

у 514.18(04)
М-54

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»**

Кафедра начертательной геометрии и инженерной графики

Методические указания

**по начертательной геометрии
для студентов специальностей**

Т.19.02 – производство строительных изделий и конструкций (ПСиК);

С.04.02 – мелиорация и водное хозяйство (МиВХ);

Т.19.06 – водоснабжение, водоотведение, очистка природных и сточных вод
(ВВОПиСВ).

Часть II

Брест 2001

У514.18(07)
М54

Методические указания разработаны в соответствии с учебной и рабочей программами курса начертательной геометрии и предназначена для самостоятельной работы студентов при подготовке к практическим занятиям, экзаменам и при выполнении индивидуальных графических работ.

Составители: Уласевич З.Н. к.т.н., доцент
Шумская Л.П. ст. преподаватель
Яромич А.И. ст. преподаватель
Зубрицкий Н.Н. ассистент
Мигель В.В. ассистент

Рецензент: Ст. преподаватель кафедры инженерной графики строительного профиля БГПА Л.С. Ольшанская.

Содержание

1. ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ.....	4
1.1. Сущность метода и обратимость чертежа.....	4
1.2. Изображение точки, прямой линии, плоскости.....	4
1.3. Задание, образование и изображение поверхностей.....	10
1.4. Примеры решения инженерных задач в проекциях с числовыми отметками.....	13
2. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ.....	16
2.1. Основные понятия.....	16
2.2. Обратимость чертежа.....	16
2.3. Сущность метода аксонометрического проецирования.....	16
2.4. Стандартные аксонометрические проекции.....	18
2.5. Примеры построения аксонометрических проекций геометрических фигур.....	19
2.6. Решение позиционных задач на аксонометрических проекциях.....	21
2.7. Аксонометрические схемы.....	24
3. ПЕРСПЕКТИВА.....	26
3.1. Общие сведения.....	26
3.2. Аппарат центрального проецирования.....	27
3.3. Перспектива прямой общего положения.....	27
3.4. Перспектива прямых частного положения.....	28
3.5. Перспектива точки.....	29
3.6. Перспектива плоскости (плоской фигуры).....	30
ЛИТЕРАТУРА.....	31

1. ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

1.1. Сущность метода и обратимость чертежа

Целью метода проекций с числовыми отметками является изображение пространственных форм на горизонтальной плоскости и решение с этими изображениями различных геометрических задач.

Этот метод применяется для изображения объектов, имеющих значительное развитие в одной плоскости и малое в направлении, перпендикулярном этой плоскости. Метод проекций с числовыми отметками применяется в решении инженерных задач при проектировании различных земляных сооружений: дорог, аэродромов, дамб, плотин и т.д., а также для изображения земной поверхности.

Объект ортогонально проецируется на одну горизонтальную плоскость, и у проекций точек ставятся числа, показывающие расстояния этих точек до условно принятой плоскости проекций, которая называется **нулевой** (H_0). Эти числа и называются **числовыми отметками**. Если отметка отсчитывается вверх от плоскости, то она считается положительной, если отсчет идет вниз — отрицательной.

При решении различных графических задач часто пользуются переходом от изображения в числовых отметках к комплексному чертежу. Тогда на чертеже в числовых отметках строят дополнительную проекцию на выбранную вертикальную плоскость. При необходимости легко осуществить и обратный переход от комплексного чертежа к чертежу в числовых отметках.

Чертежи в проекциях с числовыми отметками всегда сопровождаются линейным масштабом.

1.2. Изображение точки, прямой линии, плоскости

• **Изображение точки.** В проекциях с числовыми отметками проекции точек наносят на плоскость по двум координатам, а ее третью координату надписывают у проекции этой точки в виде числовой отметки.

На рис. 1.1 показаны чертежи точек A , B , C .

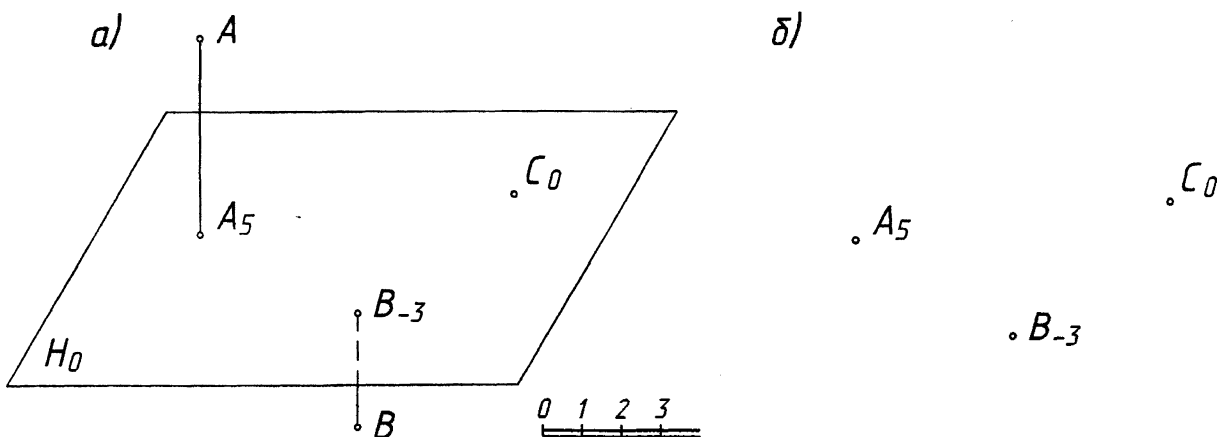


Рис. 1.1

Точка А имеет положительную отметку (расположена выше плоскости проекций), точка В имеет отрицательную отметку (располагается под плоскостью H_0) и точка С имеет нулевую отметку (принадлежит плоскости проекций).

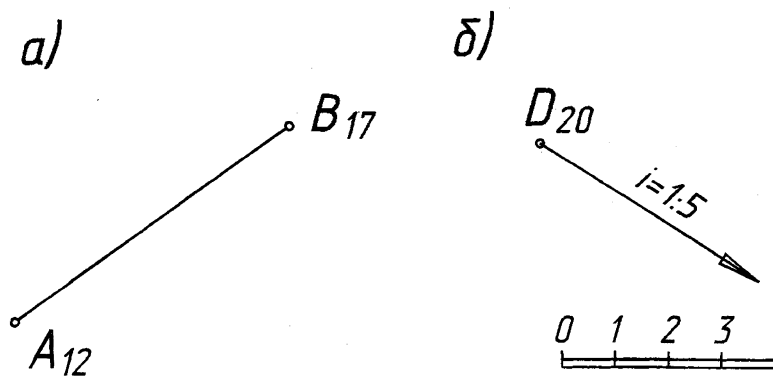


Рис. 1.2

• **Задание и изображение прямой линии.** Положение прямой в пространстве определяется двумя ее точками, либо одной точкой и направлением. На чертеже прямая может быть задана: проекциями двух ее точек; проекцией одной точки и направлением и величиной уклона (рис. 1.2).

Заложением (L) отрезка АВ (рис. 1.3) называется длина его горизонтальной проекции. **Превышением (подъемом)** отрезка называется разность отметок его концов ($\Delta h = h_B - h_A$).

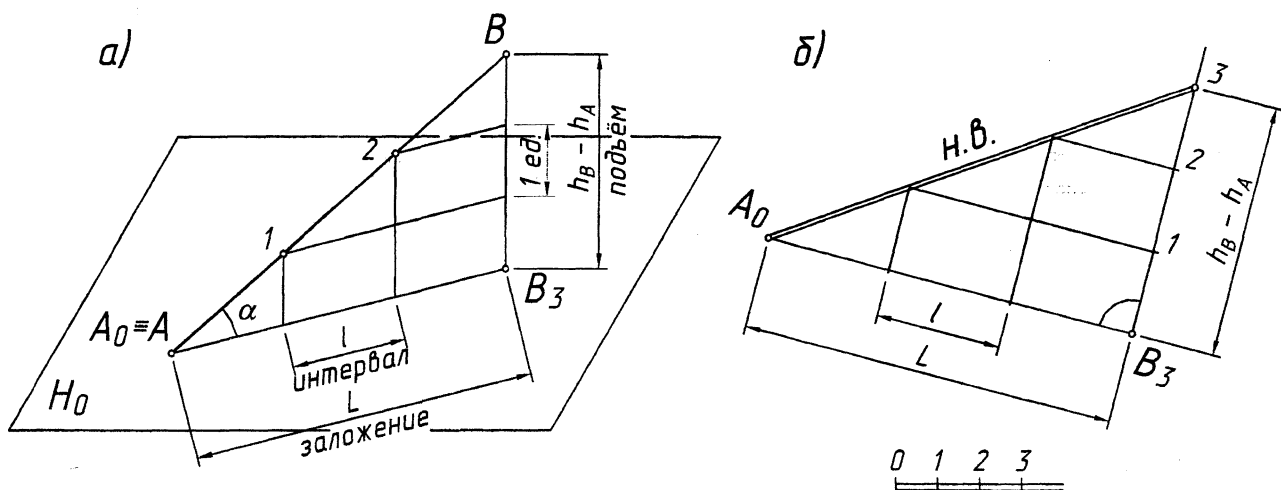


Рис. 1.3

Интервал (l) – это заложение отрезка, разность отметок концов которого, равна единице.

Угол наклона прямой (α) – это угол наклона прямой к H_0 . Обычно наклон прямой задают не углом α , а уклоном (i).

Уклоном отрезка прямой (i) является отношение его превышения к заложению, то есть $\text{tg } \alpha$.

Уклон может задаваться в градусах, процентах, промиллях или простой дробью.

Между интервалом и уклоном существует обратно пропорциональная зависимость.

$$i = h_B - h_A / L = 1/l, \text{ отсюда } l = 1/i.$$

При решении отдельных задач возникает необходимость нанести на проекцию прямой точки, числовые отметки которых представляют собой последовательный ряд целых чисел, т.е. **проградуировать** проекцию прямой.

Градуированием прямой линии называется определение на прямой точек с целыми отметками, отличающимися на единицу масштаба.

Градуировать прямую линию можно **графически** и **аналитически**.

Градуирование прямой **графическим** способом рассмотрено на рис. 1.4.

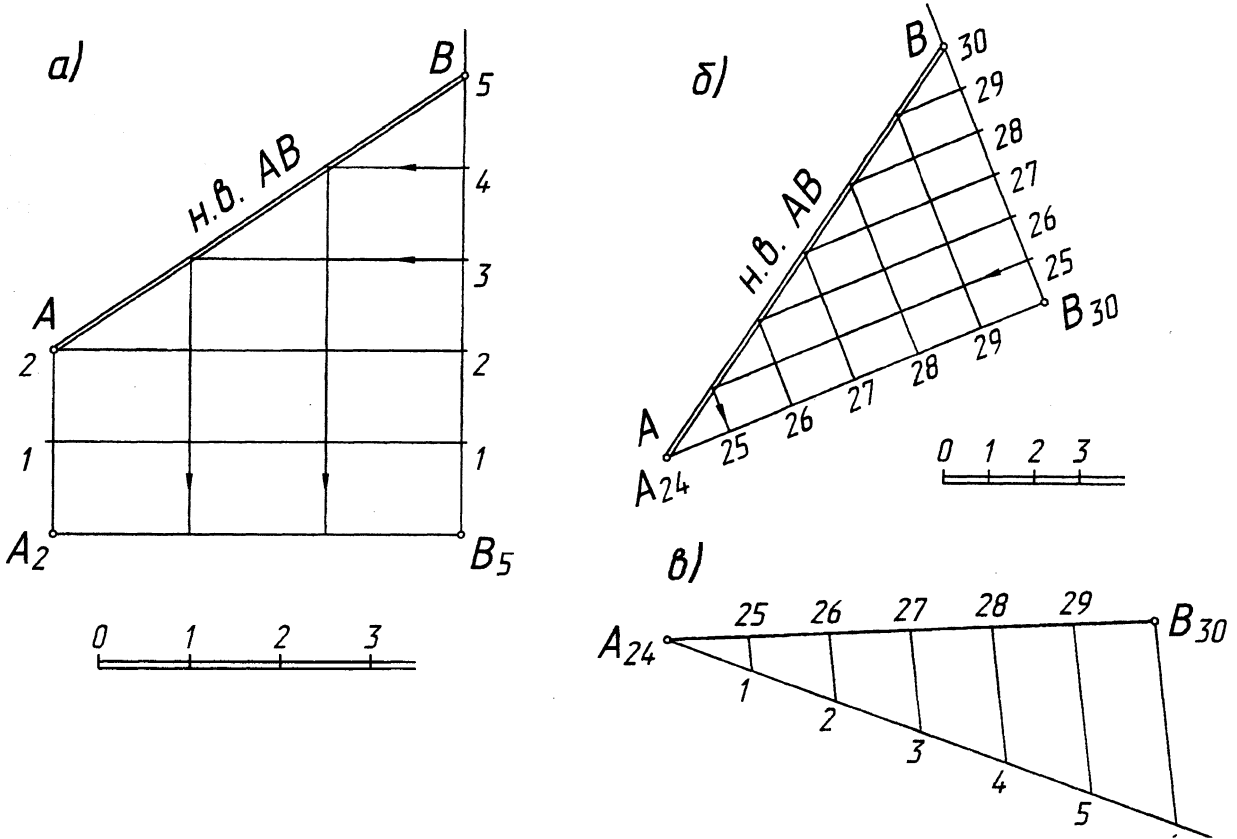


Рис. 1.4

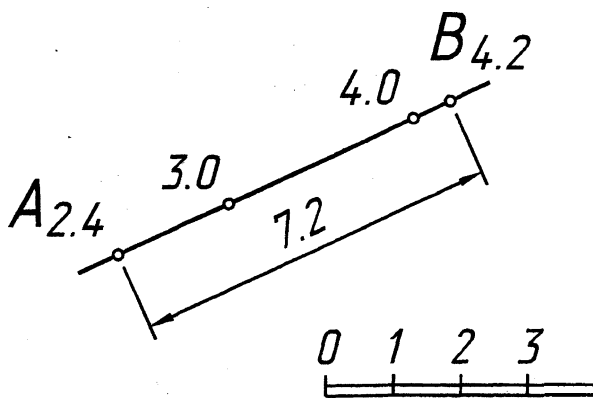
На рис. 1.4а из точек A_2 и B_5 проведены перпендикуляры к проекции отрезка, на них отложены отрезки, равные высотам точек A и B . Тогда получим истинную величину AB отрезка. Затем с помощью вспомогательных прямых, параллельных проекции отрезка, найдем на прямой AB точки с целыми отметками, после чего построим их проекции на проекции прямой.

Когда отметки концов отрезка велики, тогда плоскость H_0 мысленно поднимается до точки с меньшей отметкой. От точки B_{30} (рис. 1.4б) откладываем разность отметок концов отрезка прямой. Затем градуируем проекцию прямой так, как было показано в предыдущем примере.

На рис. 1.4в приведен пример градуирования отрезка прямой способом пропорционального деления. Через одну из точек отрезка прямой, например A_{24} , под произвольным углом к проекции отрезка проводится вспомогательная прямая и на ней откладывается такое число равных частей, которое равно разности отметок крайних точек заданного отрезка (в данном случае $30-24=6$). Проводим прямые $6-B_{30}$, $5-29$ и т.д., находим на отрезке $A_{24}B_{30}$ точки с целыми отметками.

Аналитический способ градуирования прямой линии (рис. 1.5).

Находим интервалы $l = 7,2 : (4,2 - 2,4) = 7,2 : 1,80 = 4$ -м.



Первой точкой с отметкой в целое число будет 3,0.

Разница в высоте двух точек $3 - 2,4 = 0,6$. Заложение этого подъема будет $0,6 \times 4 = 2,4$ м. Отложив от точки 2,4 отрезок 2,4 м, получим точку с отметкой 3,0. Далее откладываем интервалы, равные 4 м и получаем точки с отметками 4, 5, 6...

Рис. 1.5

• Задание плоскости. Плоскость в

проекциях с числовыми отметками мож-

но задать так же, как и в ортогональных проекциях. Однако удобно задавать плоскость **масштабом уклона**.

Масштаб уклона плоскости – это проградуированная проекция линии наибольшего ската плоскости (рис. 1.6).

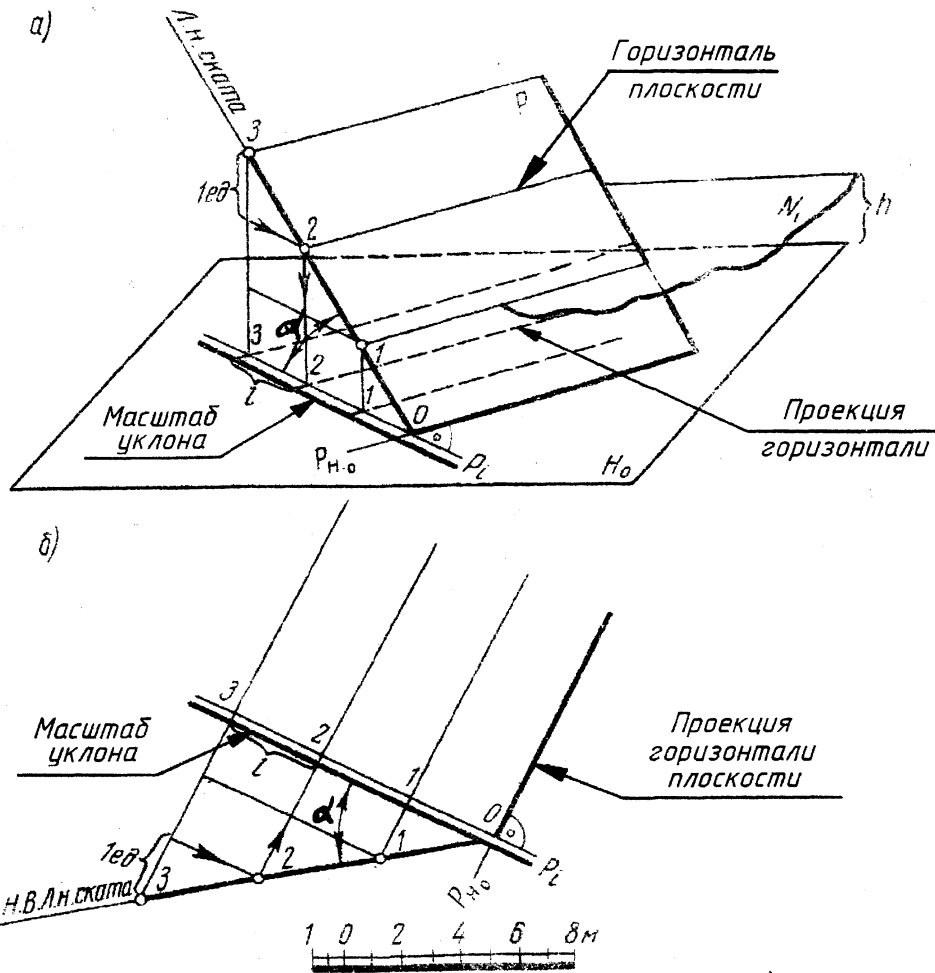


Рис. 1.6

Линией наибольшего ската плоскости является линия, лежащая в этой

плоскости и перпендикулярная ее горизонталям.

Горизонталями плоскости называются линии, лежащие в этой плоскости и параллельные горизонтальной плоскости проекций. Горизонталь, по которой заданная плоскость пересекается с плоскостью проекций, является нулевой горизонталью и является следом плоскости.

Угол наклона плоскости P к H_0 измеряется углом α между линией наибольшего ската, перпендикулярной к следу P_{H_0} , и ее горизонтальной проекцией (масштабом уклона).

Уклоном плоскости является $\text{tg}\alpha$ ($i=\text{tg}\alpha$).

Расстояние между соседними горизонталями, соответствующее единице превышения, принимают за **интервал l плоскости**. Следовательно, из рис. 1.6 видно, что $l=1/i$ и тогда $i=1/l$, т.е. i и l обратно пропорциональные величины.

Масштаб уклона условно изображают двумя параллельными прямыми (основной и тонкой) и обозначают той же буквой, что и плоскость, но с индексом i (P_i).

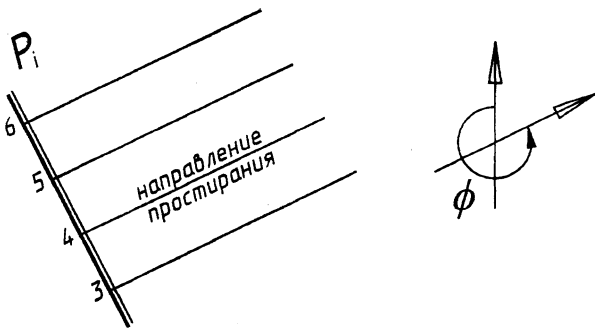


Рис. 1.7

Масштаб уклона определяет положение плоскости в пространстве. Однако для ориентировки плоскости относительно стран света иногда на чертеже указывают **угол ее простираения**, который зависит от направления простираения плоскости.

Направление простираения

плоскости принимается направо, если смотреть на плоскость в сторону ее подъема (рис. 1.7).

Угол простираения ϕ отсчитывается против движения часовой стрелки от северного конца меридиана до направления простираения.

Угол простираения ϕ отсчитывается против движения часовой стрелки от северного конца меридиана до направления простираения.

• Взаимное расположение прямых, прямой и плоскости, плоскостей.

1. Если точка в пространстве лежит на отрезке прямой, то проекция этой точки лежит на проекции отрезка прямой и их высотные отметки совпадают (рис. 1.8).

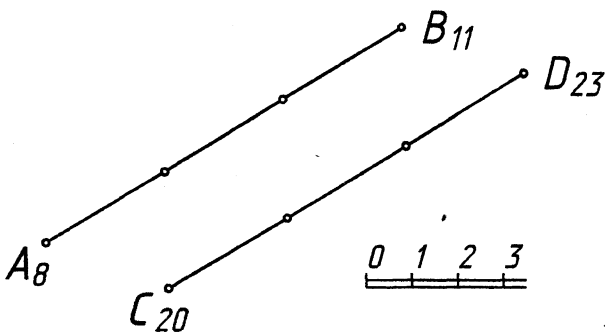


Рис. 1.9

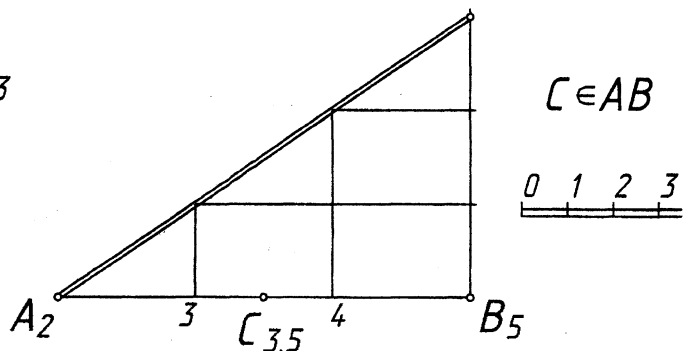


Рис. 1.8

2. Если две прямые параллельны между собой, то проекции их параллельны друг другу, интервалы равны и отметки возрастают в одном направлении (рис. 1.9).

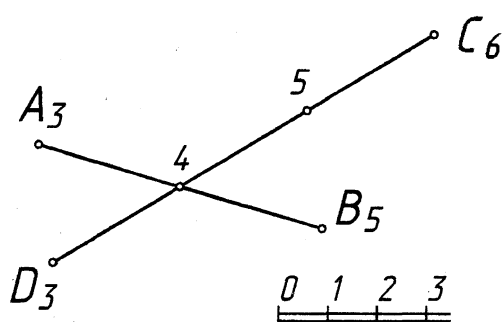


Рис. 1.10

3. Если прямые в пространстве пересекаются, то проекции таких прямых взаимно пересекаются в точке с одинаковой отметкой (рис. 1.10).

4. Если прямые скрещиваются, то проекции их могут пересекаться, но точка пересечения имеет две отметки: одну для точки первой прямой и вторую – для точки второй прямой (рис. 1.11).

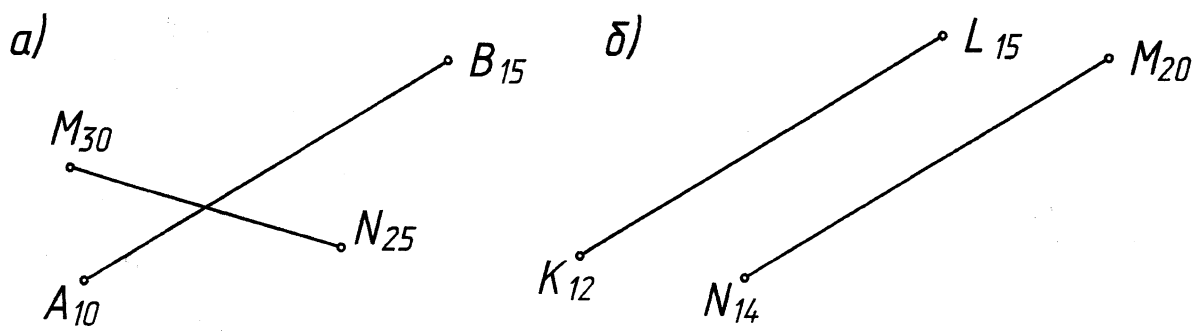


Рис. 1.11

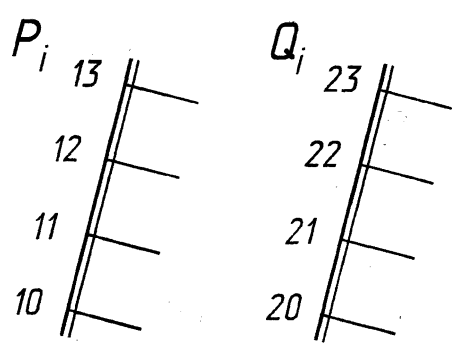


Рис. 1.12

5. Если две плоскости в пространстве параллельны друг другу, то в проекциях с числовыми отметками масштабы уклонов их параллельны, интервалы равны и отметки возрастают в одном направлении (рис. 1.12).

6. Чтобы построить линию пересечения двух плоскостей, достаточно определить две точки этой линии, которые являются точками пересечения одноименных горизонталей, или одну ее точку и направление линии (рис. 1.13, 1.14).

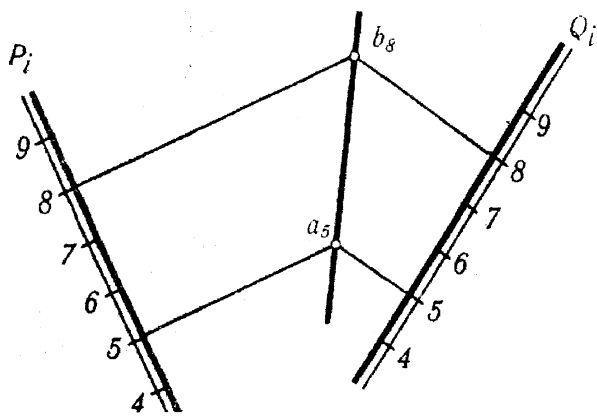


Рис. 1.14

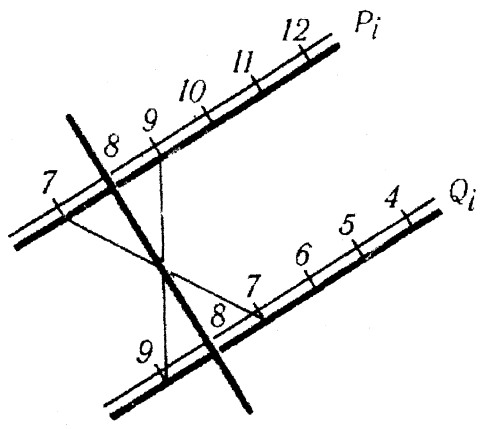


Рис. 1.13

7. В случае, если прямая перпендикулярна к плоскости, то ее проекция параллельна масштабу уклона плоскости, интервалы ее по величине обратны

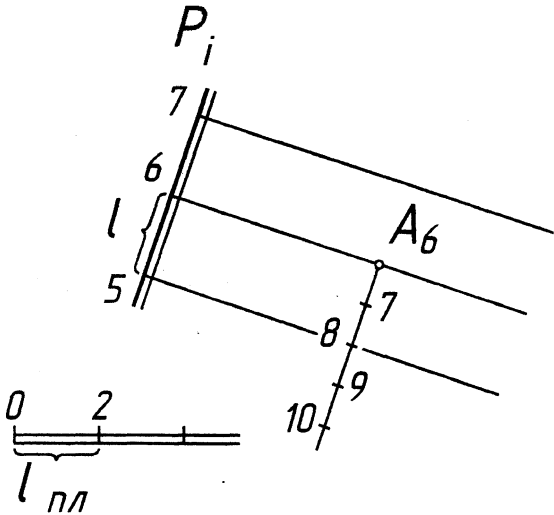


Рис. 1.15

интервалам плоскости, а отметки перпендикуляра и линии наибольшего ската возрастают в противоположные стороны (рис. 1.15).

8. Пересечение прямой с плоскостью (рис. 1.16) находят при помощи вспомогательной плоскости-посредника общего положения, проведенной через заданную прямую АВ.

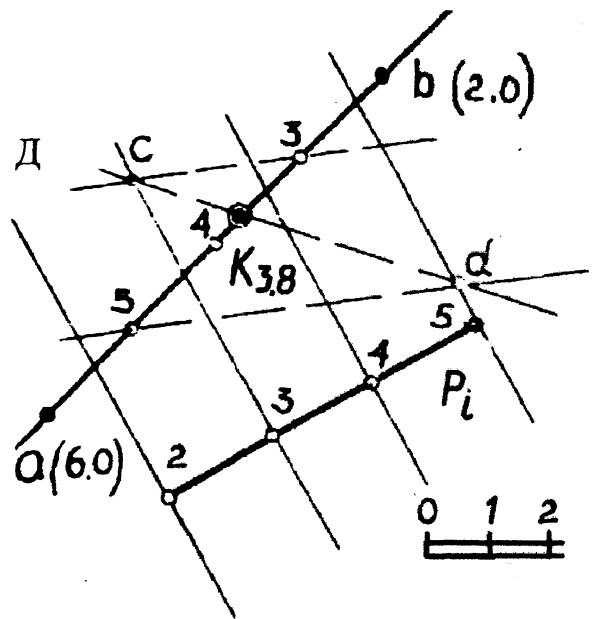


Рис. 1.16

ан
ная прямая градуируется и через две наиболее удобные точки проводятся две горизонтали h_3 и h_5 вспомогательной плоскости. Через точки С и D - пересечения одноименных горизонталей - проходит линия пересечения плоскостей, а точка пересечения ее с заданной прямой АВ (точка $K_{3.8}$) и будет искомым точкой пересечения прямой АВ с плоскостью Р. На основании рассмотренных примеров можно сделать следующее

заключение: все выводы по определению взаимного положения прямых, точек и плоскостей относительно друг друга, сделанные в ортогональных проекциях (часть 1) сохраняют свою силу и в проекциях с числовыми отметками.

1.3. Задание, образование и изображение поверхностей.

• **Многогранники** в проекциях с числовыми отметками можно задать проекциями ребер с указанием отметок вершин. На рис. 1.17 изображена проекция A_0, B_0, C_0, S_4 пирамиды, основание которой ABC лежит на плоскости H_0 .

• **Кривые поверхности** в проекциях с числовыми отметками задаются рядом проекций горизонтальных сечений. Эти сечения проводятся через определенные промежутки, равные единице высоты. Полученные в сечении линии называют горизонталями.

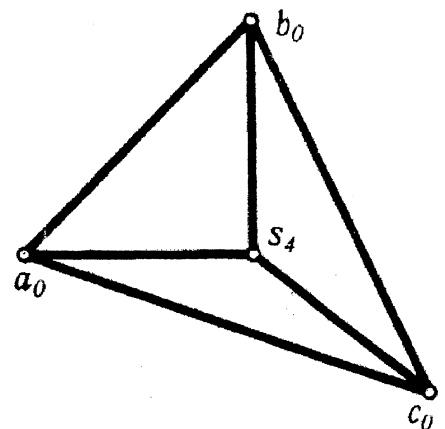


Рис. 1.17

Таким образом, кривые поверхности в проекциях с числовыми отметками задаются проекциями их горизонталей.

На рис. 1.18 изображен прямой круговой конус. Проекции прямого кругового конуса используются в качестве вспомогательных при построении горизонталей откосов насыпей и выемок.

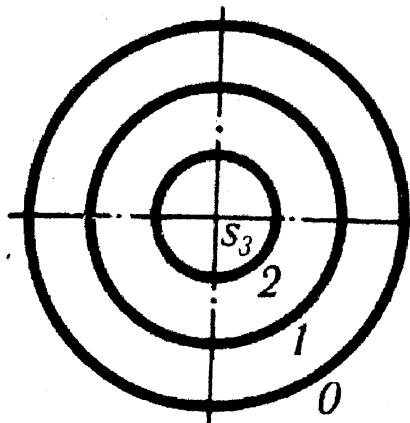


Рис. 1.18

• **Задание поверхности одинакового ската (уклона).** Поверхность откосов насыпей и выемок на подъемах и спусках криволинейных участков автомобильных дорог представляет собой поверхность одинакового уклона. Эта поверхность с геометрической точки зрения представляет собой линейчатую поверхность, все прямолинейные образующие которой составляют с горизонтальной плоскостью постоянный угол.

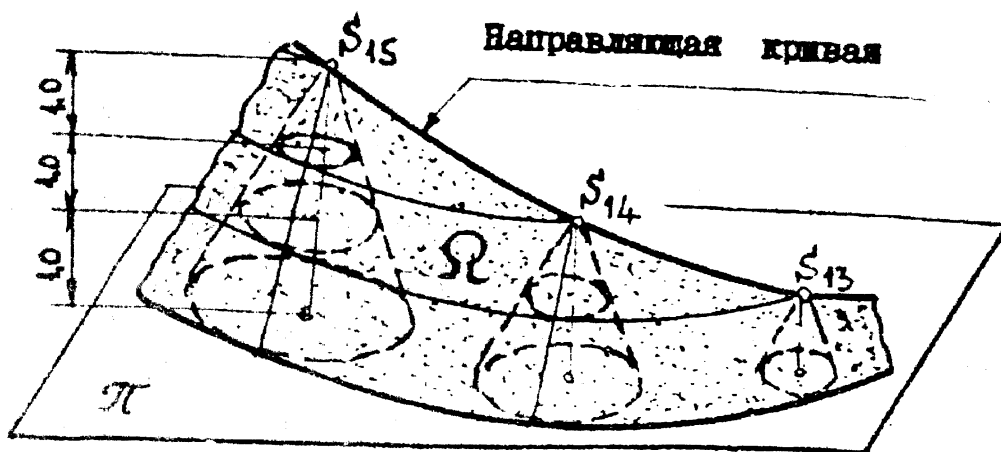


Рис. 1.19

Горизонтали этой поверхности являются огибающими семейства окружностей (горизонталей конуса), расположенных в плоскостях на соответствующих высотах (рис. 1.19).

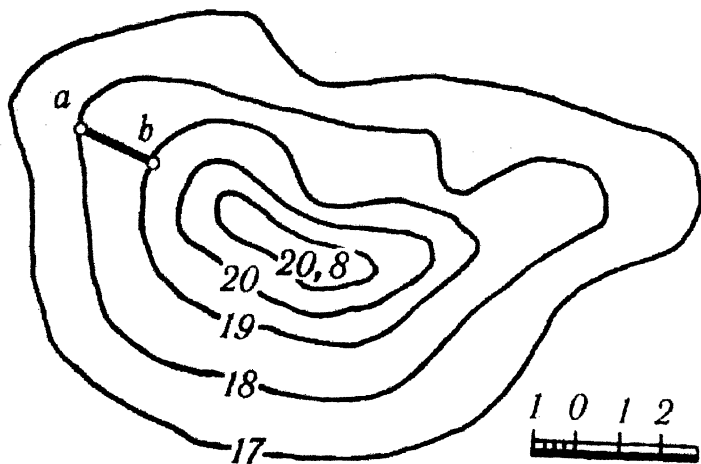


Рис. 1.20

• **Топографическая поверхность** изображается совокупностью кривых линий – горизонталей, которые получаются в пересечении этой поверхности рядом горизонтальных плоскостей (рис. 1.20).

Решая различные инженерные задачи, связанные, например, с проектированием трасс железных и автомобильных дорог, гидротехнических сооружений, мелиоративных устройств,

вертикальной планировки местности и т.п., приходится строить на чертежах

профиль местности.

• **Профилем местности** по какому-нибудь заданному направлению называется линия пересечения топографической поверхности вертикальной плоскостью.

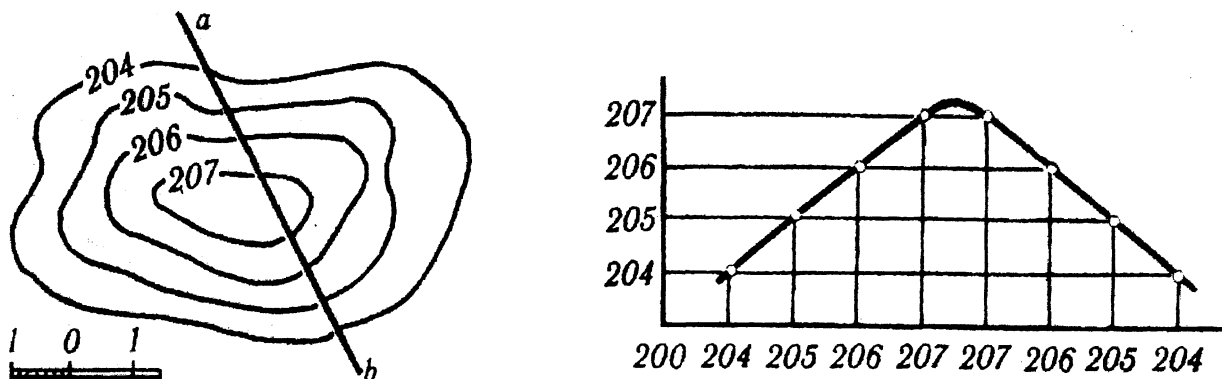


Рис. 1.21

На рис. 1.21 показано построение профиля заданной топографической поверхности по направлению АВ.

• **Точку пересечения прямой с поверхностью рельефа** (рис. 1.22) находят аналогично пересечению прямой с плоскостью.

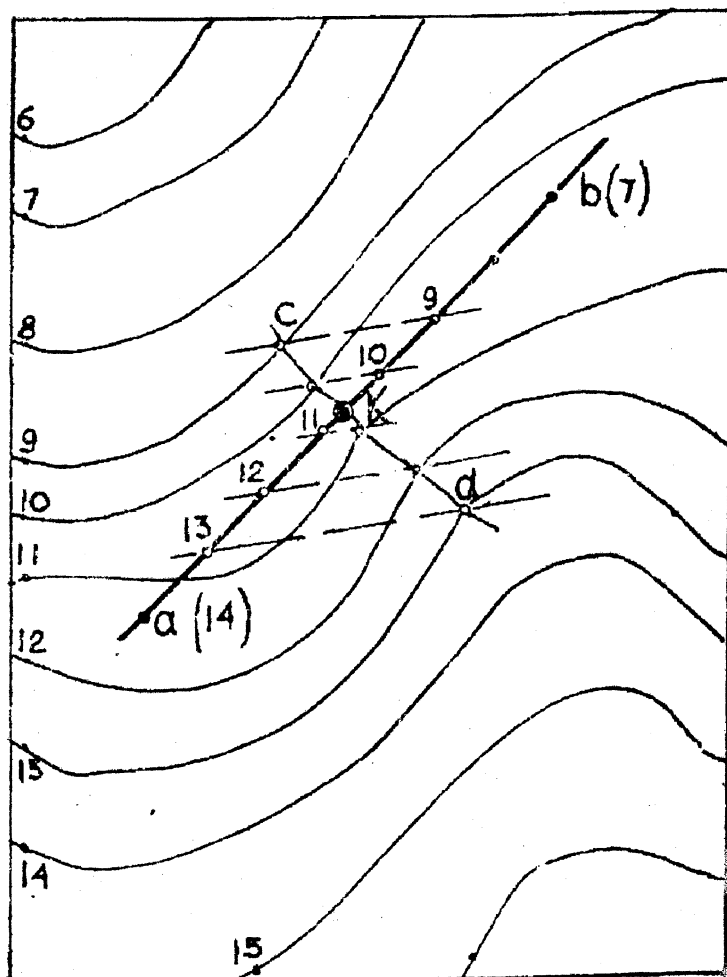


Рис. 1.22

1.4. Примеры решения инженерных задач в проекциях с числовыми отметками.

Ранее было указано, что в проекциях с числовыми отметками изображают различные земляные сооружения.

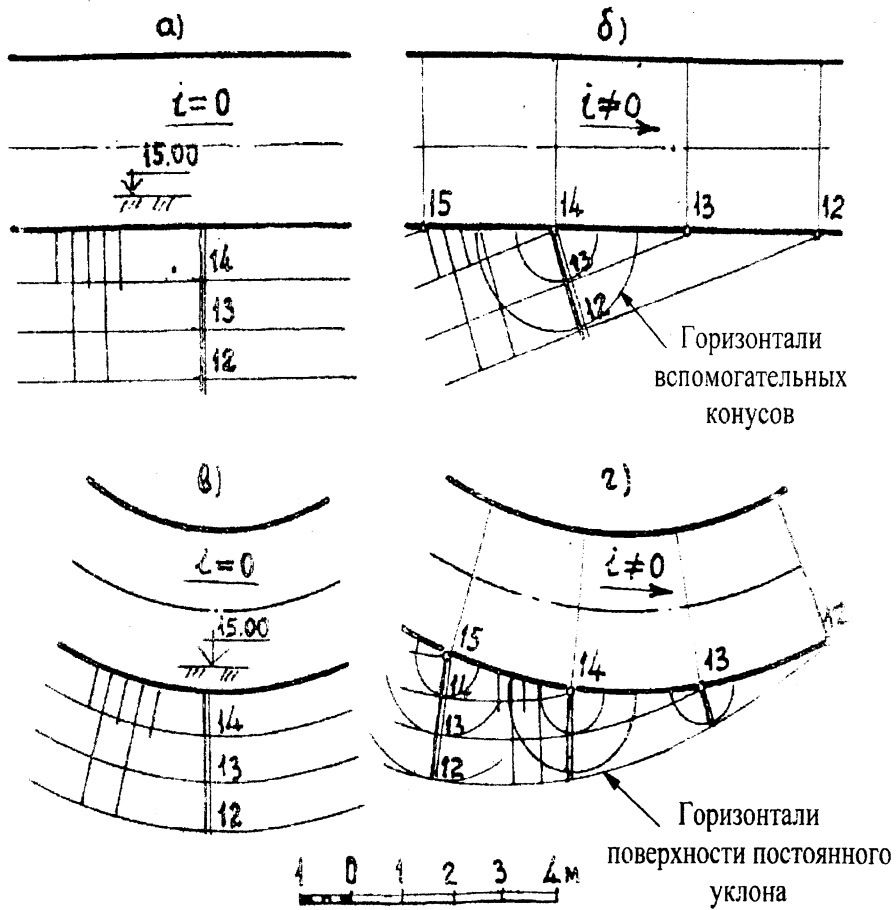


Рис. 1.23

Чтобы определить объемы и границы земляных работ на чертеже находят

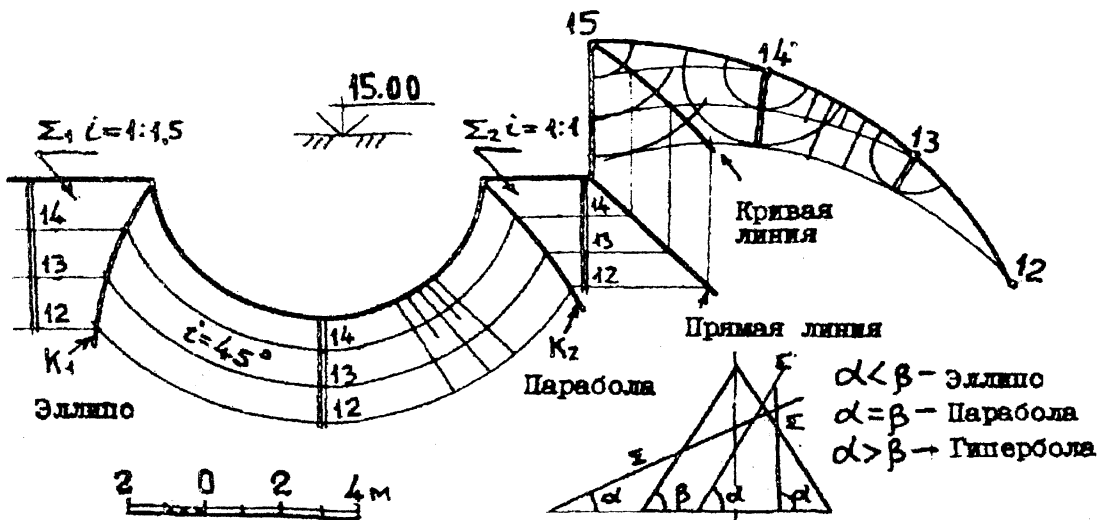


Рис. 1.24

линии пересечения откосов насыпей или выемок вышеуказанных сооружений с поверхностью местности.

На рис. 1.23 показано проведение горизонталей на плоскостях и поверхностях: горизонтали плоскости откоса для прямолинейного участка дороги и при продольном уклоне $i=0$ (рис. 1.23а); горизонтали плоскости откоса дороги при уклоне оси дороги $i \neq 0$ (рис. 1.23б); горизонтали для криволинейного участка дороги $i=0$ (рис. 1.23в); на рис. 1.23г показано построение горизонталей для поверхности постоянного уклона.

На рис. 1.24 показано определение линий пересечения поверхностей откосов.

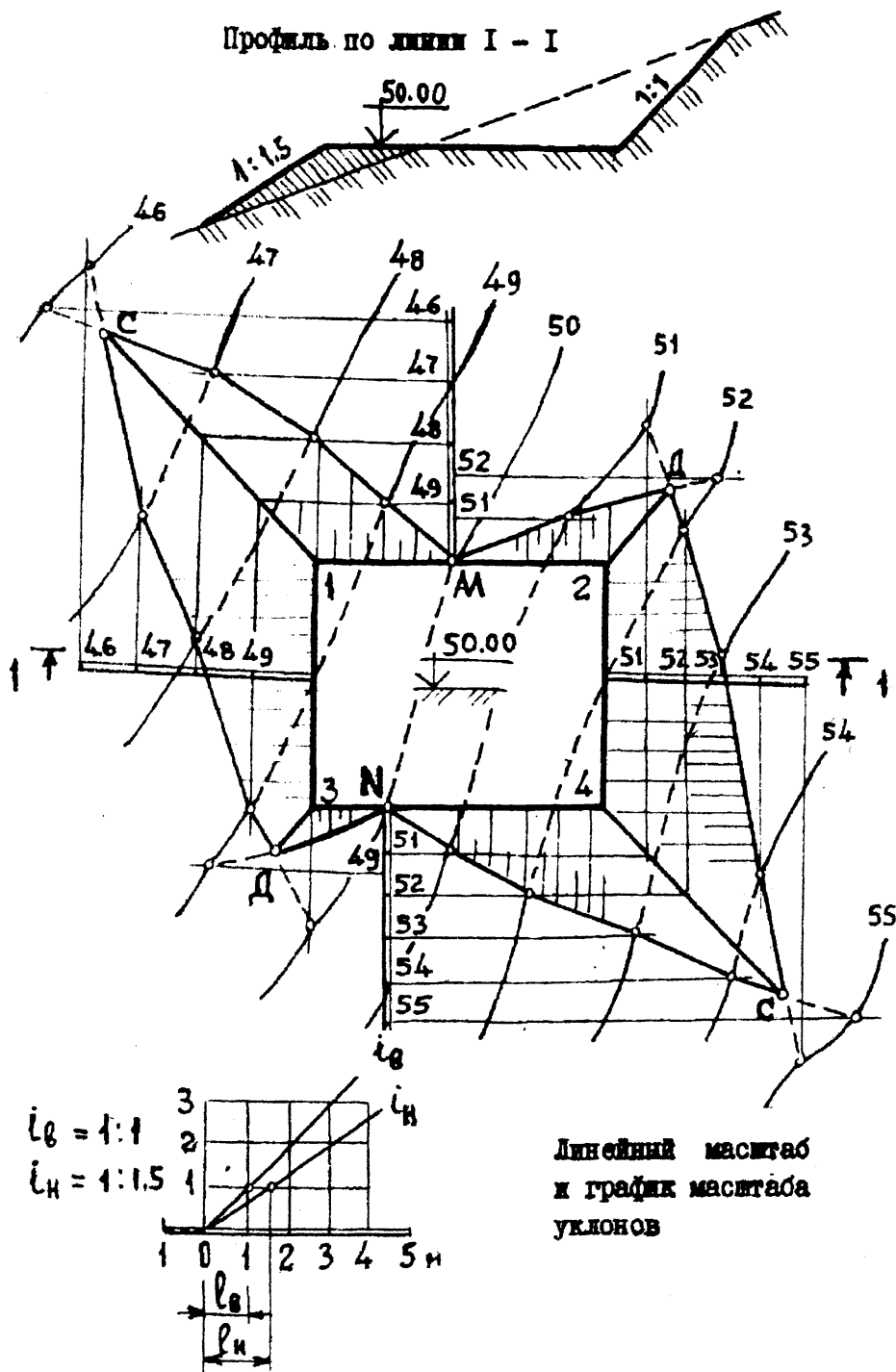


Рис. 1.25

На рис. 1.25 дан пример построения линий пересечения откосов насыпи и выемки горизонтальной строительной площадки с топографической поверхностью.

Задача об определении границ земляных работ сводится к нахождению точек пересечения горизонталей каждого откоса с одноименными горизонталями топографической поверхности и соединению их плавными линиями.

Для определения угловых точек С, D искомой линии надо продолжить горизонтали откосов до пересечения со следующей горизонталью местности, хотя это пересечение и лежит за пределами искомой линии.

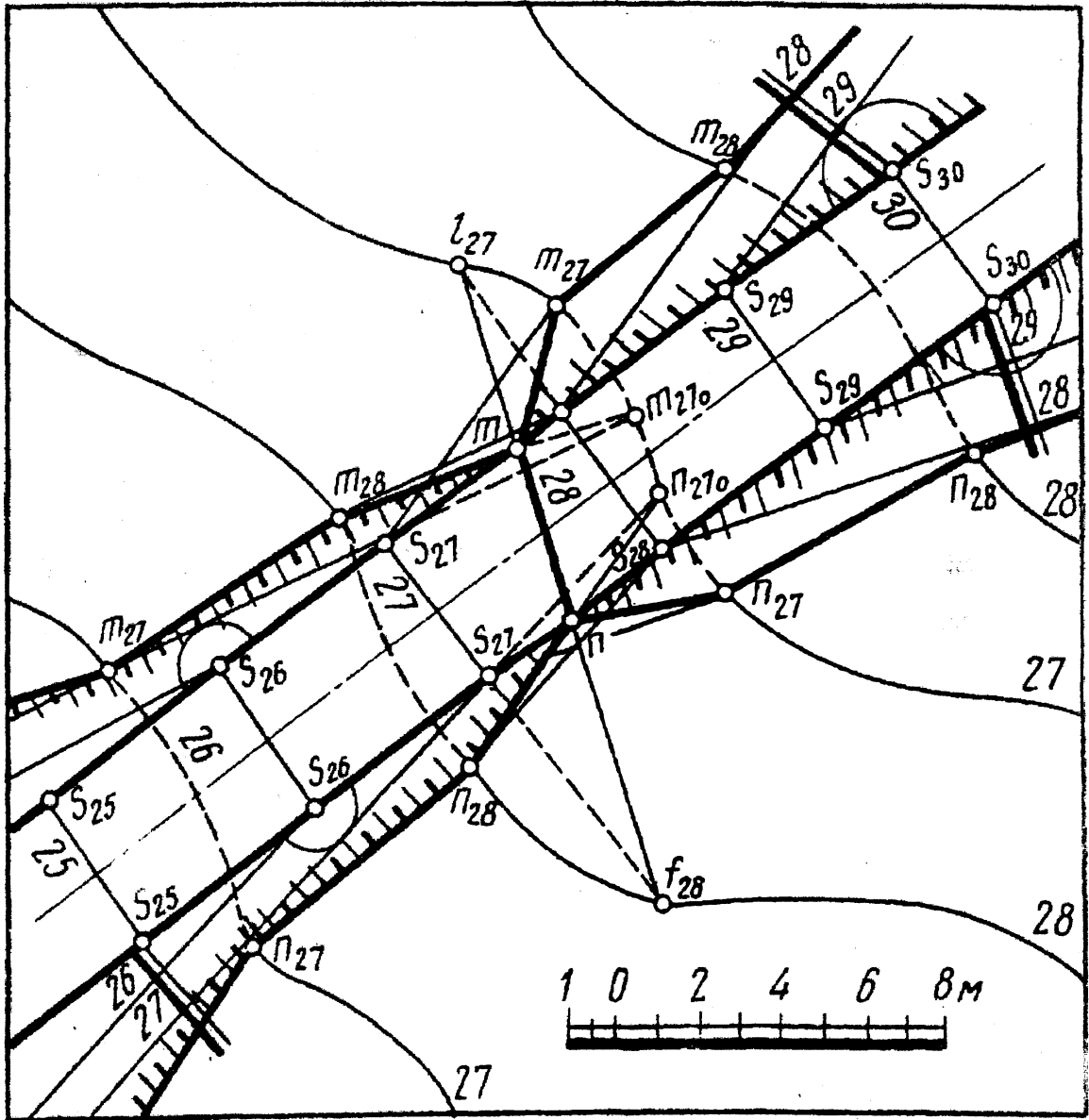


Рис. 1.26

На рис. 1.26 показан ход решения задачи о нахождении границ земляных работ для насыпи и выемки и определении точек нулевых работ для дороги с уклоном. Рассмотрены два способа определения точек нулевых работ: 1 – с помощью горизонталей h_{27} и h_{28} дороги и 2 – с помощью границы земляных работ выемки.

2. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

2.1. Основные понятия

Чертежи, выполненные в ортогональных проекциях и дополненные при необходимости вспомогательными видами, разрезами, сечениями, позволяют судить о форме и размерах изображаемого предмета. При этом, чтобы получить представление о предмете, приходится одновременно рассматривать несколько изображений, что затрудняет мысленное воспроизведение предмета.

На практике обычно необходимо иметь наглядное изображение предмета.

Такое изображение получается путем **параллельного проецирования на одну плоскость проекций (картинную плоскость)** при условии, что изображаемый предмет соответствующим образом расположен относительно этой плоскости. Это изображение предмета называют **аксонометрической проекцией** или **аксонометрией**.

2.2. Обратимость чертежа.

Для того, чтобы аксонометрические проекции были обратимыми (т.е. обеспечивали взаимную однозначность между точками, принадлежащими проецируемому предмету и его проекции), на аксонометрическом чертеже указывают проекции осей декартовой системы координат, к которой отнесен проецируемый предмет.

2.3. Сущность метода аксонометрического проецирования.

Сущность метода аксонометрического проецирования заключается в следующем: данная плоская фигура или пространственное тело вместе с осями прямоугольных (декартовых) координат параллельно проецируется на картинную плоскость (или плоскость аксонометрических проекций).

Пусть имеется система пространственных координатных осей x, y, z и отнесенная к ним пространственная точка A . Спроецируем все это на какую-нибудь плоскость K , принятую за картинную (рис. 2.1). Стрелка S указывает направление проецирования.

В плоскости K получен чертеж, который называют ак-

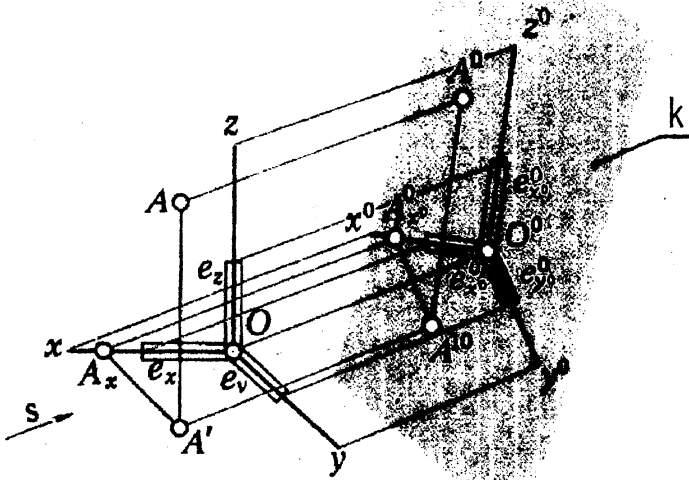


Рис. 2.1

сонометрическим, при этом проекцию точки $A - A^0$ называют **главной** (аксонометрической) проекцией точки A , а точку A^{10} – **вторичной** проекцией точки A (рис. 2.1).

Вывод: в аксонометрии имеются два поля проекций: поле главных и поле вторичных проекций. В этом отношении аксонометрические проекции не имеют принципиального отличия от ортогональных проекции.

Для того, чтобы на аксонометрических проекциях можно было решать метрические задачи относительно изображаемых геометрических фигур, на аксонометрическом чертеже указывают проекции координатных осей с изображенными на них отрезками e_x^0, e_y^0, e_z^0 – проекциями натурального масштаба e . Проекции e_x^0, e_y^0, e_z^0 натурального масштаба e_x, e_y, e_z называют аксонометрическим масштабом по осям x^0, y^0, z^0 .

Положение точки A в пространстве относительно натуральной системы координат $Oxyz$ определяется пространственной координатной ломаной OA_xA^1A (рис. 2.1). Аксонометрическая проекция A^0 точки A определяется плоской координатной ломаной $O^0A_x^0A^{10}A^0$, у которой звено $O^0A_x^0$ совпадает по направлению с осью x^0 , а $A_x^0A^{10}$ и $A^{10}A^0$ параллельны соответственно осям y^0 и z^0 .

В общем случае отрезки $O^0A_x^0, A_x^0A^{10}, A^{10}A^0$ не равны между собой и ни один из них не равен натуральному масштабу e . Отношения $k_x^0 = O^0A_x^0 : OA_x$; $k_y^0 = A_x^0A^{10} : A_xA^1$; $k_z^0 = A^{10}A^0 : A^1A$ называют показателями (коэффициентами) искажений по аксонометрическим осям.

Очевидно, принимая различное взаимное расположение натуральной системы координат и картинной плоскости и задавая разные направления проецирования, можно получить множество аксонометрических проекций, отличающихся друг от друга как направлением аксонометрических осей, так и величи-

ной коэффициентов искажения вдоль этих осей. Справедливость этого утверждения была доказана немецким геометром Карлом Польке (1851 г.). Теорема Польке утверждает, что три отрезка произвольной длины, лежащих в одной плоскости и выходящих из одной точки под произвольными углами друг к другу, представляют параллельную проекцию трех равных отрезков, отложенных на прямоугольных осях координат от начала.

Позже Г. Шварц, обобщив теорему К. Польке, доказал, что любой полный четырехугольник на плоскости всегда можно рассматривать как параллельную проекцию тетраэдра, подобного любому заданному (рис. 2.2).

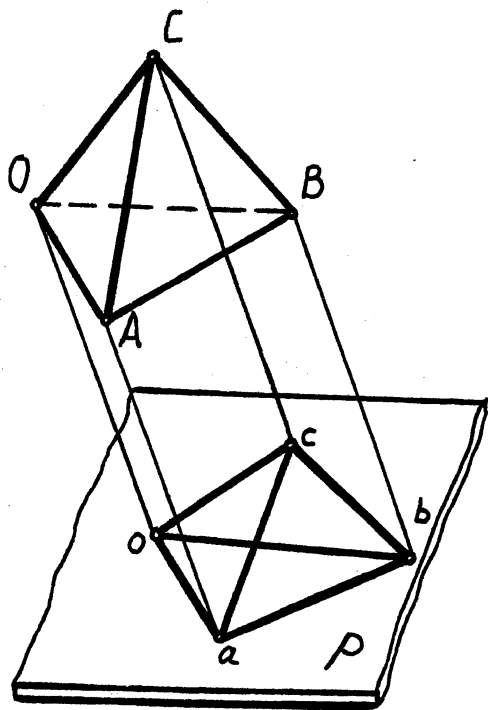


Рис. 2.2

На основании этой теоремы Польке-Шварца аксонометрические оси и коэффициенты искажения по ним могут выбираться произвольно.

Выводы:

1. Коэффициенты искажения по аксонометрическим осям можно принять: различными для всех осей; одинаковыми для каких-либо двух осей; одинаковыми для всех аксонометрических осей. В первом случае аксонометрическую проекцию называют **триметрической**, во втором – **диметрической** и в третьем – **изометрической**.

2. В зависимости от угла между направлением проецирования и картинной плоскостью аксонометрия может быть **прямоугольной** (ортогональной), если этот угол прямой; в противном случае ее считают **косоугольной**.

2.4. Стандартные аксонометрические проекции.

В инженерной практике для наглядного изображения предметов наибольшее распространение получили **прямоугольная изометрия и диметрия**

В изометрии коэффициенты искажения размеров по всем осям одинаковые. Это условие обеспечивается в том случае, когда все они (оси) составляют один и тот же угол с аксонометрической плоскостью проекций, что, в свою очередь, обеспечивает равенство углов между аксонометрическими осями (рис. 2.3).

При диметрии оси занимают положение, приведенное на рис. 2.4а.

На рис 2.4б показано приближенное построение углов в $7^{\circ}10'$ и $41^{\circ}25'$ с помощью тангенсов этих углов, соответственно равных $1/8$ и $7/8$.

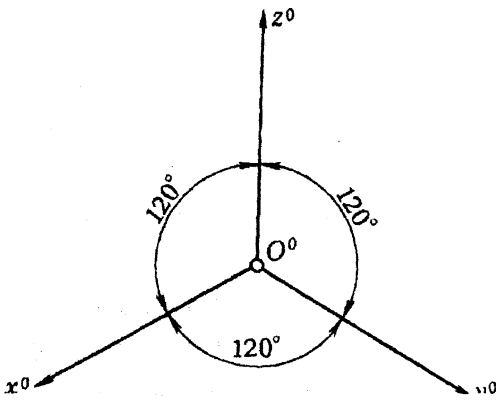


Рис. 2.3

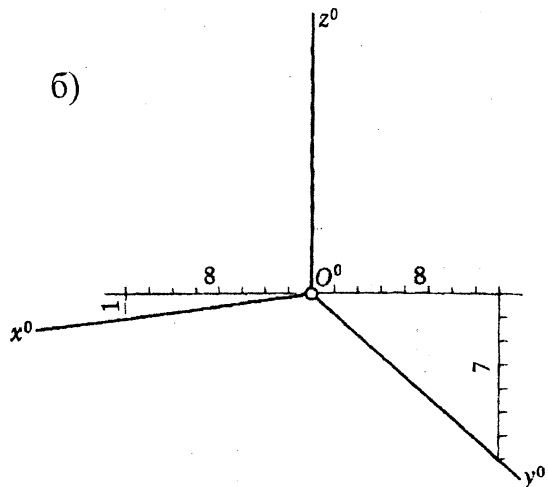
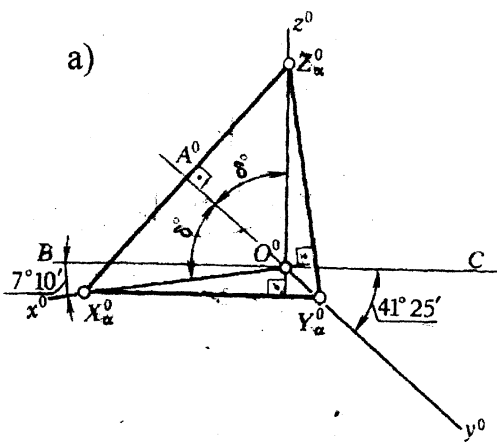


Рис. 2.4

В аксонометрических проекциях (изометрических или диметрических) ось z принято располагать вертикально.

В теории аксонометрических проекции доказывается, что коэффициенты искажений по аксонометрическим осям равны: для прямоугольной изометрии 0,82; для диметрии: по двум осям (x, z) – 0,94, по третьей оси (y) – 0,47. При построении аксонометрических проекций пользоваться коэффициентами искажений неудобно. Поэтому обычно строят рекомендованные ГОСТ 2.317-69 стандартные прямоугольные изометрию и диметрию без искажения по осям (кроме оси y , коэффициент искажения по которой в диметрии принимается равным 0,5).

Изображение предмета, построенного в стандартной изометрии, получается увеличенным в 1,22 раза ($1/0,82$) по сравнению с действительными размерами. В диметрии увеличение происходит в 1,06 раза ($1/0,94$).

При построении аксонометрических проекций часто приходится строить

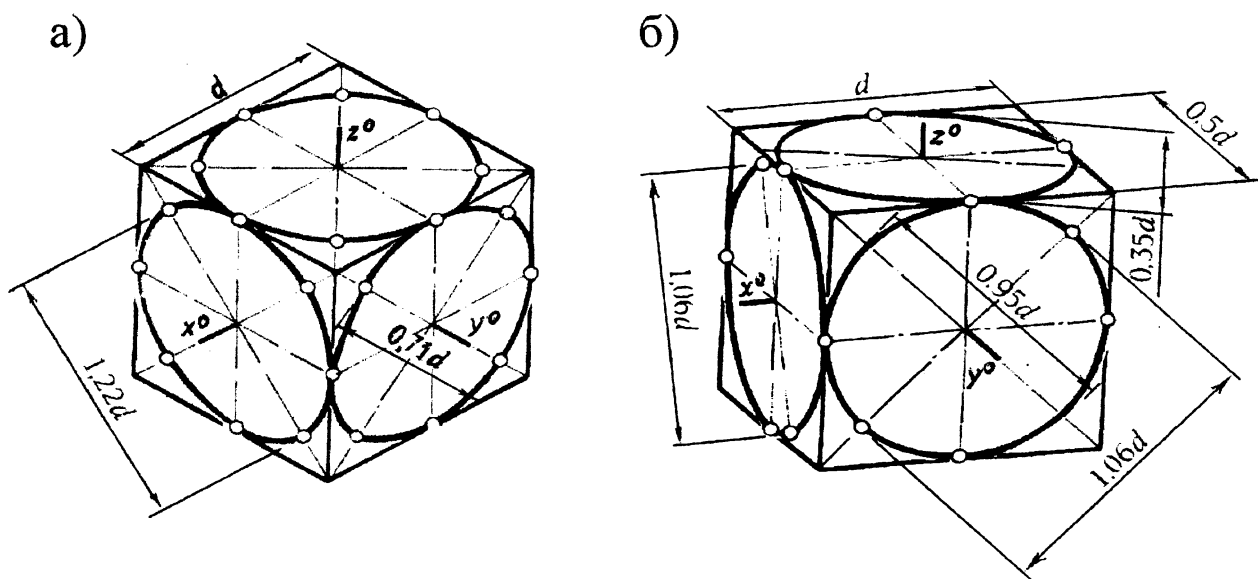


Рис. 2.5

эллипсы, в которые проецируются окружности.

На рис. 2.5а показана прямоугольная изометрическая, а на рис. 2.5б – прямоугольная диметрическая проекция куба, в грани которого вписаны окружности. На этом же рисунке указаны величины больших и малых осей эллипса в зависимости от диаметра окружности, проекцией которой он является.

Из приведенных рисунков видно, что направления больших осей эллипсов перпендикулярны свободным аксонометрическим осям, а малые оси эллипсов совпадают по направлению со свободными аксонометрическими осями.

Для простоты построения лекальные кривые эллипсы заменяют циркульными кривыми – овалами.

2.5. Примеры построения аксонометрических проекций геометрических фигур.

На рис. 2.6б показано построение стандартной изометрической проекции шестигранной пирамиды, ортогональные проекции которой заданы на рис. 2.6а.

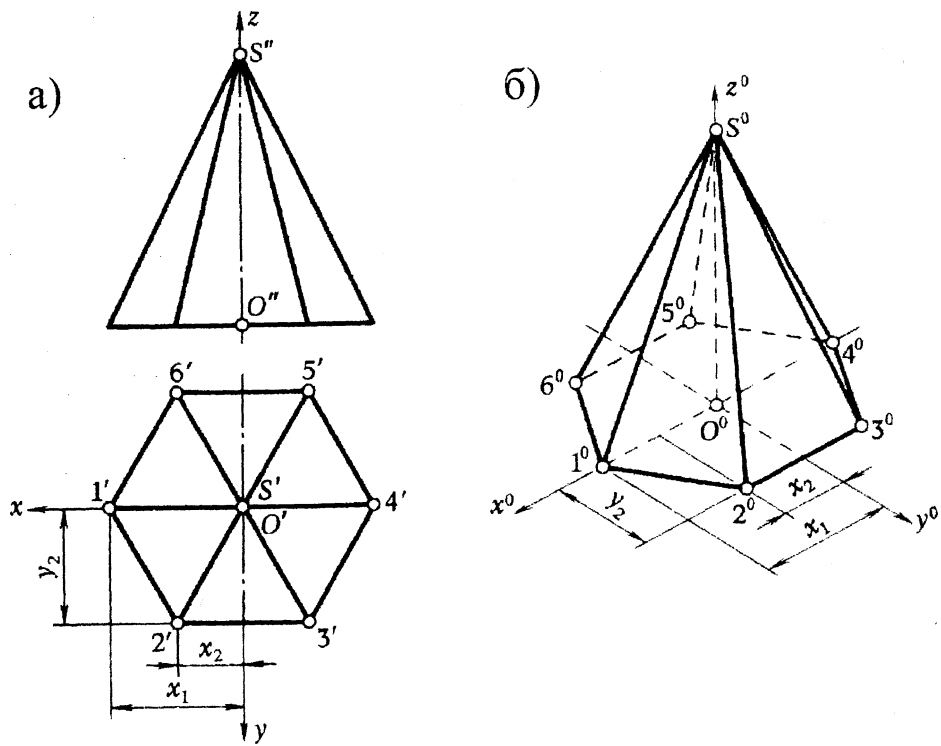


Рис. 2.6

На рис. 2.7 показана изометрическая проекция шестигранной призмы.

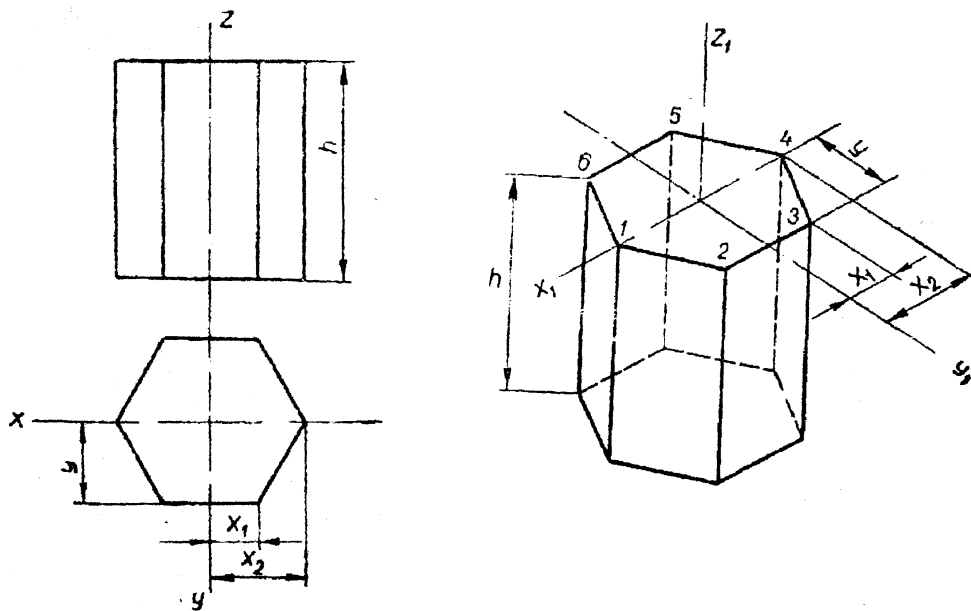


Рис. 2.7

На рис. 2.8 показана аксонометрия цилиндра.

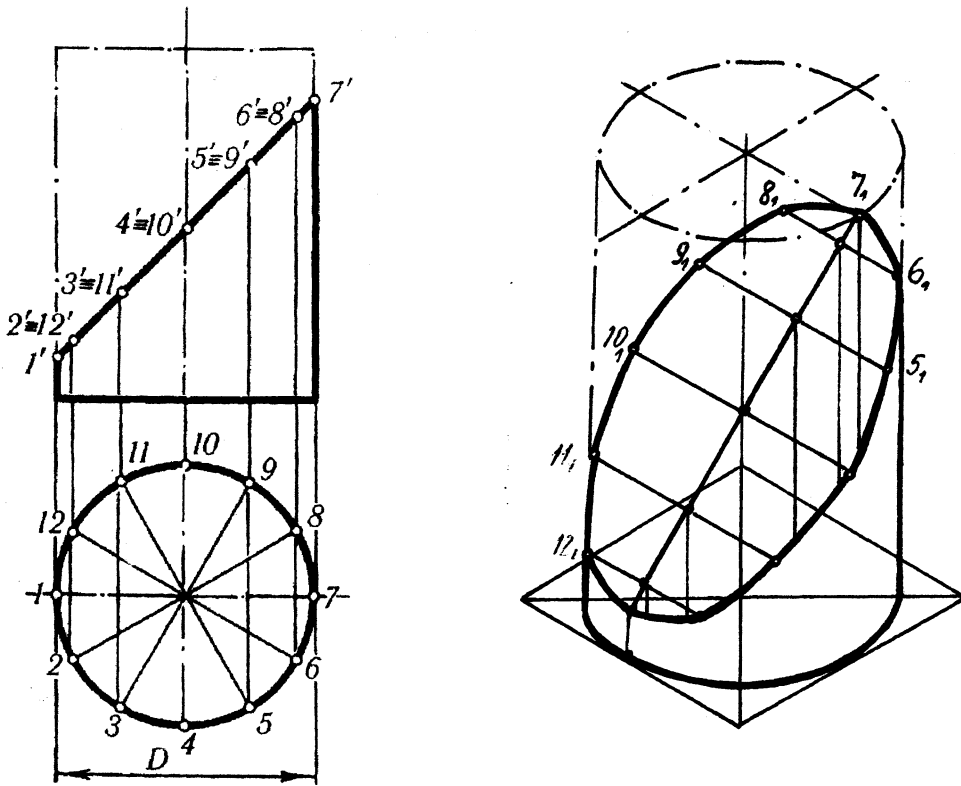


Рис. 2.8

2.6. Решение позиционных задач на аксонометрических проекциях.

Решение позиционных задач на аксонометрическом чертеже не отличается от решения этих задач в ортогональных проекциях на эюре Монжа.

Алгоритмы решения задач для определения линии пересечения двух поверхностей и нахождения точек встречи линии с поверхностью, составленные для ортогональных проекций, остаются без изменения при решении аналогичных задач в аксонометрических проекциях.

ЗАДАЧА 1. На рис. 2.9 показана задача определения точки встречи прямой с плоскостью.

Дано: прямая m и плоскость β .
Определить: точку $K = m \cap \beta$.

Решение.

1. Закljučаем данную прямую m во вспомогательную плоскость γ , перпендикулярную какой-либо координат-

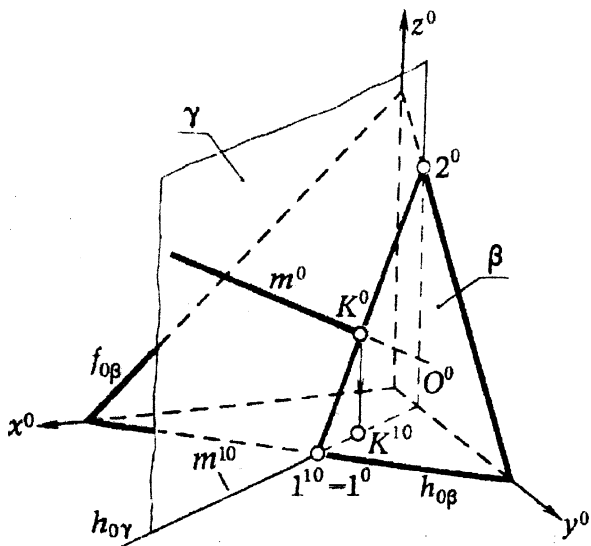


Рис. 2.9

ной плоскости (на рис. 2.9 $\gamma \perp$ плоскости $O^0 x^0 y^0$). Горизонтальный след $h_{0\gamma}$ плоскости γ совпадает со вторичной проекцией m^{10} прямой m .

2. Отмечаем $(1^0 2^0)$, по которой пересекаются плоскости γ и β :

$$(1^0 2^0) = \gamma \cap \beta.$$

3. Находим $K^0 = m^0 \cap (1^0 2^0)$.

4. Зная K^0 , определяем вторичную проекцию K^{10} .

ЗАДАЧА 2. Построить линию l^0 пересечения конической β и цилиндрической δ поверхностей $l^0 = \beta \cap \delta$ (рис. 2.10).

Эта задача может быть решена двумя способами.

Способ 1. Решают эту задачу в ортогональных проекциях, а затем строят аксонометрическую проекцию полученной линии пересечения.

Способ 2. Состоит в построении искомой линии пересечения непосредственно на аксонометрической проекции. При этом решение осуществляется по алгоритму, составленному для решения аналогичной задачи в ортогональных проекциях.

Решение приведено на рис. 2.10. Как видно из чертежа, для определения точек $(L_j^0 \text{ и } L_{j1}^0) \in l^0$ ($L_j^0 = m_j^0 \cap n_j^0$) используются плоскости, принадлежащие пучку плоскостей, проходящих через прямую SA . Любая плоскость этого пучка пересекает поверхности β и δ по прямым m^0 и n^0 .

Точки L_j^0 и L_{j1}^0 принадлежат искомой линии

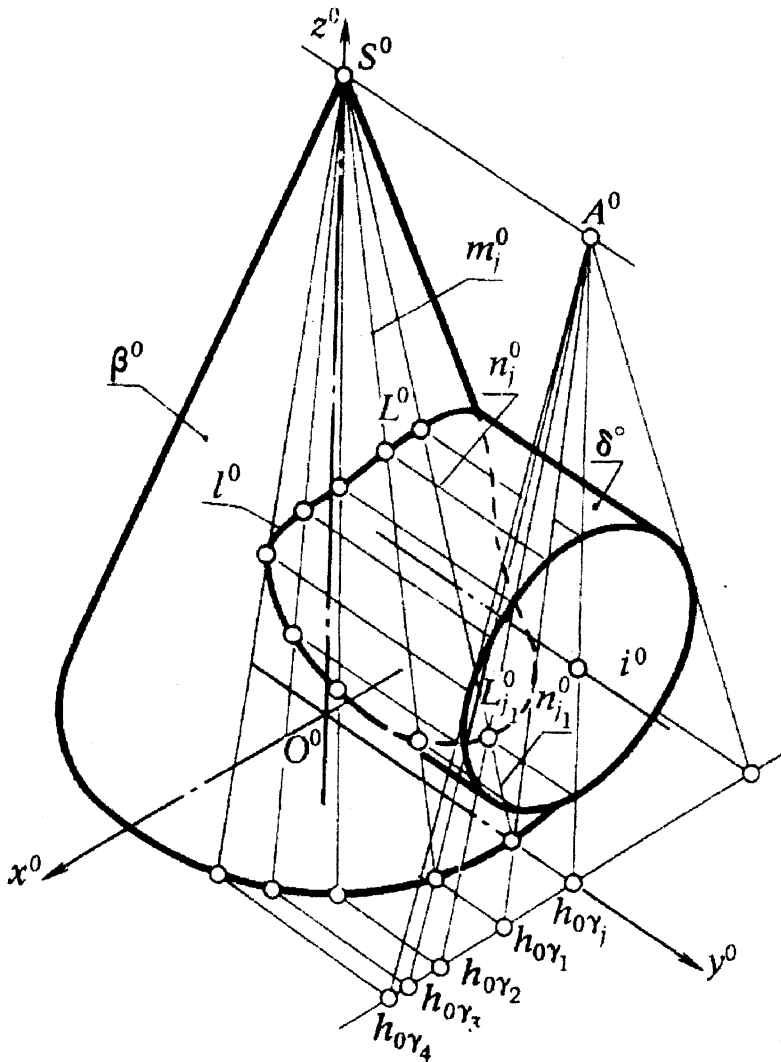


Рис. 2.10

пересечения поверхностей β и δ .

На рис. 2.11 показан фрагмент задачи, приведенной на рис. 2.10.

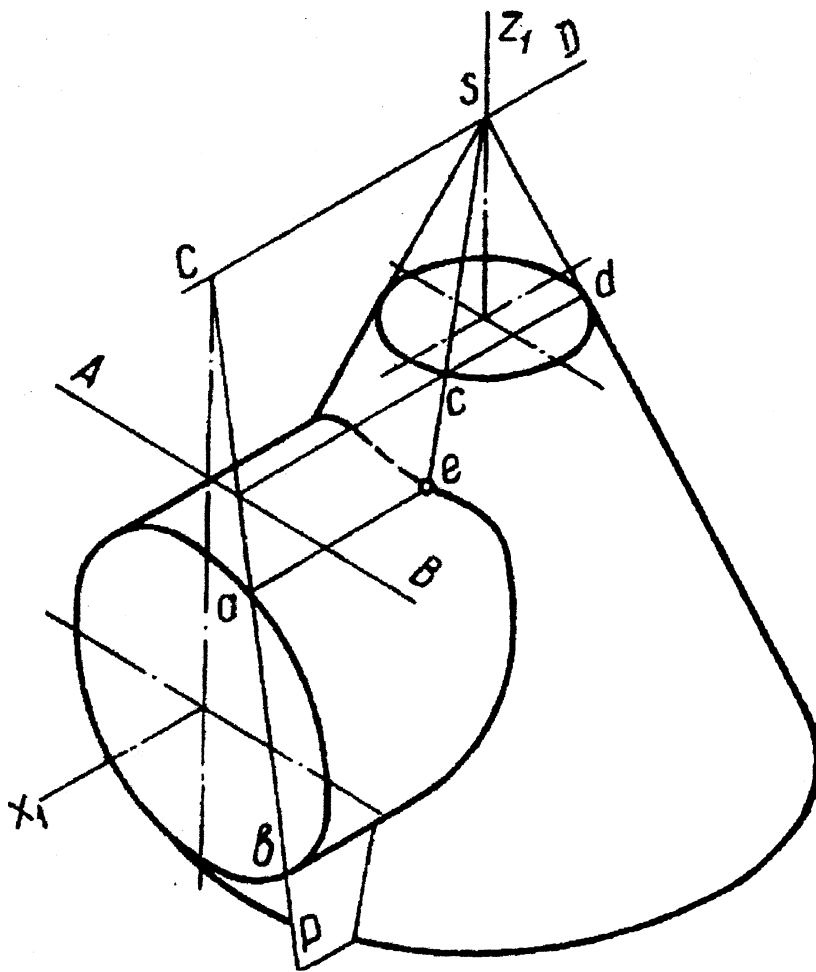


Рис. 2.11

Через вершину S конуса проводится прямая CD , параллельная оси x_1 цилиндра. Плоскости, проходящие через прямую C , пересекают обе поверхности по образующим. Так, например, плоскостью P основания цилиндра и конуса пересекутся по прямым ae и se . Точка e принадлежит линии перехода. В этом случае прямая AB так же представляет собой линию пересечения плоскостей оснований заданных тел.

Направления штриховки в разрезах, полученных при сечении плоскостями,

параллельными координатным плоскостям проекций, показаны на рис. 2.12а для прямоугольной изометрии и на рис. 2.12б для прямоугольной диметрии.

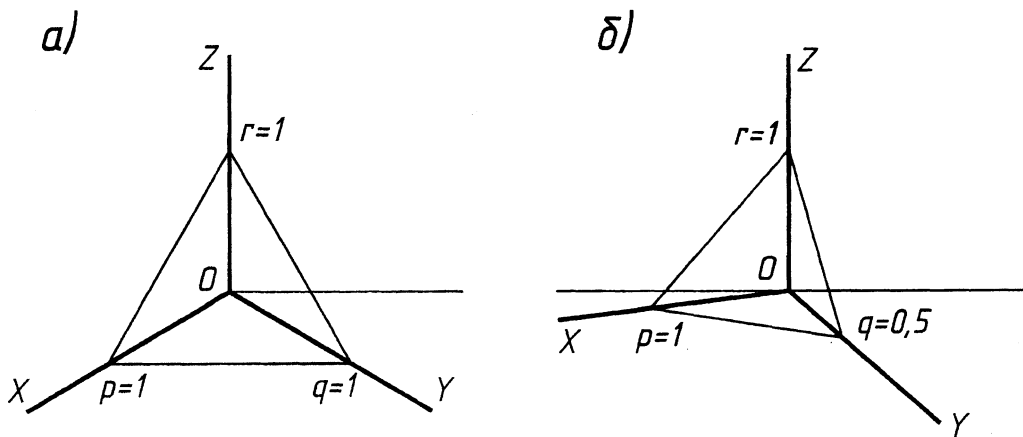


Рис. 2.12

2.7. Аксонометрические схемы.

Аксонометрические схемы систем водопровода, отопления и газоснабжения выполняют во фронтальной изометрии, что позволяет использовать неискаженные измерения по всем осям. Элементы систем показывают условными изображениями.

Пример аксонометрических схем трубопроводов показан на рис. 2.13.

Фронтальная изометрическая проекция относится к косоугольным аксонометрическим проекциям.

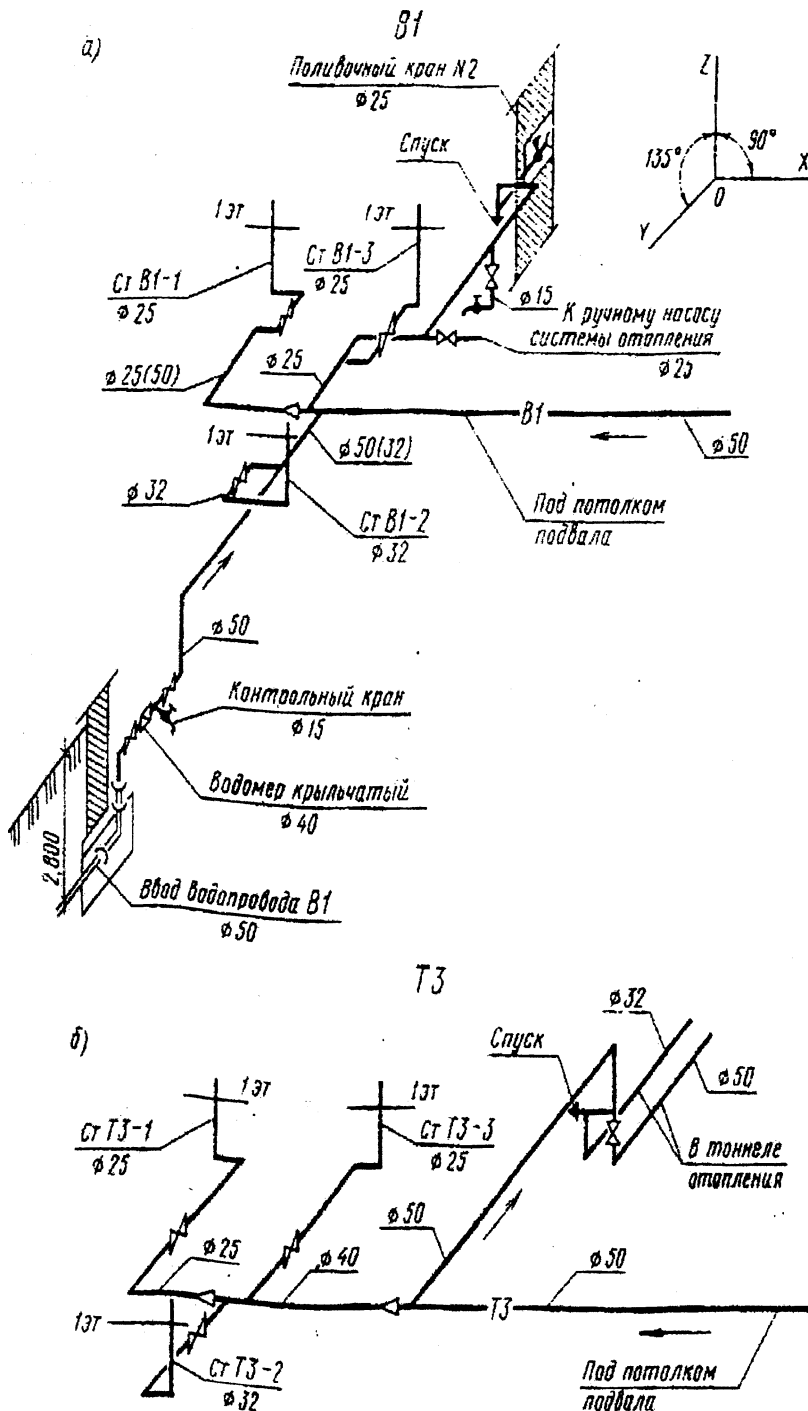


Рис. 2.13

Косоугольные аксонометрические проекции характеризуются двумя основными признаками:

плоскость аксонометрических проекций располагается параллельно одной из граней предмета, которая изображается без искажения;

направление проецирования выбирается косоугольным (составляет с плоскостью проекций острый угол), что дает возможность спроецировать и две другие грани или стороны предмета, но уже с искажением.

Название фронтальная или горизонтальная определяет положение плоскости аксонометрических проекций относительно основных сторон или граней предмета.

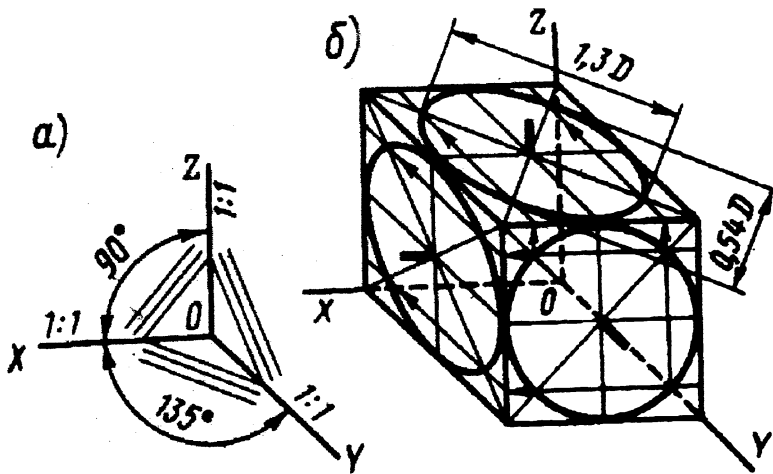


Рис. 2.14

Аксонометрические изображения при косоугольном проецировании оказываются менее наглядными, чем при прямоугольном проецировании. Изображенные предметы воспринимаются несколько деформированными, со скошенностью в направлении, перпендикулярном плоскости проекций. Однако изображения в косоугольной аксонометрии обладают и важным преимуществом – плоские элементы предмета, параллельные плоскости аксонометрических проекций, проецируются без искажений.

На рис. 2.14а показано расположение осей и нанесение штриховки в разрезах во фронтальной изометрии. На рис. 2.14б построена фронтальная изометрия куба с окружностями, вписанными в три видимые грани. Направление осей эллипсов совпадает с диагоналями граней куба.

На рис. 2.15а показано расположение осей и нанесение штриховки в разрезах во фронтальной изометрии. На рис. 2.15б построена фронтальная изометрия куба с окружностями, вписанными в три видимые грани. Направление осей эллипсов совпадает с диагоналями граней куба.

На рис. 2.15 показаны те же изображения, что и на рис. 2.14, только во фронтальной диметрии. Направления больших осей эллипсов отклоняются от большой диагонали аксонометрии описанного квадрата (параллелограмма) на 7° .

На рис. 2.15а показано расположение осей и нанесение штриховки в разрезах во фронтальной изометрии. На рис. 2.15б построена фронтальная изометрия куба с окружностями, вписанными в три видимые грани. Направление осей эллипсов совпадает с диагоналями граней куба.

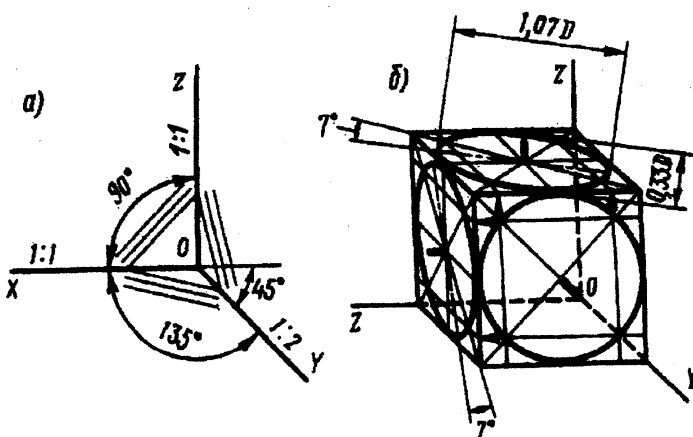


Рис. 2.15

3. ПЕРСПЕКТИВА

3.1. Общие сведения

Задачей перспективы является построение такого изображения объекта, которое наиболее близко подходило бы к восприятию его в действительности.

Перспектива может быть:

- 1) линейная – построенная на плоскости;
- 2) панорамная – на внутренней поверхности цилиндра;
- 3) купольная – на внутренней поверхности сферы;
- 4) плафонная – на горизонтальной плоскости;
- 5) театральная – на нескольких плоскостях;
- 6) рельефная – в ограниченной части пространства.

Основной вид перспективы – *линейная*, т.е. построенная на плоскости.

Основой перспективы служит метод центрального проецирования, при котором центральная проекция предмета на картинной плоскости K получается проецированием из одной точки S – центра проекции. S – *точка зрения*.

Центральная проекция не имеет ограничений и может быть построена при любом угле проецирования, близком к 180° . Однако перспективной будет называться центральная проекция, на которую наложены определённые условия (ограничения), исходящие из особенностей нашего зрения.

Основным ограничением при построении перспективы является угол зрения, т.е. угол между предельными лучами. Установлены оптимальные пределы угла зрения – примерно $30-40^\circ$. При больших углах зрения возникают заметные искажения изображения.

Точка зрения должна выбираться не только по углу зрения, но и так, чтобы главный луч располагался примерно посередине этого угла. *Главный луч* – это самый короткий луч проекционного пучка; он перпендикулярен картинной плоскости.

Для однозначного определения какой-либо точки на картине также необходимы её две проекции: изображение самой точки (*главная проекция*), и изображение её проекции на какой-либо плоскости, преимущественно на горизонтальной (*вторичная проекция*). Обе проекции лежат на вертикальной линии связи. В этом случае говорят, что дана перспектива точки и перспектива её горизонтальной проекции (план).

Исходным материалом для построения перспективы объекта служат его ортогональные проекции (план, фасады).

План – горизонтальная проекция.

Фасад – фронтальная проекция.

Боковой вид – профильная проекция.

3.2. Аппарат центрального проецирования

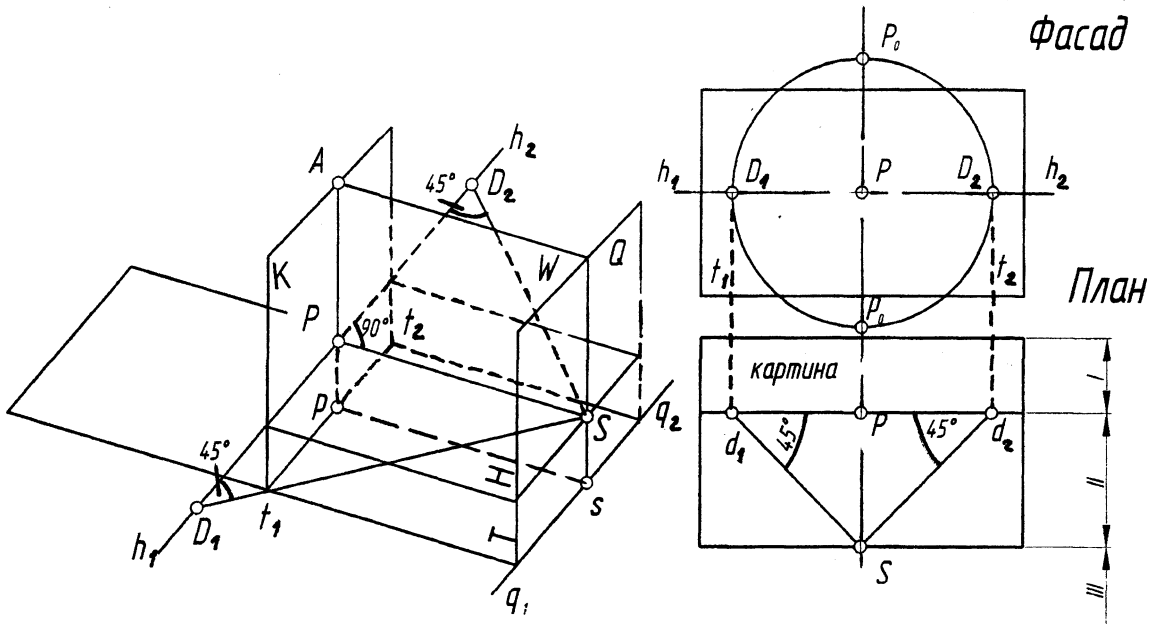


Рис. 3.1

P_0 – совмещённая точка зрения.

K – плоскость проекций (картина), преимущественно вертикальная;

T – предметная плоскость (горизонтальная);

S – точка зрения (центр проекций);

H – плоскость горизонта ($H \perp T$ и проходит через S);

s – горизонтальная проекция точки зрения (план или основание точки зрения)(точка стояния);

P – главная точка картины (ортогональная проекция точки зрения на картину);

SP – главный или центральный луч;

$SP=sp$ – расстояние точки зрения (дистанция);

t_1t_2 – основание картины;

h_1h_2 – линия горизонта (или горизонт);

W – главная вертикальная плоскость;

AP – главная вертикаль или ось картины;

$Pp=Ss$ – высота горизонта, равная высоте точки зрения;

D_1D_2 – точки расстояния или дистанционные;

Q – нейтральная плоскость (проходит через точку зрения параллельно картине);

q_1q_2 – нейтральная линия (параллельная основанию картины).

Пространство делится элементами картины на три части:

I – предметное пространство (за картиной);

II – промежуточное пространство (между картиной и точкой зрения);

III – мнимое пространство (сзади точки зрения).

3.3. Перспектива прямой общего положения

Каждая группа параллельных прямых имеет свою точку схода. Точка схода

получается от пересечения луча, проведённого в несобственную точку прямой, с картиной.

Перспективу прямой можно построить по двум любым точкам, но удобнее строить её по двум особым точкам: по картинному следу прямой (e_1E_1) и точке схода прямой (F_2F_4).

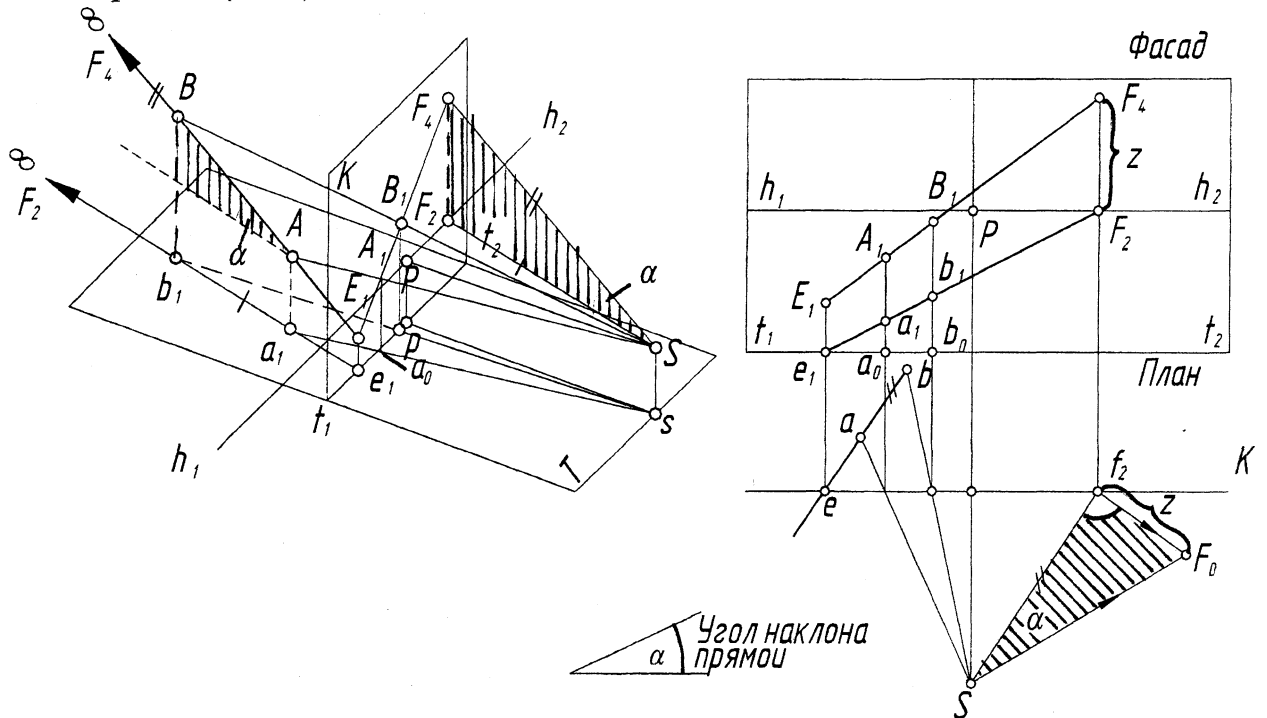


Рис. 3.2

Для построения точки схода прямой надо из точки зрения провести лучи SF_2 , SF_4 (рис. 3.2) параллельно a_1b_1 и AB и найти точку пересечения их с картиной (F_2 и F_4). F_2 и F_4 лежат на одной вертикали. Если прямые горизонтальны, то и лучи, проведённые из точки зрения, будут горизонтальны, и точки схода таких прямых располагаются на линии горизонта.

Картинным следом прямой называется точка пересечения прямой с картиной.

Точкой схода прямой называется перспектива бесконечно удалённой точки прямой.

3.4. Перспектива прямых частного положения

- 1) Точка схода горизонтальных прямых располагаются на линии горизонта (рис. 3.3, чертёж 2, 3).
- 2) Точка схода прямых, перпендикулярных к картине, совпадает с главной точкой P .
- 3) Точка схода горизонтальных прямых, располагающихся под углом 45° к картине, совпадают с дистанционными точками D_1 и D_2 .
- 4) Прямые, совпадающие с вертикальными проецирующими плоскостями, на картине располагаются вертикально. Такие прямые расположены в вертикальных плоскостях, которые пересекают картину по вертикальным прямым (рис. 3.3, чертёж 4).

- 5) Прямые, параллельные картине не имеют точек схода и картинного следа, в перспективе остаются параллельными. Плоские фигуры, параллельные картине, изображаются подобными исходным (рис. 3.3, чертёж 5).
- 6) Окружность радиуса PD_1 , равного расстоянию точек зрения от картины, называется дистанционной и на ней располагаются точки схода всех прямых, идущих под углом 45° к картине в любом направлении (рис. 3.4).

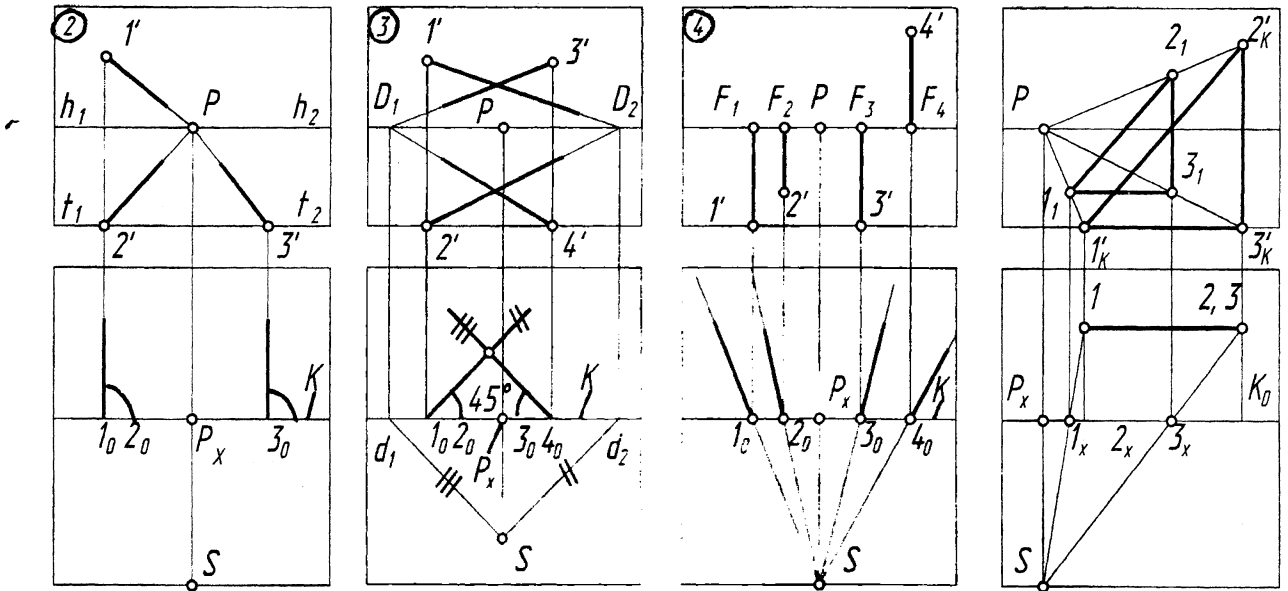


Рис. 3.3

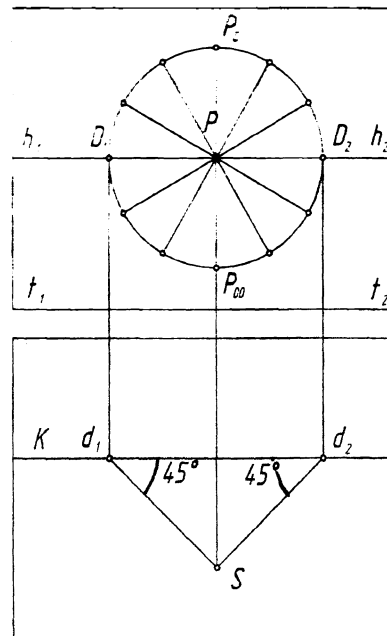


Рис. 3.4

3.5. Перспектива точки

Перспектива точки строится как точка пересечения прямых в перспективе (лучше использовать прямых частного положения).

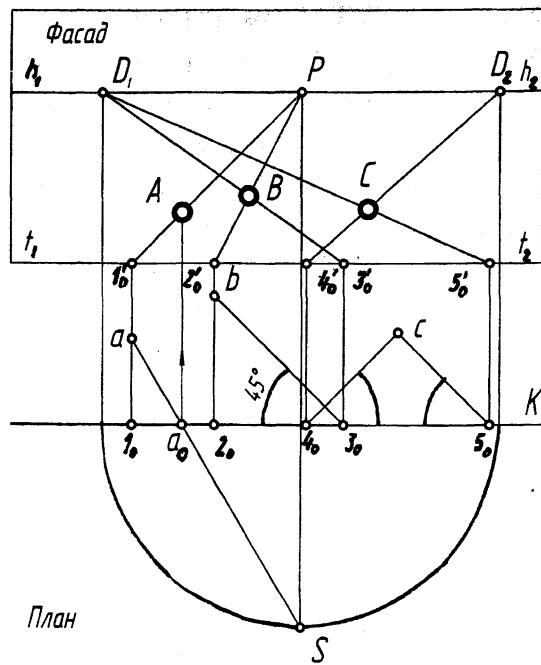


Рис. 3.5

Перспектива точки A построена с помощью прямой, перпендикулярной картине ($a1_0$), и луча зрения aS (рис. 3.5).

Перспектива точки B — $b2_0 \perp K$ и $b3_0$ составляет угол 45° с картиной.

Перспектива точки C — прямыми $c4_0$ и $c5_0$ составляющими угол 45° с картиной.

Можно использовать другие сочетания прямых.

При построении перспективы наиболее трудоёмкой частью работы является построение плана объекта.

3.6. Перспектива плоскости (плоской фигуры)

Если дана плоскость Q произвольного положения, то по аналогии с прямой она может иметь картинный след и линию схода. Последняя является перспективой бесконечно удалённой прямой данной плоскости.

Чтобы построить линию схода плоскости, надо через точку зрения провести плоскость Q_1 , параллельную данной Q , пересечение этой плоскости с картиной (прямая ab) и будет линией схода плоскости Q (рис. 3.6, 3.7).

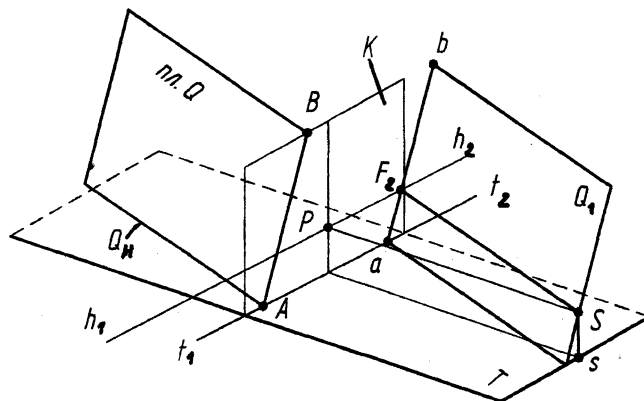


Рис. 3.6

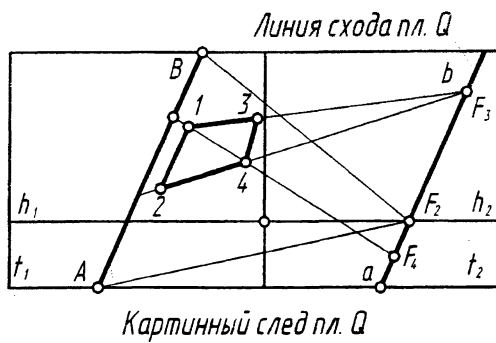


Рис. 3.7

Фигуры, лежащие в плоскости удобнее строить, зная линию схода этой плоскости.

Если дана горизонтальная проекция плоской фигуры, лежащей в случайной плоскости (рис. 3.8), то для построения линий следа и схода плоскости непосредственно на картине, надо найти точки схода F_3 и F_4 двух прямых AE и CE . Соединив эти точки, получим линию схода F_1F_2 и точки F_3, F_4, F_5 – точки схода других линий, лежащих в той же плоскости.

Для определения следа плоскости достаточно найти след одной прямой, например $2'$, и провести прямую, параллельную линии схода F_1F_4 .

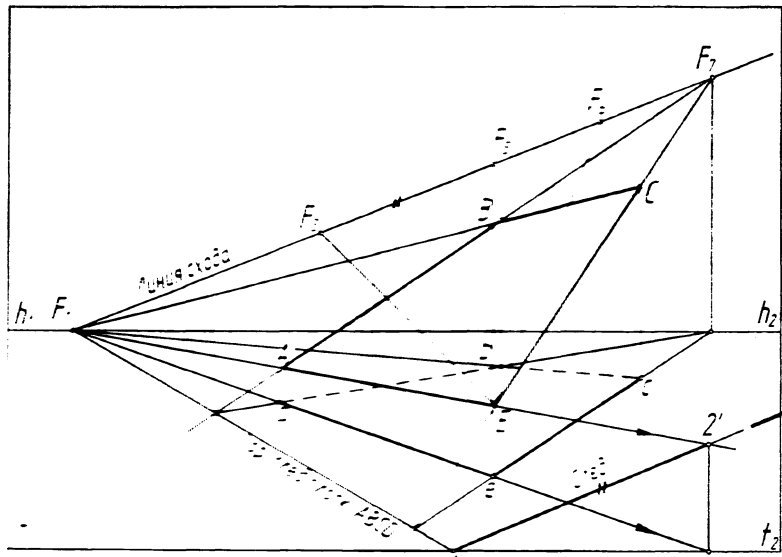


Рис. 3.8

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов В.Н. Начертательная геометрия. - Мн.: Выш. шк., 1977. - 367с.
2. Кузнецов Н.С. Начертательная геометрия. - М.: Высш. шк., 1981. - 263 с.
3. Фролов С.А. Начертательная геометрия. - М.: Машиностроение, 1983. - 240 с.
4. Короев Ю.И. Строительное черчение и рисование. - М.: Выс. шк., 1983. - 288 с.
5. Симонин С.И., Лутцев М.А. Границы земляных работ/МАДИ. - М., 1986. - 39 с.
6. Филиппов Э.А. Методические указания по начертательной геометрии к заданию на тему: "Проектирование элементов сферических поверхностей". - М., 1970. - 30 с.
7. Иванов Е.С. Методические указания по выполнению аксонометрических проекций/МВТУ им. В.В.Куйбышева. - М., 1970. - 37 с.

Учебное издание

Составители: Уласевич Зинаида Николаевна
Шумская Людмила Павловна
Яромич Алла Ивановна
Зубрицкий Николай Николаевич
Мигель Вячеслав Владимирович

Методические указания **по начертательной геометрии** **для студентов специальностей**

Т.19.02 – производство строительных изделий и конструкций (ПСиК);

С.04.02 – мелиорация и водное хозяйство (МиВХ);

Т.19.06 – водоснабжение, водоотведение, очистка природных и сточных вод (ВВОПиСВ).

Часть II

Ответственный за выпуск: Зубрицкий Н.Н.

Редактор: Строкач Т.В.

Техн. редактор: Никитчик А.Д.

Подписано к печати 08.12.2000 г. Формат 60x84/8. Бумага писчая №1. Усл. п.л. 3.72
Уч. изд. л. 4. Заказ № 645. Тираж 150. Отпечатанно на ризографе учреждения образования «Брестского государственного технического университета». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.