографической поверхности отмечается условным обозначением. Это чередующиеся три штриха, проведенные под углом 45° к линии рамки чертежа.

Для построения профиля сооружения на заложении определяются точки начала земляных работ (НЗР), начала площадки (НП), конца площадки (КП) и конца земляных работ (КЗР). Точки начала земля-

ных работ и конца земляных работ выносятся на линию профиля топографической поверхности, а точки начала площадки и конца площадки выносятся на отметку, соответствующую отметке горизонтальной площадки. Построенные точки соединяются отрезками прямых линий. Участок насыпи на профиле сооружения показывается условным изображением насыпного грунта.

4.3.8. Порядок оформления чертежа

1. Все вспомогательные построения сохраняются.
2. Горизонтالي поверхности земли обводятся тонкими линиями коричневого цвета, в пределах сооружения – штриховой линией. Горизонталь с отметкой, равной отметке площадки, обводится сплошной линией.
3. Проектные горизонтали откосов обводятся тонкими линиями красного цвета в пределах откосов.
4. На разрезе сооружения контур сооружения обводится красным цветом.
5. Студенты дневного отделения работу выполняют с отмывкой.
6. Пример оформления графической работы представлен на рис. 32.

Вопросы для самопроверки

1. В чем различие и сходство между методами ортогональных проекций и проекций с числовыми отметками?
2. Как построить натуральную величину отрезка прямой в проекциях с числовыми отметками?
3. Что такое заложение отрезка, уклон и интервал прямой?
4. Как производится градуирование прямой?
5. В чем заключается признак параллельности двух прямых?
6. Когда две прямые являются пересекающимися; скрещивающимися?
7. Что такое масштаб уклона плоскости?
8. Как определяется линия пересечения двух плоскостей?
9. В каком случае две плоскости параллельны?
10. Как определяется точка пересечения прямой линии с плоскостью?
11. Как задаются кривые поверхности в проекциях с числовыми отметками?

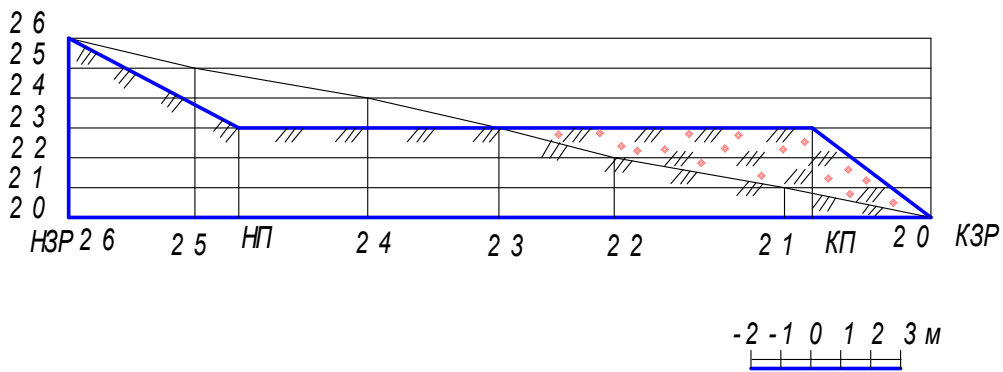
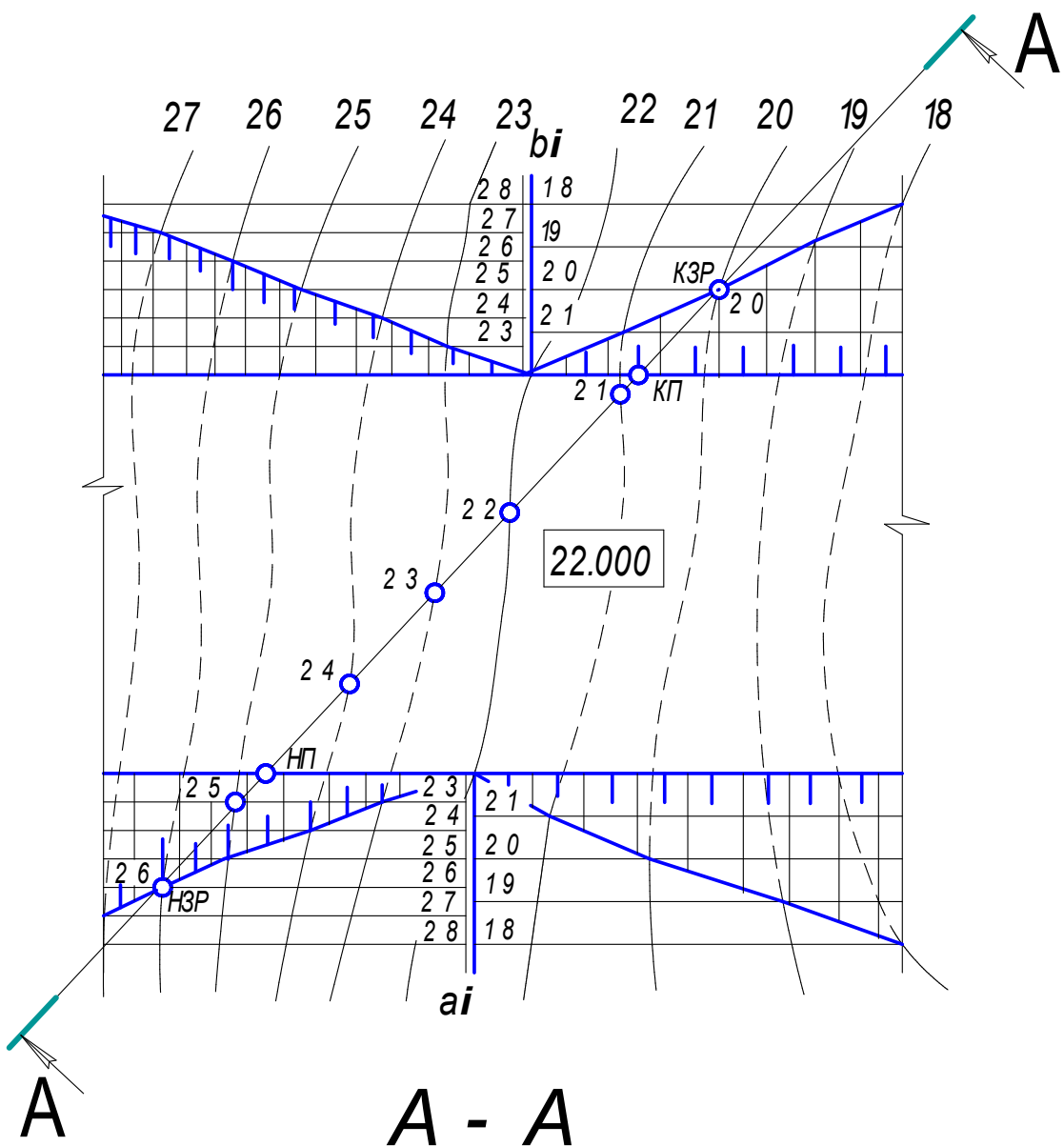


Рис. 31

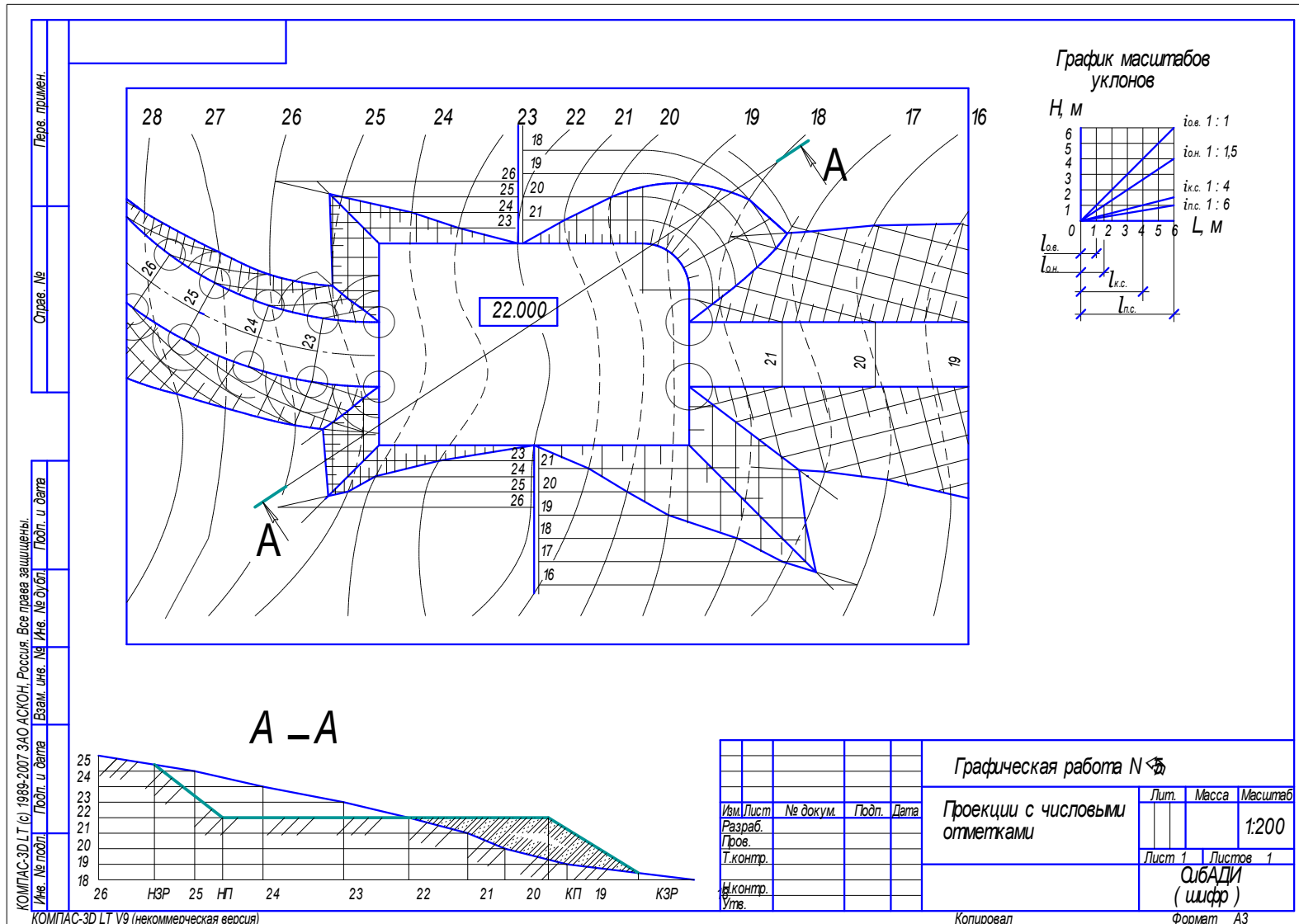


Рис. 32

12. Из каких операций состоит построение линии пересечения поверхности с плоскостью?
13. Как построить точки пересечения прямой линии с поверхностью?
14. Как построить разрез местности по заданному направлению?
15. Как располагаются проектные горизонталы откосов выемки и насыпи горизонтального прямолинейного участка дороги; наклонного прямолинейного; наклонного криволинейного?

Задачи для самопроверки

1. Определить натуральную величину отрезка AB и угол наклона его к горизонтальной плоскости. Произвести градуирование отрезка AB (рис. 33).
2. Построить масштаб уклона плоскости, заданной тремя точками: A , B , C (см. рис. 33).
3. Построить линию пересечения плоскостей и определить уклон линии пересечения (рис. 34).
4. Построить точку пересечения прямой AB с плоскостью (рис. 35).
5. В плоскости через точку A провести прямую с уклоном 1:5 (рис. 36). Сколько решений имеет задача?
6. Через прямую AB (см. рис. 35) провести плоскость с уклоном 1:1. Сколько решений имеет задача?
7. Определить точки пересечения прямой AB с топографической поверхностью (рис. 37).
8. Построить линию пересечения топографической поверхности с плоскостью α (см. рис. 37).

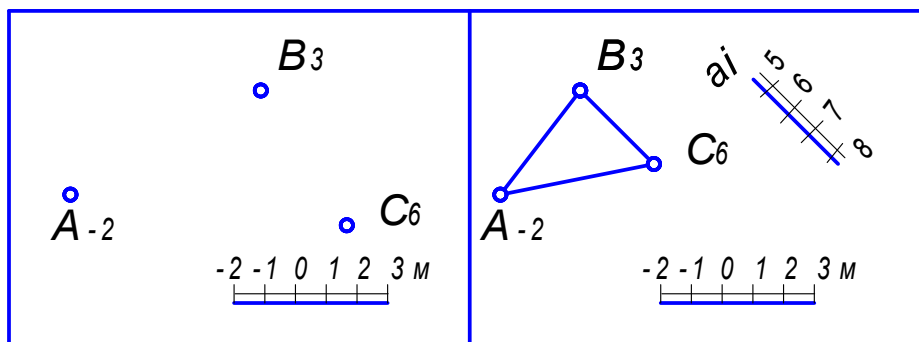


Рис. 33

Рис. 34

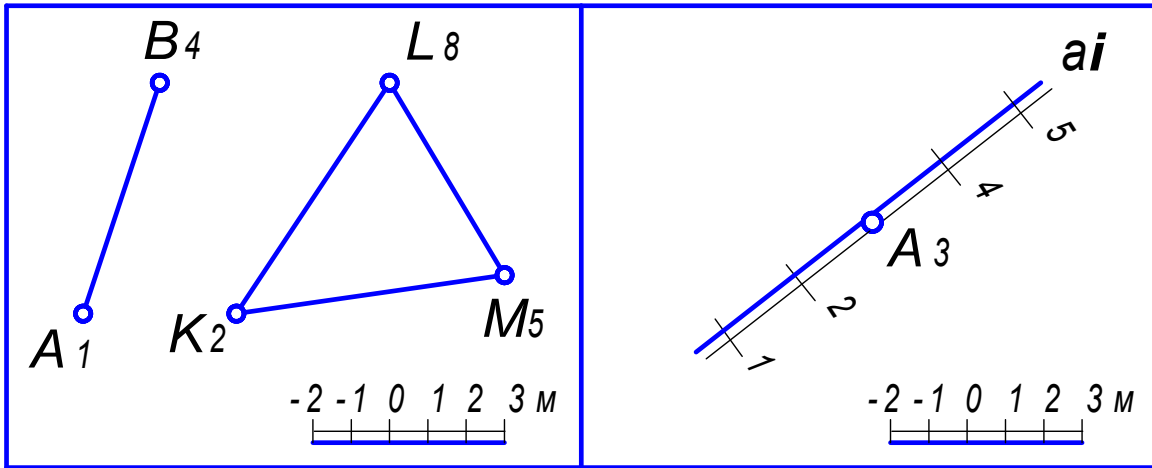


Рис. 35

Рис. 36

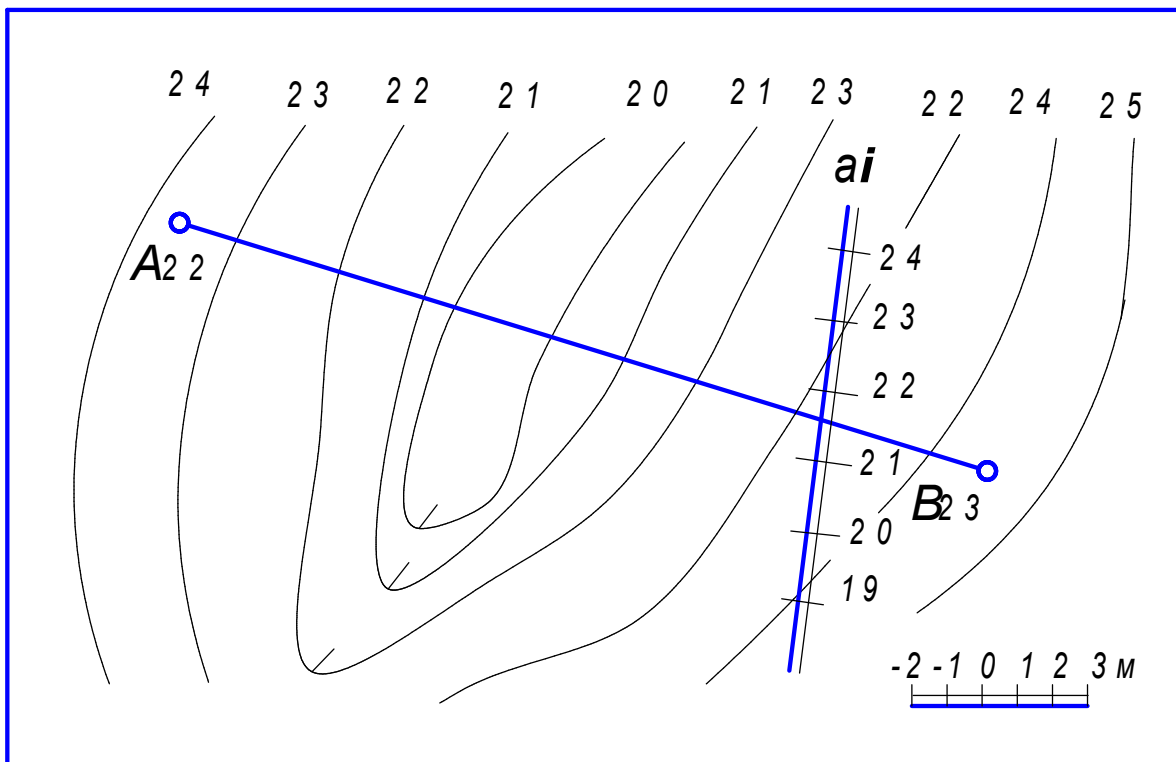
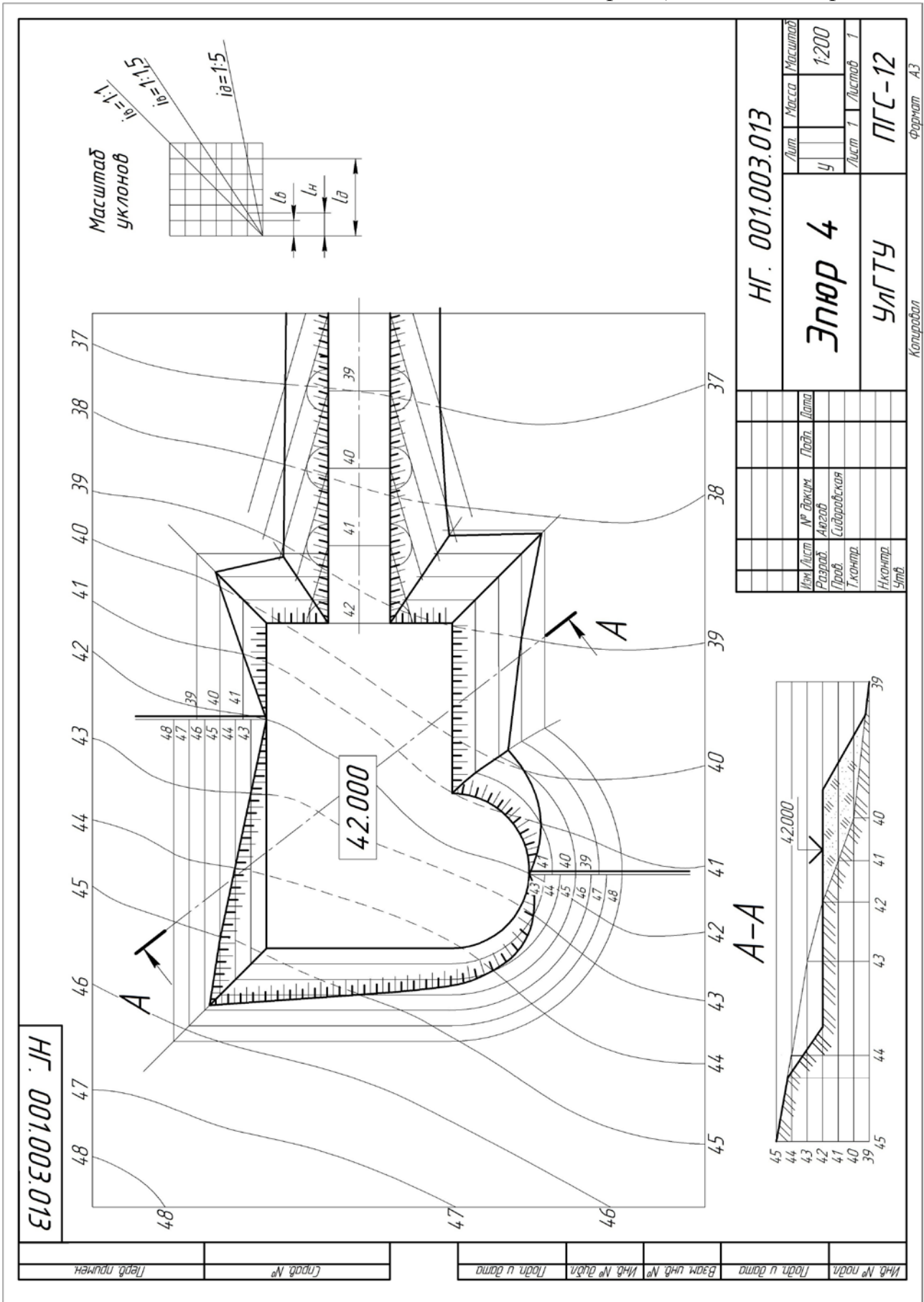


Рис. 37



ИГ. 001.003.013		Лит.	Масштаб
Элур 4		Ч	1:200
УЛГТУ		Лист 1	Листов 1
Имя/Лист	№ докум.	Полн.	Дата
Проб. Сидоровская	Август		
Т.контр.			
Исполн.			
Учтб			

Копировал Формат А3

ИГ. 001.003.013

Лист примен

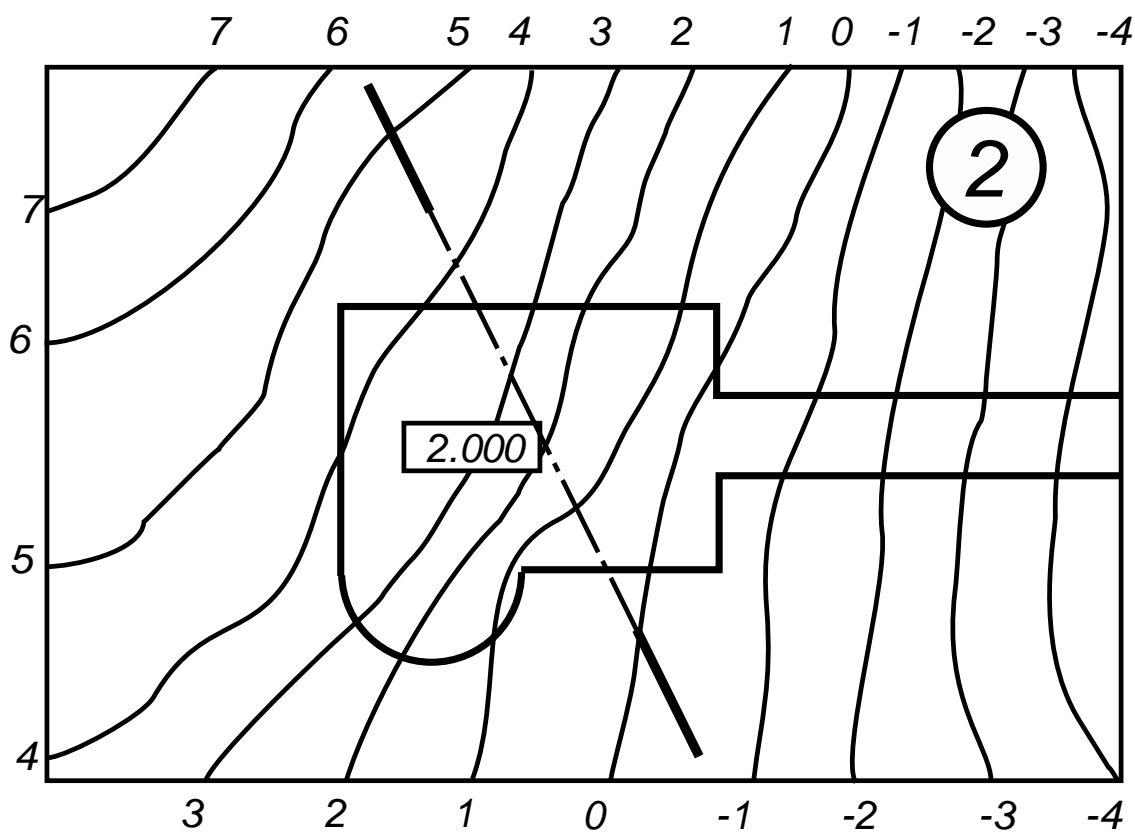
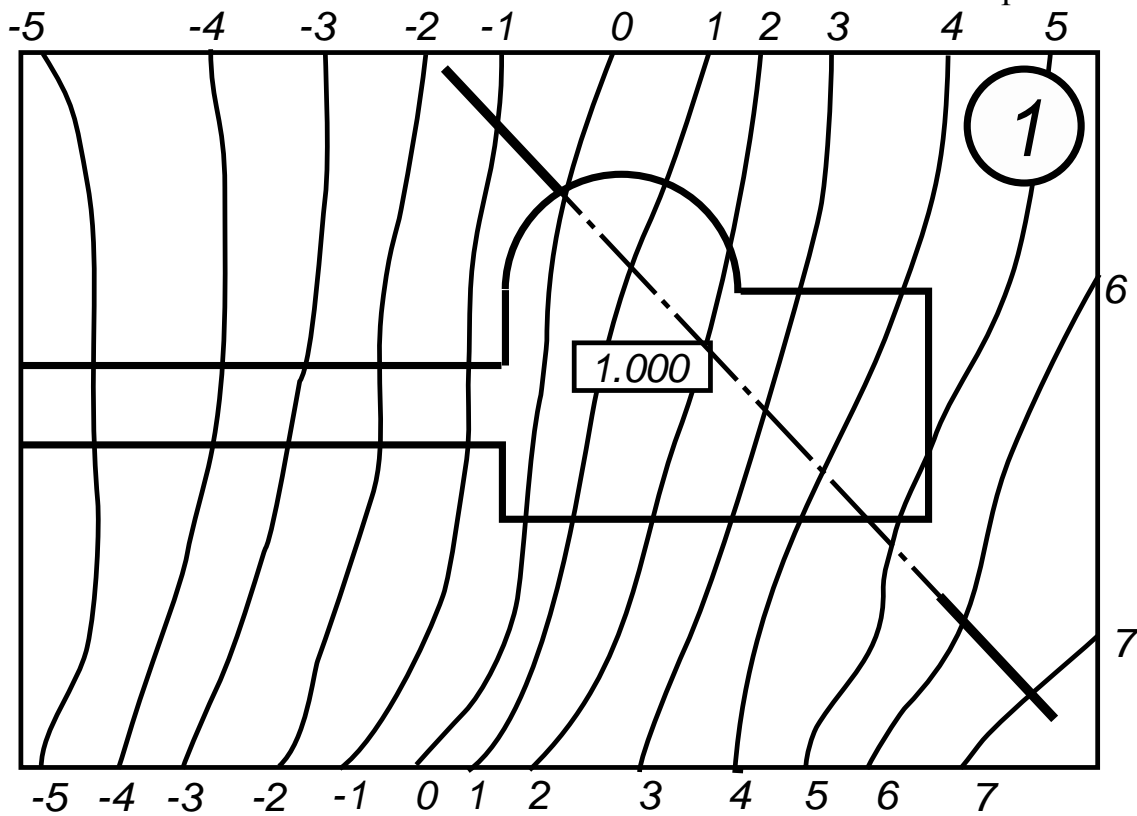
Спроб. №

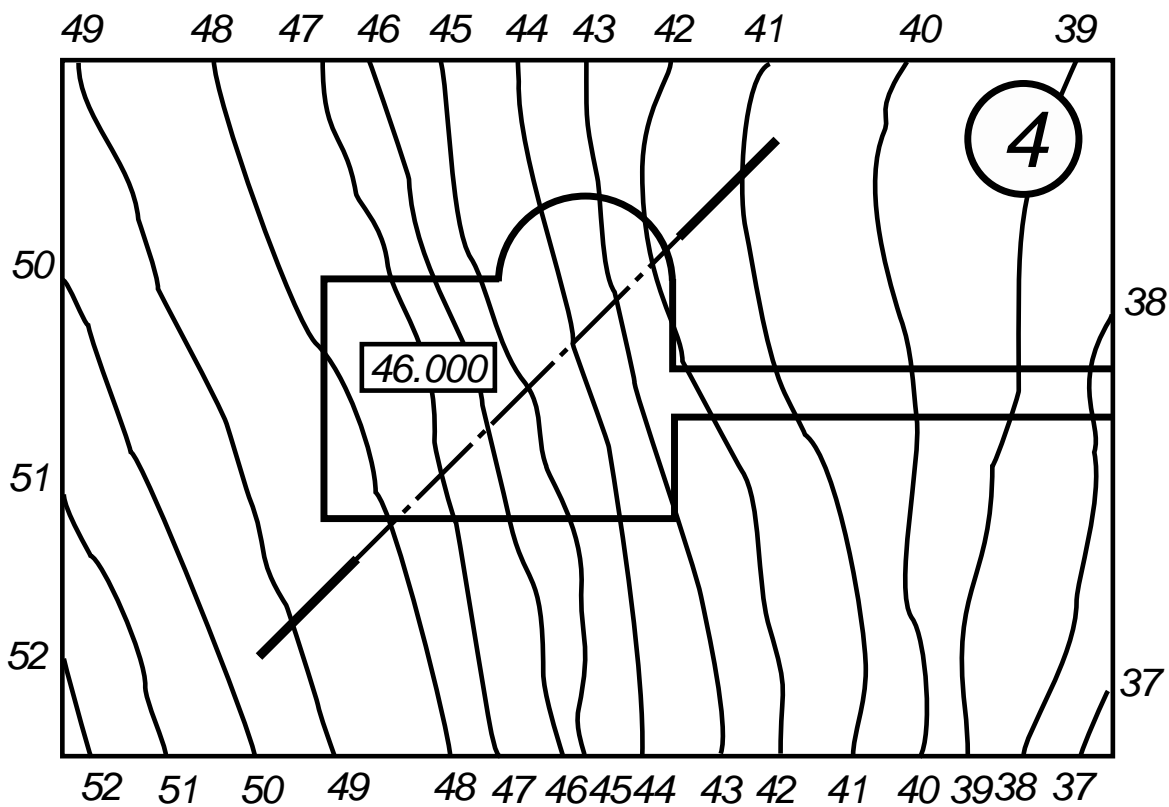
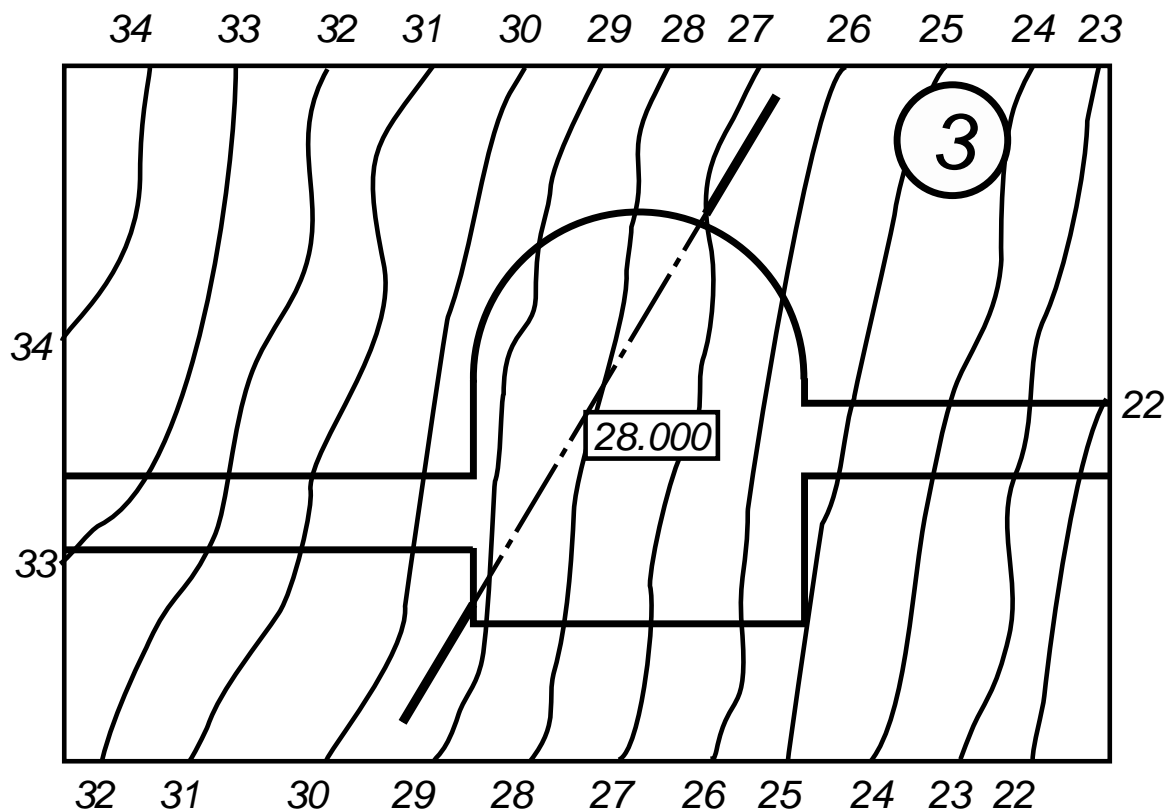
Имя, № докум.

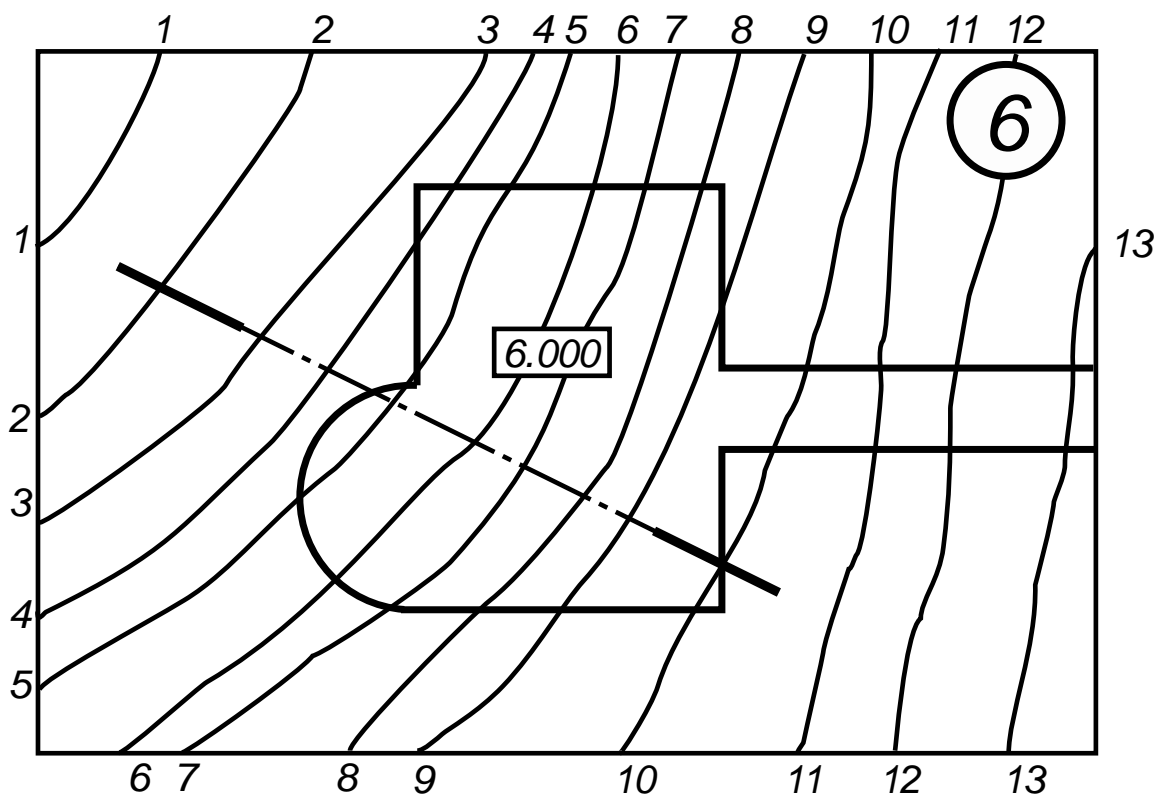
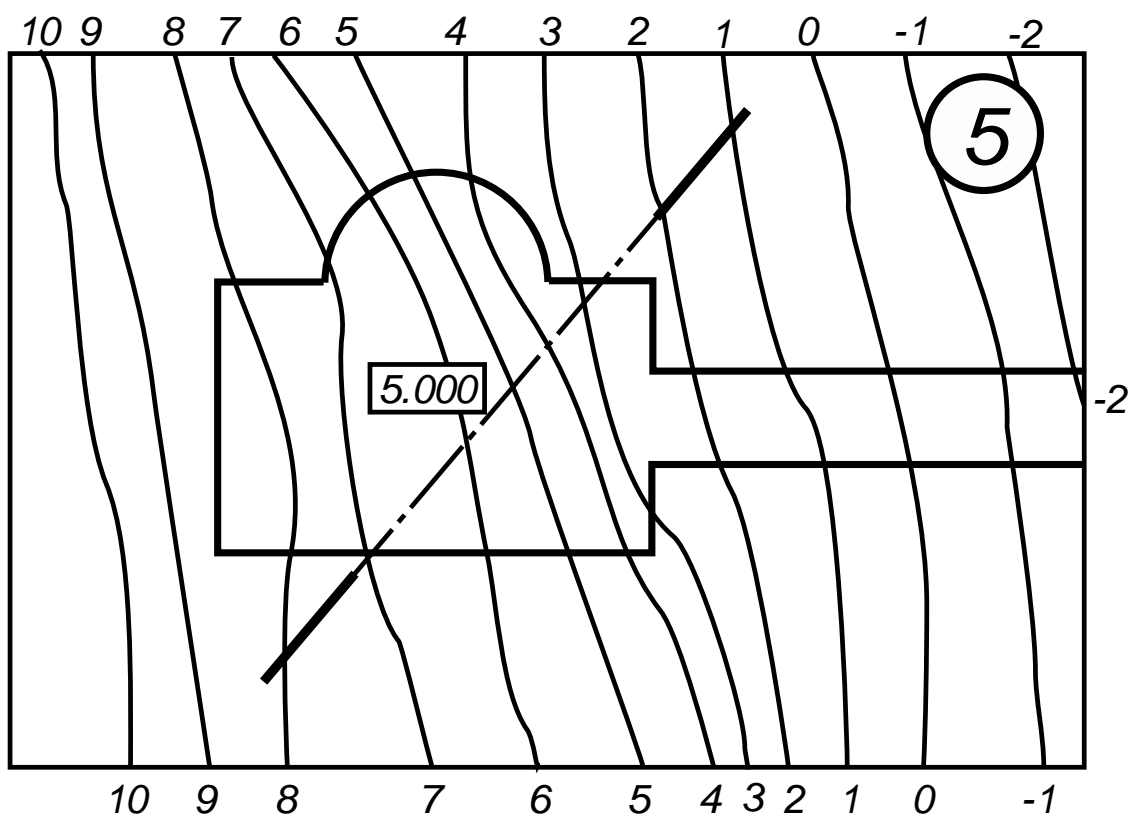
Имя, № докум.

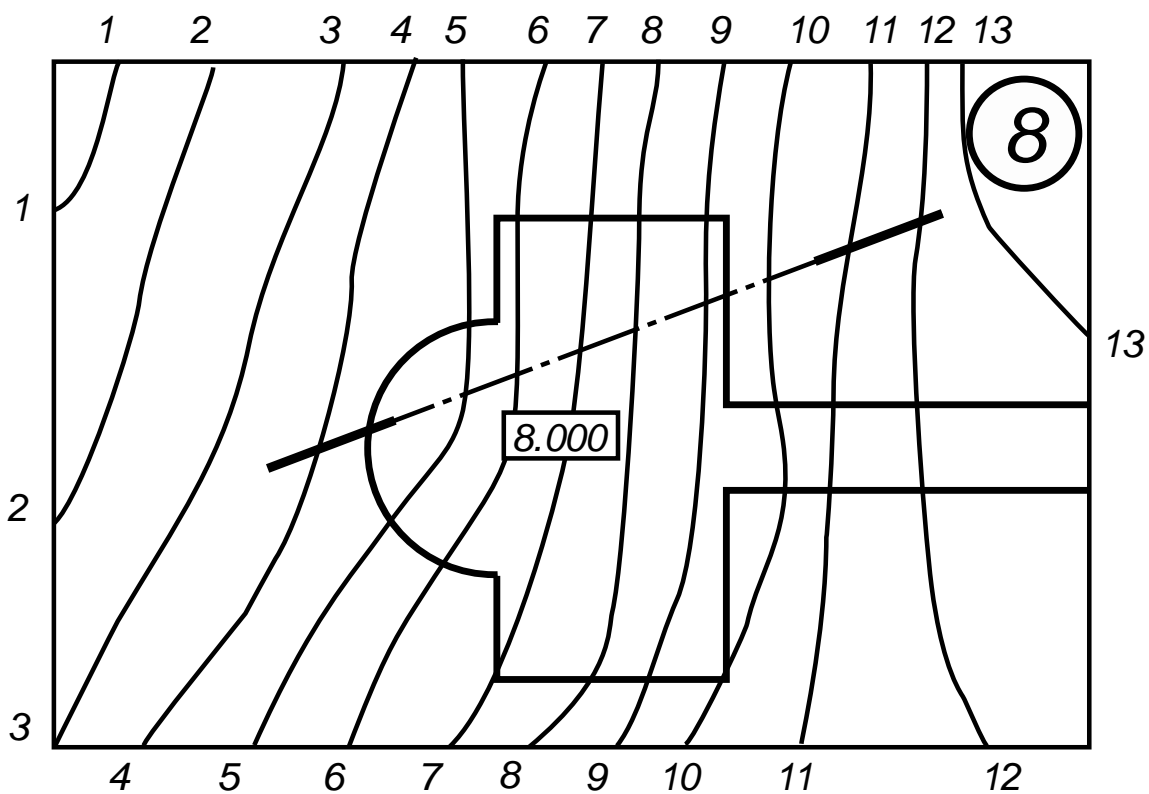
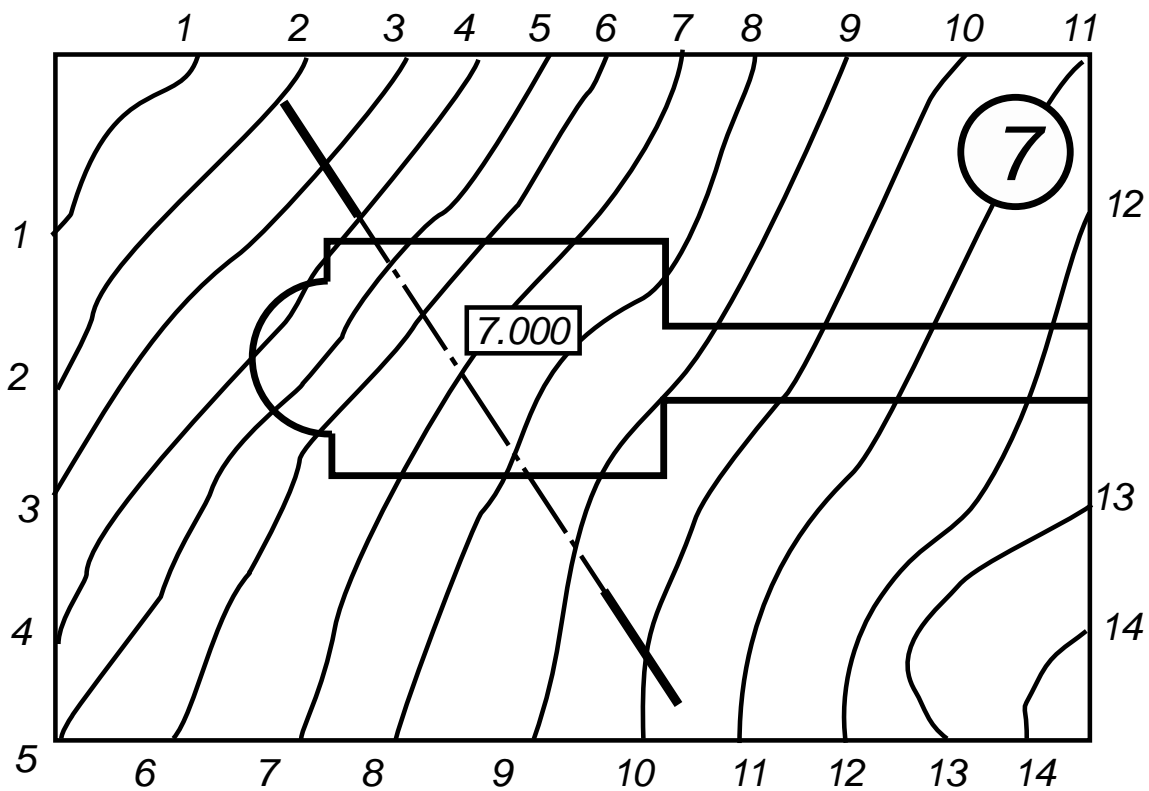
Имя, № докум.

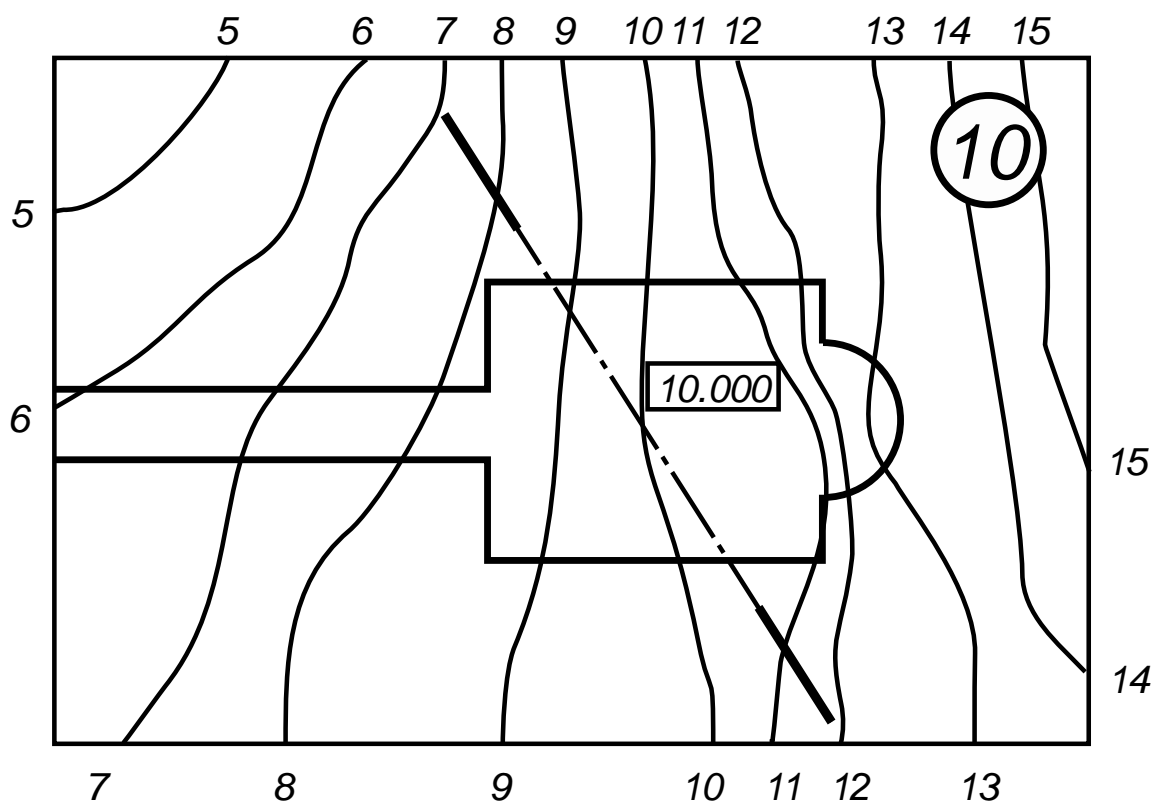
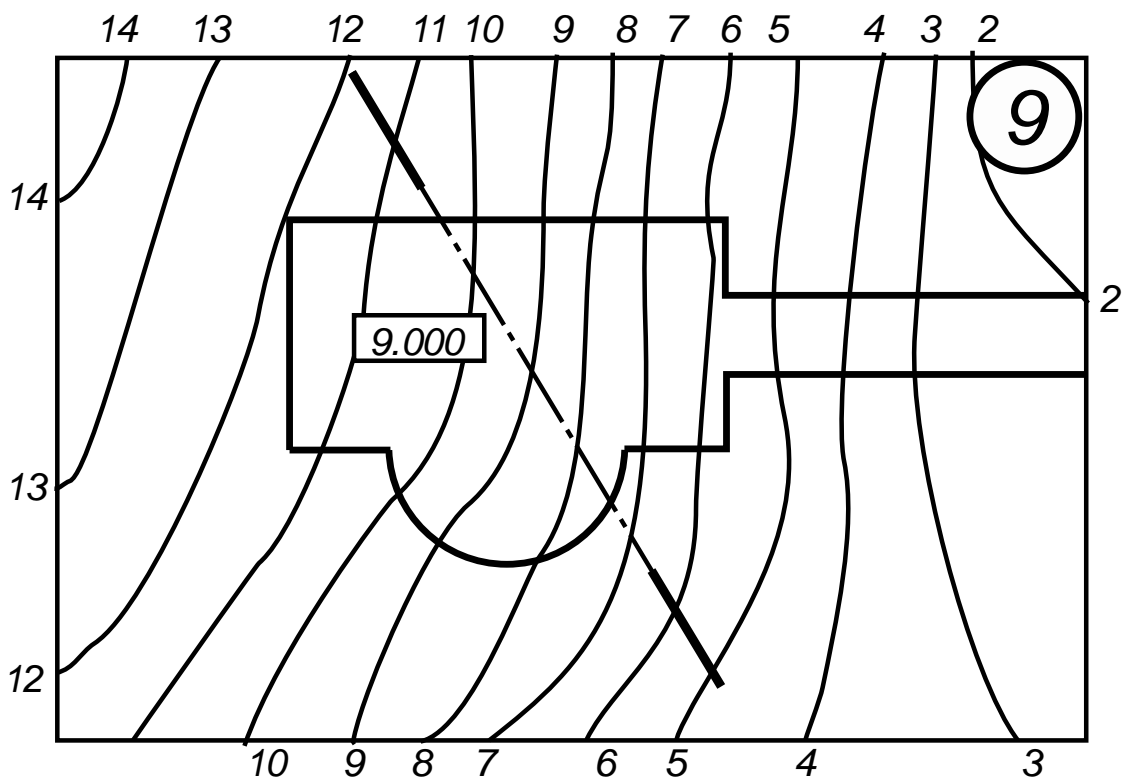
Имя, № докум.

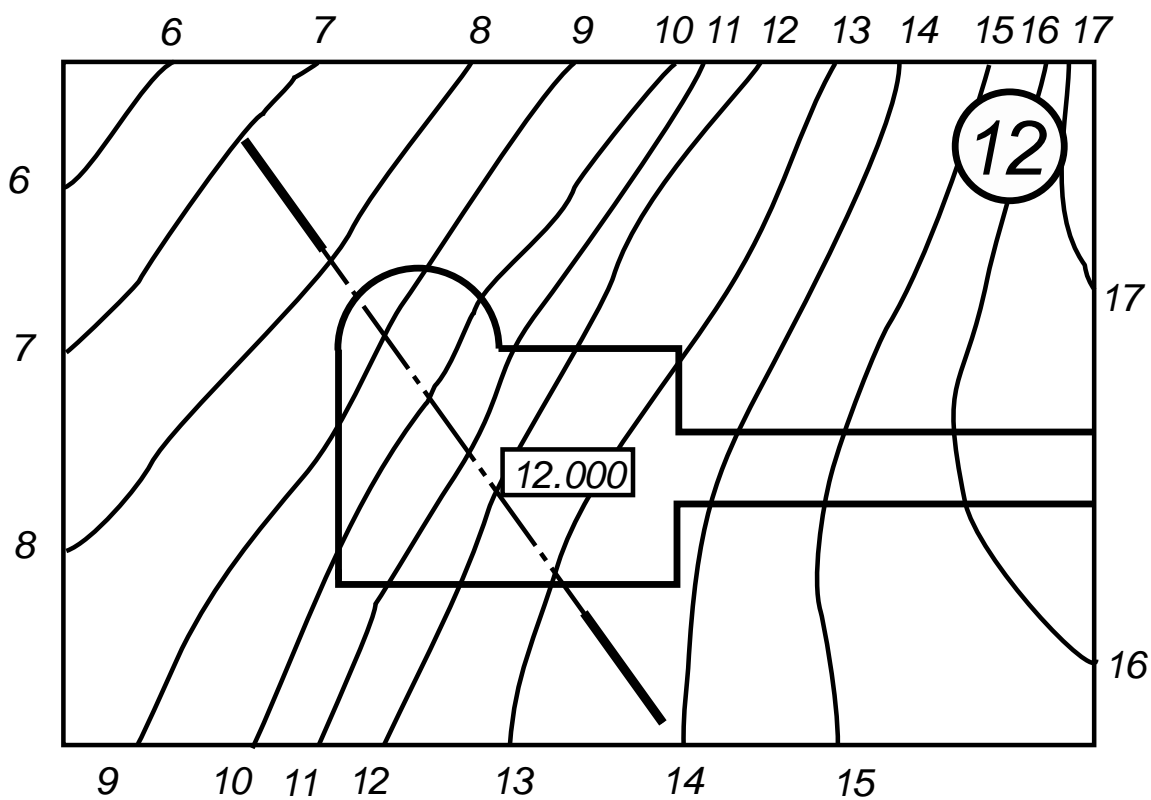
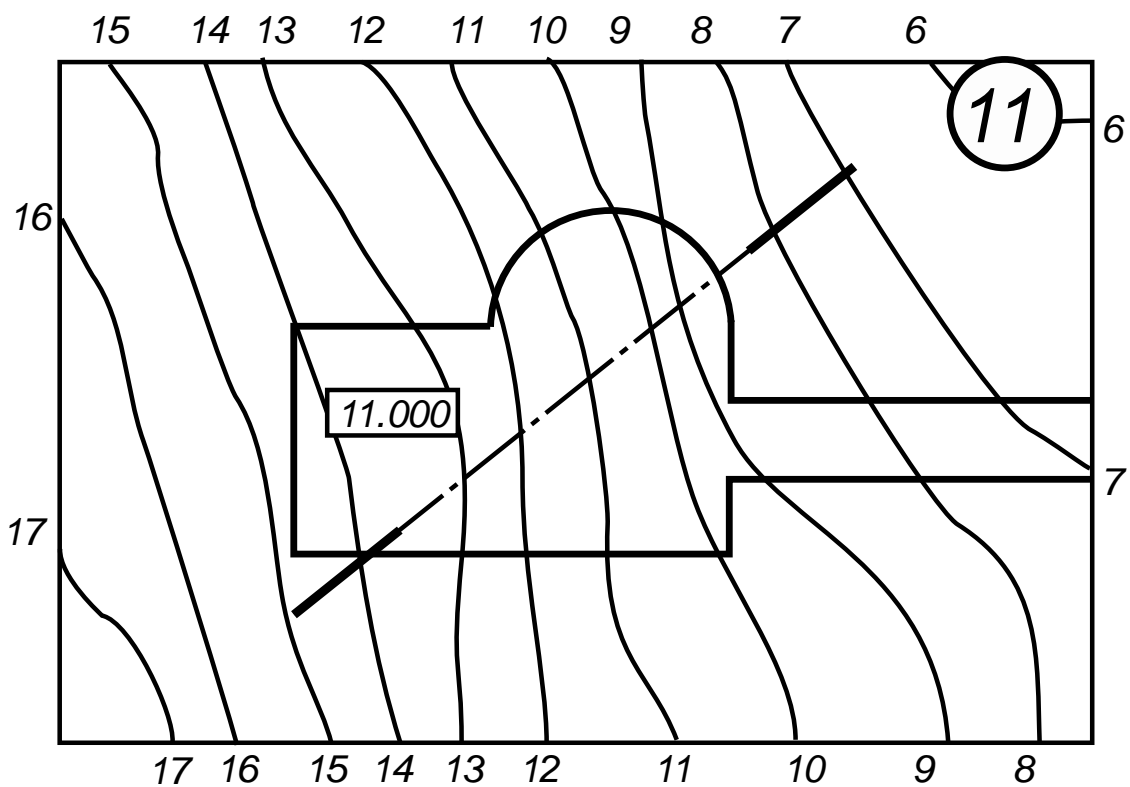


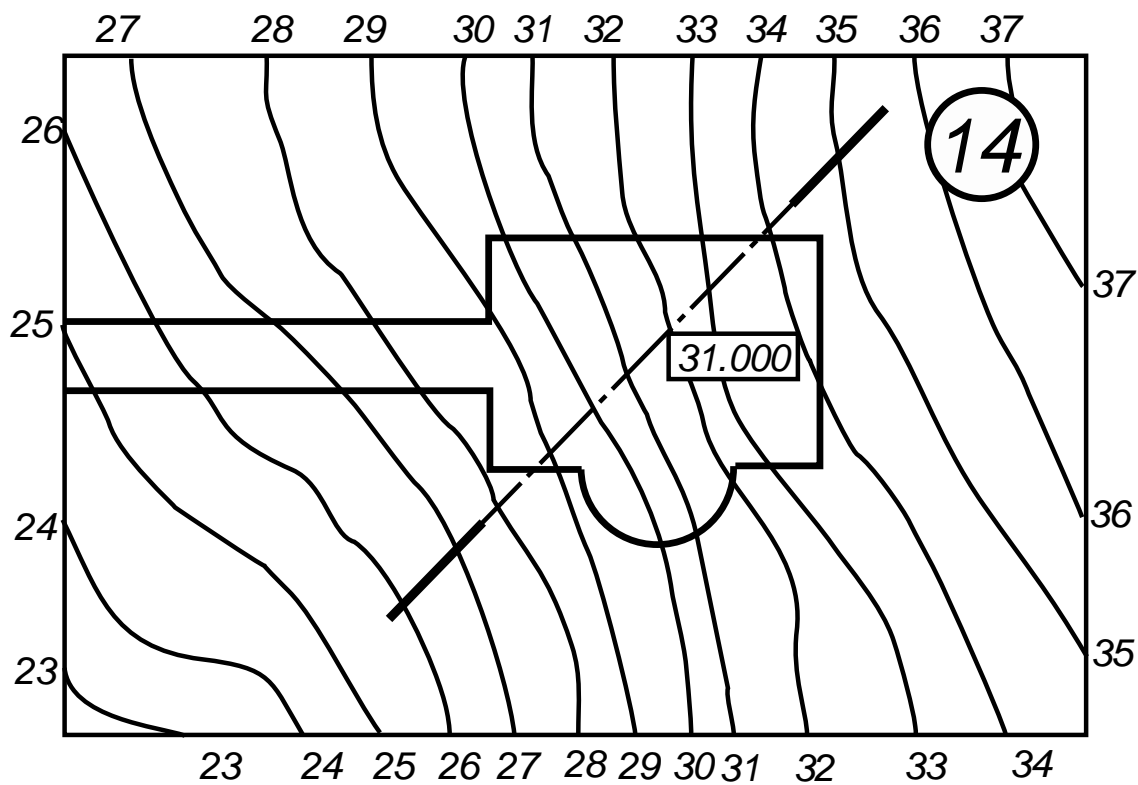
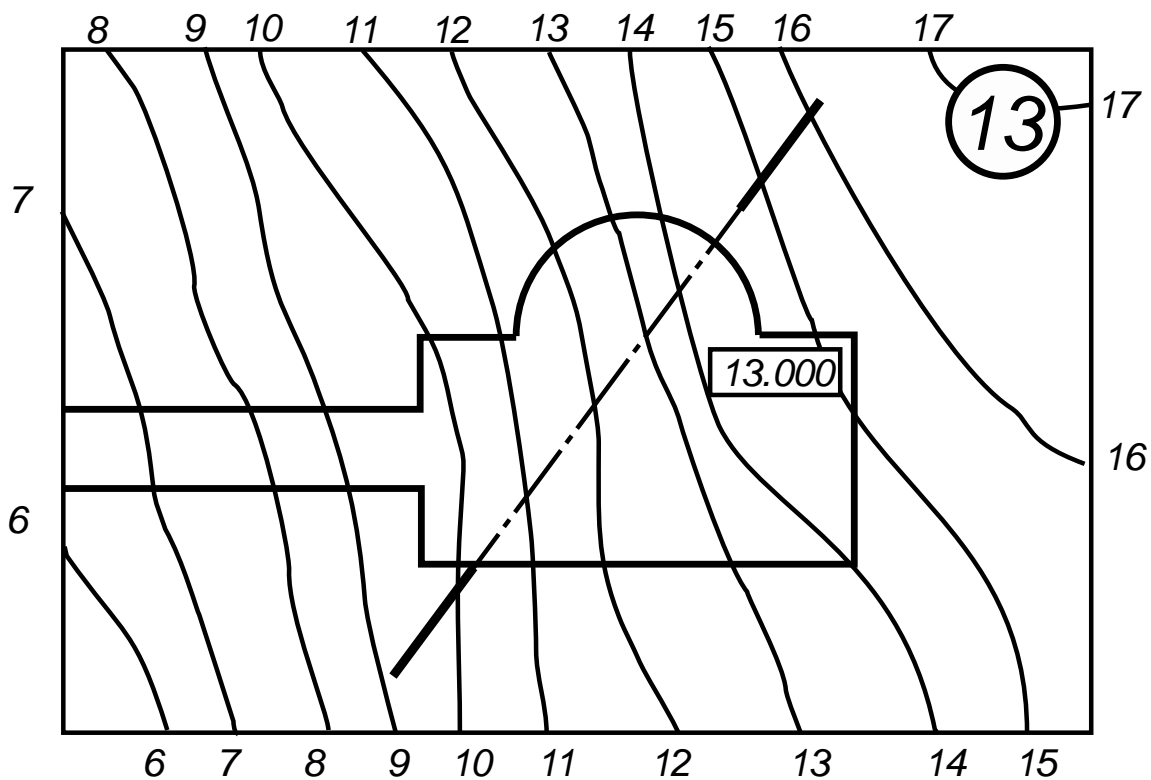


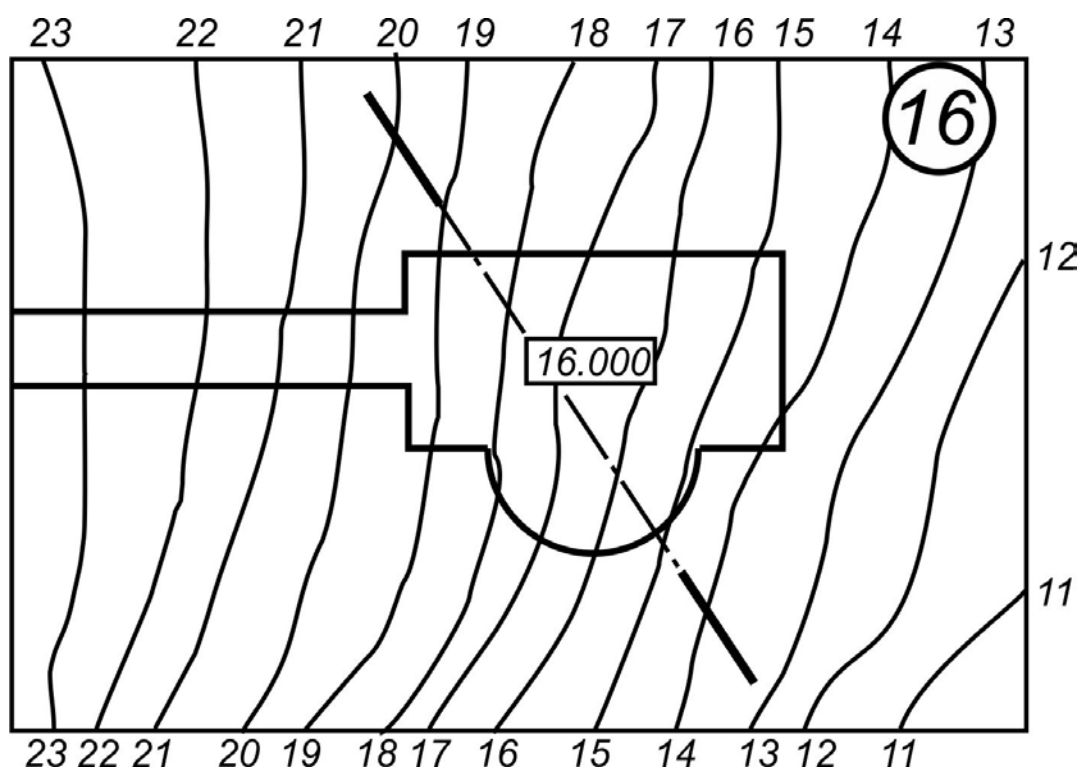
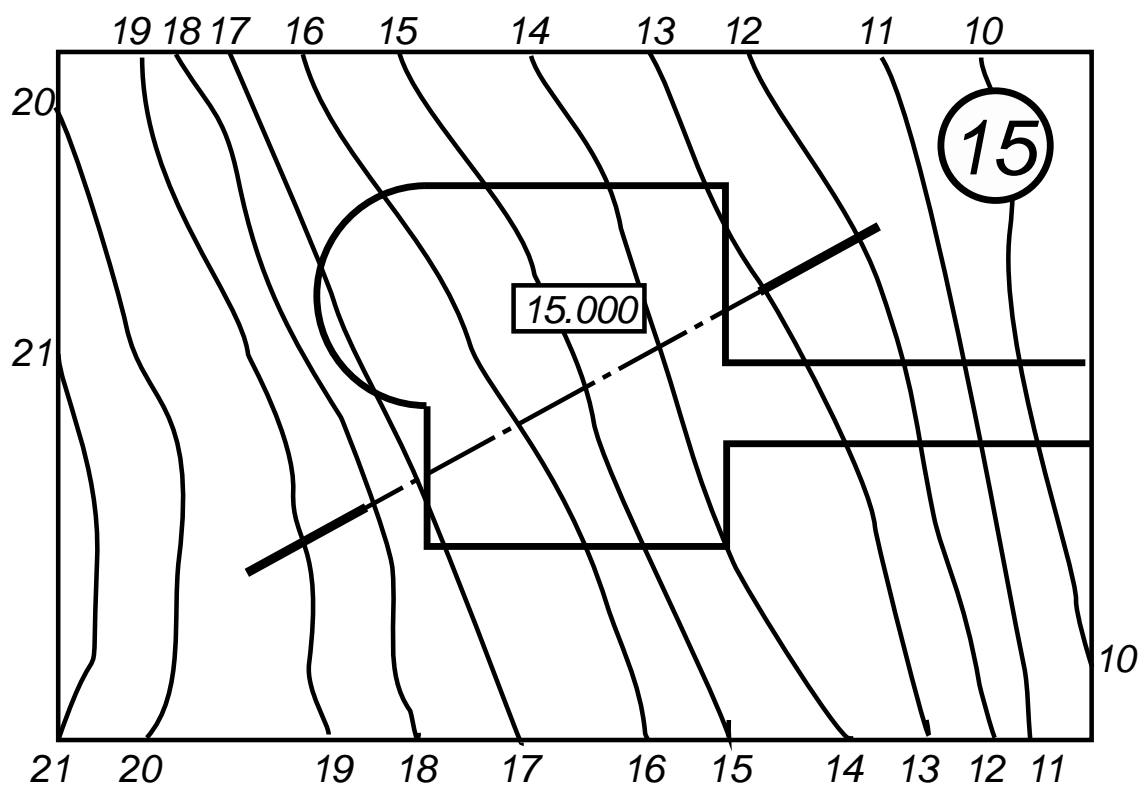


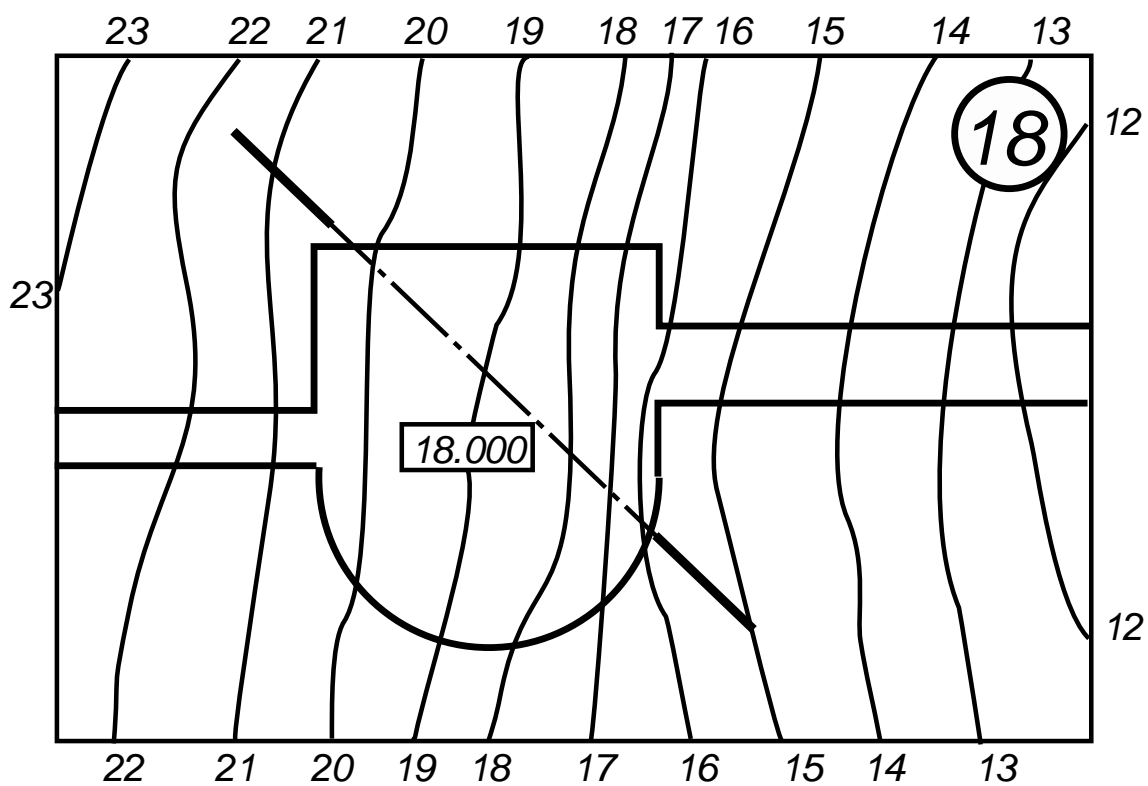
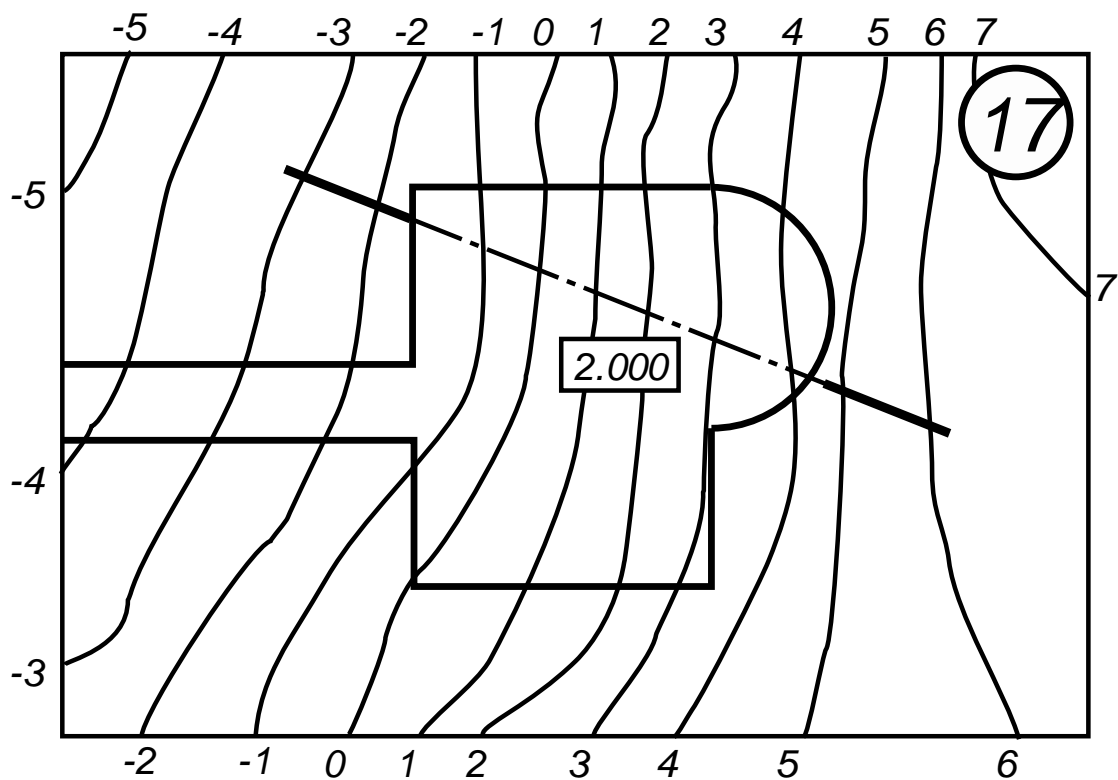


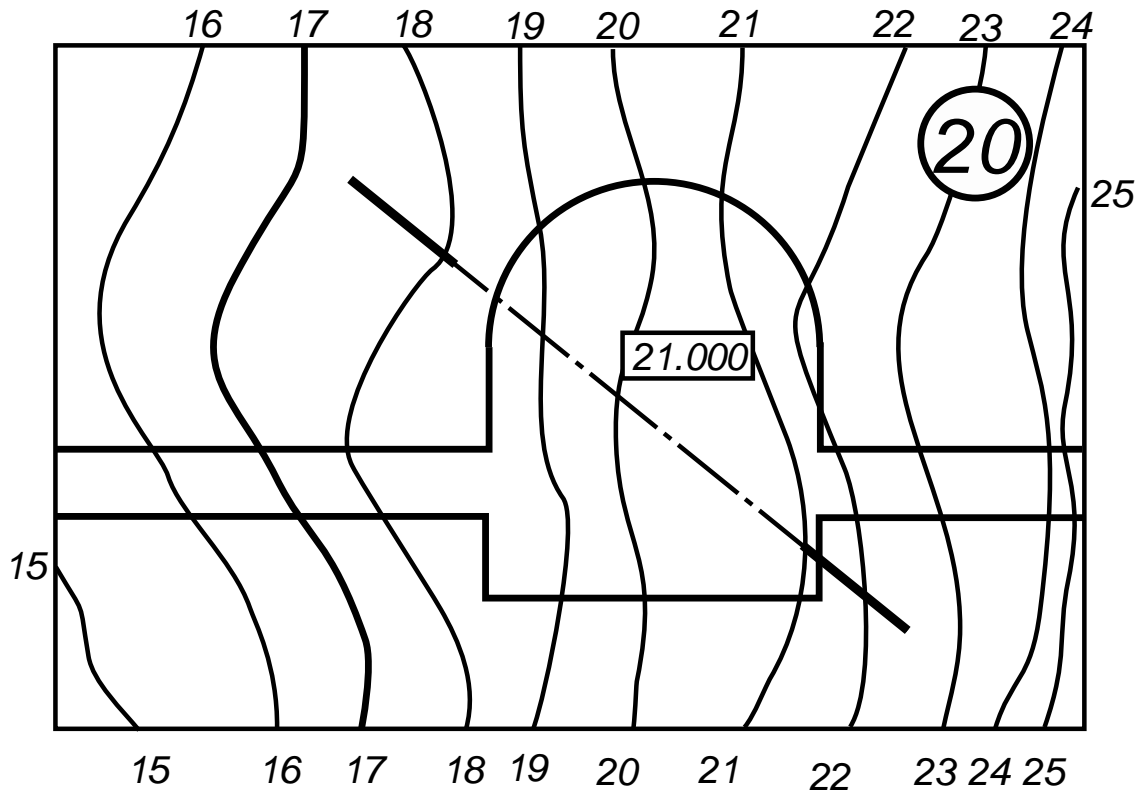
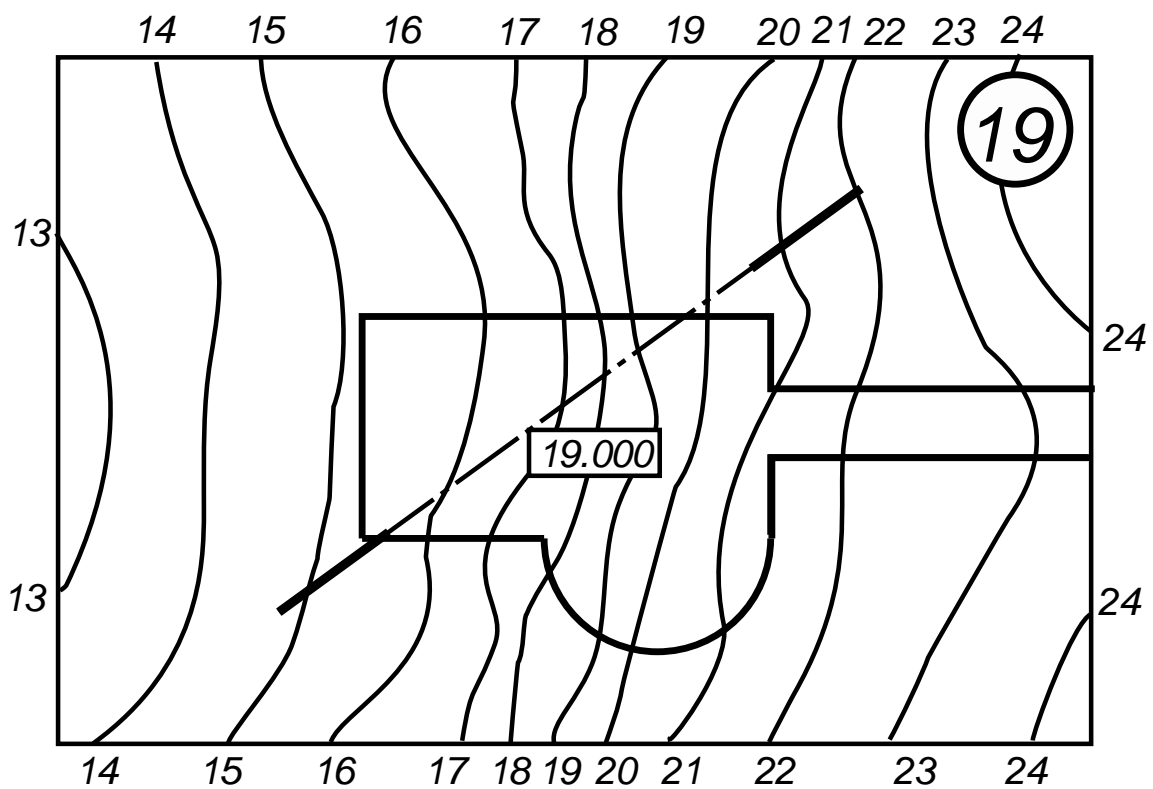


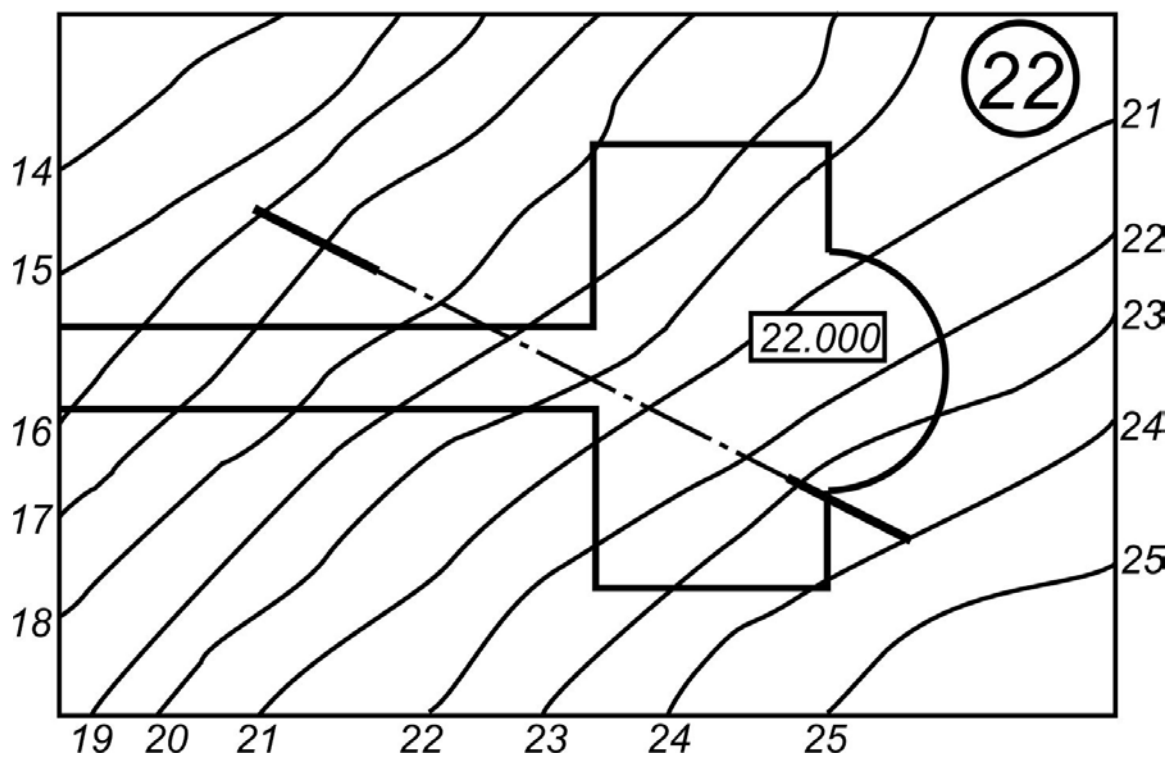
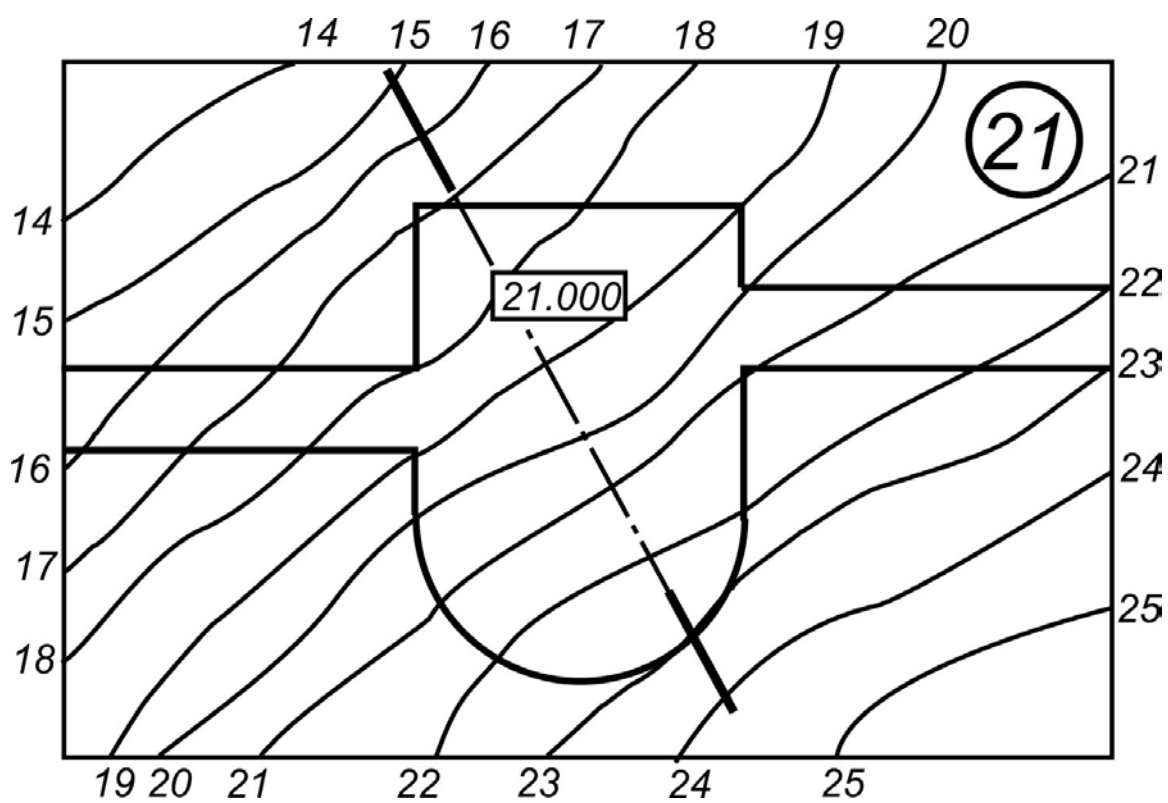


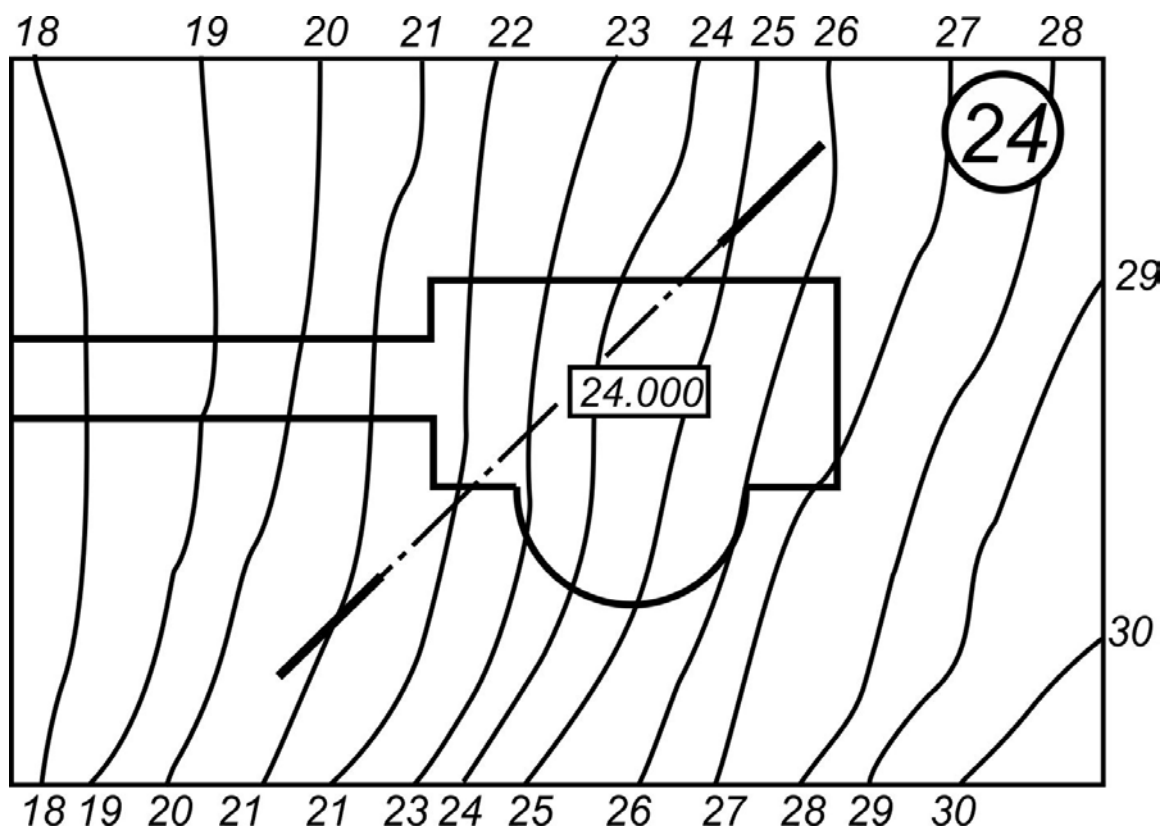
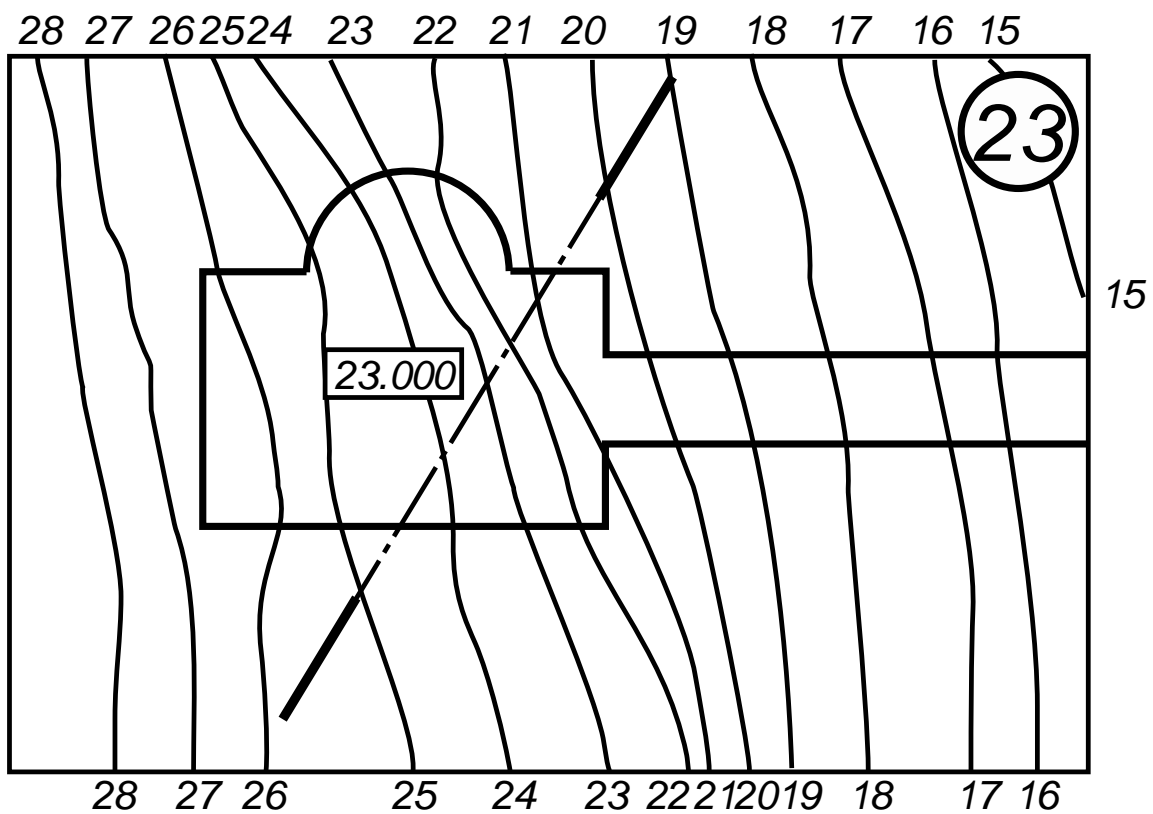


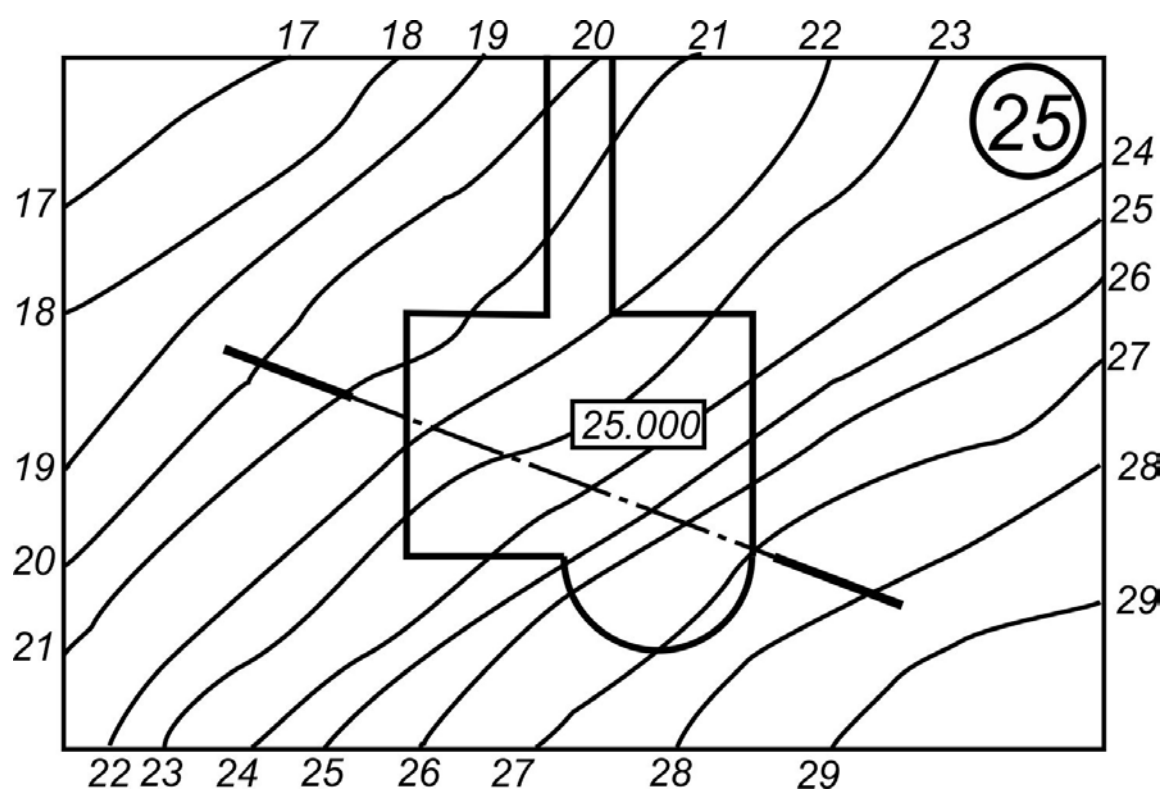












РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 2.301-68 – ГОСТ 2.321-84: Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 232 с.
2. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75: Горная графическая документация. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 200 с.
3. Сироткин Н. В. Инженерно-геологическая графика. – М.: МГРИ, 1986. – 240 с.
4. Морин А.С., Трофимов А.А., Колесникова Э.А., Макарова Н.В. Инженерно-геологическая графика. – Красноярск: ГУЦМиЗ, 2005. – 68 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел 1. «Теоретические основы выполнения чертежей методом проекций с числовыми отметками».....	4
ЛЕКЦИЯ 1. «ВВЕДЕНИЕ. МЕТОД ПРОЕКЦИЙ».....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	4
МЕТОД ПРОЕКЦИЙ.....	6
Центральные проекции.....	7
Параллельные проекции	8
ЛЕКЦИЯ 2. «ИЗОБРАЖЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ПРОЕКЦИЙ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ».....	12
Сущность метода проекций с числовыми отметками	12
Проекция точек на плане.....	14
Изображение прямой на плане	15
Уклон, заложение и интервал прямой	17
Определение истинной длины отрезка и угла падения прямой.....	18
Градуирование линий	20
ЛЕКЦИЯ 3. «ИЗОБРАЖЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ПРОЕКЦИЙ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ».....	23
Взаимное расположение двух прямых	23
Изображение плоскости на плане. Элементы залегания плоскости.....	25
Классификация плоскостей.....	29
ЛЕКЦИЯ 4. «ПОЗИЦИОННЫЕ И МЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ».....	31
Определение элементов залегания плоскости.....	31
Взаимное расположение прямой и плоскости	33
Взаимное расположение двух плоскостей	38
ЛЕКЦИЯ 5. «ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА».....	42
Метод замены плоскостей проекций.....	42
Метод вращения вокруг горизонтали.....	43

ЛЕКЦИЯ 6. «ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ».....	51
Классификация поверхностей.....	51
Задание и изображение геометрических поверхностей на плане.....	52
Пересечение геометрической поверхности плоскостью.....	57
Пересечение геометрической поверхности с прямой линией.....	60
ЛЕКЦИЯ 7. «ГРАФИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ».....	66
Изображение топографической поверхности.....	66
Определение точки пересечения топографической поверхности с прямой линией	69
Раздел 2. «Изображение геологических объектов на чертежах».....	70
ЛЕКЦИЯ 8. «ИЗОБРАЖЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ПЛАНЕ»	70
Требование государственных и отраслевых стандартов к горно-геологической графической документации.....	70
Выполнение вертикальных и горизонтальных разрезов участков земной коры.....	73
Построение линий пересечения поверхностей на горно-геологических чертежах.....	74
ЛЕКЦИЯ 9. «НАГЛЯДНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ».....	81
Сущность аксонометрических проекций.....	81
Виды аксонометрических проекций и условности при их выполнении.....	82
Построение геологической блок-диаграммы	85
Раздел II. Решение задач.....	92

II.1.Проекции точки, прямой, плоскости.....	93
II.2.Взаимное расположение двух плоскостей, прямой и плоскости.....	97
II.3.Поверхности в проекциях с числовыми отметками.....	99
3.1. Проекции геометрических поверхностей.....	99
3.2. Проекция топографической поверхности. Пересечение прямой и плоскости с топографической поверхностью.....	101
3.3. Построение поверхности и плоскости заданного уклона.....	103
II.4. Пример решения инженерной задачи в проекциях с числовыми отметками.....	105
4.1.Условие задачи.....	105
4.2. Исходные данные.....	105
4.3. Основные этапы построения чертежа с числовыми отметками.....	106
4.3.1. Построение графика масштабов уклонов.	106
4.3.2. Определение границы выемки и насыпи.	106
4.3.3. Построение проектных горизонталей.	107
4.3.4. Построение линий пересечения соседних откосов	109
4.3.5. Построение линий пересечения откосов сооружения с поверхностью земли (подшвы откосов сооружения).	110
4.3.6. Вычерчивание бергштрихов на откосах сооружения.	111
4.3.7. Построение профиля сооружения и топографической поверхности.....	112
4.3.8. Порядок оформления чертежа.....	113
5.Вопросы для самопроверки.	113
6.Задачи для самопроверки.	116
СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА.....	133
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.	132