ВВЕДЕНИЕ

Специфической особенностью содержания курса начертательной геометрии для учащихся строительных специальностей является наличие раздела «Проекции с числовыми отметками». Знания, умения, навыки, полученные при изучении этого материала, применяются при выполнении чертежей строительных объектов, у которых размеры по высоте значительно меньше размеров в плане. Чертежи в проекциях с числовыми отметками дают представление не только о форме сооружения и его размерах, но и об уклонах, об объемах земляных работ, о направлении стока паводковых и ливневых вод.

Одним из графических заданий по этой теме является «Чертеж земляного сооружения», при решении которого требуется построить линии пересечения откосов. Задачи, в которых определяют общие элементы геометрических фигур, заданных на чертеже, называют позиционными.

В начертательной геометрии рассматривают следующие позиционные задачи:

1) определение точки (или точек) пересечения произвольной кривой линии с произвольной поверхностью. В данном пособии рассматривается задача определения точки пересечения прямой с плоскостью;

2) построение линии пересечения двух произвольных поверхностей. В пособии приведены примеры решения задач на построение линии пересечения двух плоскостей.

Позиционные задачи на определение точки пересечения прямой и плоскости и нахождения линии пересечения плоскостей можно считать ключевыми в начертательной геометрии.

Рассмотрим решение этих задач на ортогональных и аксонометрических чертежах, а также на чертеже с числовыми отметками.

1. ОСНОВЫ МЕТОДА ПРОЕКЦИЙ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

В инженерно-строительном деле строительном деле часто приходится изображать земную поверхность, проектировать на этих изображениях различные земляные сооружения и решать всевозможные метрические задачи.

Так как форма земной поверхности и упомянутых сооружений обычно бывает сложной: протяжения в вертикальном направлении совершенно ничтожны по сравнению с протяжениями в горизонтальном направлении, то употребление для их изображении метода ортогональных проекций на две взаимно-перпендикулярные плоскости, равно как и метод аксонометрических или перспективных проекций, становится сложным и неудобным. Поэтому еще в средние века практическая деятельность заставила выдвинуть для этих случаев особый метод изображения, сущность которого заключается в следующем.

Проекцию на вертикальную плоскость (*фасад*), служащую в метрическом отношении для получения высот отдельных точек предмета над горизонтальной плоскостью, заменяют числами (*отметками, альтитудами*), обозначающими высоты этих точек, и оставляют одну горизонтальную проекцию (*план*) с упомянутыми числовыми отметками.

Для получения большей наглядности изображения и для решения различных задач часто прибегают и к проекции на вертикальную плоскость, но не в виде фасада, а в виде вертикального разреза, совмещаемого с основной горизонтальной плоскостью.

Проекция с числовыми отметками соответствует всем требованиям обратимых проекционных чертежей (геометрических моделей пространства). Общим случаем получения обратимой модели пространства является проецирование на систему взаимно связанных двух плоскостей проекций с последующим переносом изображения с одной плоскости на другую. Особенностью получения проекций с числовыми отметками является ортогональное проецирование из несобственных центров S_1 и S_2 элементов геометрического пространства на систему двух взаимно параллельных (горизонтальных) плоскостей с последующим перепроецированием изображения с одной плоскости на вторую.

Рассмотрим этот этап проецирования.

На *рис. 1.1* задана система параллельных плоскостей Π_1 и Π_2. Проецирование на эти плоскости будем выполнять ортогонально из центров $S_1^\infty = S_2^\infty$. Тогда некоторая точка пространства A изобразится на плоскости Π_2 в виде ее проекции A_2, а на плоскость Π_1 — в виде проекции A_1.

Перепроицируем изображение A_2 на плоскость Π_1 ортогонально из центра $S_1^\infty = S_2^\infty = S_3^\infty$ в точку A_1. Очевидно, что $A_1' = A_1$, т. е. мы получим слившиеся проекции точки A. Если зафиксировать на плоскости Π_1 удаление точки A от Π_1 (величину h), получим проекцию точки A, заданную в числовых отметках.

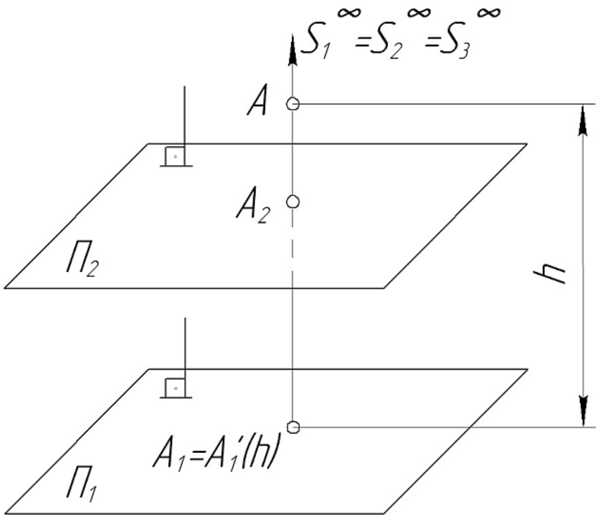


Рис. 1.1. Получение проекции с числовыми отметками

1.1. Точка и прямая линия в проекциях с числовыми отметками

На пространственном изображении (*рис. 1.2, а*) показано положение точек A и B относительно горизонтальной плоскости H, принятой за плоскость проекций (*уровень*). Видно, что точка A находится ниже плоскости H на 3 единицы длины, а точка B — выше ее на 4 единицы. В этом случае говорят, что точка A имеет отметку, или альтитуду, минус 3 единицы, а точка *B* — отметку, или альтитуду, плюс 4 единицы.

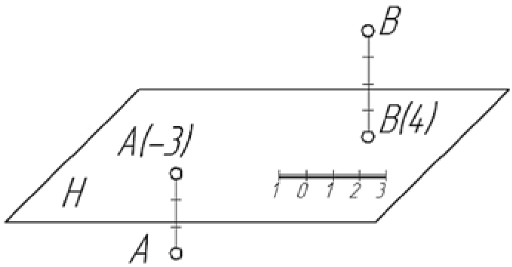
Подошвы перпендикуляров, опущенных из точек *A* и *B* на плоскость *H,* обозначенные соответственно *A*(*-3*) и *B*(*4*), и представляют проекции этих точек с числовыми отметками. За единицу длины чаще всего принимается *1* м. Таким образом, отметка точки, находящейся выше основной плоскости, считается положительной, а отметка точки, находящейся ниже ее, — отрицательной. Следовательно, точка, совпадающая с основной плоскостью, будет иметь нулевую отметку. При пользовании проекциями с числовыми отметками для удобства основную плоскость *H* обычно выбирают так, чтобы все определяемые точки имели положительные отметки.

На *рис. 1.2, б* соединим точки *A* и *B*, а также *A*(*-3*) и *B*(*4*) прямыми линиями. Мы получаем отрезок *AB* в пространстве и проекцию его $A_{-3}B_4$ с числовыми отметками. Представленная проекция этого отрезка вполне определяет положение прямой *AB* в пространстве, так как, восстановив в точках *A*(*-3*) и *B*(*4*) перпендикуляры к плоскости *H* и отложив на них соответственно вниз *3* единицы и вверх *4* единицы, мы получим точки *A* и *B*, определяющие линию *AB* в пространстве.

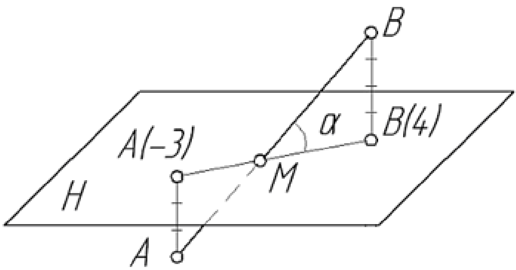
Видно, что прямая *AB* пересекает основную плоскость *H* в точке *M*, которая называется следом прямой *AB* и которая лежит на пересечении *AB* с ее проекцией. Угол α между прямой *AB* и ее проекцией есть угол наклона этой прямой к основной плоскости.

На *рис. 1.2*, в показано изображение на проекциях с числовыми отметками, представленное в пространстве. На этой фигуре построено также совмещенное положение отрезка A_HB_H с основной плоскостью *H*. Построение выразилось в том, что к линии $A_{-3}B_4$ в точке *B*(*4*) восстановлен перпендикуляр длиной *4* единицы, а в точке *A*(*-3*) тоже проведен перпендикуляр, но в противоположном направлении и длиной *3* единицы. Соединение концов этих перпендикуляров — точек A_H и B_H — дает совмещенное положение отрезка *AB*. При этом длина отрезка A_HB_H представляет натуральную величину отрезка *AB*. Точка *M* пересечения A_HB_H с проекцией дает след прямой *AB*. $\angle B_HMB_4$ определяет истинную величину угла наклона этой прямой к основной плоскости *H*.

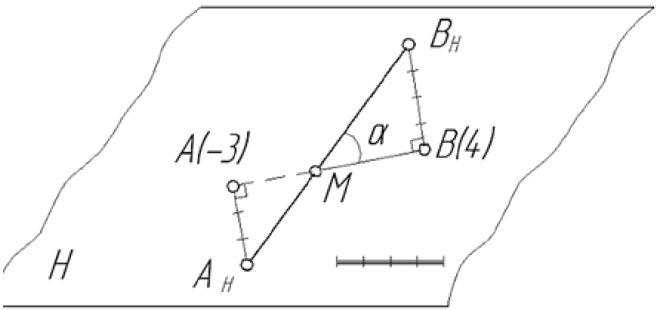
Отсюда становится понятным, как по заданной проекции отрезка прямой с числовыми отметками построить натуральную величину этого отрезка, угол его наклона к горизонту и след. Для этого надо заключить данную прямую и вертикальную плоскость (имеющую своим следом проекцию данной линии) и эту плоскость совместить с основной плоскостью путем вращения ее вокруг проекции.



а)



б)



в)

Рис. 1.2. Точка и прямая в проекциях с числовыми отметками:

а — построение проекции точки, б — построение проекции прямой, в — построение изображения в пространстве

Часто прямая бывает задана проекцией с двумя числовыми отметками, выраженными не целыми числами, и приходится определять те точки проекции, отметки которых выражаются целыми числами в последовательном порядке. Определение таких точек называется *градуированием* или *интерполированием прямой* и показано на *рис. 1.3* на прямой, заданной точками *A*(*4,3*) и *B*(*7,8*).

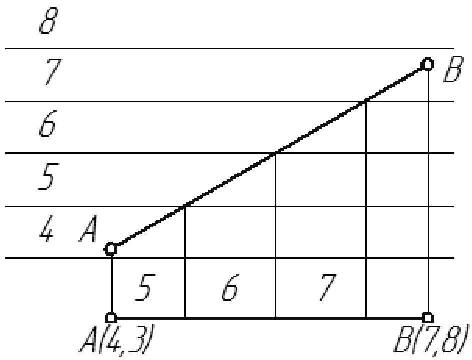


Рис. 1.3. Градуирование прямой

Параллельно проекции заданной прямой проводим несколько линий на произвольном, но равном расстоянии друг от друга. Первую линию принимаем за уровень в *4* единицы, а последующие — за уровень *5, 6, 7* и т. д. В точках *A* и *B* восстанавливаем перпендикуляры к проекции прямой. На этих перпендикулярах между соответствующими линиями уровня определяем уровень в *4, 3* единицы (точка *A*) и уровень в *7, 8* единиц (точка *B*).

Полученные точки соединяем прямой линией, которая пересекает *5-ю* уровненную линию в точке *5*, *6-ю* — в точке *6* и *7-ю* — в точке *7*. Эти точки *5, 6* и *7*, очевидно, и являются точками прямой *AB*, имеющими отметки в *5, 6* и *7* единиц. Перпендикуляры, опущенные из них на проекцию линии *AB*, и дают искомые точки *5, 6* и *7*. Они находятся на равном расстоянии друг от друга и являются проекциями прямой *AB* с отметками, выраженными целыми числами.

Если из точки *5* данной проекции отложить влево по направлению ее *5* единиц, каждая равная отрезку *5–6* или *6–7* (что то же самое), то мы получим точку, имеющую нулевую отметку, т. е. след прямой *AB*. Если бы расстояние между нанесенными уровненными линиями было взято равным единицы длины, то угол между прямой

AB и ее проекцией был бы истинным углом наклона прямой к горизонту. А расстояние *AB* представляло бы натуральную величину отрезка в пространстве, и расстояние между точками *5* и *6* или 6 и *7* проекции составляло бы длину так называемого интервала данной прямой *AB*. Следовательно, ***интервал*** прямой есть горизонтальное расстояние или, как говорят, горизонтальное ***заложение*** (или проложение) между двумя точками прямой, имеющими разность уровней в одну единицу длины. Интервал есть величина, обратная ***уклону*** линии.

На *рис. 1.4* показан вертикальный разрез земного пути, имеющего подъем от точки *A* до точки *B* величиной BB_A, и разрез такого же участка пути, имеющего падение от точки *C* к точке *E* величиной EE_C.

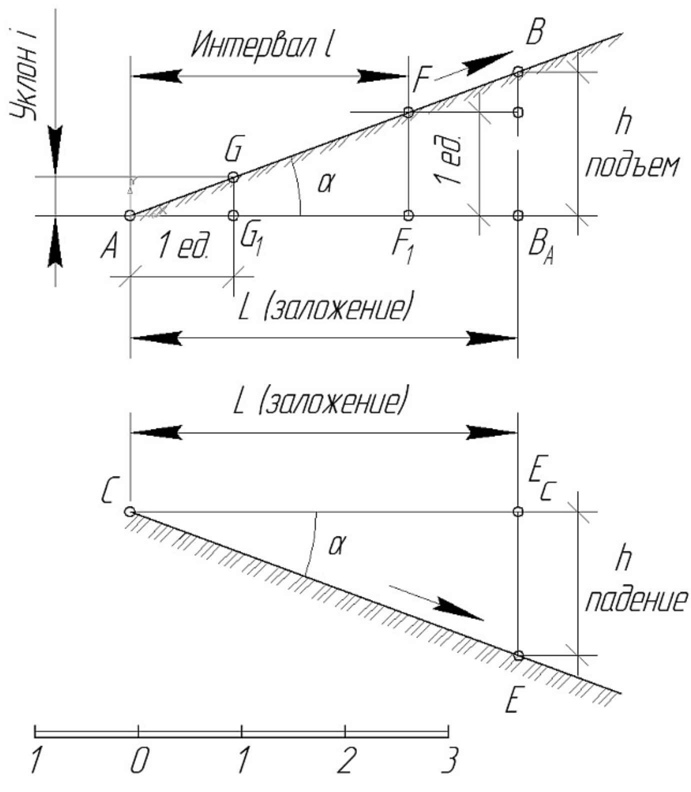


Рис. 1.4. Вертикальные разрезы земного пути

Отрезок AB_A, обозначенный через L, представляет горизонтальное заложение пути AB, а отрезок CE_C — заложение пути CE. Угол наклона пути обозначен через α. Величина подъема или падения пути, приходящаяся на единицу горизонтального проложения этого пути, называется *уклоном пути* и обозначается через i. Величина заложения, приходящаяся на единицу подъема или падения пути, называется *интервалом пути* и обозначается через l.

Следовательно,

$$i = \frac{h}{L} = tg\alpha \,; \qquad l = \frac{L}{h} = ctg\alpha = \frac{1}{tg\alpha} = \frac{1}{i}\,.$$

Итак*, уклон линии* есть тангенс угла наклона этой линии к горизонту, а *интервал линии* — котангенс этого угла. Следовательно, уклон и интервал — линии, обратные друг другу.

В частном случае, когда прямая линия горизонтальна, угол $\alpha = 0$, и тогда уклон ее $i = tg\alpha = 0$. Интервал тогда определяется

$$l = \frac{1}{i} = \infty\,.$$

По заданному заложению прямой определяют натуральную величину отрезка и угол его наклона к плоскости проекций, т. е. определяют уклон и интервал прямой.

При рассмотрении относительного положения точки и прямой обычно определяют высотные отметки точек, принадлежащих прямой или величину их заложения.

Проградуированное заложение прямой вполне определяет прямую в пространстве, т. е. ее направление, подъем и угол линии. Сопоставление этих данных позволяет определить относительное положение прямых в пространстве.

1.2. Определение относительного положения двух прямых

Две прямые линии могут быть:

1) пересекающимися;
2) скрещивающимися;
3) параллельными.

Прямые могут пересекаться и скрещиваться под любым углом. Частным случаем пересечения прямых будет их взаимная перпендикулярность.

Для определения того, какое из перечисленных положений занимают данные в проекциях с числовыми отметками две прямые линии, можно спроецировать эти линии на какую-либо вертикальную плоскость и затем совместить эту плоскость с основной плоскостью проекций. Расположение полученных проекций прямых на совмещенной вертикальной плоскости и дает возможность определить взаимное расположение прямых.

На *рис. 1.5* требуется определить взаимное расположение линий, заданных проекциями следующих отрезков: $A_{1,6}B_{4,0}$, $C_{8,0}D_{1,0}$, $E_{4,8}F_{6,0}$, $G_{6,0}H_{0,0}$. Как видно на чертеже, проекции линий *AB* и *EF* совпадают и проекции линий *CD* и *GH* также совпадают.

Проецируем все отрезки на вертикальную плоскость, поставленную, например, параллельно линиям *AB* и *EF* (*CD* и *GH*), проекции которых совпадают. Получаем на совмещенной вертикальной плоскости проекции отрезков и замечаем, что:

1) *EF* параллельна *AB*;

2) *CD* пересекает *AB* в точке К;

3) *GH* пересекает *CD* в точке *D* и *GH* перпендикулярна *CD*;

4) прямые *EF* и *CD* скрещиваются и *EF* перекрывает *CD*, так как точка *L* выше точки *К* и точка *M* ближе точки *N*;

5) прямая *GH* скрещивается с прямыми *EF* и *AB*.

На основе анализа чертежа можно сделать выводы о взаимном положении прямых по их заложению.

Две прямые будут параллельны, если их заложения совпадают или параллельны, направление подъема совпадает и интервалы прямых равны.

Заложения пересекающихся прямых не могут быть параллельными, они пересекаются или совпадают. Если заложения двух прямых пересекаются и высотная отметка точки пересечения заложений соответствует одной и другой прямой, то прямые пересекаются. Если заложения прямых совпадают, а их направления противоположны, то прямые пересекаются. Если заложения прямых не только совпадают, но и имеют одинаковое направление, а их интервалы различны, то прямые пересекаются.

Рассмотрим пересекающиеся прямые *GH* и *CD*. Спроецируем их на вертикальную плоскость параллельную их заложению. Из чертежа видно, что эти прямые пересекаются под прямым углом.

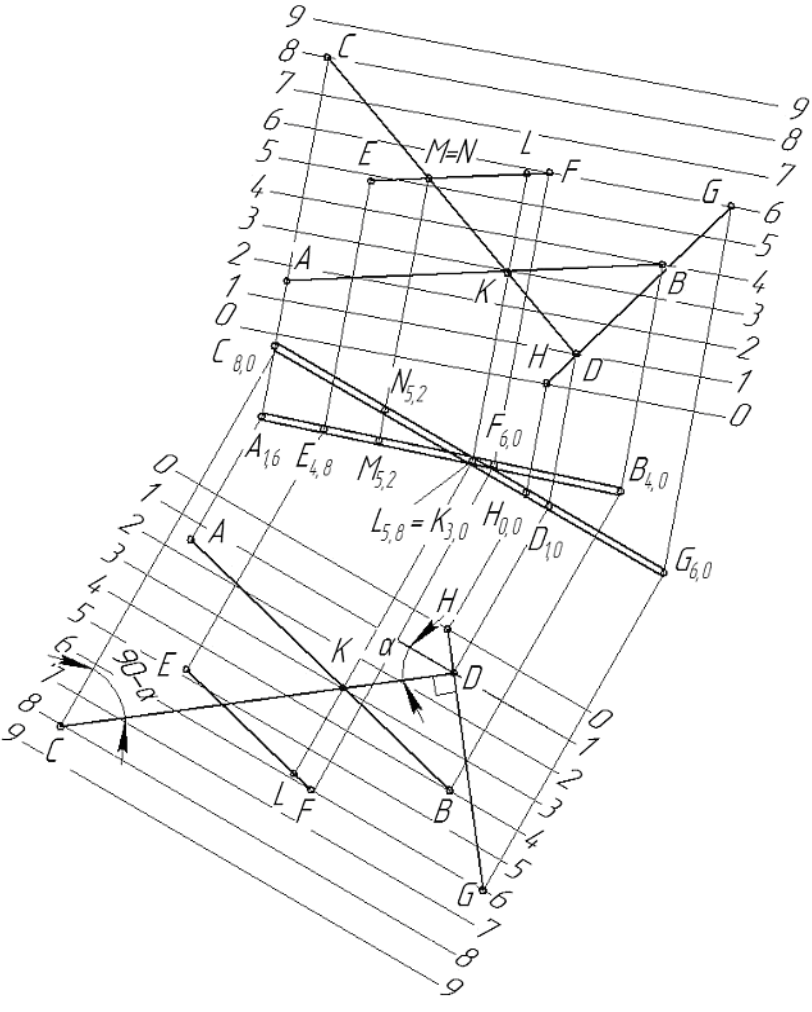


Рис. 1.5. Определение взаимного положения прямых

Если величину угла падения прямой *CD* обозначить через α, то величина угла подъема прямой *GH* будет равна *90*°–α. Следовательно, интервалы таких прямых должны быть обратно пропорциональными. Таким образом, если заложения двух прямых совпадают, направление их подъема противоположно и интервалы их обратно пропорциональны, то такие прямые в пространстве взаимно перпендикулярны.

Поскольку достаточным условием проецирования на плоскость прямого угла в натуральную величину является условие параллельности этой плоскости одной из сторон прямого угла, то можно отметить следующее: если задана горизонтальная прямая, то любая прямая перпендикулярна к ней имеет заложение перпендикулярное заложению данной прямой.

У скрещивающихся прямых заложения не могут совпадать. Если заложения пересекаются, а высотные отметки точек не совпадают, то прямые скрещиваются. Если заложения прямых параллельны, а направление их подъема различное, то прямые скрещиваются. Если заложения прямых параллельны и направления их подъемов совпадают, но интервалы прямых разные, то прямые скрещиваются.

1.3. Плоскость в проекциях с числовыми отметками

На *рис. 1.6* на чертеже представлена плоскость *P* со всеми характеризующими ее элементами.

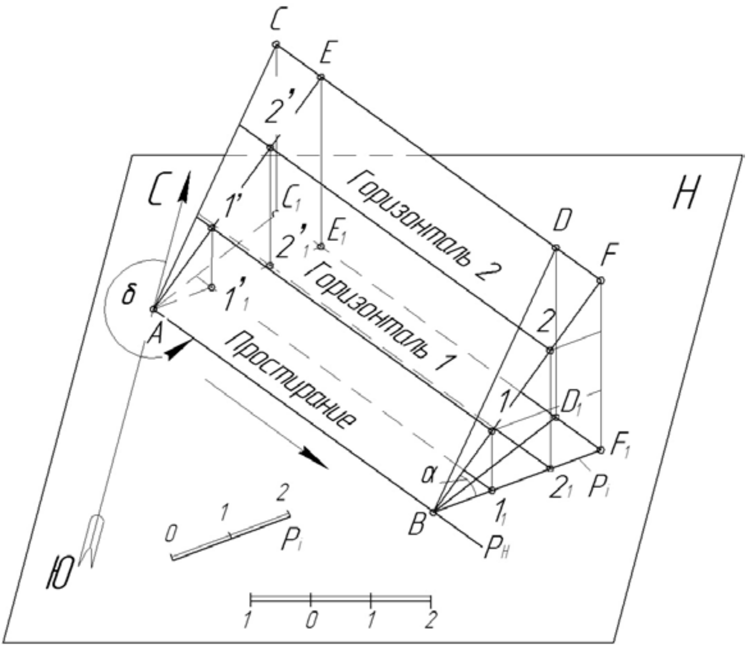


Рис. 1.6. Плоскость в проекциях с числовыми отметками

Плоскость эта в данном случае задана двумя равными параллельными отрезками AC и BD, причем точки A и B лежат в основной плоскости H, определяя след ее на плоскости Н в виде линии PH. Если соединить точки C и D прямой, то получим параллелограмм $CABD$, проекция которого на H есть C_1ABD_1.

Если в точках A и B восстановить в плоскости P к следу P_H перпендикуляры, то получатся линии AE и BF, называемые *линиями наибольшего ската плоскости* P. Очевидно, угол, составленный любой такой линией с основной плоскостью, будет одним и тем же и при том наибольшим. Таким образом, угол α, составленный линией наибольшего ската BF с ее проекцией BF_1, является *углом наибольшего ската плоскости* P или *углом падения плоскости.*

Проекция линии наибольшего ската, например BF, на плоскости H, именно линия BF_1, обозначается той же буквой, что и плоскость, но с индексом i. В данном случае эта линия обозначается через P_i.

Если рассечь плоскость P горизонтальными плоскостями, отстоящими друг от друга на одну единицу длины, то в сечении получатся горизонтальные линии, параллельные следу плоскости и называемые горизонталями плоскости. На чертеже показано сечение плоскости P одной плоскостью на высоте одной единицы от H (горизонталь $11'$) и другой плоскостью на высоте двух единиц от H (горизонталь $22'$). Очевидно, проекции этих горизонталей — линии $11'$ и $22'$ — параллельны следу P_H и отстоят друг от друга на одном и том же расстоянии, называемом *интервалом плоскости*.

Очевидно, что интервал плоскости совпадает с интервалом ее линии наибольшего ската. Благодаря этому проекция P_i линии наибольшего ската с нанесенными на ней равными делениями интервалов вполне определяет положение плоскости в пространстве. Поэтому линию наибольшего ската плоскости с нанесенными на ней интервалами называют *масштабным уклоном* и на чертежах обозначают двойной чертой. Если по данному масштабу уклонов требуется найти угол наибольшего ската плоскости, то следует на любом делении интервала, как на катете, построить прямоугольный треугольник, взяв вторым катетом одну единицу длины (в принятом масштабе). Угол между гипотенузой и линией ската будет искомым.

В технике при разрешении геологических вопросов часто требуется определять расположение пластов земной пород относительно сторон света. Это расположение принято выражать так называемым *углом простирания* плоскости, измеряемым в горизонтальной плоскости против хода часовой стрелки от северного конца магнитной стрелки до направления *линии простирания* плоскости. Направление простирания плоскости считают вдоль горизонтали по направлению вытянутой вбок правой руки, если смотреть в сторону подъема плоскости. На чертеже направление простирания показано стрелкой по линии *AB* и угол простирания обозначен через δ.

Кроме указанного способа задания плоскости, ее можно задать: плоской фигурой, пересекающимися прямыми, параллельными прямыми или тремя точками (не лежащими на одной прямой).

На *рис. 1.7* показаны разные способы задания плоскости с учетом вышеприведенной характеристики. В первом случае (*рис. 1.7, а*) плоскость задана тремя точками (*A*(*51,8*), *B*(*63,2*), *C*(*58,2*)). Во втором случае (*рис. 1.7, б*) она задана двумя параллельными прямыми, причем последние определяются отметками начальных точек и уклоном. В третьем случае (*рис. 1.7, в*) плоскость задана следом *PH* и величиной уклона. В четвертом случае (*рис. 1.7, г*) — масштабом уклонов P_i.

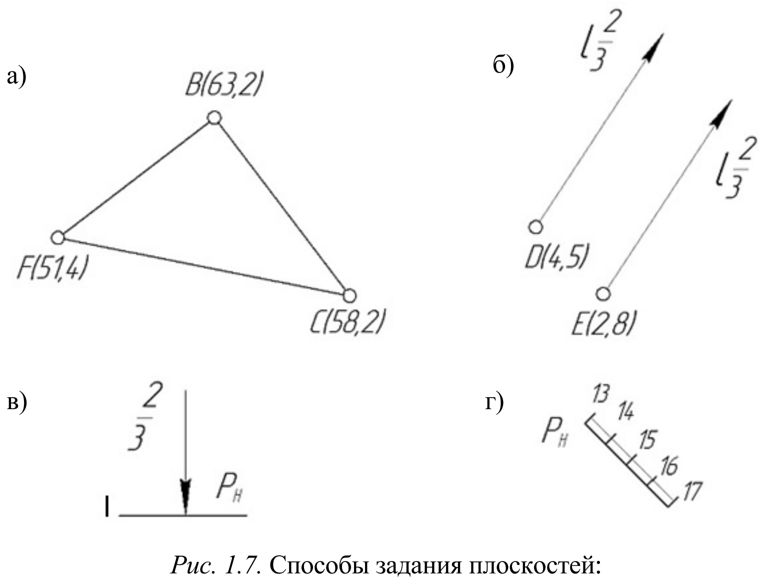


Рис. 1.7. Способы задания плоскостей:

а — тремя точками, б — двумя параллельными прямыми,
в — следом плоскости и величиной уклона, г — масштабом уклонов

1.4. Определение относительного положения плоскостей

Две плоскости могут пересекаться или быть параллельными. В последнем случае, очевидно, масштабы уклонов плоскостей будут параллельны и будут иметь одинаковые интервалы и одинаковое направление возрастных отметок.

Линия пересечения двух плоскостей α и β может быть определена двумя точками, каждая из которых является точкой пересечения трех плоскостей: α, β и произвольной вспомогательной горизонтальной плоскости γ. Плоскость γ пересекает заданные плоскости по горизонталям. Следовательно, линию пересечения плоскостей можно определять по точкам пересечения соответствующих горизонталей данных плоскостей.

Задача 1.1. На *рис. 1.8, а* изображены плоскость α, заданная следом α_H и уклоном $3/2$, и плоскость β, заданная линией уклонов β_i, при заданном масштабе. Найти линию пересечения этих плоскостей.

Решение:

Проводим линию наибольшего ската α_i плоскости α перпендикулярно к α_H (*рис. 1.8, б*). Откладываем на линии α_i интервалы l плоскости α, составляющие $2/3$ единицы (при заданном уклоне $3/2$).

Проводим через точки отложения горизонтали, параллельные α_H.

Находим точки M и N пересечения горизонталей плоскостей α и β (например, вторых и четвертых горизонталей), определяющие собой искомую линию пересечения плоскостей.

Задача 1.2. Построить откосы котлована по заданным отметке и размерам его дна и крутизне откосов в предположении, что земля представляет горизонтальную плоскость (*рис. 1.9*).

Решение: Вычисляем величины заложений (горизонтальных проложений) откосов при заданных: отметке дна котлована (–3) и крутизне откосов (уклоне боковых плоскостей его).

Для левого откоса при уклоне его в $3/2$ интервал l_1 будет равен $2/3$, а заложение L_1 при 3 единицах глубины будет $L_1 = 2/3 \cdot 3 = 2$ единицы.

Для правого откоса при уклоне в $1/3$ интервал l_2 будет равен 3, а заложение $L_2 = 3 \cdot 3 = 9$ единиц.

Для верхнего и нижнего откосов (продольных) при одном и том же уклоне их в $2/3$ интервал l_3 будет $3/2$, а заложение $L_3 = 3/2 \cdot 3 = 4,5$ единицы.

а)

б)

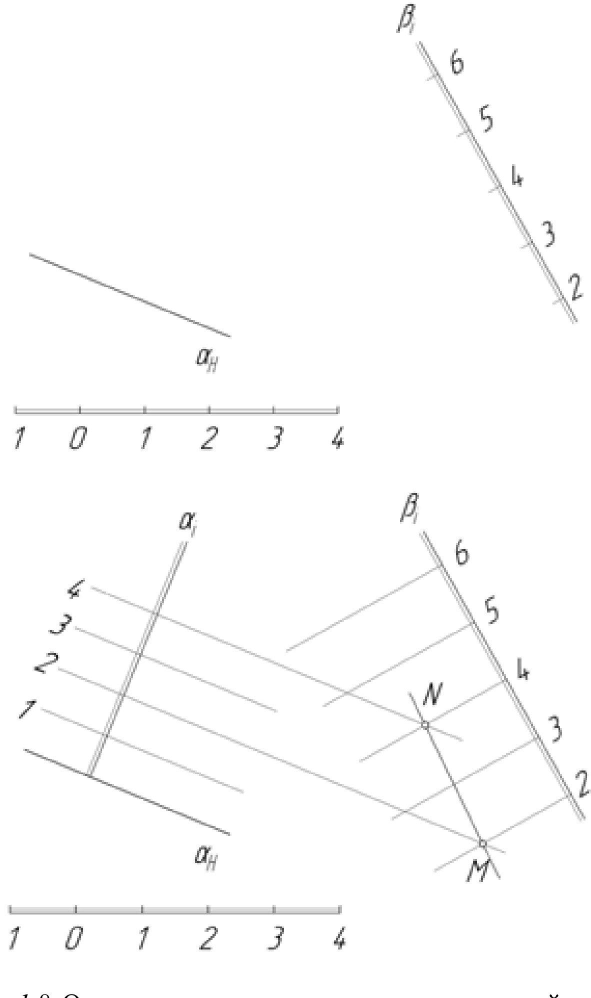


Рис. 1.8. Определение линии пересечения плоскостей:
а — исходные данные, б — решение задачи

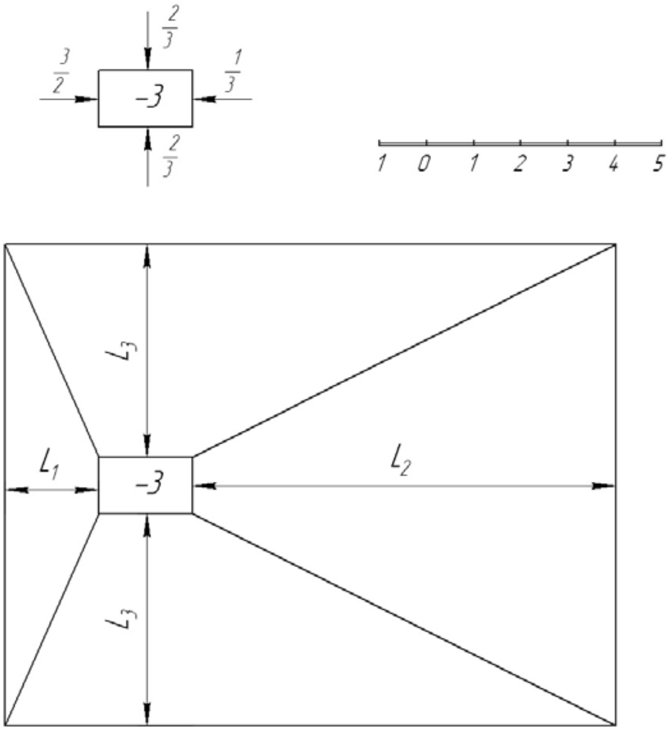


Рис. 1.9. Построение откосов котлована

Откладываем полученные размеры заложений откосов по направлениям, перпендикулярным к соответствующим сторонам дна котлована, и, проводя через точки отложения прямые линии, параллельные сторонам дна, до взаимной встречи в углах котлована, получаем очертание котлована на уровне земли, принятой за нулевую плоскость. Соединяя вершины углов котлована, лежащих на уровне земли, с соответствующими вершинами углов дна котлована, получаем окончательную проекцию этого котлована.

Задача 1.3. К продольной дамбе (земляной насыпи), имеющей высоту 4 м и откосы с уклоном $3/2$, примыкает под острым углом поперечная дамба, имеющая высоту 3м и боковые откосы с уклоном $2/3$, а торцевой откос с уклоном $4/3$ (*рис. 1.10, а*). Требуется построить пересечение откосов дамб между собой и откосов с поверхностью земли, принятой за горизонтальный нулевой уровень.

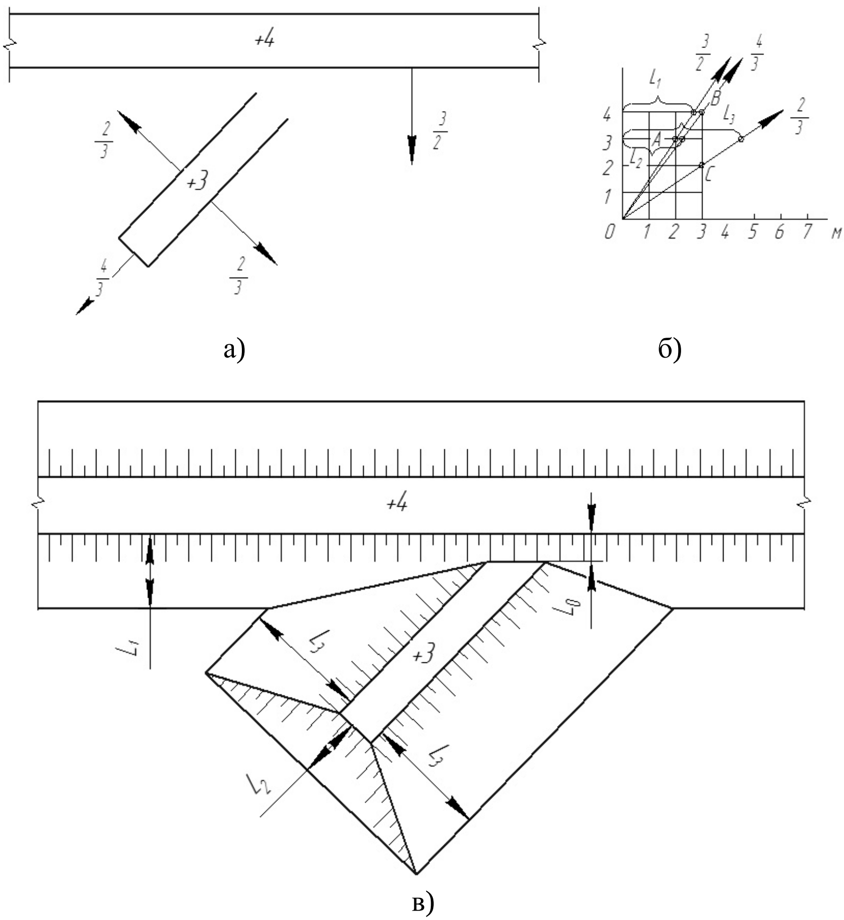


Рис. 1.10. Построение откосов дамб:

а — исходные данные, б — масштаб уклонов,
в — пересечение откосов дамб

Решение: В случаях, подобных данному, когда требуется при разных уклонах отыскивать заложения откосов земляных сооружений разной высоты, выгодно для решения задачи предварительно построить так называемый *масштаб уклонов* в виде особой диаграммы, позволяющей быстро находить величины заложений.

Такой масштаб уклонов построен, исходя из заданного линейного масштаба (*рис. 1.10, б*). В нулевом делении линейного масштаба проведена вертикаль, и на ней отложены линейные единицы масштаба. После этого из точки 0 проведены три направления *OA*, *OB* и *OC*, обозначенные дробями $3/2$, $4/3$ и $2/3$ соответственно заданным уклонам.

Предположим, нам необходимо определить величину заложения откоса, соответствующего уклону в $2/3$ при высоте 3 единицы. Проводим из точки, взятой на нулевой вертикали на расстоянии в 3 единицы от 0, горизонталь до встречи с линией ОС, соответствующей уклону $2/3$. Полученный отрезок L_3 и представит величину искомого заложения. Так определяем величины заложений L_0, L_1, L_2, L_3 для всех заданных в задаче откосов.

Откладывая полученные величины заложений, строим требуемые пересечения дамб (*рис. 1.10, в*). Следует отметить, что заложение L_0 соответствует разности высот верхних гребней дамб и определяет линию врезания верхнего гребня наклонной дамбы в откос продольной дамбы.

Задача 1.4. На *рис. 1.11* заданы плоскость α (масштабом уклонов α_i) и прямая $A_{11}B_{14}$. Найти точку *К* встречи этой прямой с плоскостью α.

Решение: Рассмотрим два способа решения задачи.

1 способ. На *рис. 1.11, б* плоскость и прямую *AB* проецируем на вертикальную плоскость β, перпендикулярную плоскости α, и плоскость β совмещаем с основной плоскостью *H*. Пересечение следа плоскости α, совпадающего с проекцией линии наибольшего ската *DC*, с проекцией *AB* на ту же плоскость β данной прямой и дает искомую точку *К*, которую затем переносим по перпендикуляру к α_i на проекцию прямой $A_{11}B_{14}$.

2 способ. На *рис. 1.11, в* через данную прямую $A_{11}B_{14}$ проводим вспомогательную плоскость γ, которая определена двумя горизонталями, проведенными в произвольном направлении из произвольно взятых точек с отметками 11 и 14 данной прямой *AB*. Пересечение 11-й горизонтали плоскости γ с 11-й горизонталью плоскости α и 14-й горизонтали плоскости γ с 14-й горизонталью плоскости α дает точки M_{11} и N_{14}. То есть вспомогательная плоскость γ пересекается с заданной плоскостью α по линии $M_{11}N_{14}$. Пересечение данной прямой $A_{11}B_{14}$ с линией $M_{11}N_{14}$ дает проекцию *К* искомой точки встречи.

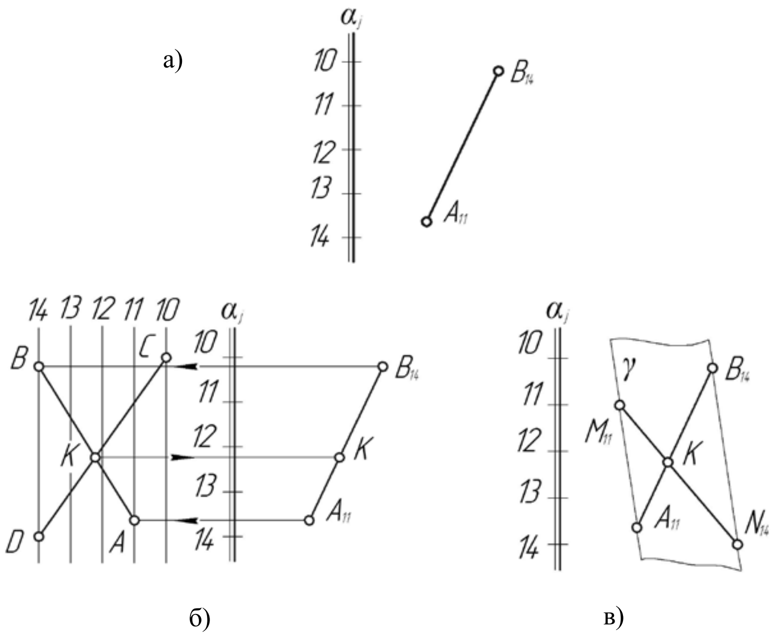


Рис. 1.11. Определение точки встречи прямой и плоскости:
а — исходные данные, б — проецирование прямой
и плоскости на вертикальную плоскость,
в — задание вспомогательной плоскости

1.5. Тела и поверхности в проекциях с числовыми отметками

В проекциях с числовыми отметками о форме тела приходится судить по одной горизонтальной ортогональной проекции по числовым отметкам, поставленных в вершинах и в характерных местах. При этом для изображения тел с кривыми поверхностями прибегают к нанесению на проекции горизонталей, представляющих линии сечения тела горизонтальными плоскостями, отстоящими друг от друга на одну единицу длины.

На *рис. 1.12, а* представлено изображение прямого кругового конуса, а на *рис. 1.12, б* — изображение наклонного конуса, имеющего круговые горизонтальные сечения. Конусы показаны в плане и в вертикальном разрезе.

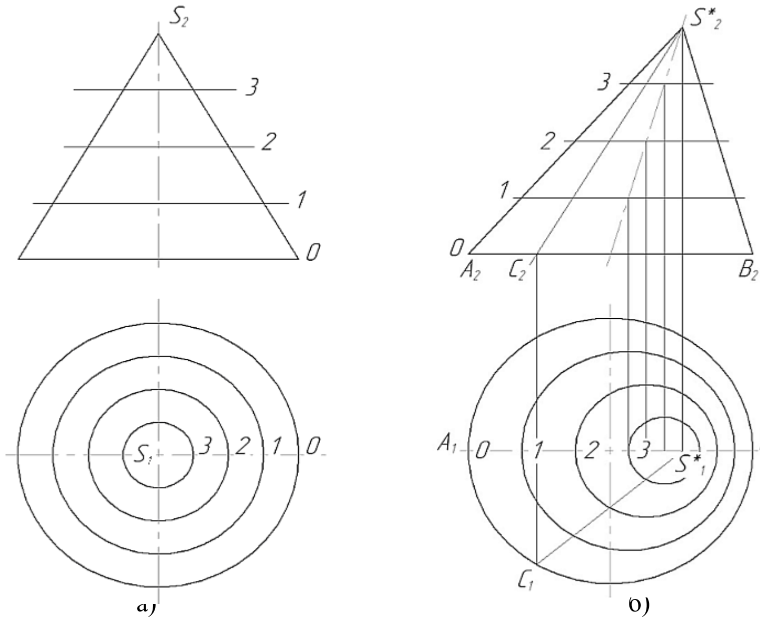


Рис. 1.12. Изображения в плане и в вертикальном разрезе конусов: а — прямой конус, б — наклонный конус

Как видно, сечения прямого конуса горизонтальными плоскостями *0*, *1*, *2* и *3*, имеющими отметки соответственно значениям цифр, представляют окружности, проецирующиеся на плоскость проекций с числовыми отметками без искажения в виде концентрических окружностей с равномерно изменяющимся радиусами. Такие же сечения наклонного конуса дают проекции на плане в виде эксцентрических окружностей. Эти окружности на плане и представляют горизонтали конической поверхности. Концентричность окружностей проекций прямого конуса и эксцентричность их в проекции наклонного конуса и дают возможность отличить эти конусы на проекции с числовыми отметками.

По порядку возрастания чисел, обозначающих горизонтали, можно судить о том, какой конус изображен: нормально стоящий или опрокинутый вершиной вниз и образующий воронку.

Как видно, уклон всех образующих прямого конуса один и тот же, так как интервалы горизонталей одинаковы. Уклон образующих наклонного конуса разный: так, например, уклон образующей *S*C* больше, чем уклон образующей *S*A*, так как интервалы проекции $S^*_1C_1$ меньше интервалов проекции $S^*_1A_1$. Наименьшие интервалы соответствуют образующей *S*B*, которая поэтому имеет наибольший уклон, т. е. для поверхности данного конуса является линией наибольшего ската. Итак, *линия наибольшего ската кривой поверхности* представляет непрерывную цепь наименьших интервалов этой поверхности.

На *рис. 1.13* в качестве примера изображения в проекциях с числовыми отметками кривых поверхностей рассмотрим изображение

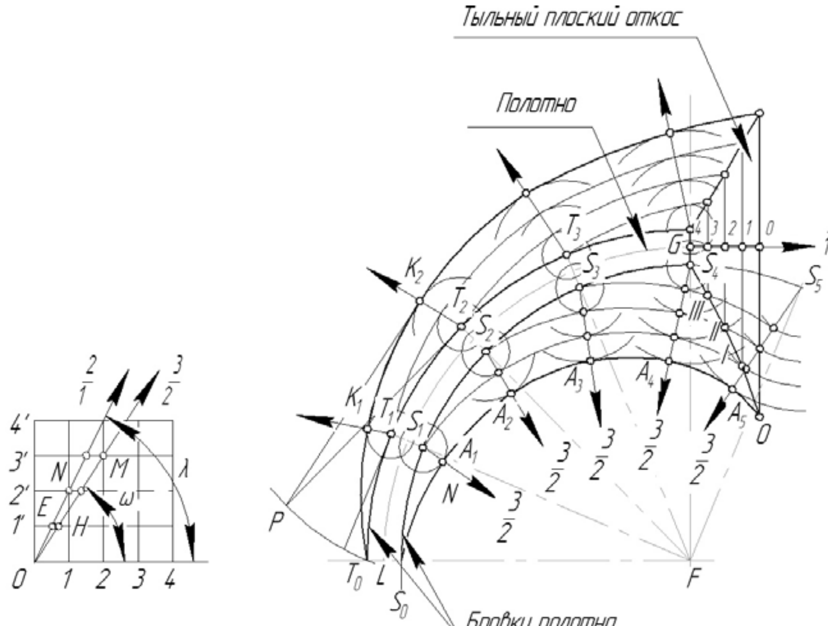


Рис. 1.13. Поверхность одинакового ската:
а — масштаб уклонов, б — построение поверхности

так называемой поверхности одинакового ската, применяемой для образования откоса насыпи или выемки на кривой или на уклоне, и случайной (или графической поверхности), образование которой не подчинено никакому закону.