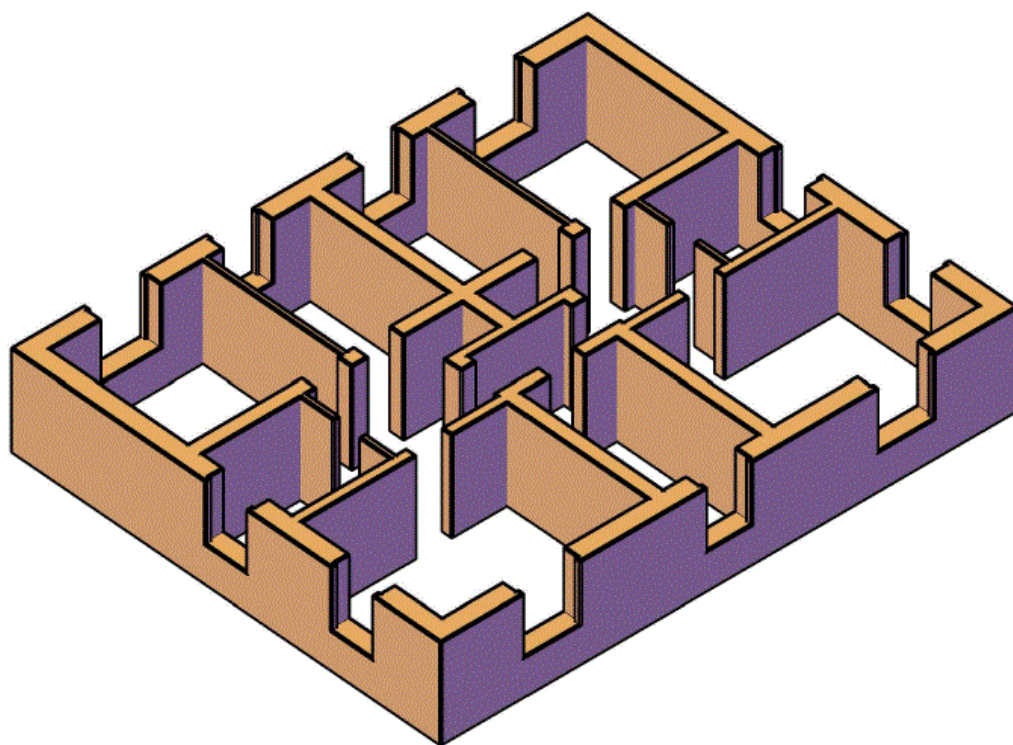


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Казанский (Приволжский) федеральный университет
Набережночелнинский институт

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ



Набережные Челны

2018

УДК 514.18:69(075.8)

ББК 22.151.3я73

НЗ6

Конспект лекций по инженерной графике для студентов строительных специальностей: Учебно-методическое пособие к практическим и лабораторным занятиям по начертательной геометрии и инженерной графике /Составители: Ахметов Н.Д., Кривошеев В.А., Коробова А.Г., Рзаева Т.В. Галимова Г.И. - Набережные Челны: Изд-во НЧИ К(П)ФУ, 2018. 128 с.

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор кафедры
автомобилей, автомобильных двигателей и дизайна

С.В. Дмитриев

доктор физико-математических наук, профессор
кафедры высшей математики Казанского государственного
архитектурно-строительного университета

С.Н. Тимергалеев

Печатается по решению научно-методического совета
Набережночелнинского института К(П)ФУ от « 10» мая 2018 г.

ФГАОУ ВО «Набережночелнинский
институт К(П)ФУ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Обозначения и символика.....	6
Лекция 1	
1.1. Перспективные проекции. Основные понятия и определения.....	8
1.2. Аппарат проецирования линейной перспективы.....	9
1.3. Перспективное изображение точки	11
1.3.1. Перспективные проекции точек частного положения.....	14
Лекция 2	
2.1. Метод Дюрера	17
2.2. Перспективная проекция прямой линии.....	21
2.3. Взаимное положение прямых линий в перспективных проекциях.....	24
2.3.1. Параллельные прямые.....	24
2.3.2. Пересекающиеся прямые.....	27
2.3.3. Скрещивающиеся прямые.....	27
2.4. Перспективы прямых линий частного положения	28
2.4.1. Прямые линии, перпендикулярные плоскости P'	28
2.4.2. Прямые линии, параллельные P_1	29
2.4.3. Прямые линии, лежащие в предметной плоскости P_1	29
2.4.4. Прямые линии, перпендикулярные к плоскости P_1	30
2.4.5. Прямые линии, параллельные плоскости P'	30
2.4.6. Прямые линии, лежащие в плоскости P'	31
2.4.7. Линии, проходящие через точку зрения S	31
2.5. Перспективные проекции плоскости.....	31
2.5.1. Перспектива плоскостей частного положения.....	33
Лекция 3	
3.1. Метод архитекторов.....	35
3.2. Выбор точки зрения и положения картинной плоскости.....	35
3.3. Построение опущенного плана.....	39

Лекция 4

4.1. Тени в перспективе. Различные положения источника света.....	44
4.2. Тень от точки на предметную плоскость.....	46
4.3. Тени от прямых на предметную плоскость.....	49
4.3.1. Тени от прямых частного положения на предметную плоскость.....	50
4.4. Тени от поверхностей на предметную плоскость.....	52
4.5. Построение теней, падающих от одних геометрических образов на другие.....	55

Лекция 5

5.1. Построение теней, падающих от одних геометрических образов на другие.....	56
5.1.1. Тень от точки на плоскость.....	56
5.1.2. Тень от прямой на плоскость и поверхность.....	57
5.1.3. Тени, падающие от поверхности на поверхность.....	59

Лекция 6

6.1. Проекция с числовыми отметками. Сущность метода. Проекция точки.....	63
6.2. Проекция прямой. Заложение прямой, уклон и интервал.....	65
6.3. Градуирование прямой.....	66
6.4. Взаимное расположение прямых.....	67
6.5. Проекция плоскостей.....	68

Лекция 7

7.1. Проекция поверхностей.....	72
7.2. Поверхность одинакового ската (равного уклона)	75

Лекция 8

8.1. Виды	87
8.2. Разрезы.....	93
8.2.1. Классификация разрезов.....	95
8.2.2. Условности и упрощения, применяемые при выполнении простых разрезов.....	103
8.3. Сечения.....	106



Лекция 9

9.1. Аксонометрические проекции. Общие сведения	111
9.2. Виды аксонометрических проекций.....	112
9.3. Прямоугольные аксонометрические проекции.....	112
8.3.1. Изометрическая проекция.....	112
8.3.2. Диметрическая проекция.....	120
Литература.....	126

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СИМВОЛИКА

- $A, B, C, D, E \dots$ или $1, 2, 3, 4, 5 \dots$ – точки в пространстве;
- a, b, c, d, e, \dots – прямые и кривые линии в пространстве;
- $\Delta, \Phi, \Gamma, P, \Sigma \dots$ – плоскости и поверхности в пространстве;
- OX, OY, OZ – оси координат;
- $=$ – равенство, совпадение;
- \cap – пересечение ($b \cap \Sigma = A$ – прямая b пересекает плоскость Σ в точке A , аналогичная запись будет для кривой и поверхности, однако по тексту понятно, о каких фигурах идет речь);
- $//$ – параллельность ($b // d$ – прямая b параллельна прямой d);
- $\cdot/$ – скрещиваемость ($m \cdot/ n$ – прямые m и n скрещиваются);
- \perp – перпендикулярность ($e \perp \Sigma$ – прямая e перпендикулярна плоскости Σ);
- \in – принадлежность элемента множества данному множеству ($A \in b$ – точка A принадлежит линии b);
- \subset – принадлежность подмножества множеству ($n \subset \Sigma$ – линия принадлежит поверхности);
- $\neq, \notin, \not\subset, \dots$ – знаки, обозначающие отрицание указанных выше отношений;
- \rightarrow – отображение ($A \rightarrow A_1$ – точка A отображается в точку A_1);
- \Rightarrow – знак логического следствия;
- Π_1 – горизонтальная плоскость проекций (OXY);
- Π_2 – фронтальная плоскость проекций (OXZ);
- Π_3 – профильная плоскость проекций (OYZ);
- h – горизонталь (прямая, параллельная плоскости Π_1)
- f – фронталь (прямая, параллельная плоскости Π_2);
- p – профильная прямая (прямая, параллельная профильной плоскости Π_3);
- $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1 \dots$ или $1_1, 2_1, 3_1, 4_1, 5_1 \dots$ – проекции точек на Π_1 ;
- $A_2, B_2, C_2, D_2, E_2 \dots$ или $1_2, 2_2, 3_2, 4_2, 5_2 \dots$ – проекции точек на Π_2 ;
- $A_3, B_3, C_3, D_3, E_3 \dots$ или $1_3, 2_3, 3_3, 4_3, 5_3 \dots$ – проекции точек на Π_3 ;
- $a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, \dots$ – проекции прямых или кривых линий на Π_1 ;
- $a_2, b_2, c_2, d_2, e_2, \dots$ – проекции прямых или кривых линий на Π_2 ;
- $a_3, b_3, c_3, d_3, e_3, \dots$ – проекции прямых или кривых линий на Π_3 ;
- $\Delta_1, \Phi_1, \Gamma_1, P_1, \Sigma_1 \dots$ – проекции плоскостей и поверхностей на Π_1 ;
- $\Delta_2, \Phi_2, \Gamma_2, P_2, \Sigma_2 \dots$ – проекции плоскостей и поверхностей на Π_2 ;
- $\Delta_3, \Phi_3, \Gamma_3, P_3, \Sigma_3 \dots$ – проекции плоскостей и поверхностей на Π_3 ;
- $\Pi_4, \Pi_5, \Pi_6, \dots$ – новые (дополнительные) плоскости проекций;

x_{14}, x_{25}, \dots – новые оси ($x_{14} = \Pi_1 \cap \Pi_4, x_{25} = \Pi_2 \cap \Pi_5$) или x_1, x_2, x_3, \dots , если принадлежность осей плоскостям проекций не вызывает сомнений;

 или  – возможные варианты графического обозначения прямого угла на чертеже.

Лекция 1

Перспективные проекции. Основные понятия и определения. Аппарат проектирования линейной перспективы. Перспективные изображения точек.

1.1. Основные понятия и определения

Перспектива - изображение, которое строится на основе метода центрального проектирования при определенным образом заданном центре проектирования S и плоскости проекций Π' (картинной плоскости), которое отвечает зрительным восприятиям предметов. Перспектива в переводе с латинского означает «увиденный насквозь, ясно увиденный».

Изображения предметов, построенные в центральных проекциях, очень близки к действительному зрительному восприятию (так устроен человеческий глаз) и отличаются хорошей наглядностью.

Принцип образования перспективной проекции методом центрального проектирования показан на рисунке 1.1.1. Из нашего «глаза» (точка S) выходят проектирующие лучи, которые пересекаясь с вертикальной плоскостью, дадут нам перспективное изображение предмета. Но следует напомнить, что центральные проекции не являются обратимыми. Каким же образом преобразовать их в обратимые, будет рассмотрено далее.

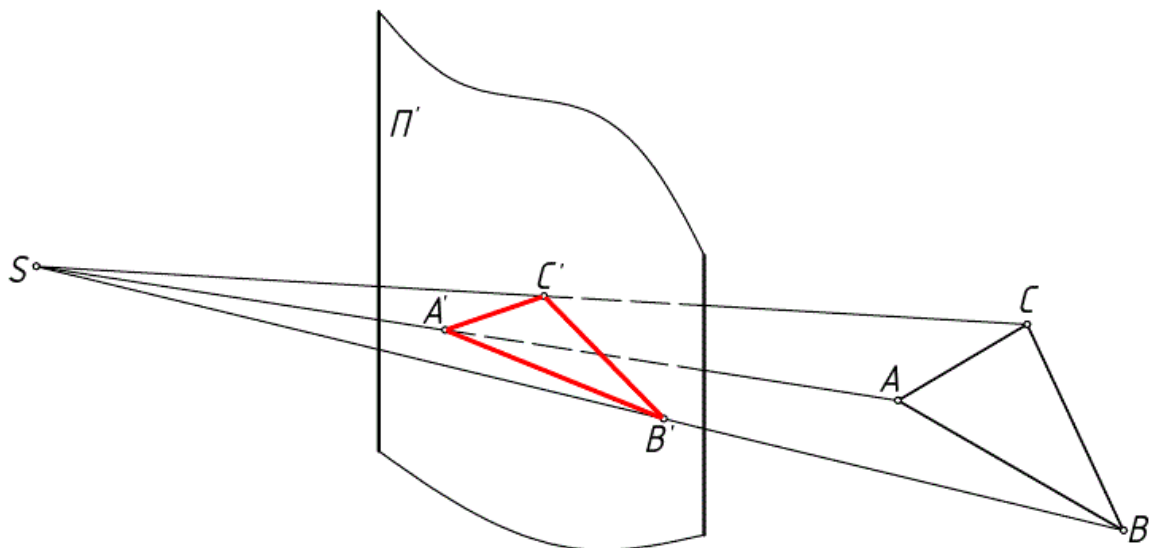


Рис. 1.1.1

Перспективные изображения позволяют выявить недостатки архитектурной композиции строительного объекта или комплекса и внести в них соответствующие коррективы.

Теорию перспективы развивали Ю.Н. Короев, Н.А. Соболев, М.В. Федорова, С.М. Колотов.

В зависимости от того, на какую поверхность строят перспективу, различают следующие основные виды перспектив:

- *линейную* – изображение на плоскости;
- *панорамную* – изображение на внутренней поверхности цилиндра;
- *купольную* – изображение на внутренней поверхности сферы.

В данной лекции рассмотрим основные сведения только о линейной перспективе в связи с очень малым количеством часов, выделенных на изучение предмета.

Рисование предметов с натуры выполняется на основе правил наблюдательной перспективы с учетом законов перспективы:

- 1) одинаковые по размеру предметы по мере удаления их от наблюдателя зрительно уменьшаются;*
- 2) параллельные линии сходятся в одной точке;*
- 3) равные между собой расстояния при удалении их от зрителя кажутся неравными.*

1.2. Аппарат проецирования линейной перспективы

Чтобы преобразовать центральные проекции в обратимые, в аппарат проецирования помимо вертикальной плоскости проекций, введем еще одну плоскость, расположенную горизонтально.

Вертикальная плоскость проекций, которая обозначается Π' , называется **картинной плоскостью или картиной**. Как мы уже поняли, на ней строят перспективную проекцию предмета.

Плоскость, располагаемая горизонтально, обозначается Π_l и называется **предметной плоскостью**.

Плоскости Π' и Π_l пересекаются под прямым углом по линии OO' , которую называют **основанием** картины (рис.1.2.1).

$$\Pi' \cap \Pi_l = OO'$$

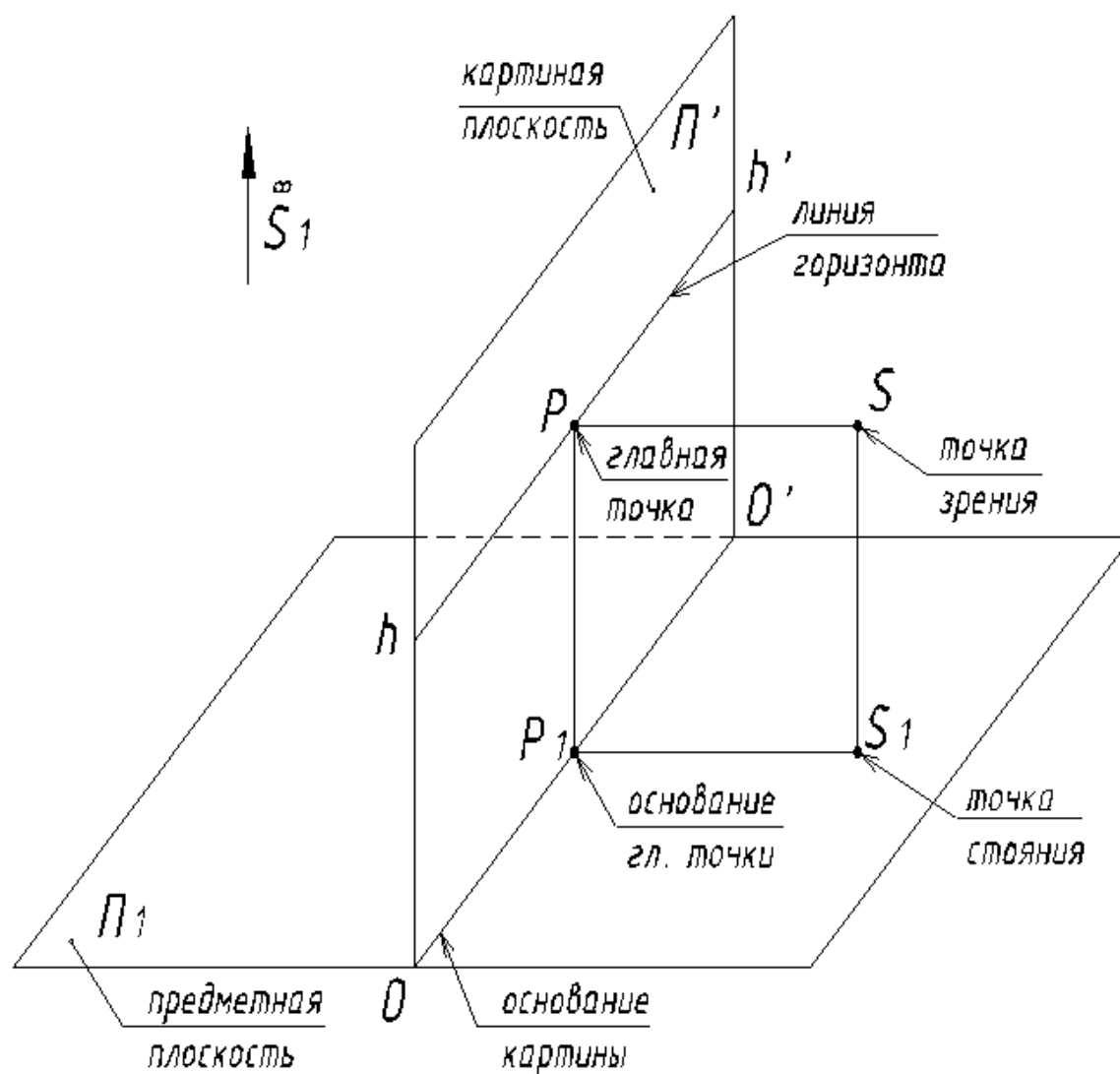


Рис. 1.2.1

Проецирование на картинную плоскость центральное, из центра S , который называется **точкой зрения**.

Проецирование на предметную плоскость ортогональное из бесконечно удаленного центра проецирования S_l^∞ .

Сначала предмет ортогонально проецируют на предметную плоскость проекций, а затем перепроецируют на картину из точки зрения S . В итоге изображение получают только на **одной** плоскости проекций – картинной.

Опустим из точки зрения S ортогональные проецирующие лучи на картинную и предметную плоскости. Проекция точки зрения S на предметную плоскость называется **точкой стояния** S_I (здесь стоит человек). Проецирующий луч SP пересекает плоскость картины в точке P .

$$SP \cap \Pi' = P$$

Точка P называется **главной точкой картины**, а проецирующий луч SP – **главной проецирующей прямой**. Если через точку зрения S провести горизонтальную плоскость, проходящую на уровне глаз зрителя, то она пересечет картинную плоскость по линии hh' , которая называется **линией горизонта**.

$$P \in hh'$$

Проекция P_I главной точки P на Π_I называется **основанием** главной точки.

Получили аппарат проецирования, которым будем пользоваться в дальнейшем (рисунок 1.2.1).

Аппарат проецирования условно делит пространство на три части.

- промежуточное пространство расположено между точкой зрения и картиной;
- **предметное** пространство находится за картиной, в котором располагаются проецируемые предметы;
- мнимое (нейтральное) расположено за точкой зрения (позади зрителя).

Изображаемый предмет обычно располагается на предметной плоскости. Двухкартинный комплексный чертеж, полученный на картинной плоскости, называется **линейной** перспективой.

1.3. Перспективное изображение точки.

Возьмем точку A в предметном пространстве и спроецируем ее на плоскости Π' и Π_I (рис.1.3.1).

Из точки A проводим луч, перпендикулярно предметной плоскости проециций. Точка пересечения луча с предметной плоскостью будет обозначаться A_I . $AA_I \perp \Pi_I = A_I$; $AA_I \cap \Pi_I = A_I$.

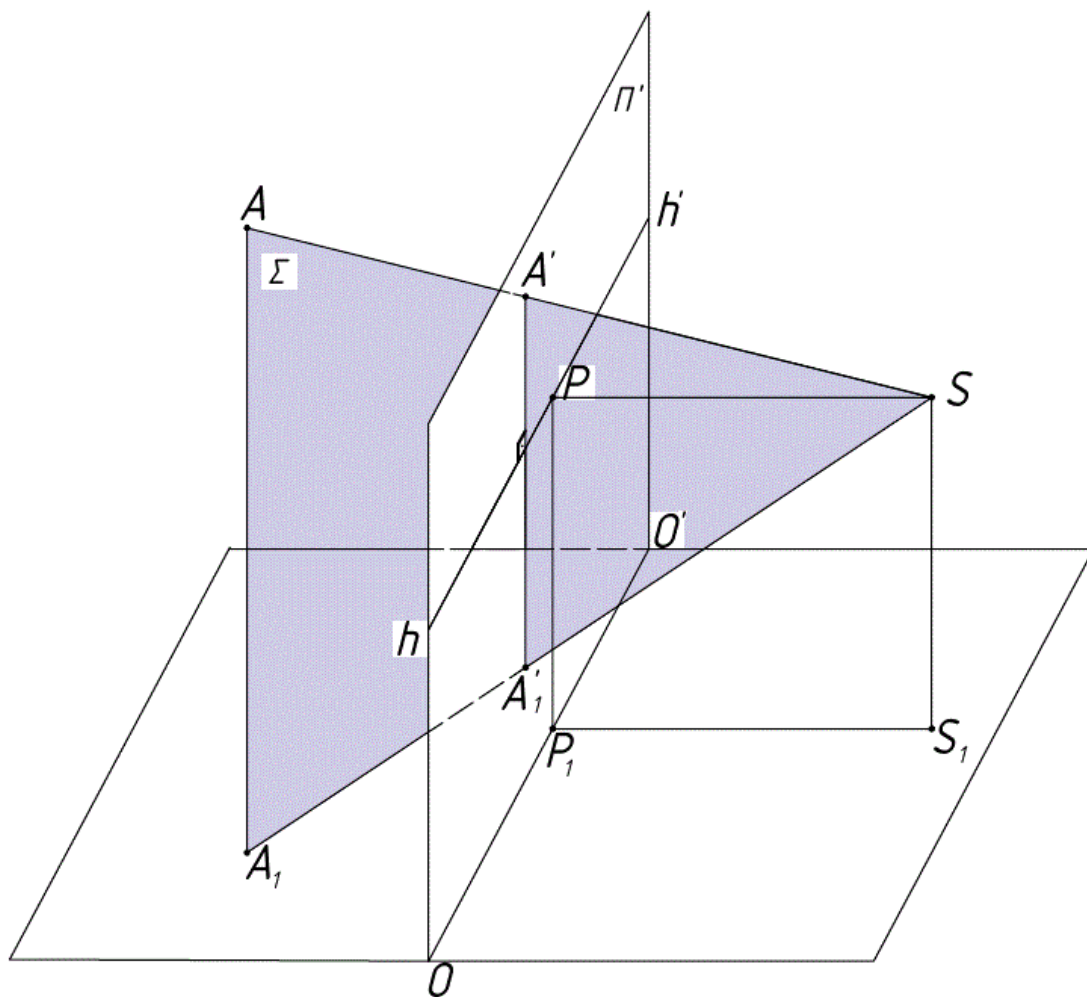


Рис. 1.3.1

Проекция A_I точки A на предметную плоскость Π_I называется **основанием** точки A .

Проецируем точку A на картину центрально, из точки зрения S .
 $SA \cap \Pi' = A'$.

Проекция A' точки A на картинную плоскость Π' называется **перспективой** точки A .

Перепроецируем основание A_1 точки A на картинную плоскость из точки зрения S . Получаем проекцию A_1' , которая называется **вторичной проекцией** точки A .

Перспектива точки A' и ее вторичная проекция A_1' располагаются на одной вертикальной линии связи, перпендикулярной линии горизонта hh' , $A' A_1' \perp hh'$ (рис.1.3.1), т.к. линия связи $A' A_1'$ является линией пересечения двух вертикальных плоскостей: картинной Π' и центрально-проецирующей Σ . $\Sigma \perp \Pi_1$; $\Sigma \perp \Pi'$; $\Sigma \cap \Pi' = A' A_1'$.

Совмещаем плоскость картины с плоскостью чертежа (рис.1.3.2), получим двухкартинный комплексный чертеж точки A на картинной плоскости, т.е. ее перспективную проекцию.

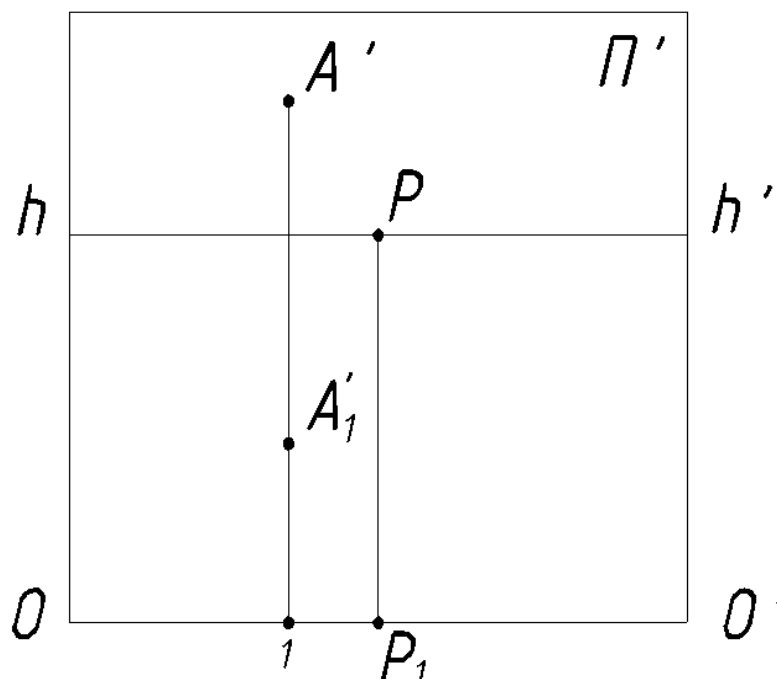


Рис. 1.3.2

Практическое применение построения перспективы и вторичной проекции точки показано на рисунке 1.3.3.

Отрезок $A'A_1'$ является ребром условного здания. Перспектива точки A' находится в пространстве, а вторичная проекция точки A_1' на земле. Отправляем лучи из этих проекций в точки схода горизонтальных прямых предмета (о них поговорим попозже) F_1' и F_2' , которые находятся на линии горизонта. Построив еще три таких ребра, получим перспективу условного здания (рис. 1.3.3).

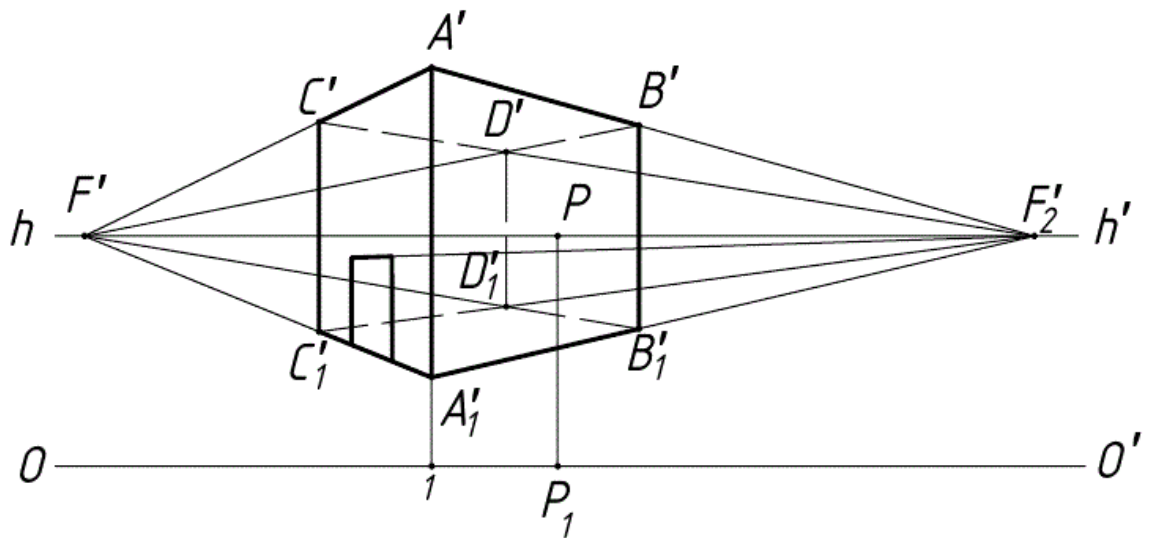


Рис. 1.3.3

1.3.1. Перспективные проекции точек частного положения

Построим перспективы и вторичные проекции точек частного положения.

1. Точка B принадлежит картинной плоскости (рис.1.3.1.1). Ее перспектива B' совпадает с самой точкой B . Основание B_1 точки B лежит на основании картинной плоскости O . Вторичная проекция B_1' совпадает с основанием точки B_1 .

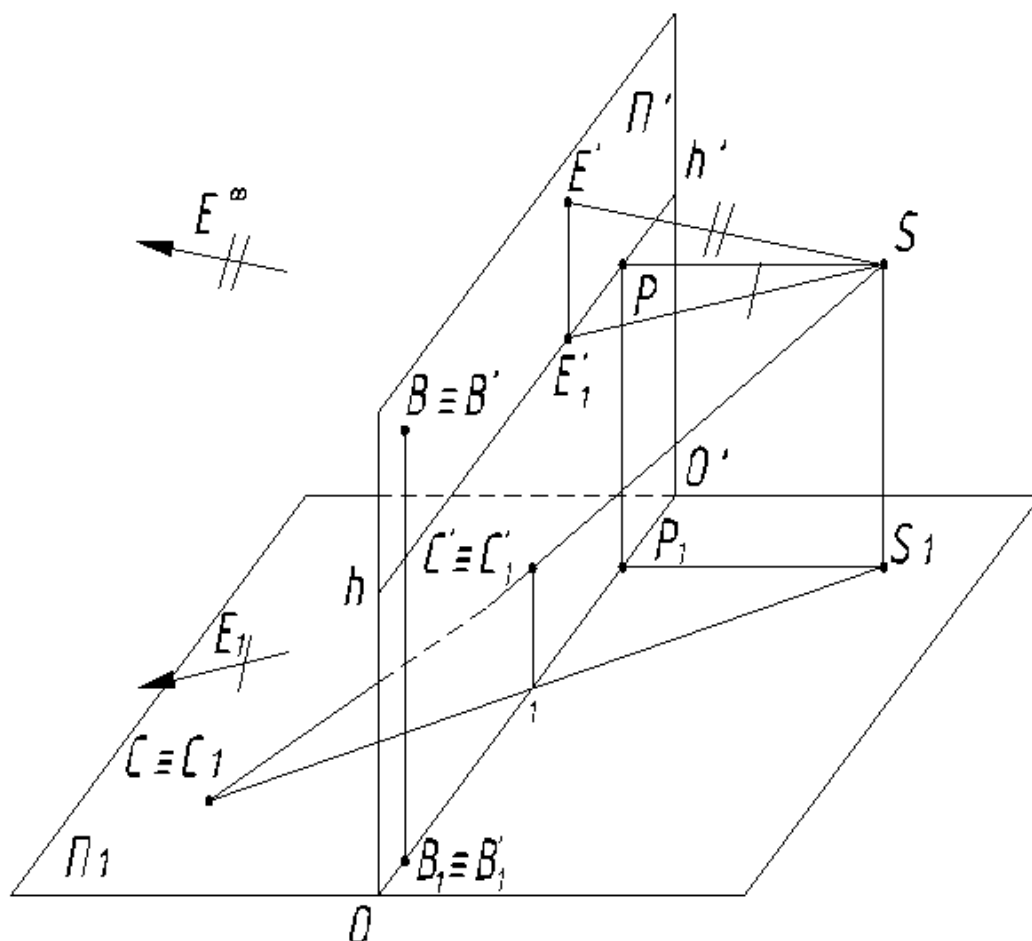


Рис. 1.3.1.1

Следовательно, если точка принадлежит картинной плоскости, то ее вторичная проекция лежит на основании картины.

$$B \equiv B'; B_1 \equiv B'_1 \text{ или } B'_1 \in OO'$$

2. Точка C принадлежит предметной плоскости (рис.1.3.1.1). Основание точки C_1 совпадает с самой точкой C и принадлежит Π_1 . Находим перспективу точки. Для этого соединяем точку C с точкой зрения S . Перспектива C' и вторичная проекция C'_1 лежат на одной проецирующей прямой.

Следовательно, если точка принадлежит предметной плоскости, то ее перспектива и вторичная проекция совпадают.

$$C \in \Pi_1; C_1 \equiv C; C' \equiv C'_1.$$

3. Точка E^∞ - бесконечно удалена в пространстве, иначе она называется несобственной. Чтобы построить ее перспективу, проведем через точку зрения S проецирующую прямую, параллельно прямой, которой задано направление положения E^∞ , до пересечения с картинной плоскостью (рис.1.3.1.1).

$$SE' \cap \Pi' = E'.$$

E' – перспектива бесконечно удаленной точки E^∞ . Основание E_1^∞ точки E^∞ тоже бесконечно удаленная точка, лежащая на плоскости Π_1 . Проецирующая прямая, проходящая через точку зрения S и основание точки E_1^∞ , является горизонтальной прямой и пересекается с картинной плоскостью в точке, лежащей на линии горизонта hh' .

Следовательно, вторичная проекция бесконечно удаленной точки находится на линии горизонта.

$$E'_1 \in hh'$$

Совместим картинную плоскость с плоскостью чертежа (рис.1.3.1.2).

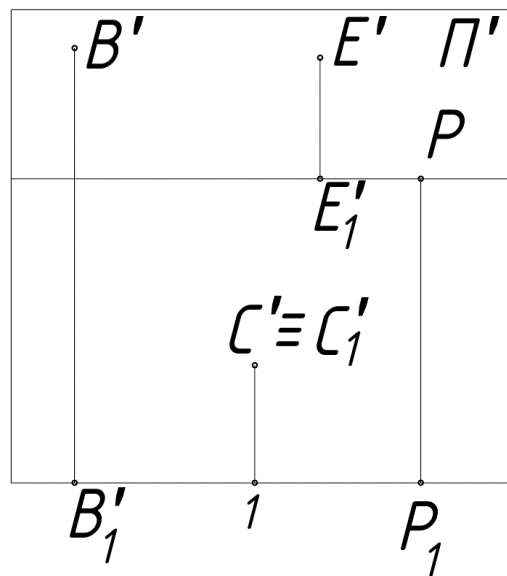


Рис. 1.3.1.2

Из вышеизложенного можно сделать вывод: **вторичные проекции точек предметного пространства могут располагаться только между основанием картины и линией горизонта.**

При практическом построении перспективы изображаемый предмет задается в ортогональных проекциях. Главный вид (вид спереди) называется фасадом, а вид сверху планом здания. При этом предметная плоскость Π_1 совпадает с горизонтальной плоскостью Π_1 . Картинная плоскость Π' иногда принимается параллельной Π_2 , в этом случае перспектива называется фронтальной (применяют при построении перспективы интерьера) или совпадающей с Π_2 . Чаще картинная плоскость располагается под углом к Π_2 и в этом случае перспектива называется **угловой**. Угловая перспектива является более выразительной.

Лекция 2

Метод Дюрера. Перспективная проекция прямой линии. Взаимное положение прямых линий в перспективных проекциях. Перспективы прямых линий частного положения. Перспективные проекции плоскости.

2.1. Метод Дюрера

Даны ортогональные проекции точки A (рис.2.1.1).

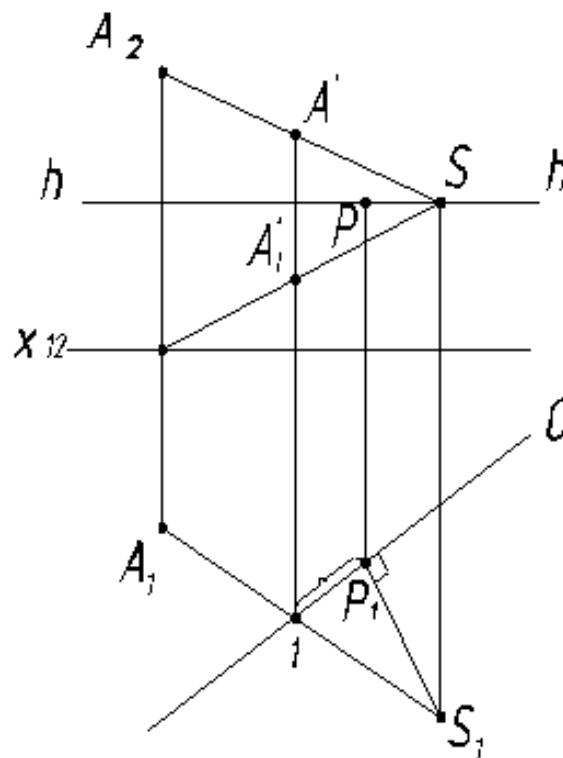


Рис. 2.1.1

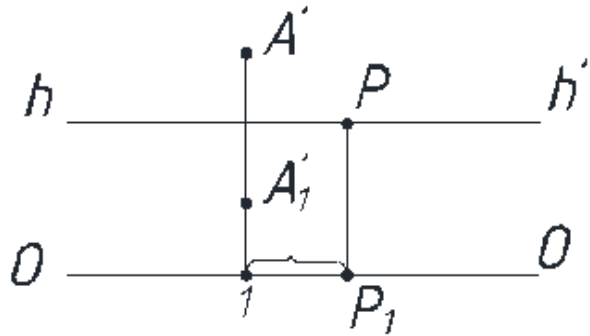


Рис. 2.1.2

На основании схемы, приведенной на рисунке 1.3.3, можно следующим образом сформулировать правило построения перспективы точки.

Для того, чтобы получить перспективу точки A на плоскости Π' , необходимо через эту точку и центр проецирования (точку зрения) S провести проецирующую прямую и определить точку ее пересечения с плоскостью Π' . Так же на плоскость Π' необходимо спроецировать основание данной точки и получить ее вторичную проекцию т.к. одна проекция точки не определяет ее положение в пространстве.

Задаем картинную плоскость Π' под углом к плоскости Π_2 . Горизонтальный след этой плоскости совпадает с основанием картины OO' , и точку зрения S (рисунок 2.1.1). Фронтальная проекция плоскости Π' – есть поле точек, совпадающих с плоскостью Π_2 .

Высота линии горизонта спроецируется в натуральную величину на плоскость Π_2 . Высота точки зрения S равна высоте линии горизонта hh' .

Находим главную точку P , для чего проводим главную прямую SP перпендикулярно Π' , $SP \perp \Pi'$.

Для построения перспективы точки выполняем следующие построения:

- в ортогональных проекциях:

1. Проводим проецирующую прямую SA , соединяющую точку S с точкой A (в двух проекциях) и определяем точку A' пересечения ее с плоскостью Π' ;

2. Проводим проецирующую прямую SA , соединяющую точку S с основанием точки A (на чертеже не обозначено), определяем точку пересечения A'_1 проецирующей прямой с Π' .

- в перспективе (рис.2.1.2):

1. Проводим горизонтальную линию OO' – основание картины;
2. Параллельно основанию картины выше проводим линию горизонта hh' ;
3. Произвольно выбираем положение главной точки P ;
4. На основании картины от точки P влево (т.е. в ту же сторону, что и в ортогональных проекциях) откладываем отрезок P_1I ;
5. Из точки I проводим вертикальную линию связи, на которой откладываем точки A' и A'_1 с ортогонального чертежа.

Перспектива точки A , заданной в ортогональных проекциях, построена.

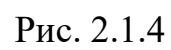
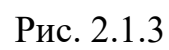
Построим перспективы точек частного положения методом Дюрера (рис. 2.1.3).

1. Точка B принадлежит Π' . Перспектива точки B , расположенной в картинной плоскости совпадает с самой точкой. Переносим ее на картинную плоскость, откладывая расстояние PB , в правую сторону от главной точки P (рис. 2.1.4).

2. Перспектива C' точки C и ее вторичная проекция строятся одной проецирующей прямой SC . $C' \equiv C'_1$ (рис.2.1.4).

3. Чтобы поострить перспективу точки E^∞ через точку зрения S проводим проецирующую прямую параллельно прямой, которой задана точка E^∞ .

Картинный след прямой есть перспектива E' точки E^∞ . Вторичную проекцию E'_1 находим на линии горизонта (рис.2.1.4).



2.2. Перспективная проекция прямой линии

Перспективу прямой линии можно представить, как совокупность перспективных проекций отдельных ее точек. Проецирующие лучи, соединяющие точку зрения S с точками данной прямой, образуют плоскость Σ (SAB), которая называется центрально-проецирующей, т.к. проходит через центр проецирования S . Эта лучевая плоскость пересечет плоскость картины по прямой линии $A'B'$, которая и будет являться перспективой данной прямой, $\Sigma \cap \Pi' = A'B'$. Таким образом, **перспектива прямой линии есть картинный след центрально-проецирующей плоскости, проходящей через эту прямую** (рис. 2.2.1).

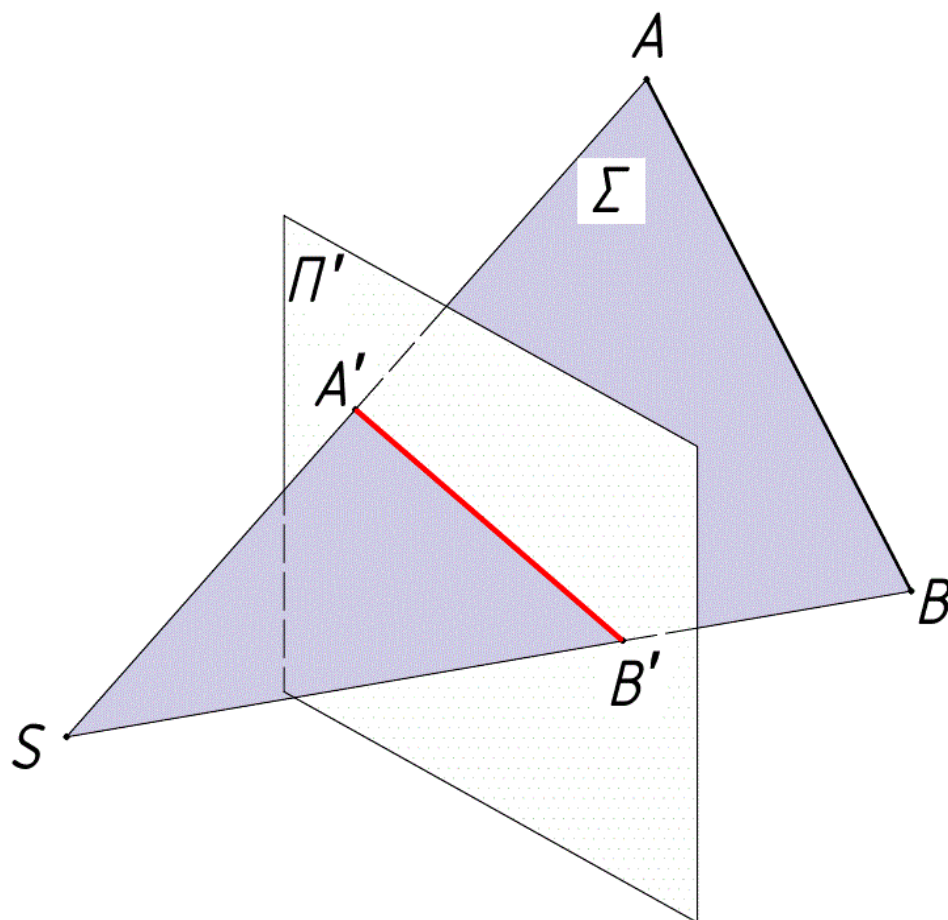


Рис. 2.2.1

На рисунке 2.2.2 даны ортогональные проекции отрезка прямой AB . Построим ее перспективу методом Дюрера. Положения картинной плоскости и точки зрения S даны.

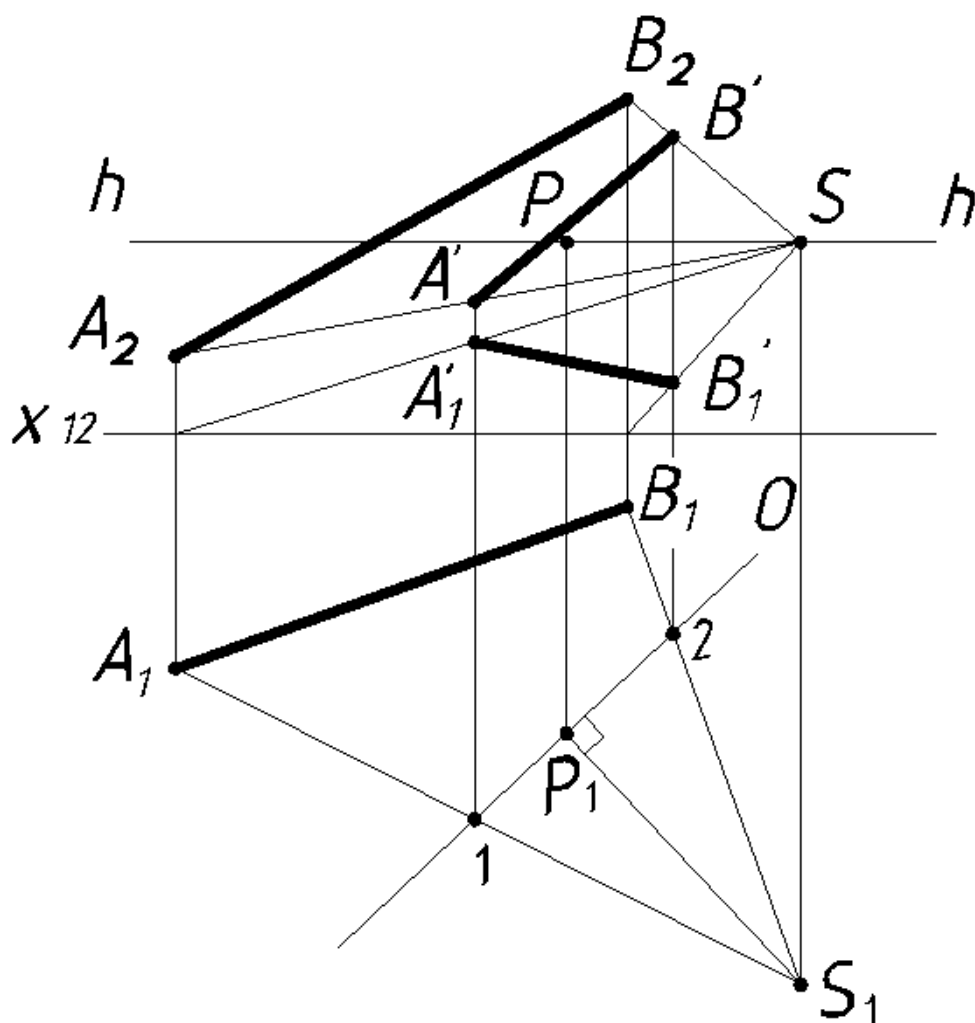


Рис. 2.2.2

Определяем положение главной точки P , для чего проводим перпендикуляр из основания точки зрения S_1 на основание картины OO' . Через точки A и B и их основания проводим проецирующие прямые, соединяющие их с точкой зрения S и определяем точки пересечения этих прямых с картиной.

Полученные перспективы точек и их вторичные проекции переносим на картинную плоскость, откладывая отрезки $1P$ и $P2$ от главной точки P соответственно в левую и правую стороны (рисунок 2.2.3).

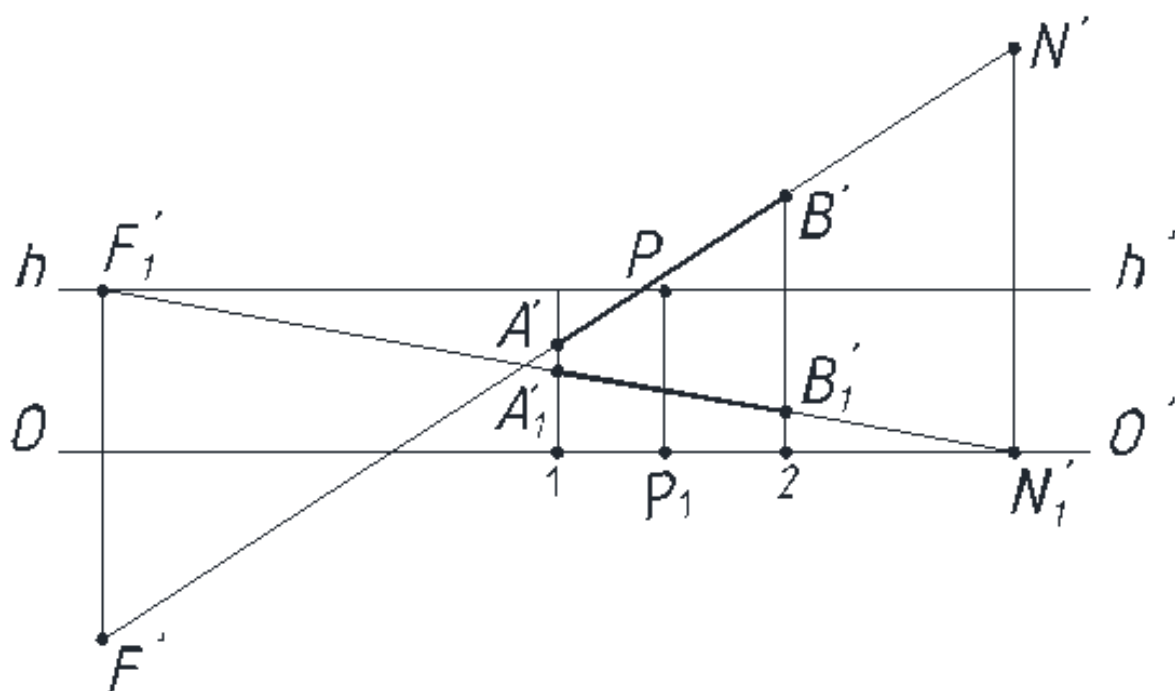


Рис. 2.2.3

Соединяем прямой линией полученные перспективные проекции точек A' и B' и вторичные проекции точек A'_1 и B'_1 . Перспектива прямой AB и ее вторичная проекция построены.

Имея $A'B'$ и $A'_1B'_1$, можно определить **две характерные точки прямой**: перспективу F' бесконечно удаленной точки прямой F^∞ и начало прямой N' (началом прямой принято называть картинный след прямой – точка пересечения прямой с картиной), которыми часто пользуются при построении перспектив различных предметов. Вторичная проекция бесконечно удаленной точки прямой F'_1 лежит на линии горизонта, а вторичная проекция начала прямой N'_1 – на основании картины. Их мы находим, продолжая вторичную проекцию прямой $A'_1B'_1$ до пересечения с линией горизонта hh' и основанием картинной плоскости OO' .

$$A'_1B'_1 \cap hh' = F'_1$$

$$A'_1B'_1 \cap OO' = N'_1$$

На продолжении перспективы прямой $A'B'$ на одной линии связи со вторичными проекциями F'_1 и N'_1 находим перспективы бесконечно удаленной точки прямой F' и начало прямой N' .

Итак, при построении перспектив и вторичных проекций прямых линий очень удобно использовать не произвольно взятые точки прямой, две характерные точки прямой – начало и бесконечно удаленную точку прямой.

Положение перспективы бесконечно удаленной точки прямой на картинной плоскости позволяет определить, как расположена прямая в пространстве. Если перспектива бесконечно удаленной точки F' находится над линией горизонта, то прямая восходящая, если же F' расположена под линией горизонта, то прямая нисходящая.

2.3. Взаимное положение прямых линий в перспективных проекциях

2.3.1. Параллельные прямые

Перспективы параллельных прямых пересекаются. Например, если наблюдать за уходящими вдаль железнодорожными рельсами, то мы увидим, что по мере удаления расстояние между ними сокращается и рельсы кажутся сходящимися в одной точке.

Точка пересечения связки (пучка) параллельных прямых называется точкой схода.

Рассмотрим построение перспектив параллельных прямых, показанных на рисунке 2.3.1.1

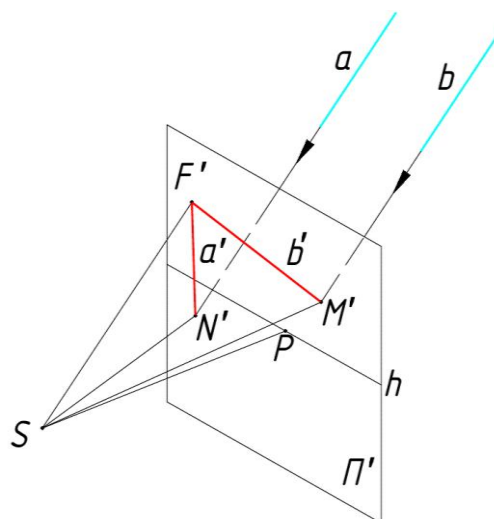


Рис. 2.3.1.1

Находим начала прямых a и b , для чего продлеваем их вперед до пересечения с картинной плоскостью.

$a \cap \Pi' = N'$ - начало прямой a ;

$b \cap \Pi' = M'$ - начало прямой b .

Ищем бесконечно удаленную точку прямых, для построения которой из точки зрения S проводим луч параллельно данным прямым до пересечения с картиной.

На рисунке 2.3.1.2 даны ортогональные проекции параллельных прямых a и b .

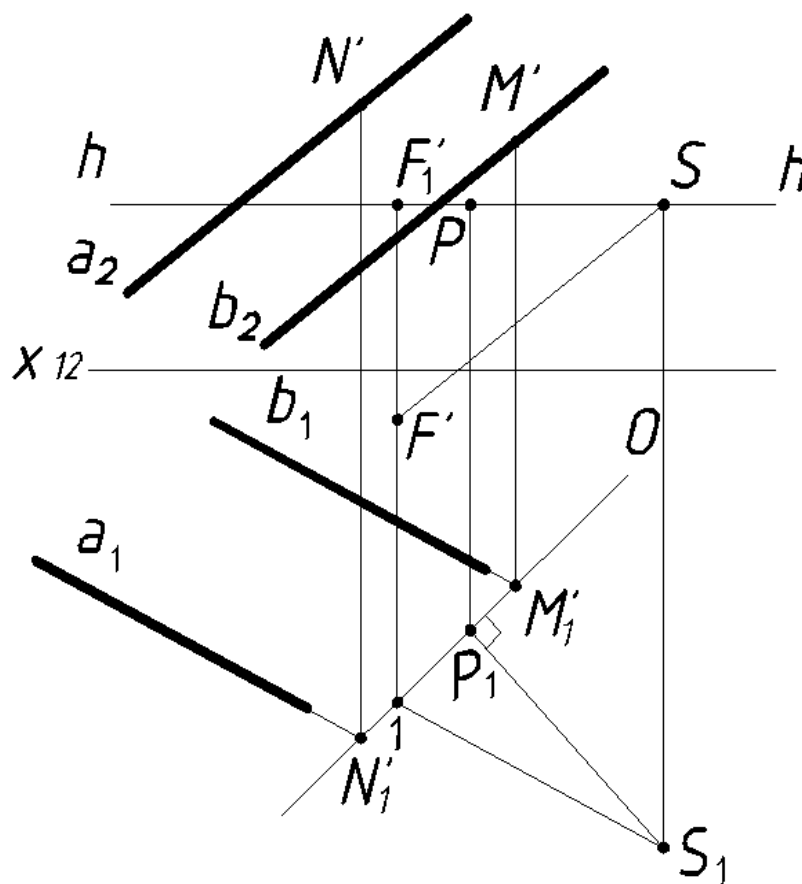


Рис. 2.3.1.2

Получим перспективы прямых a и b , построив перспективы их картинных следов и бесконечно удаленных точек. Для этого продолжим прямые a и b до пересечения с картинной плоскостью:

N' – картинный след прямой a ;

M' – картинный след прямой b .

Для построения перспективы бесконечно удаленных точек прямых через точку S проводим проецирующую прямую SP , параллельную прямым a и b . Точка пересечения SP с картинной плоскостью и есть перспектива бесконечно удаленных точек прямых a и b .

Перенесем полученный результат в перспективу (рис. 2.3.1.3).

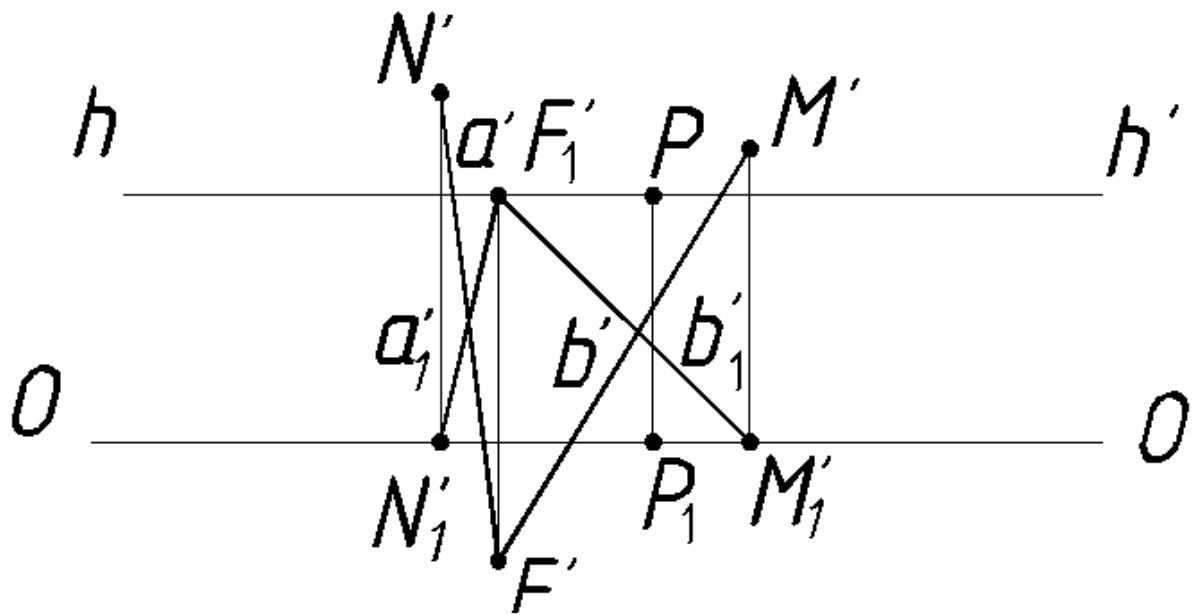


Рис. 2.3.1.3

Для этого на основании картинной плоскости откладываем расстояния $P_1N'_1$; P_1 и $P_1M'_1$ от главной точки P соответственно в правую и левую стороны, строим $M'F'$ и $N'F'$ с ортогонального чертежа. F' проецируется ниже OO' . F'_1 находим на линии горизонта. Соединив картинные следы M' и N' прямых с перспективой бесконечно удаленных точек F' , получаем перспективы прямых a' и b' . Соединив вторичные проекции картинных следов M'_1 и N'_1 прямых со вторичной проекцией бесконечно удаленных точек F'_1 , получаем вторичные проекции прямых a'_1 и b'_1 .

Из построенного видим, что перспективы параллельных прямых пересекаются в перспективе бесконечно удаленных точек. Параллельные прямые каждого другого направления имеют свою точку схода.

2.3.2. Пересекающиеся прямые

Пересекающиеся прямые имеют одну общую точку и лежат в одной плоскости.

Если две прямые линии имеют общую точку, то точки пересечения их перспектив и вторичных проекций на картинной плоскости лежат на одном перпендикуляре к линии горизонта (рис. 2.3.2.1).

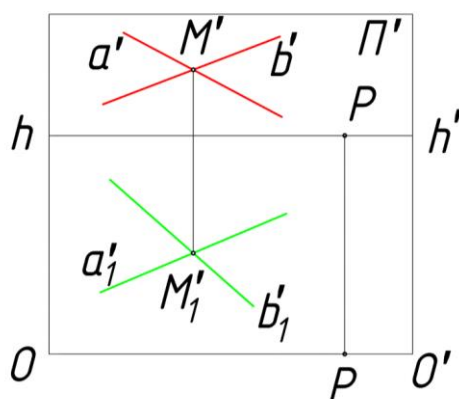


Рис. 2.3.2.1

2.3.3. Скрещивающиеся прямые.

Скрещивающиеся прямые не пересекаются и не параллельны. Если на комплексном чертеже нет ни одного признака параллельности или пересечения, то мы имеем дело с эпюром скрещивающихся прямых. Проекции скрещивающихся прямых могут пересекаться, но проекции точки пересечения не лежат на одной линии связи.

На рисунке 2.3.3.1 представлены две скрещивающиеся прямые a и b , у которых точке пересечения перспектив соответствуют две различные вторичные проекции точек M и C , одна из которых принадлежит прямой a , а другая – прямой b .

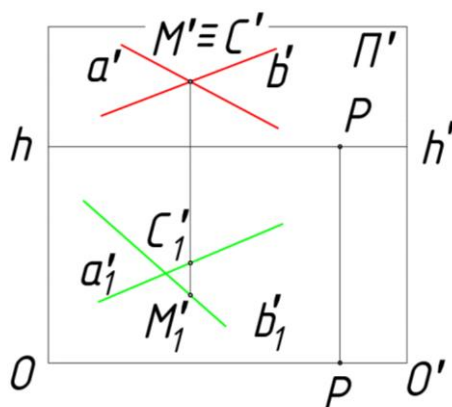


Рис. 2.3.3.1

2.4. Перспективы прямых линий частного положения (материал для самостоятельного изучения)

2.4.1. Прямые линии, перпендикулярные к плоскости Π' (главные линии).

Проецирующая прямая, проходящая через точку зрения S и перпендикулярная плоскости Π' является главной проецирующей прямой. Точка пересечения ее с плоскостью Π' - главная точка картины. Поэтому точкой схода главных линий является главная точка P . Перспективой таких линий будет связка прямых, которые сходятся в главной точке P . Вторичные проекции точек схода всегда лежат на линии горизонта и, следовательно, вторичные проекции главных линий тоже сходятся в главной точке P (рис. 2.4.1.1).

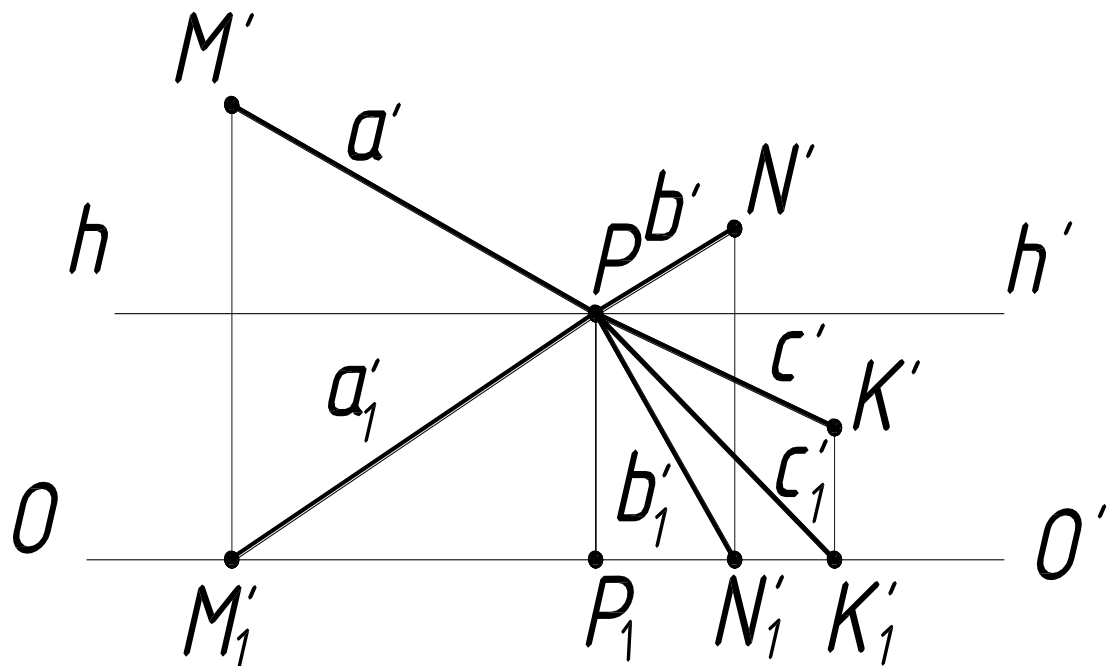


Рис. 2.4.1.1

2.4.2. Прямые линии, параллельные плоскости Π_1 (горизонтальные линии)

Проецирующие прямые, проходящие через точку зрения S и параллельные любой горизонтальной прямой, будут также параллельны плоскости Π_1 и, следовательно, будут пересекаться с Π' в точках, лежащих на линии горизонта hh' (рис.2.4.2.1).

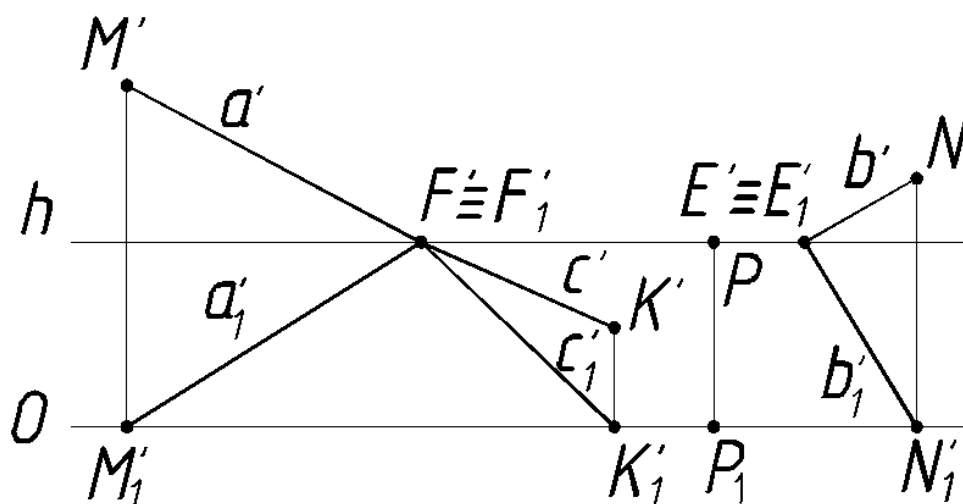


Рис. 2.4.2.1

2.4.3. Прямые линии, лежащие в предметной плоскости Π_1 .

Прямые, лежащие в предметной плоскости, совпадают со своими основаниями, следовательно, тоже имеют точки схода, лежащие на линии горизонта hh' (рис.2.4.3.1).

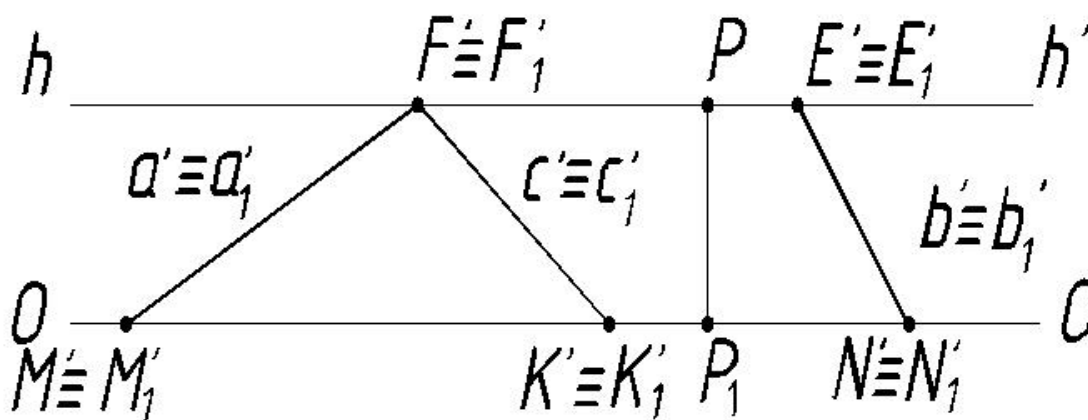


Рис. 2.4.3.1

2.4.4. Прямые линии, перпендикулярные к плоскости Π_1 (вертикальные прямые).

Вертикальные прямые не имеют точек схода, так как проецирующая прямая, параллельная им и проходящая через точку зрения S , параллельна плоскости Π' и пересекается с ней в бесконечности. Поэтому в перспективе вертикальные прямые изображаются вертикальными (рис.2.4.4.1). Вторичные проекции вертикальных прямых будут в виде точек, так как основания вертикальных прямых – есть точки.

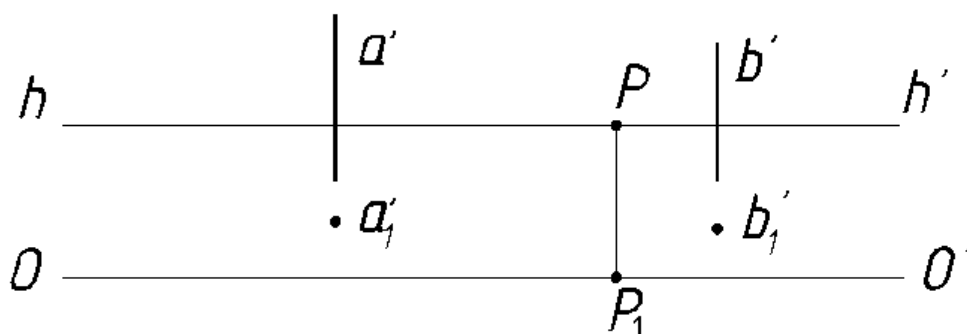


Рис. 2.4.4.1

2.4.5 Прямые линии, параллельные картинной плоскости Π' .

Такие линии не имеют точек схода. Их перспективы параллельны самим прямым, а вторичные проекции параллельны основанию картинной плоскости (рис.2.4.5.1).

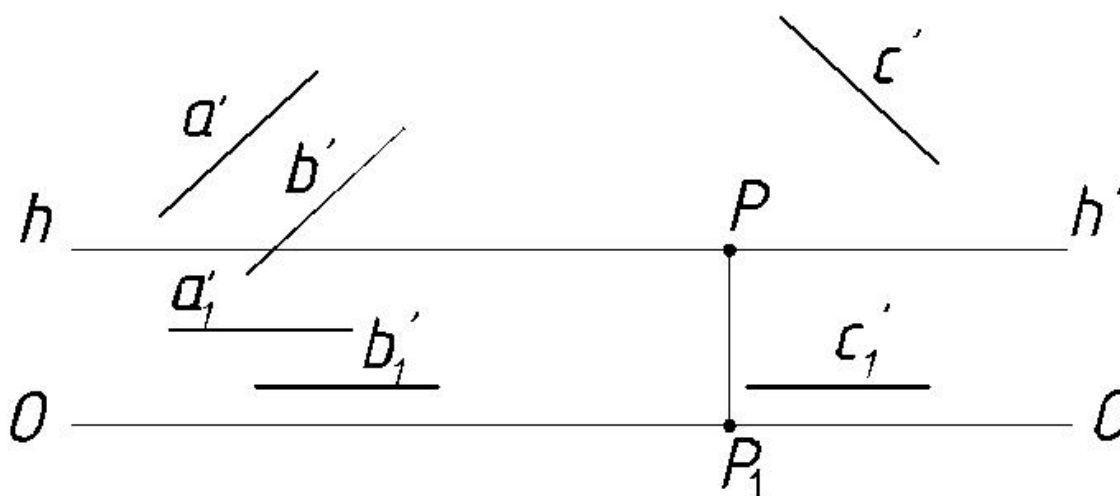


Рис. 2.4.5.1

2.4.6. Прямые линии, лежащие в плоскости Π' .

Очевидно, что перспектива прямой, лежащей в плоскости Π' , совпадает с самой прямой. Отрезок такой прямой изображается в перспективе в натуральную величину (рис. 2.4.6.1).

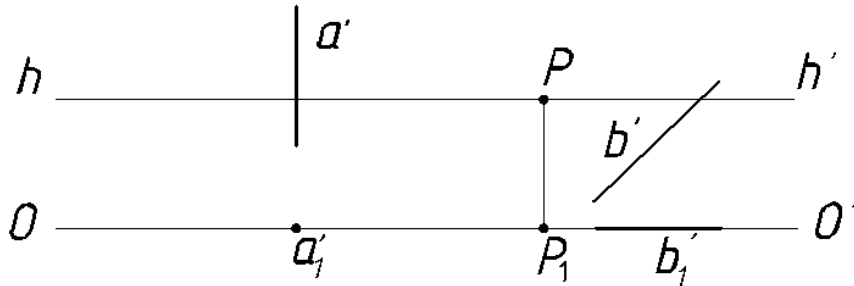


Рис. 2.4.6.1

2.4.7. Линии, проходящие через точку зрения S (центрально-проецирующие прямые).

Такие линии в перспективе проецируются в точку, а вторичные проекции – в вертикальные прямые (рис.2.4.7.1).

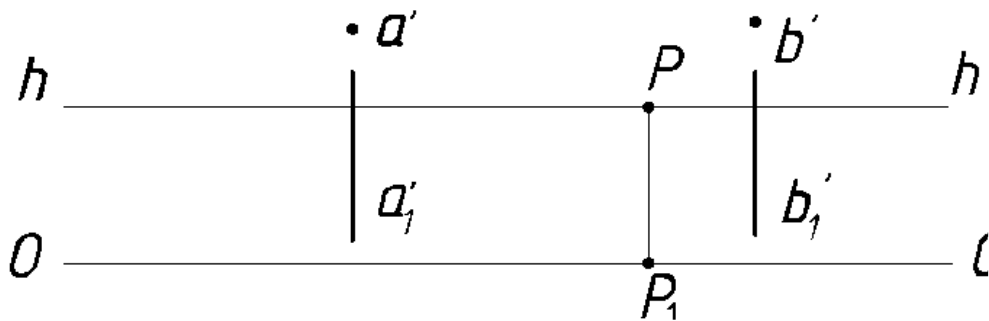


Рис. 2.4.7.1

2.5. Перспективные проекции плоскости

В перспективе, как и в ортогональных проекциях, плоскость может быть задана при помощи:

- трех точек, не лежащих на одной прямой;
- прямой и точки, не лежащей на этой прямой;

- двух пересекающихся или параллельных прямых;
- плоской фигуры;
- следов (рис.2.5.1).

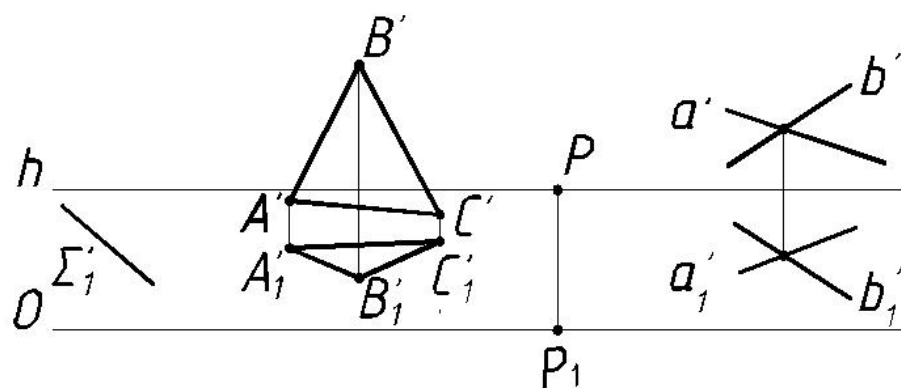


Рис. 2.5.1

Перспектива плоскости строится как перспектива точек и прямых, определяющих эту плоскость.

На рисунках 2.5.2, 2.5.3 построена перспектива плоскости методом Дюрера.

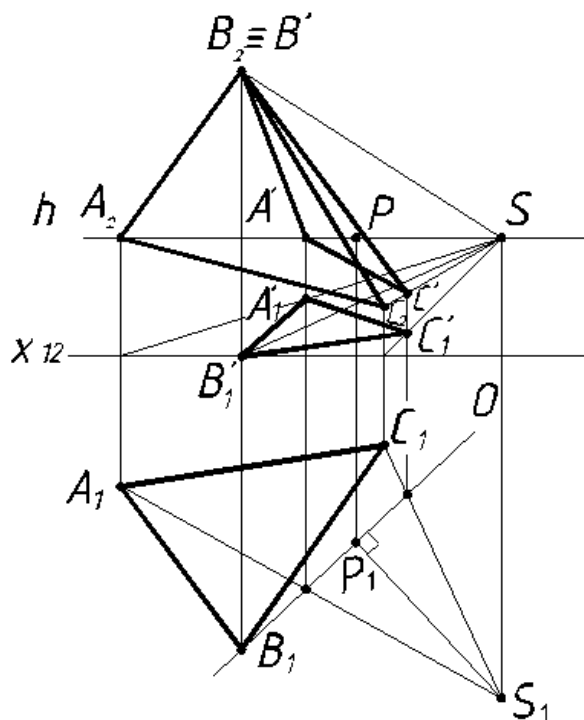


Рис. 2.5.2

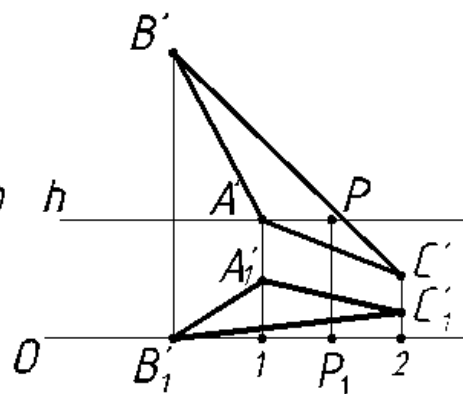


Рис. 2.5.3

2.5.1. Перспектива плоскостей частного положения

а) **Вертикальные плоскости.** Они на предметную плоскость проецируются в прямые линии, следовательно, их вторичные проекции будут в виде прямых (рис.2.5.1.1).

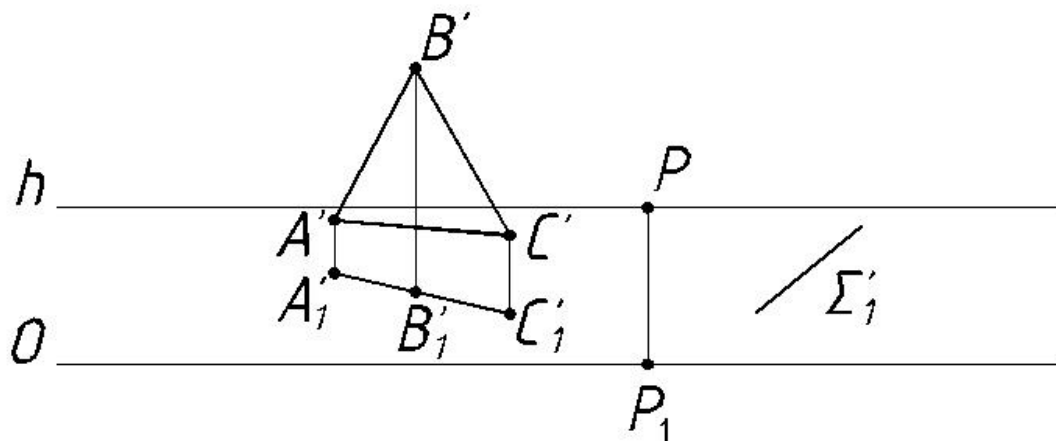


Рис. 2.5.1.1

Плоскость задана предметным следом. Если предметный след продолжить до пересечения с картинной плоскостью, то картинный след плоскости можно провести перпендикулярно основанию картинной плоскости (рис.2.5.1.2).

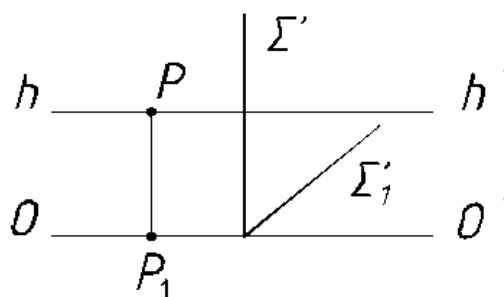


Рис. 2.5.1.2

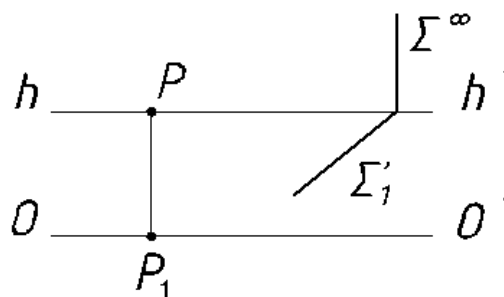


Рис. 2.5.1.3

Если предметный след продолжить до пересечения с линией горизонта, то перпендикулярно линии горизонта можно провести перспективу бесконечно удаленной прямой плоскости или линию схода перспектив плоскостей, параллельных данной (рис.2.5.1.3).

б) **Центрально-проецирующие плоскости** (плоскости, проходящие через точку S). Перспективы таких плоскостей будут в виде прямых (рис.2.5.1.4).

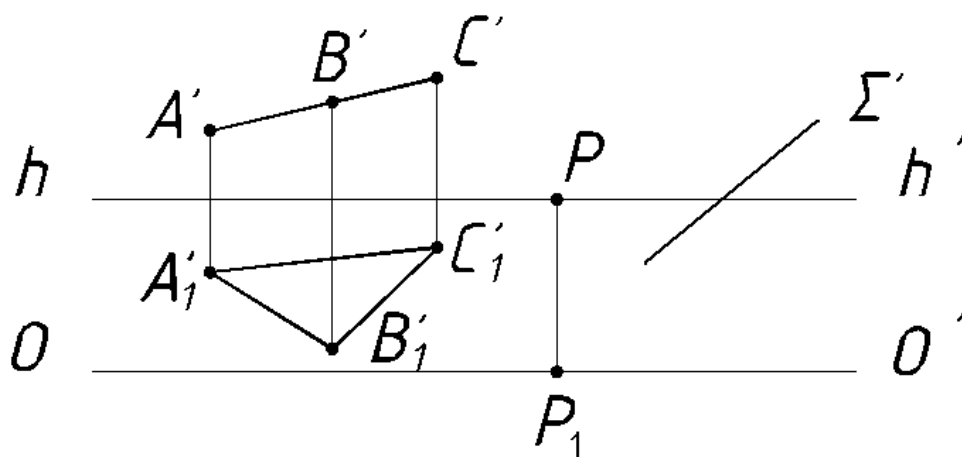


Рис. 2.5.1.4

с) **Центрально-проецирующие вертикальные плоскости** (плоскости, перпендикулярные предметной плоскости и проходящие через точку S). Их перспективы и вторичные проекции в виде прямых линий (рис.2.5.1.5).

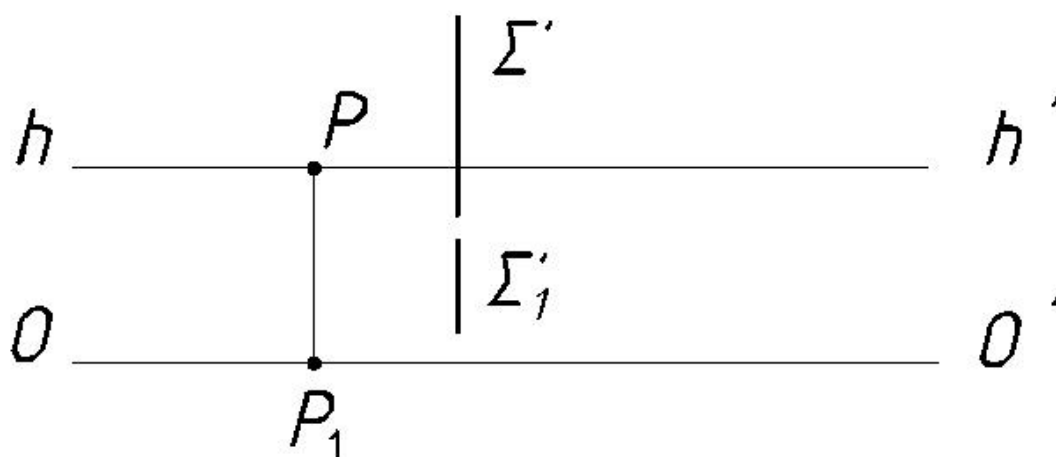


Рис. 2.5.1.5

Лекция 3

Метод архитекторов. Выбор точки зрения при построении перспективного изображения. Построение перспективного изображения условного здания с применением опущенного плана.

Перспективное изображение по заданному архитектурно-строительному чертежу может быть выполнено различными способами: перспективной сетки, следов лучей зрения, следов лучевых плоскостей, перспективных координат, методом архитекторов. Принципы задания и

определения некоторых элементов картины и аппарата проецирования являются общими независимо от применяемого способа построения перспективы здания или сооружения.

3.1. Метод архитекторов

Этот метод основан на использовании точек схода основных направлений горизонтальных прямых предмета, вертикальных центрально-проецирующих плоскостей, картинных следов горизонтальных прямых.

Построение перспективы геометрического тела или здания методом архитекторов обычно начинают с построения перспективы его основания, расположенного в предметной плоскости (часто с применением опущенного плана), после чего строят перспективу. Такой порядок облегчает ориентировку в перспективе, в особенности при изображении сложных объектов.

3.2. Выбор точки зрения и положения картинной плоскости

Выбор точки зрения включает три основных элемента, тесно связанных между собой и устанавливаемых совместно:

- величину угла зрения;
- расстояние от точки зрения до объекта как положение главного луча *SP* (*диагональ картины должна быть равна половине главного расстояния*);
- положение линии горизонта.

Для того, чтобы обеспечить удачное перспективное изображение предмета, рекомендуется руководствоваться следующими правилами, обоснованными практикой (рис.3.2.1).

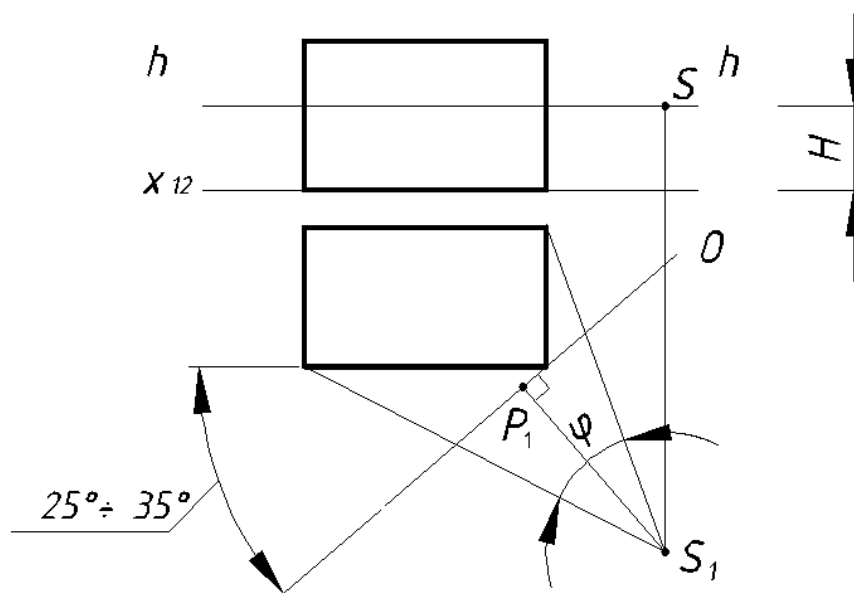


Рис. 3.2.1

1. Глаз человека, стоящего неподвижно и не поворачивающего головы, может видеть определенную, небольшую часть пространства, которая называется полем отчетливого зрения. Оно ограничено кривой по форме напоминающей эллипс. Лучи зрения, проведенного к точкам этого эллипса, называются лучевым конусом зрения. Наилучший угол при вершине лучевого конуса 28° - 30° .

Угол между проецирующими прямыми, направленными в крайние точки плана предмета, называется **углом зрения**. В общем, угол зрения φ следует выбирать в пределах $18^{\circ} < \varphi < 53^{\circ}$. Оптимальное значение угла зрения равно 28° (в учебной практике 38° - 40°).

2. Картинную плоскость ориентируют так, чтобы, во-первых, главная точка P оказалась в пределах средней трети угла зрения, во-вторых, картинная плоскость составила с главным фасадом угол 25° - 35° . Боковой фасад при этом получает сильное перспективное сокращение, и изображение в целом получается более выразительным.

Целесообразно картинную плоскость совместить с одним из ребер здания или сооружения, которое на перспективе изобразится в натуральную величину.

3. В зависимости от высоты линии горизонта можно выделить следующие перспективные изображения:

- перспектива с нормальной высотой горизонта (высота линии горизонта соответствует росту человека, т.е. $H = 1,5 - 2$ м). Такая перспектива применяется при изображении интерьеров помещений небольшой высоты и невысоких архитектурных сооружений;

- перспектива с повышенным горизонтом (линия горизонта определяется на уровне верхней трети высоты здания). Такая перспектива применяется при изображении высотных зданий;

- перспектива «с птичьего полета» (высота линии горизонта в несколько раз превышает высоту сооружения). Такая перспектива применяется при изображении архитектурного ансамбля со зданиями различной этажности при плотной застройке, либо отдельных объектов небольшой высоты, но значительной протяженности (аэропорт);

- перспектива с опущенной линией горизонта (линия горизонта совпадает с основанием картины). Такая перспектива применяется при изображении зданий, расположенных на горе, либо при изображениях отдельных фрагментов зданий, рассматриваемых, как правило, снизу – карнизов, верхних частей колонн, расписных потолков.

Рассмотрим пример построения перспективы методом архитекторов.

Обычно ортогональный чертеж архитектурного объекта дается в малом масштабе, поэтому перспективное изображение объекта увеличивают в несколько раз относительно ортогонального чертежа. При этом говорят о масштабе картины относительно ортогонального чертежа. Например, если выбран масштаб картины 3:1, то на картине все расстояния увеличивают в три раза.

Пример. Необходимо построить перспективу условного здания, заданного в ортогональных проекциях (рис.3.2.2, 3.2.3).

1. На горизонтальной проекции через точку зрения S проводим вертикальные центрально-проецирующие плоскости, проходящие через вертикальные ребра здания. Точки пересечения $1, 4, 5$ этих плоскостей с основанием картины переносим в перспективу и проводим через них вертикальные линии. Продолжаем прямые CD и KD до пересечения с картинной плоскостью в точках 2 и 3 . Точки 2 и 3 тоже переносим в перспективу. Точка A принадлежит картине, и ее переносим в перспективу (рис.3.2.3).

2. На горизонтальной проекции проводим прямые SF_1 и SF_2 , параллельные сторонам основания здания, до пересечения с основанием картины в точках F_1 и F_2 – это точки схода горизонтальных прямых двух направлений. Точки F_1 и F_2 в перспективе находим на линии горизонта, откладывая их расстояния от главной точки P (рис.3.2.3).

3. Начиная от точек $A, 2, 3$ строим перспективу вторичной проекции здания с помощью точек схода F_1 и F_2 и вертикальных прямых, проведенных через точки $1, 4$ и 5 .

4. Строим перспективу ребра A , откладывая от точки A вверх натуральную величину этого ребра.

5. Строим перспективу ребра D , откладывая натуральную высоту в точке 3 .

6. Дальнейшие построения заключаются в проведении горизонтальных прямых, идущих в точки схода F_1 и F_2 .

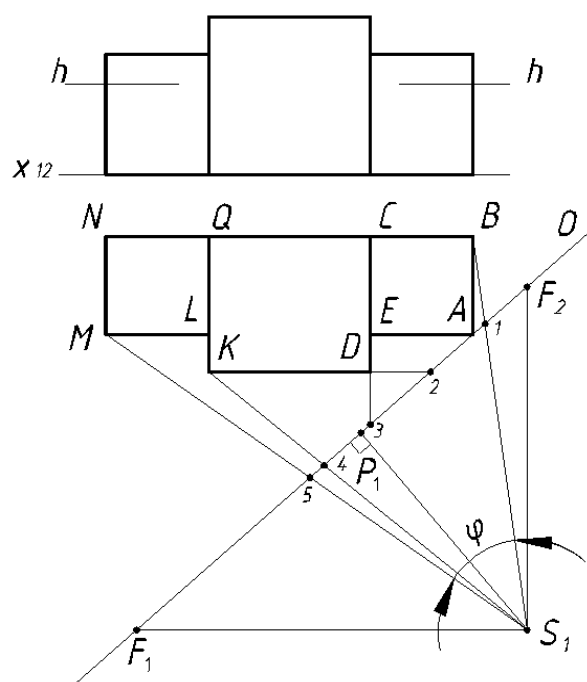


Рис. 3.2.2

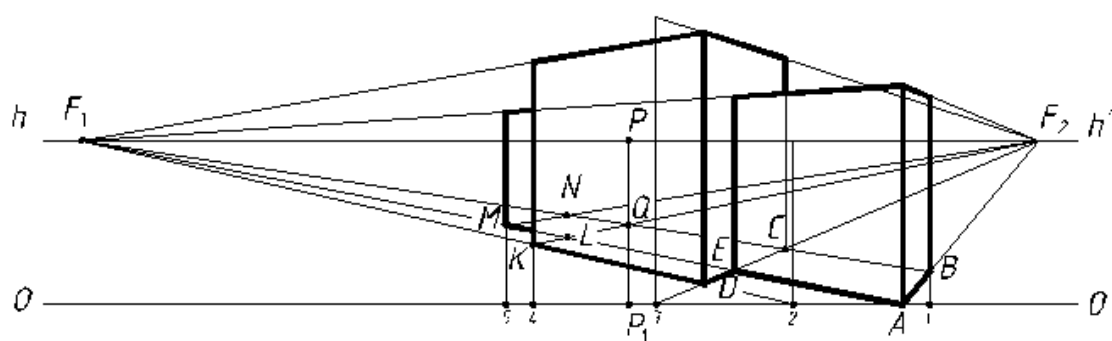


Рис. 3.2.3

3.3. Построение опущенного плана

При сложных планах зданий и сооружений их перспективу строят с «опущенным планом». Для этого параллельно основанию картинной плоскости проводим опущенное основание картинной плоскости и строим

вторичную проекцию (опущенный план) здания при заданном положении линии горизонта hh . Опущенный план представляет более раскрытую фигуру, чем основной план. Кроме того, применение опущенного плана дает возможность многие вспомогательные построения вместе с планом вынести за пределы поля перспективного изображения.

Рассмотрим пример построения перспективы с применением опущенного плана.

Подготовительные построения в ортогональных проекциях:

1. Проводим картинную плоскость через ребро здания A .
 2. Выбираем положение точки зрения (S_1), находим главную точку P (P_1).
 3. Определяем точки схода F_1 и F_2 .
 4. Через характерные точки плана здания и через точку зрения S (S_1) проводим центрально-проецирующие плоскости и определяем точки пересечения их с основанием картины OO' (точки $1,2,3,4$).
 5. Определяем в необходимом количестве картинные следы продолженных линий плана (точки $5,6,7,8,9,10,11,12$).
- Эти построения показаны на рисунке 3.3.1 а).

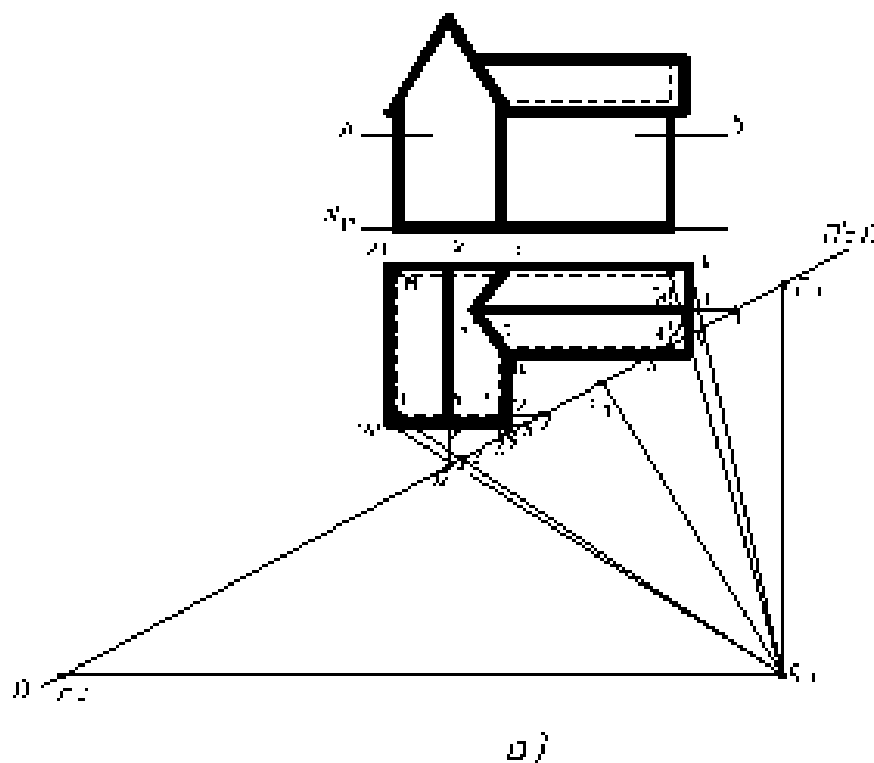
Подготовительные построения в перспективе

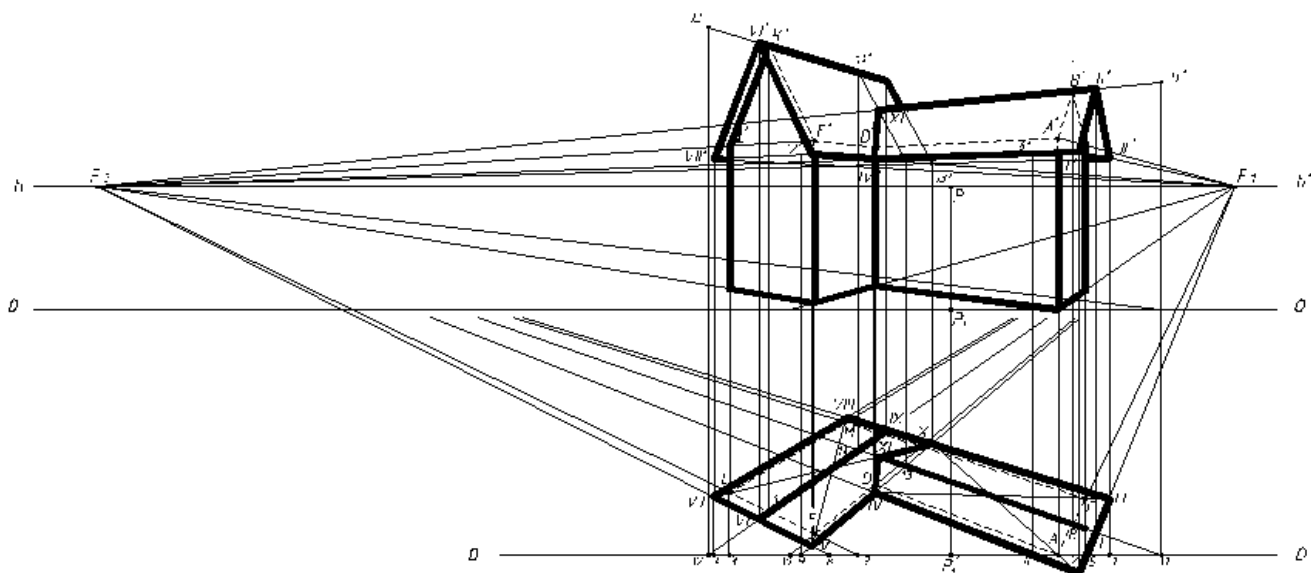
1. Выбор размеров перспективного изображения. Так как ортогональные проекции условного дома в мелком масштабе, а перспективу желательно получить крупнее, то необходимо все размеры в перспективе пропорционально увеличить в три раза, на рисунке 3.3.1.
2. Построение основных элементов картины. Выбираем положение главной точки P и проводим через нее линию горизонта hh' . На линии горизонта определяем положение точек схода F_1 и F_2 , перенося из ортогональных проекций их увеличенные в три раза (на рисунке 3.3.1 б) в два раза) расстояния от главной точки P . Если лист чертежа имеет

недостаточные размеры, его следует временно надставить с одной или с двух сторон.

Ниже линии горизонта, на расстоянии от нее, равном утроенной высоте точки зрения S , проводим основание картины O . На нем определяем основание P_1 главной точки P .

3. Для построения опущенного плана проводим опущенное основание картины OO' на произвольном расстоянии от линии горизонта, сообразуясь с размерами листа чертежа. Определяем опущенное основание P_1 главной точки P (рис.3.3.1 б).





б)

Рис. 3.3.1

Построение опущенного плана

1. На опущенное основание картины переносим из ортогональных проекций картинные следы линий плана здания (точки $A, 5, 6, 7, 8, 9$), увеличивая втрое расстояния до этих точек от точки P .
2. Переносим на опущенное основание картины точки $(1, 2, 3, 4)$ пересечения центрально-проецирующих плоскостей с основанием картины и проводим через них вертикальные прямые.
3. Соединяем картинный след A с точками схода F_1 и F_2 , картинные следы $5, 9, 10$ – с F_1 , а $6, 7, 8$ – с F_2 .
4. На пересечении AF_1 с вертикальной линией, проходящей через точку 2, находим точку C , также находим точки L, III, VII . Точки $D, M, IV, VIII$ находим на пересечении горизонтальных линий плана.
5. Линии $VI - IX$ и $II - XI$, определяющие линии коньков крыши, находим как линии, проходящие через точки пересечения диагоналей планов крыш в точки схода F_1 и F_2 .

Построение перспективы здания

1. План здания строится так же, как и соответствующие линии опущенного плана, т.е. при помощи картинных следов, точек схода F_1 и F_2 , вертикальных линий, проходящих через соответствующие точки опущенного плана.
2. Крыша. Перспективу точки A , расположенную на плоскости картины, определяем непосредственным откладыванием утроенной высоты от A'_1 . Далее при помощи точек схода F_1 и F_2 и на одной линии связи со вторичными проекциями находим точки C' , D' , E' , L' . Перспективы точек B , II находим при помощи картинного следа 11 , а K и VI – при помощи картинного следа 12 . Свесы крыш строим при помощи картинных следов 6 и 9 . Точку пересечения XI конька II 13 со скатом крыши V VI IX X находим при помощи вспомогательной секущей плоскости Σ , как точку пересечения прямой с плоскостью, соединяя точки IV и XI , находим линию пересечения скатов крыш.

Лекция 4

Тени в перспективе. Различные положения источника света. Направление световых лучей при различных положениях источника света. Тени от перспективных изображений точек, прямых и плоскостей общего и частного положения. Тени, падающие от одних геометрических образов на другие. Методы секущих плоскостей и обратного луча.

Для того, чтобы перспективное изображение не казалось плоским, строят собственные и падающие тени изображаемых предметов.

При построении теней в перспективе за источник света L принимается бесконечно удаленный источник света – солнце. Вторичная проекция бесконечно удаленного источника света всегда находится на линии

горизонта. Солнце по отношению к точке зрения может занимать различные положения.

4.1. Различные положения источника света. Направление световых лучей.

а). Солнце справа и спереди. L' находится выше hh' и справа от главной точки P (рис.4.1.1).

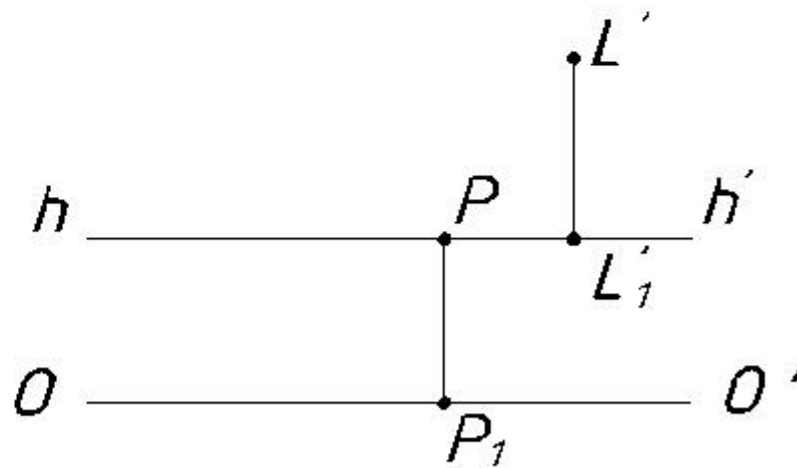


Рис. 4.1.1

б). Солнце находится слева и спереди. L' находится выше hh' и слева от P (рис. 4.1.2).

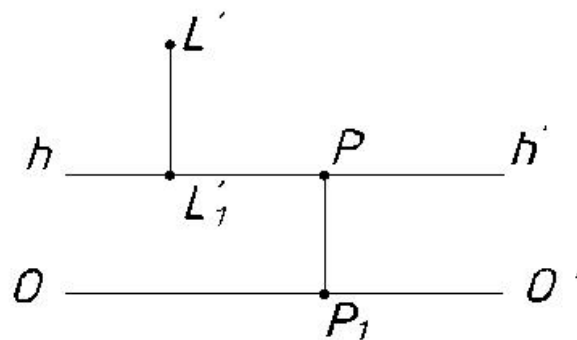


Рис. 4.1.2

в). Солнце слева. В этом случае лучи света являются фронтальными линиями (т.е. параллельны Π') и точек схода не имеют. Поэтому их перспективы будут параллельны принятому направлению света (обычно 45° к hh'), а вторичные проекции – параллельны линии горизонта hh' (рис. 4.1.3).

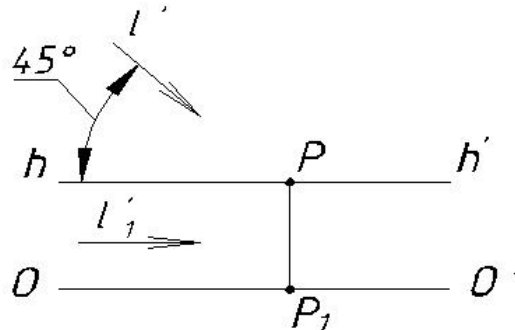


Рис. 4.1.3

г). Солнце справа. Направление световых лучей и их вторичные проекции аналогично случаю 3 (рис. 4.1.4)

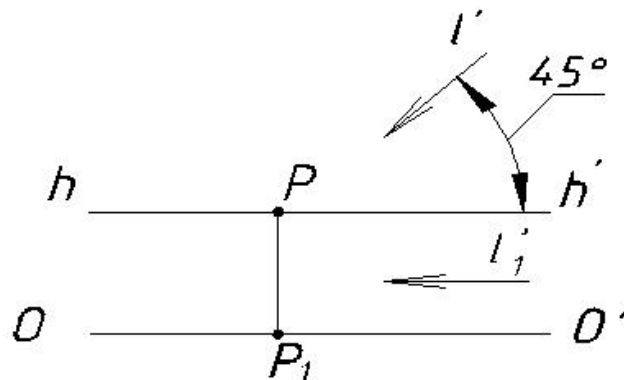


Рис. 4.1.4

д). Солнце справа и сзади. L' ниже hh' и слева от P (рис. 4.1.5).

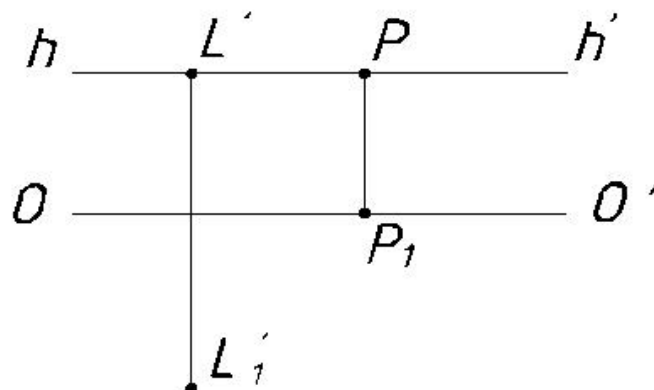


Рис. 4.1.5

е). Солнце слева и сзади. L' ниже hh' и справа от P (рис. 4.1.6)

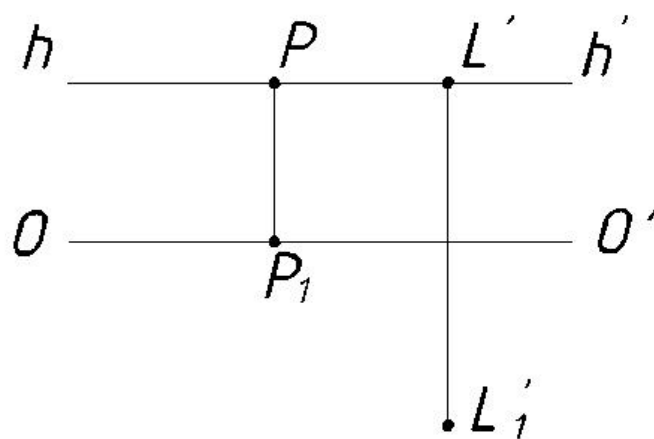


Рис. 4.1.6

4.2. Тень от точки на предметную плоскость

Тенью точки, падающей на плоскость (или поверхность), является точка пересечения этой плоскости (или поверхности) световым лучом, проходящим через рассматриваемую точку. Поэтому независимо от положения солнца построение тени от точки на плоскость (поверхность) сводится к решению задачи на построение точки пересечения прямой (луча l) с плоскостью (поверхностью). Чтобы построить тень от точки на предметную плоскость, необходимо построить предметный след прямой, т.е. точку пересечения перспективы светового луча, проходящего через заданную точку, и его вторичной проекции.

Рассмотрим примеры построения теней от точек при различных положениях солнца (рис. 4.2.1 – 4.2.6).

Тень от точки, лежащей в плоскости, совпадает с перспективой самой точки.

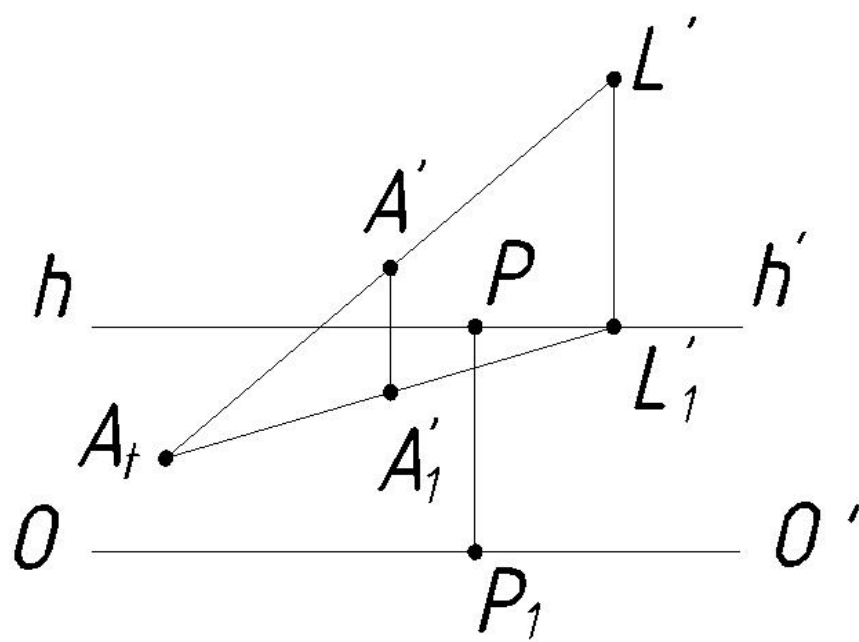


Рис. 4.2.1

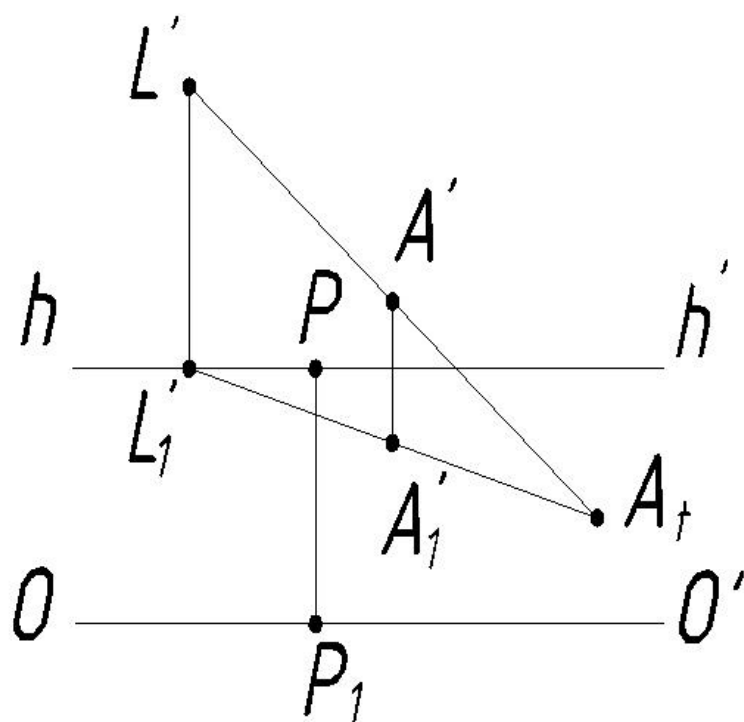


Рис.4.2.2

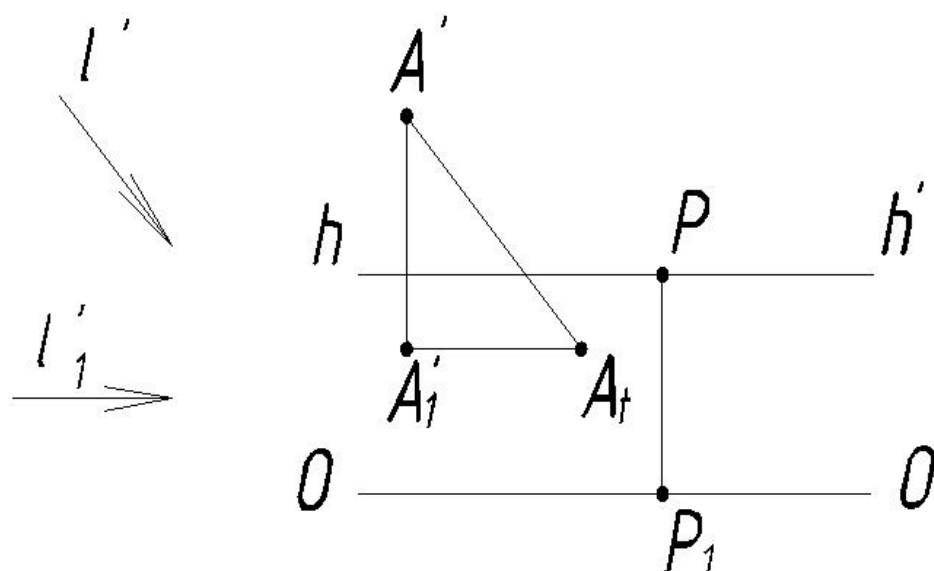


Рис. 4.2.3

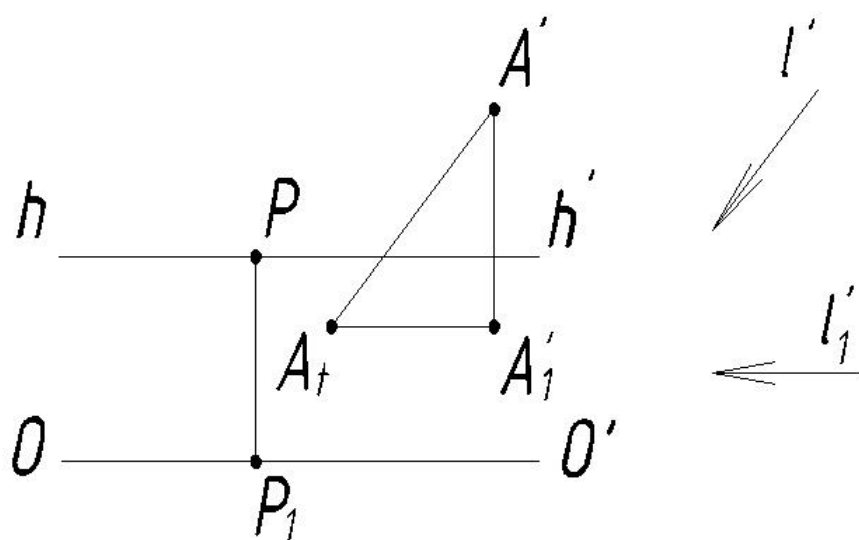


Рис. 4.2.4

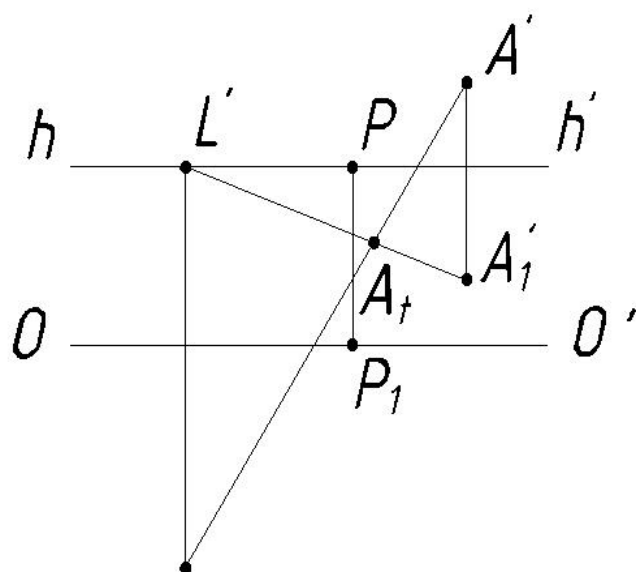


Рис. 4.2.5

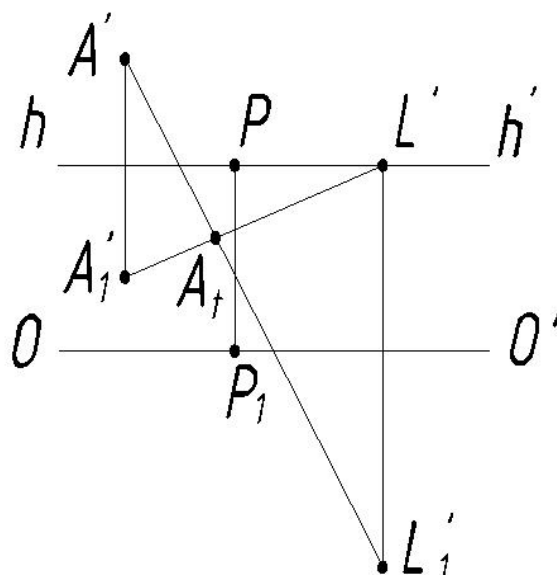


Рис. 4.2.6

4.3. Тени от прямых на предметную плоскость

Тень от прямой на плоскость есть прямая, поэтому для построения тени от прямой на плоскость необходимо построить тень от двух ее точек и соединить их.

На рисунках 4.3.1 – 4.3.2 показаны примеры построения теней на плоскость от прямых общего положения.

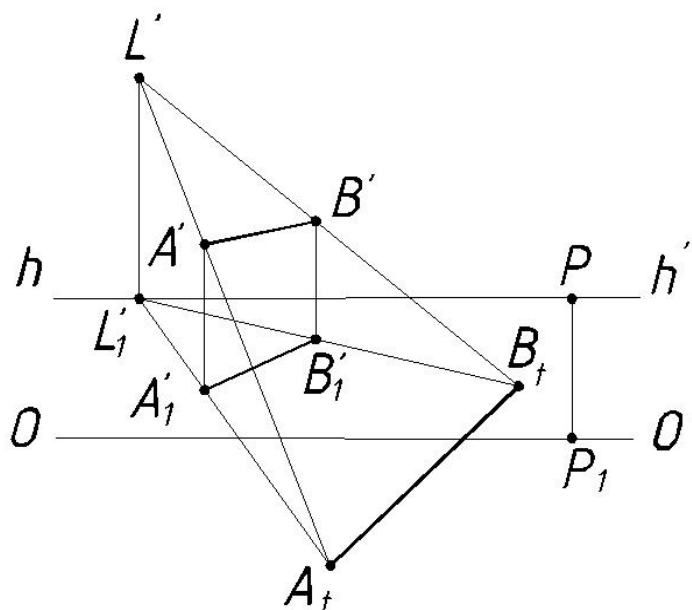


Рис. 4.3.1

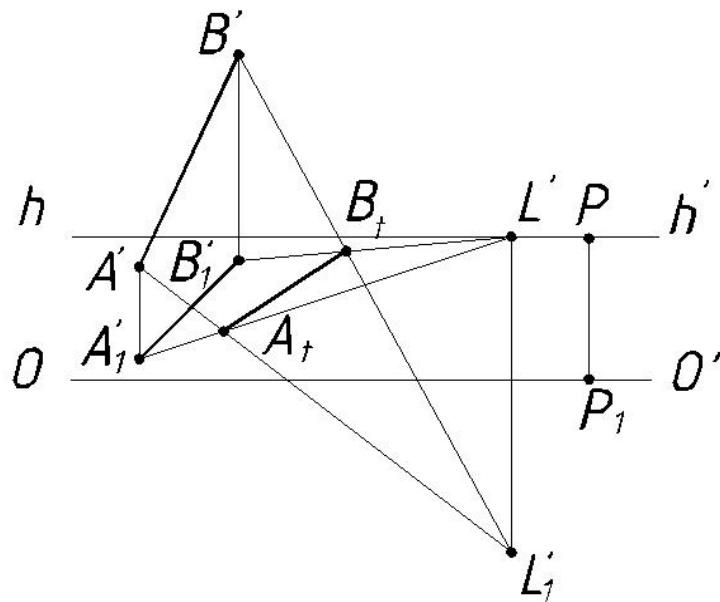


Рис. 4.3.2

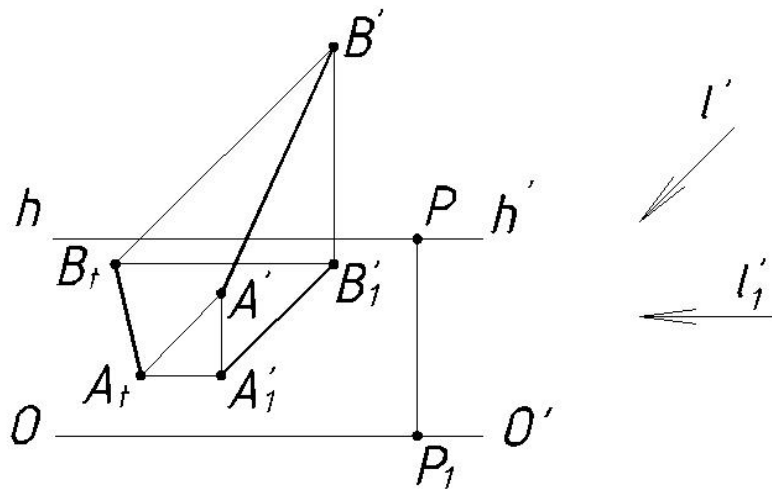
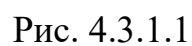


Рис. 4.3.3

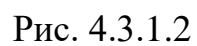
4.3.1. Тени от прямых частного положения на предметную плоскость

а). Тени от вертикальных прямых.

Тени от вертикальных прямых на предметную плоскость совпадают с направлением вторичной проекции луча (рис.4.3.1.1).



Тень от прямой, параллельной предметной плоскости на плоскость проходит через точку схода этой прямой (рис. 4.3.1.2, 4.3.1.3).



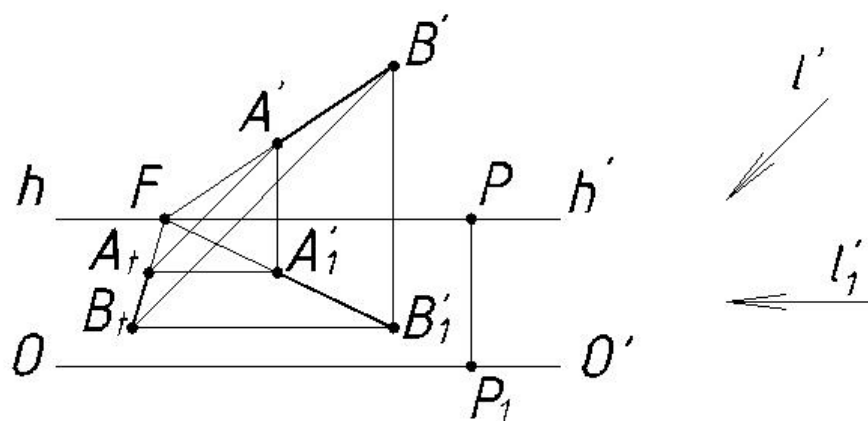


Рис. 4.3.1.3

4.4. Тени от поверхностей на предметную плоскость

а). Тени от плоскостей. Чтобы построить тень от плоскости, необходимо строить тени от точек и прямых, определяющих эту плоскость.

На рисунке 4.4.1 построена тень от плоскости $\Sigma (ABC)$ при боковом освещении слева.

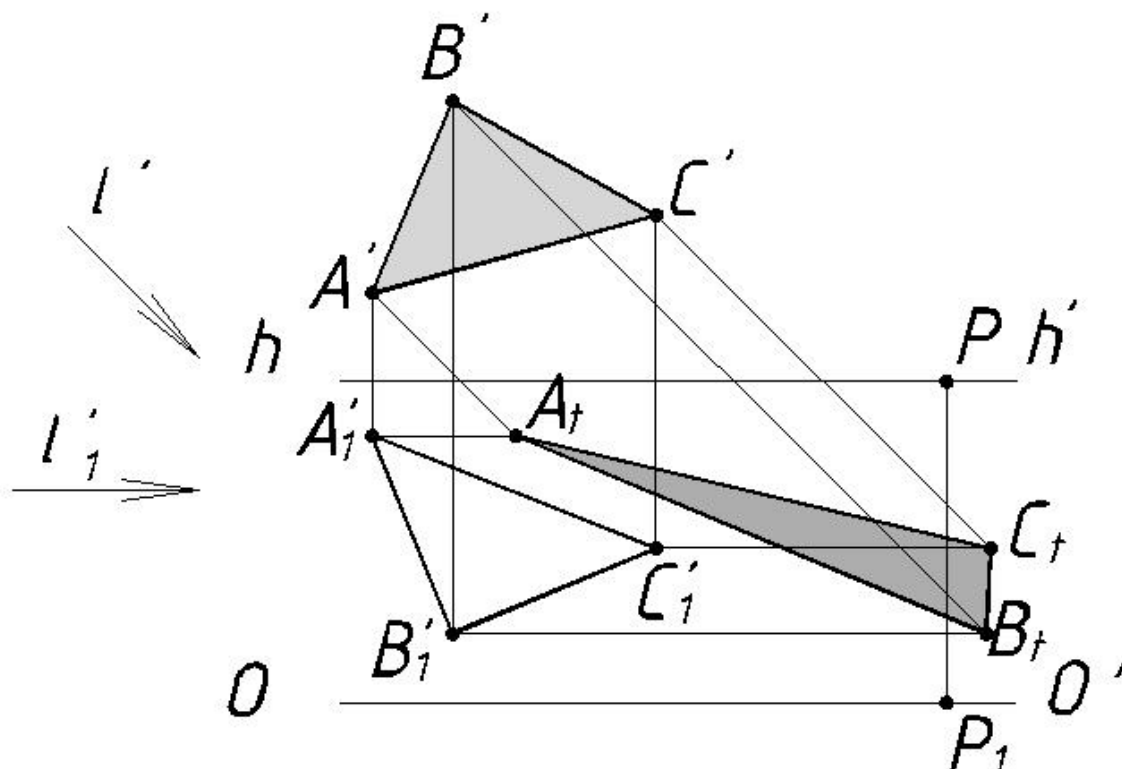


Рис. 4.4.1

Освещенность плоскости определяется обходом вершин перспективы плоскости и ее тени по часовой стрелке. $A'B'C'$ и $A_tB_tC_t$. Направление обхода не совпадает, следовательно, перспектива плоскости обращена к зрителю неосвещенной стороной.

На рисунке 4.4.2 построена тень от плоскости Σ (ABC) при расположении солнца слева сзади. Перспектива плоскости освещена.

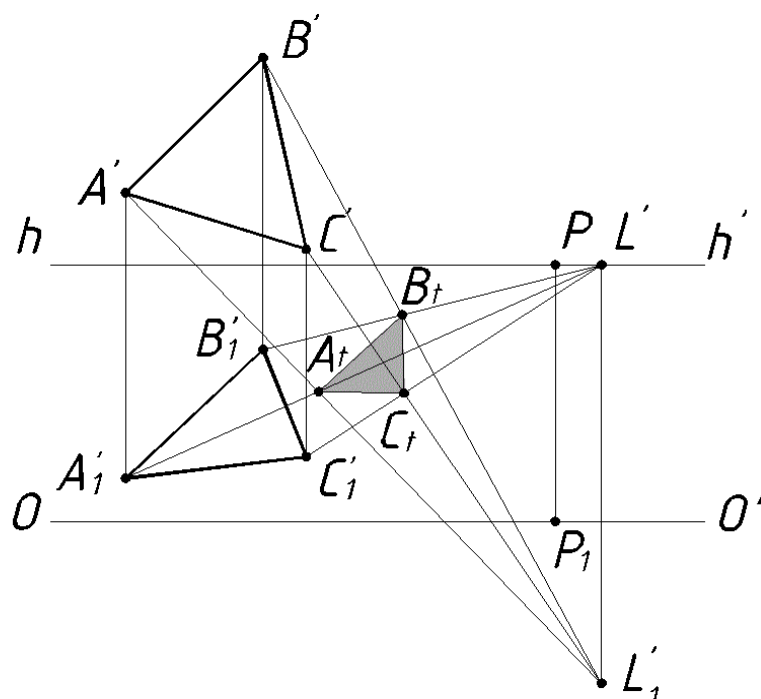


Рис. 4.4.2

На рисунках 4.4.3, 4.4.4 построены тени от вертикальных плоскостей при различных боковых освещениях.

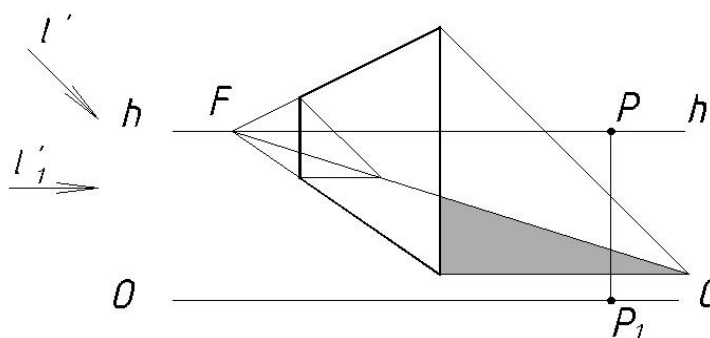


Рис. 4.4.3

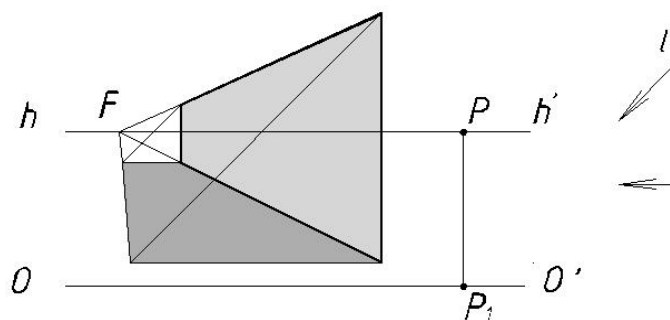


Рис. 4.4.4

б). Тени от пирамиды и призмы. Для построения падающей тени пирамиды строим тень от вершины S (рис. 4.4.5).

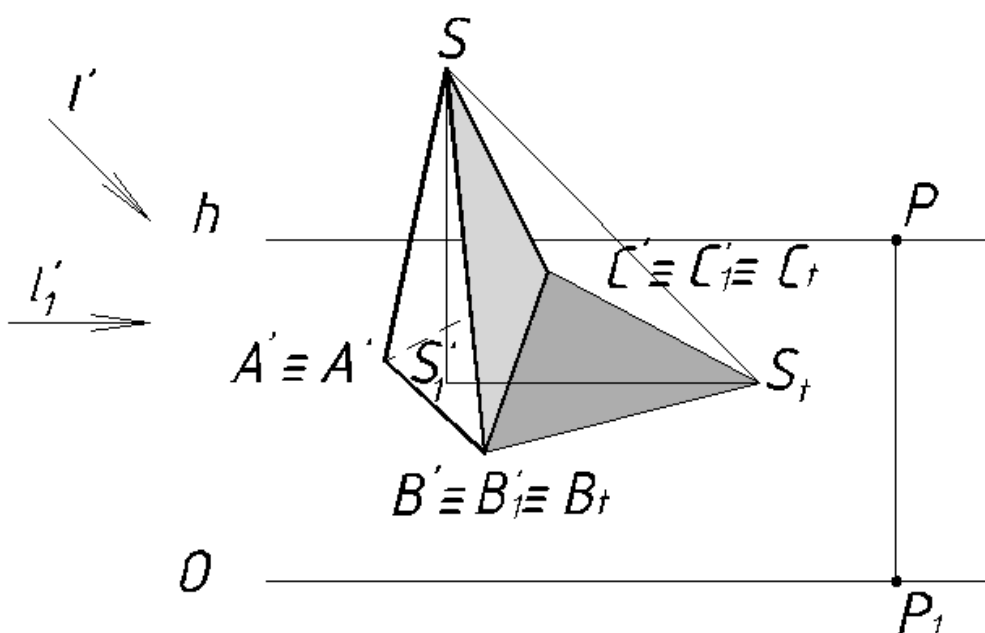


Рис. 4.4.5

Тень от основания пирамиды совпадает с самим основанием, т.к. основание пирамиды принадлежит плоскости Π_1 (земле). Соединив тень от точки S с тенями от точек A, B, C, получим тень от боковых ребер пирамиды. Тени от граней пирамиды ограничены тенями от ребер BS и CS. Следовательно, эти ребра определяют контур собственной тени. Таким

образом, все правила построения теней в ортогональных проекциях остаются справедливыми для построения теней в перспективе.

Рассмотрим пример построения теней от призмы (рисунок 4.4.6).

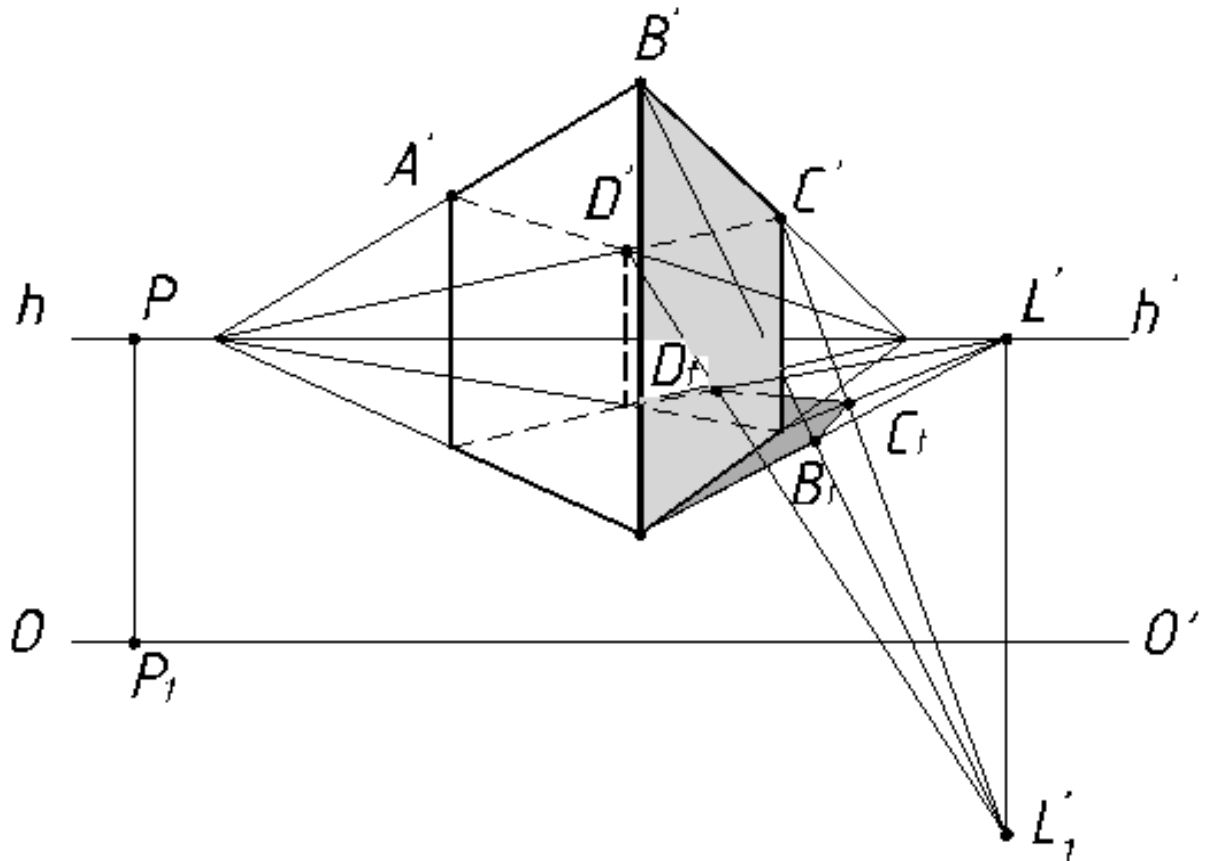


Рис. 4.4.6

Для определения контура собственной тени призмы необходимо определить освещенность ее граней. Легко установить, что при положении солнца слева сзади освещены грани $ABMK$ и $ADEK$ и верхнее основание $ABCD$. Таким образом, контуром собственной тени является ломаная $MBCDEKM$, от которой построена тень, падающая от призмы на плоскость Π_1 .

Лекция 5

Тени, падающие от одних геометрических образов на другие. Методы секущих плоскостей и обратного луча.

5.1. Построение теней, падающих от одних геометрических образов на другие

Тени, падающие от одних геометрических образов на другие, так же как и в ортогональных проекциях строятся с помощью метода секущих плоскостей и метода обратного луча.

5.1.1. Тень от точки на плоскость.

Чтобы построить тень от точки на плоскость, необходимо решить задачи на пересечение прямой с плоскостью. Прямая в данной задаче есть световой луч, проходящий через точку.

На рисунке 5.1.1.1 построена тень от точки K на вертикальную плоскость. Солнце слева сбоку.

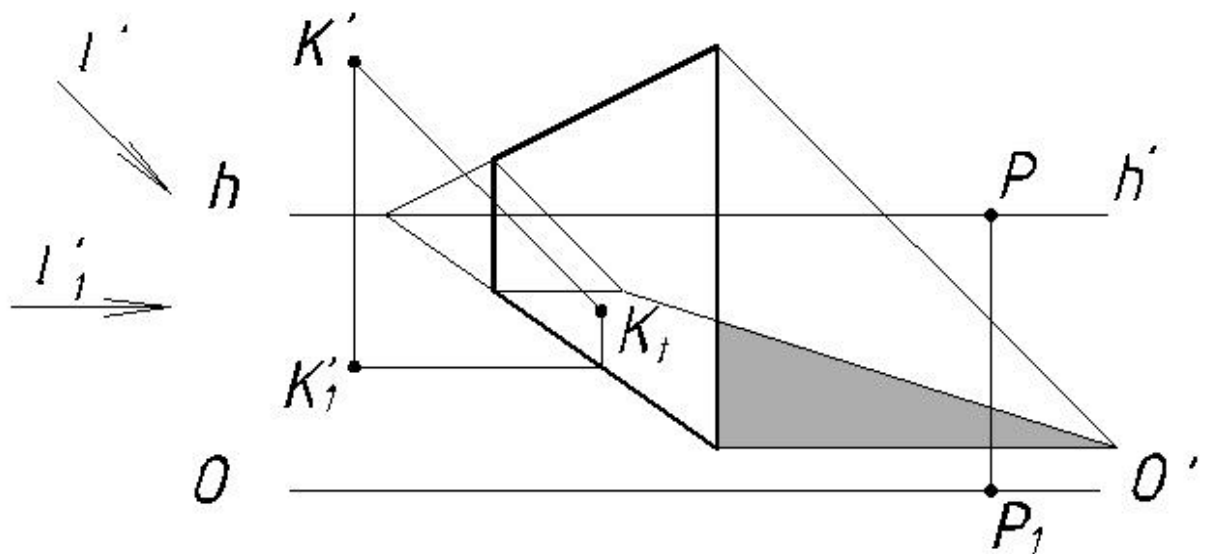


Рис. 5.1.1.1

На рисунке 5.1.1.2 построена тень от точки K на плоскость Σ (ABC). Солнце справа сбоку.

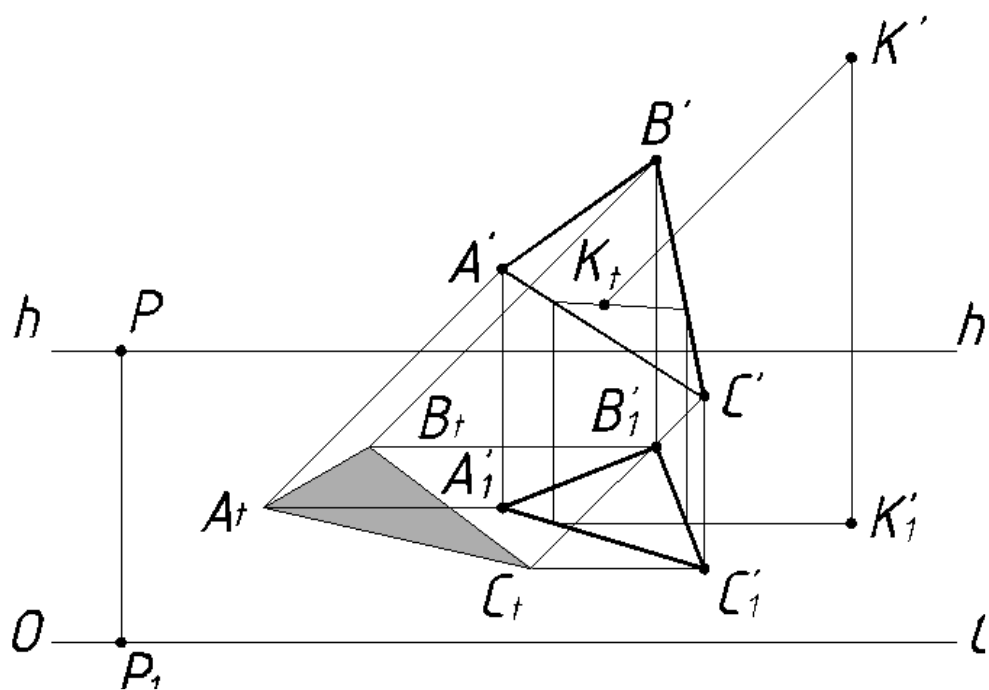


Рис. 5.1.1.2

5.1.2. Тень от прямой на плоскость и поверхность.

На рисунке 5.1.2.1 построена тень от вертикальной прямой на вертикальную плоскость. Тень параллельна самой прямой. Солнце справа сбоку.

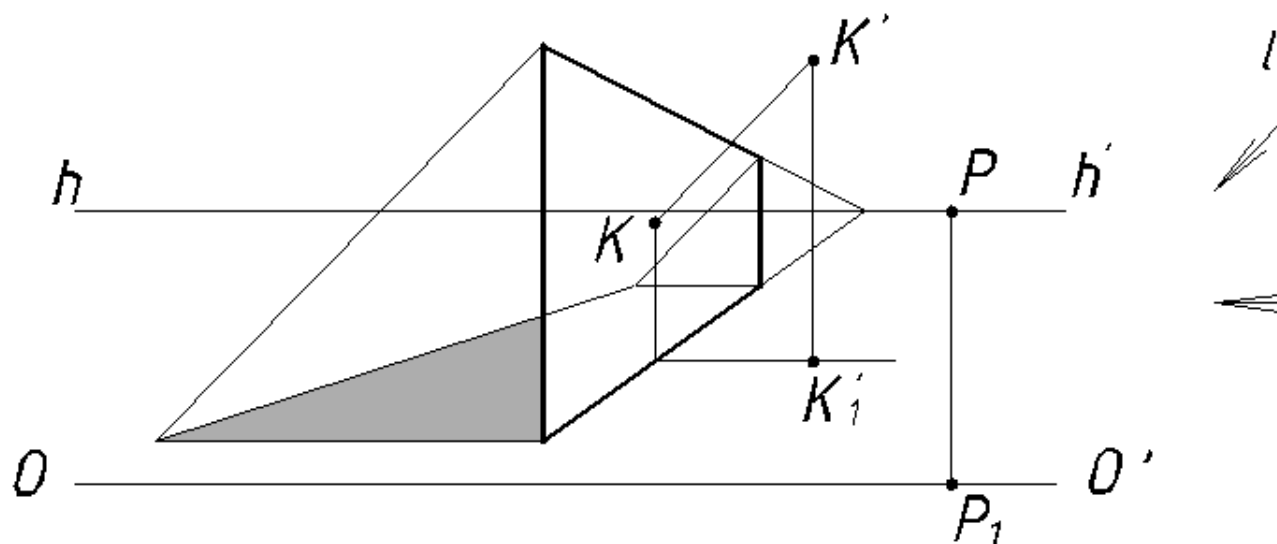


Рис. 5.1.2.1

На рисунке 5.1.2.2 построена тень от вертикальной прямой на плоскость общего положения. Тень построена с помощью вспомогательной секущей плоскости Σ .

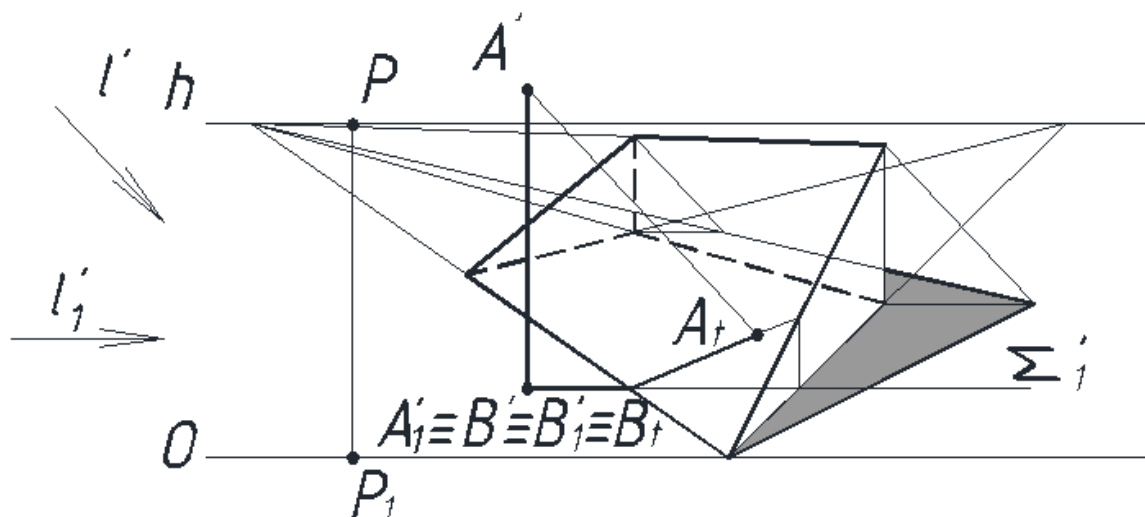


Рис. 5.1.2.2

На рисунке 5.1.2.3 построена тень от прямой общего положения AB на призму методом обратного луча.

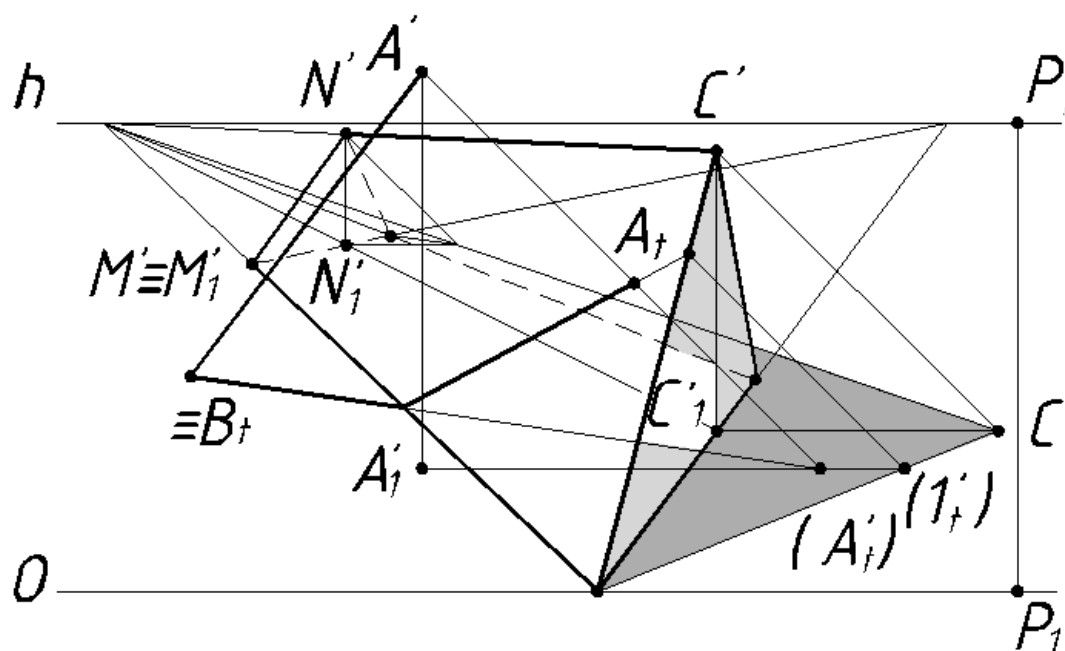


Рис. 5.1.2.3

Построена тень от прямой на плоскость Π_I – это $B'_t (A'_t)$. На плоскость Π_I тень падает до пересечения с призмой. Чтобы построить тень на призму, тень $B'_t (A'_t)$ продолжаем до пересечения с тенью $K'_t C'_t$ от ребра KC . Полученную точку $(1'_t)$ обратным лучом проецируем на прямую KC и

соединяем с точкой излома тени от прямой. На луче, проходящем через точку A' , находим A'_t .

5.1.3. Тени, падающие от поверхностей на поверхности.

Построение теней, падающих от поверхностей на поверхности, рассмотрим на примере построения теней на плане, фасаде здания и фрагментах здания.

На рисунке 5.1.3.1 построены собственные и падающие тени условного здания. Положение солнца слева сбоку.

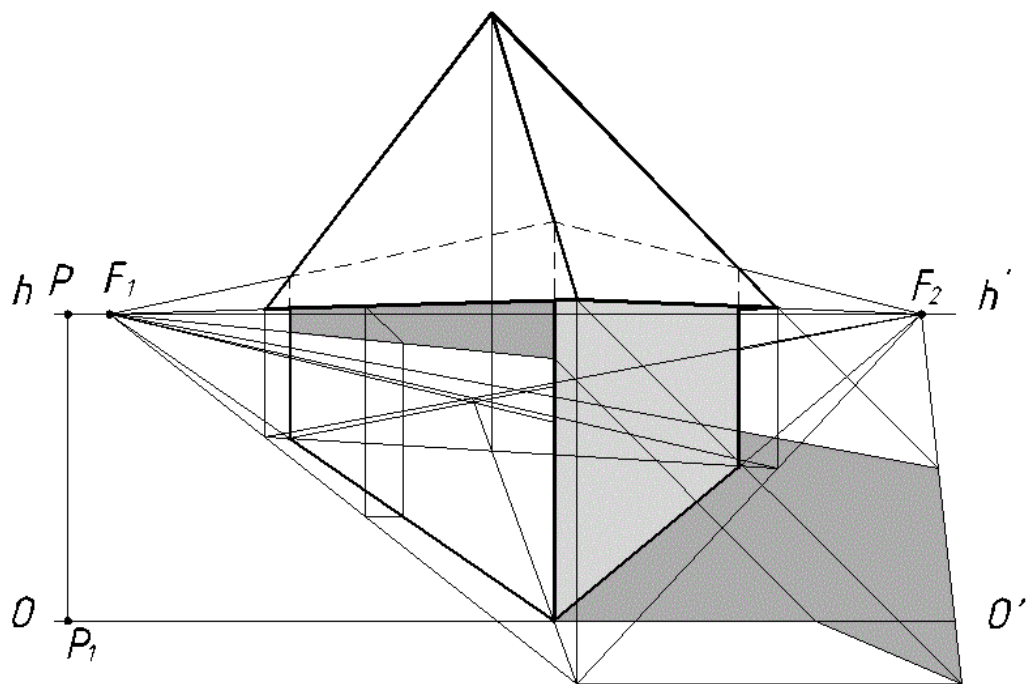


Рис. 5.1.3.1

Тень на фасаде от свеса крыши построена как тень от прямой параллельной плоскости стены. Тени, падающие от здания и крыши, построены как тени от контура собственных теней здания и крыши, а собственные тени построены как собственные тени призмы и пирамиды.

На рисунке 5.1.3.2 построена тень от трубы на плоскость крыши. Тень построена с помощью вспомогательных секущих плоскостей.

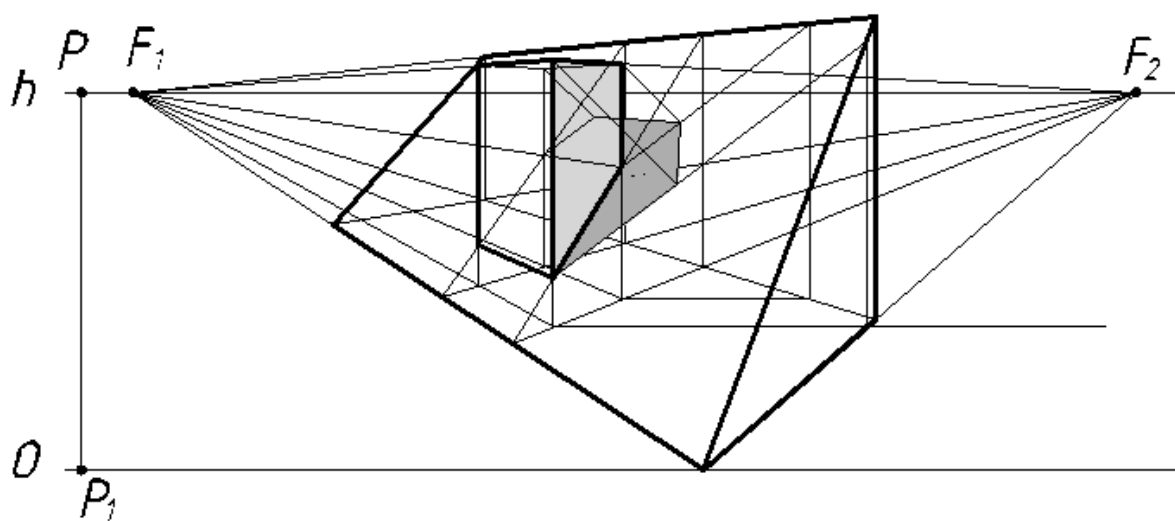


Рис. 5.1.3.2

На рисунке 5.1.3.3 построена тень от одной части условного здания на другую. Падающие тени построены методом вспомогательных секущих плоскостей и обратного луча.

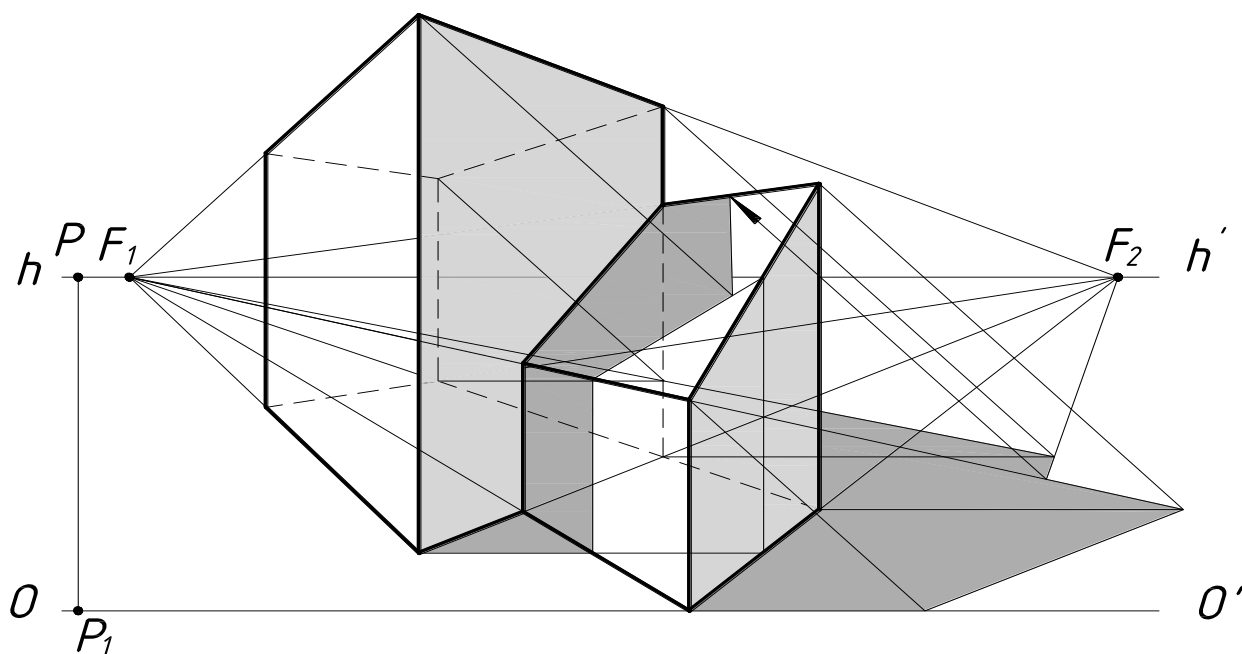


Рис. 5.1.3.3

Примеры выполнения расчетно-графических работ приведен на рисунках 5.1.3.4, 5.1.3.5

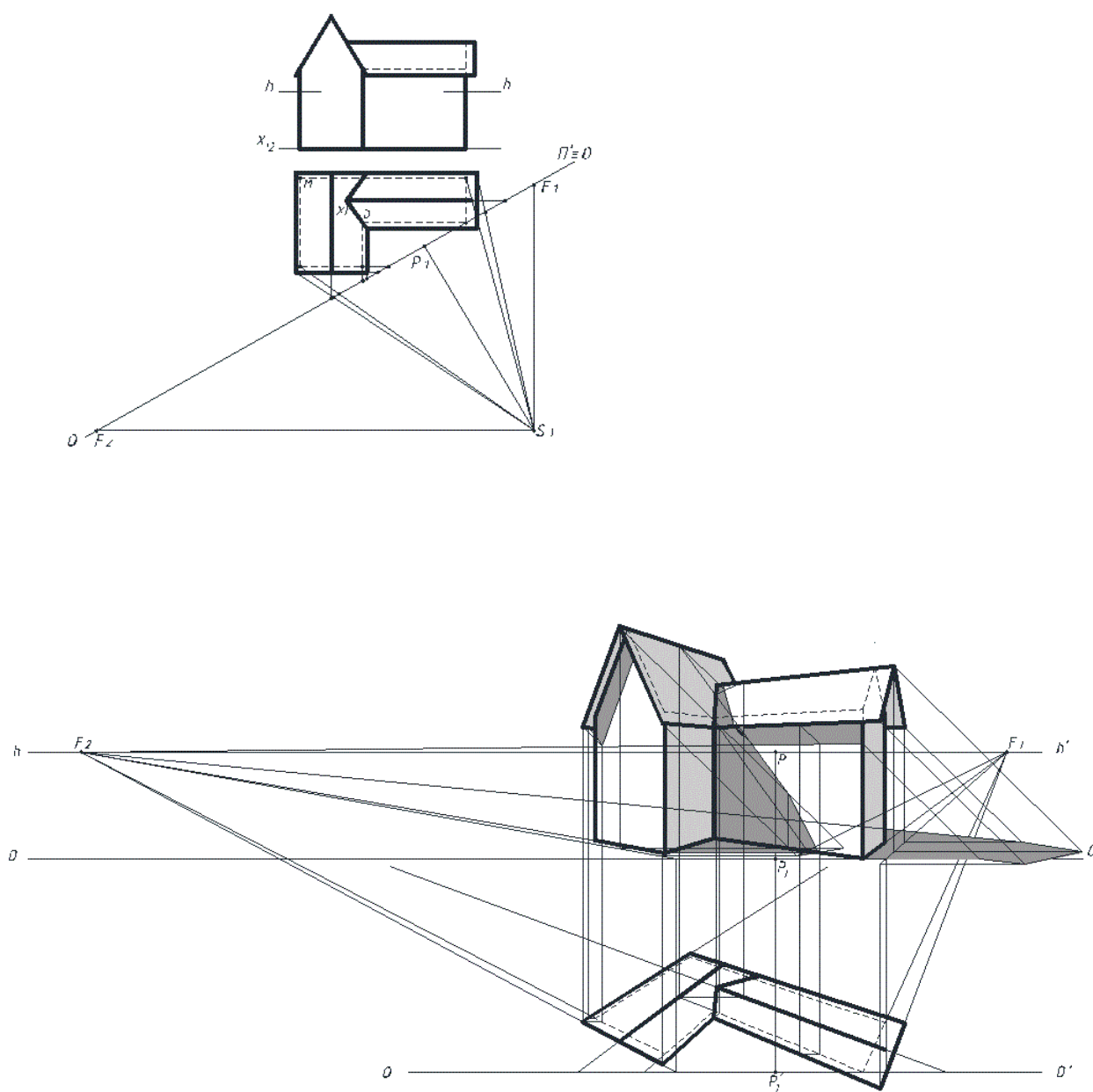


Рис. 5.1.3.4

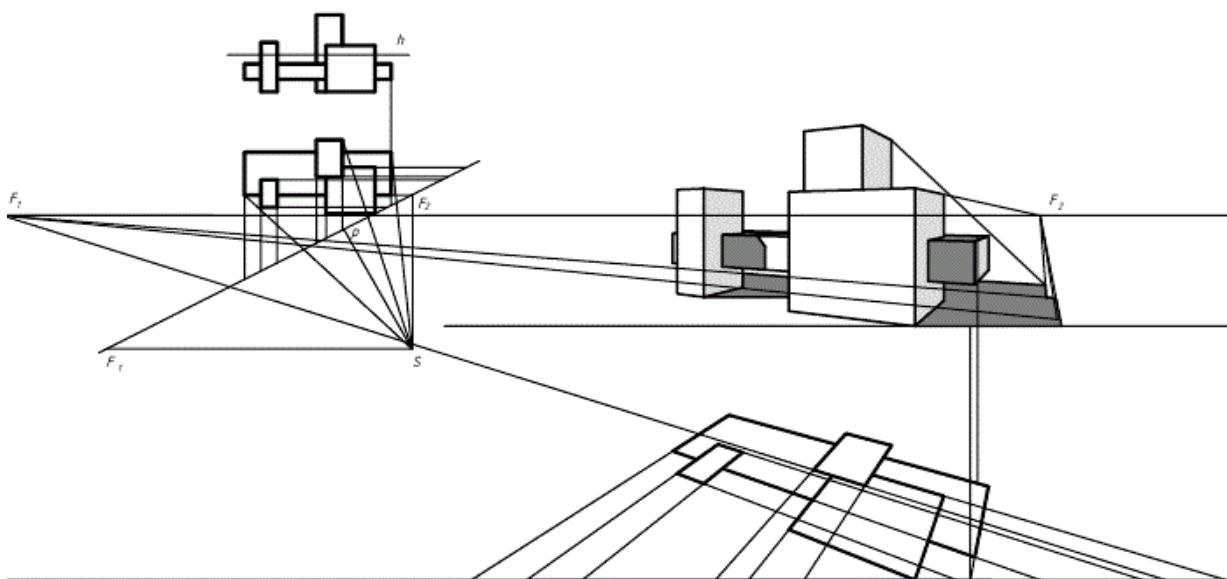


Рис. 5.1.3.5

Лекция 6

Проекции с числовыми отметками. Сущность метода. Проекция точки. Проекция прямой. Заложение прямой, уклон и интервал прямой. Градуирование прямой. Взаимное положение прямых. Проекция плоскостей. Задание плоскостей масштабом уклонов. Проекция поверхностей. Поверхности одинакового ската. Нахождение границ земляных работ площадки и топографической поверхности.

В строительном деле проекции с числовыми отметками используются для изображения больших пространств, например участков земной поверхности, с расположенными на них сооружениями. Форма поверхности Земли и земляных сооружений сложна, а их вертикальные размеры по отношению к горизонтальным очень малы, например: дороги, мосты, аэродромы, строительные площадки, гидроузлы, каналы и т.п. Для их изображения на строительных чертежах существует специальный метод – **проекция с числовыми отметками.**

Достоинства метода: простота построений, удобоизмеряемость, простота решения метрических задач. **Недостатком** является малая наглядность изображения, что в некоторых случаях приводит к необходимости дополнения его вертикальными сечениями (профили, разрезы).

Проекции с числовыми отметками используются в инженерно-строительной практике, геологии, топографии, в горном и военном деле, при разработке архитектурных чертежей.

6.1. Сущность метода. Проекция точки.

Сущность метода заключается в том, что предмет проецируется методом ортогонального проецирования только на одну плоскость проекций, которая располагается горизонтально, называется **плоскостью нулевого уровня** и обозначается Π_0 .

Чтобы по проекциям точек судить о положении этих точек в пространстве, рядом с проекцией каждой точки проставляется цифра – **числовая отметка**, которая указывает в метрах расстояние от точки до плоскости нулевого уровня.

Точки, расположенные над плоскостью нулевого уровня имеют положительные отметки, точки, расположенные ниже плоскости нулевого уровня, имеют отрицательные отметки, точки, лежащие в плоскости, имеют нулевую отметку (рис. 6.1.1).

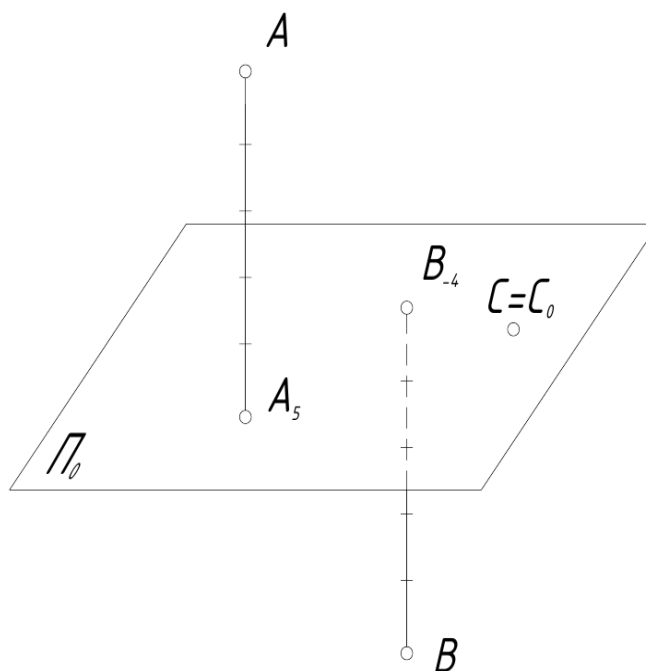


Рис. 6.1.1

На рис. 6.1.1 наглядно показано построение проекций точек. Числовые отметки, проставленные у точек A , B , C показывают, что точка A находится над плоскостью Π_0 на высоте 5 м. Точка B расположена под плоскостью Π_0 на расстоянии 4 м. А точка C лежит в плоскости нулевого уровня.

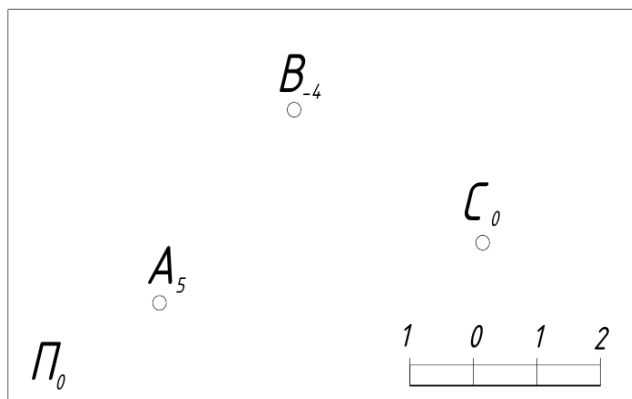


Рис. 6.1.2

Изображение этих трех точек в проекциях с числовыми отметками дано на рис. 6.1.2.

В некоторых случаях, когда наименование точки не имеет значения, для упрощения не указывают буквенного обозначения точек, а ставят только их числовые отметки.

На чертежах, выполненных в проекциях с числовыми отметками, не указывают координатные оси, начало координат и индекс плоскости проекций. Чертежи в проекциях с числовыми отметками обычно снабжаются линейным масштабом, размеры обычно указывают в метрах (рис. 6.1.2).

За «абсолютный нуль» в России принят уровень Балтийского моря (нуль Кронштадтского футштока). При проектировании сооружений за горизонтальную плоскость проекций может быть принята любая горизонтальная плоскость, которую называют **плоскостью промежуточного уровня**, при условии, что известно ее расстояние до уровня Балтийского моря.

6.2. Проекция прямой. Заложение прямой, уклон и интервал.

Прямая линия в проекциях с числовыми отметками изображается проекцией на Π_0 и отметками двух ее точек.

При геометрических операциях на прямых линиях используют понятия: «заложение отрезка прямой», «интервал и уклон прямой». На рис. 6.2.1 изображен отрезок прямой AB и его проекция $A_1B_{3,5}$ на плоскость Π_0 . Длина горизонтальной проекции отрезка называется **заложением** отрезка и обозначается буквой L . Разность высот концов отрезка называется **превышением (подъемом)** и обозначается H .

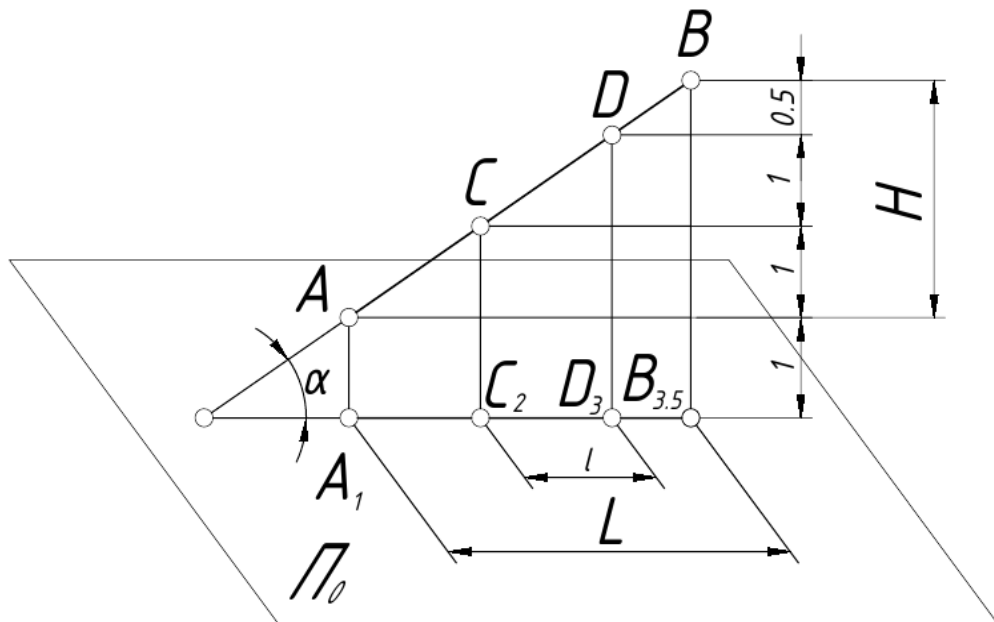


Рис. 6.2.1

Уклоном прямой называется отношение превышения отрезка к его заложению. Уклон обозначается буквой i и равен тангенсу угла наклона прямой к плоскости Π_0 (рис. 6.2.1).

$$i = L/H = \operatorname{tg} \alpha.$$

Заложение прямой, соответствующее единице превышения, называется **интервалом** прямой и обозначается буквой l (рис. 6.2.1). Интервал прямой есть величина, обратная ее уклону:

$$i = 1/l = \operatorname{tg} \alpha,$$

где α угол наклона прямой к плоскости.

Понятия «уклон» и «интервал» используются для характеристики продольного профиля пути, крутизны откосов насыпей и выемок.

В проекциях с числовыми отметками прямая общего положения может быть задана проекциями двух точек прямой и их отметками (рис. 6.2.2).

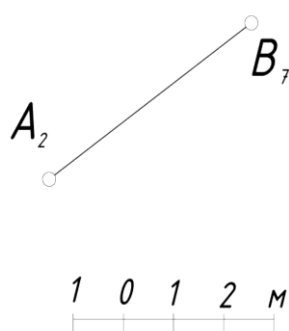


Рис. 6.2.2

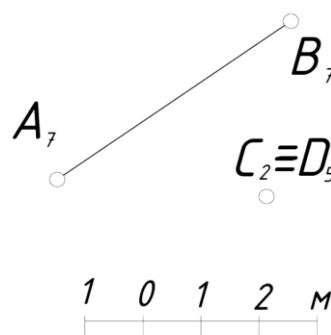


Рис. 6.2.3

Горизонтальная прямая проецируется на плоскость нулевого уровня в прямую, имеющую одинаковые числовые отметки (рис. 6.2.3). Вертикальная прямая проецируется на плоскость нулевого уровня в точку, имеющую числовые отметки двух точек (рис. 6.2.3).

6.3. Градуирование прямой

Градуирование прямой – это нахождение на прямой точек с разностью отметок, равной единице.

Существует несколько способов градуирования прямой. Все они сводятся к решению задачи на деление отрезка в данном отношении. На рис. 6.3.1 показано графическое градуирование проекции отрезка AB методом пропорционального деления, согласно теореме Фалеса.

Для этого через один из концов отрезка (например $A_{2,3}$) проводится вспомогательная прямая любого направления и на этой прямой откладывают равные отрезки произвольной длины. Полученные отрезки нумеруют согласно конкретным условиям задачи. Затем соединяют

последнюю построенную точку со вторым концом отрезка и через точки деления параллельно полученной прямой проводятся прямые, которые и делят саму проекцию прямой АВ на равные промежутки.

Отметим, что заложение между двумя точками, разность отметок которых равна единице, является **интервалом прямой**. На рис. 6.3.1 величина интервала показана между двумя точками с отметками 4 и 5.

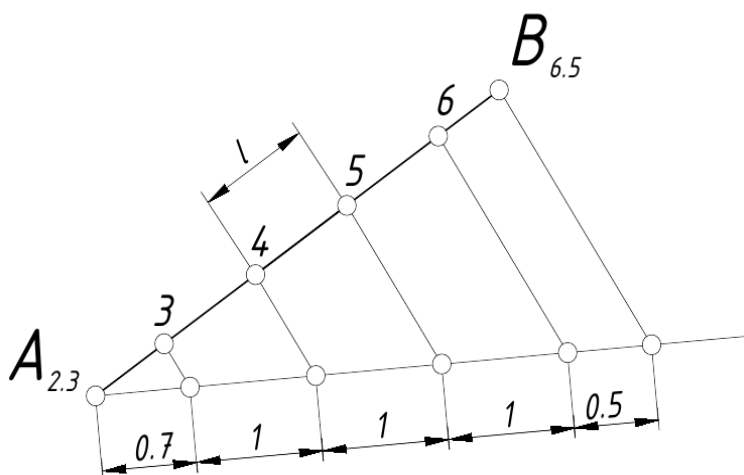


Рис. 5.3.1

6.4. Взаимное расположение прямых.

Две прямые линии в пространстве могут пересекаться, быть взаимно параллельными или скрещиваться.

1. Прямые взаимно параллельны, если (рис. 6.4.1 а):

- заложения прямых параллельны;
- интервалы равны;
- числовые отметки возрастают (или убывают) в одном направлении;
- прямые, соединяющие точки с одинаковыми отметками параллельны.

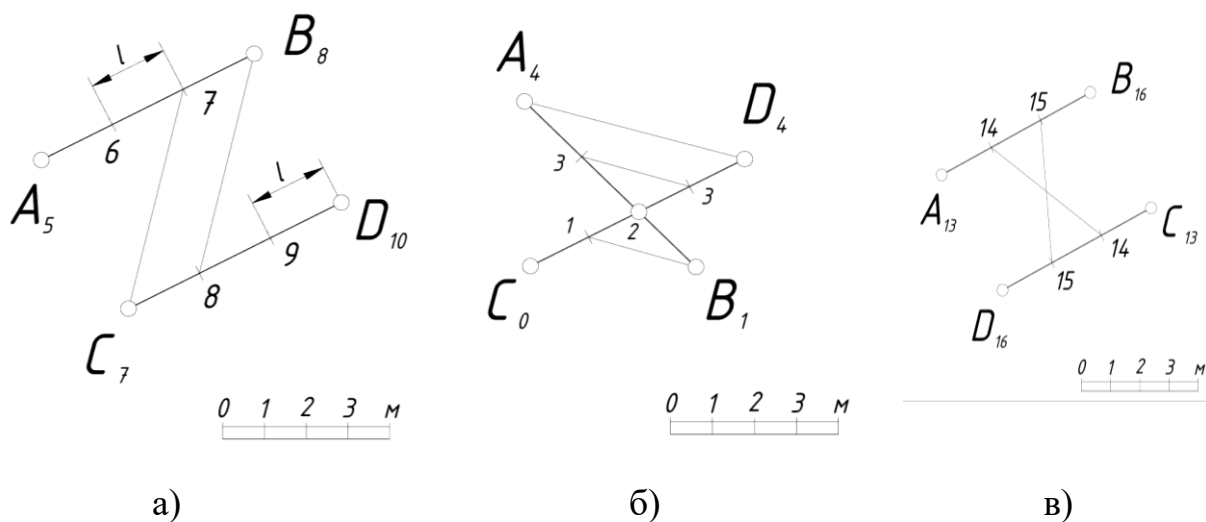


Рис. 6.4.1

2. Прямые в пространстве пересекаются (рис. 6.4.1 б) в том случае, если их проекции имеют общую точку с одноименной числовой отметкой. Это легко доказать, если прямые проградуйрованы, прямые, соединяющие точки с одинаковыми отметками параллельны.
3. Скрещивающиеся прямые (рис. 6.4.1 в) – прямые, у которых признаки пересечения и параллельности отсутствуют. В этом случае прямые, соединяющие точки с одинаковыми отметками не параллельны.

6.5. Проекции плоскостей

В проекциях с числовыми отметками можно задать плоскость теми же определителями, как и в ортогональных проекциях, а именно: проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой (рис. 6.5.1), проекциями прямой и точки вне прямой (рис. 6.5.2), проекциями двух параллельных прямых (рис. 6.4.1 а), двух пересекающихся прямых (рис. 6.4.1 б) или проекцией плоской фигуры (рис. 6.5.3).

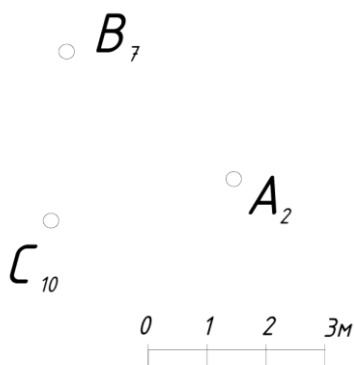


Рис. 6.5.1

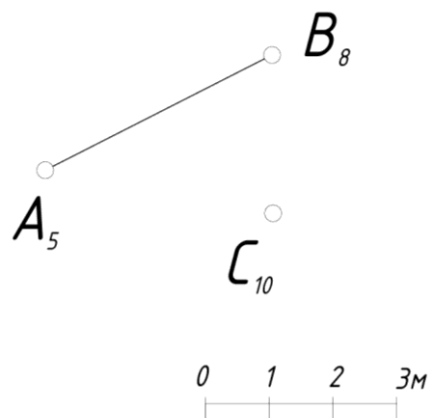


Рис. 6.5.2

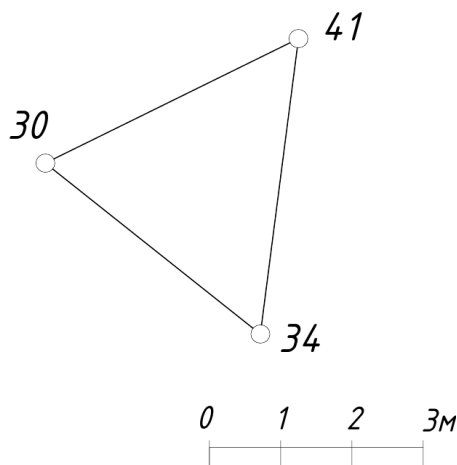


Рис. 6.5.3

Но наиболее удобным и наглядным изображением плоскости в проекциях с числовыми отметками является задание с помощью **масштаба уклона плоскости**.

Масштаб уклона плоскости (масштаб падения) – это проекция линии наибольшего ската плоскости с нанесенными на ней интервалами.

На рис. 6.5.4 изображена плоскость Σ , пересекающая плоскость уровня Π_0 по линии Σ_{Π_0} . В плоскости Σ проведена линия наибольшего ската (л.н.с.) и построена ее проекция на плоскость Π_0 .

Угол α между линией наибольшего ската и ее проекцией есть угол наклона плоскости Σ к плоскости проекций.

Пересечем плоскость Σ горизонтальными плоскостями, отстоящими друг от друга на одну единицу высоты.

Линии пересечения этих плоскостей с плоскостью Σ , являясь горизонталями плоскости Σ , будут параллельны следу Σ_{Π_0} и перпендикулярны линии наибольшего ската.

Проекции этих горизонталей тоже параллельны следу Σ_{Π_0} и перпендикулярны проекции линии наибольшего ската.

Так как секущие плоскости расположены через единицу, то расстояние между проекциями горизонталей будет равно интервалу линии наибольшего ската данной плоскости.

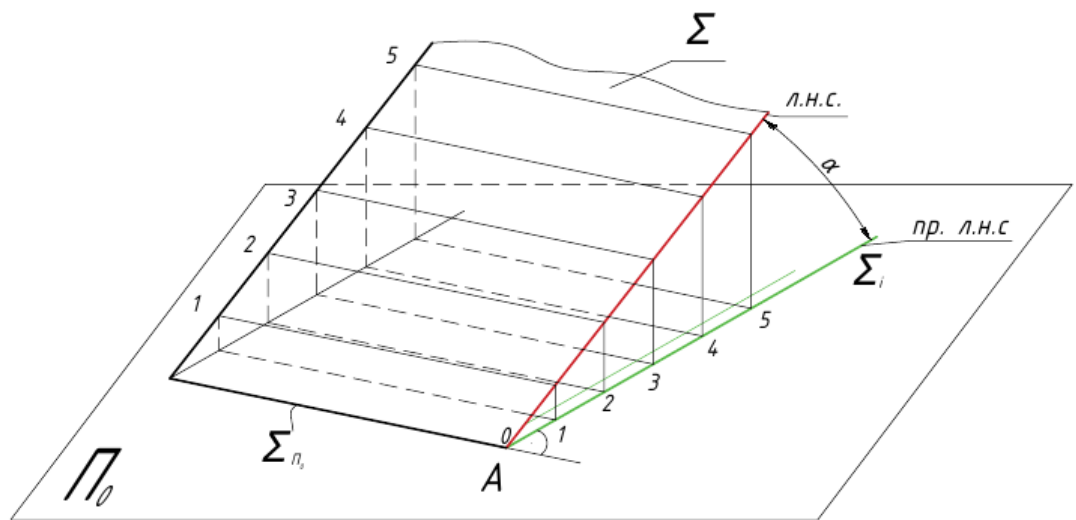


Рис. 6.5.4

Угол падения плоскости — это угол α , образованный данной плоскостью и плоскостью нулевого уровня Π_0 .

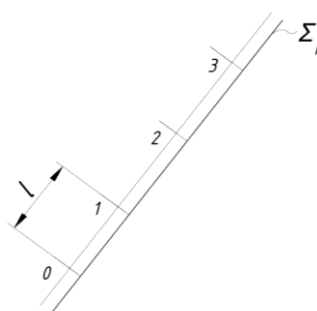
Отметка горизонтали — высота горизонтали над плоскостью проекций.

Линия наибольшего ската плоскости (линия падения) — прямая, принадлежащая плоскости и перпендикулярная ее горизонталям. Она определяет угол падения плоскости.

Масштаб уклона плоскости принято вычерчивать в виде двух параллельных прямых, одна из которых проводится несколько толще другой, с нанесенными перпендикулярно к ним отрезками горизонталей данной

плоскости и обозначается той же буквой, что и плоскость с индексом i - Σ_i (рис. 6.5.5) Расстояние между проекциями смежных горизонталей называется **интервалом плоскости**. Из построений, приведенных на рис. 5.5.4., видно, что интервал плоскости равен интервалу ее линии наибольшего ската.

Рис. 6.5.5



Уклон плоскости — тангенс угла падения плоскости. Уклон плоскости равен уклону линии наибольшего ската. Уклон плоскости есть величина, обратная интервалу плоскости.

Спуск плоскости — направление вдоль линии ската от горизонталей с большими отметками к горизонталям с меньшими отметками, он совпадает с направлением уклона i линии ската.

Бергштрих — условный знак, состоящий из попеременно проведенных коротких (2 мм) и длинных (5 мм) штрихов выполненных соответственно сплошной основной тонкой линией перпендикулярно горизонтали.

Лекция 7

Проекции поверхностей. Поверхности одинакового ската. Нахождение границ земляных работ площадки и топографической поверхности.

7.1. Проекции поверхностей

Форма любых поверхностей характеризуется их горизонталями с указанием отметок.

Горизонтали поверхности – это линии пересечения этой поверхности с горизонтальными плоскостями. Множество горизонталей образуют линейный каркас поверхности.

Важно изучить поверхности, которые ограничивают земляные сооружения – дороги, каналы и их откосы. Если ось дороги представляет собой наклонную или горизонтальную прямую, то откос дороги будет ограничен плоскостью, если ось дороги плоская или пространственная кривая, то откос ограничен поверхностью (винтовой, конической и т.д.)

Гранная поверхность. В проекциях с числовыми отметками многогранники задают проекциями ребер с указанием отметок вершин (рис. 7.1.1)

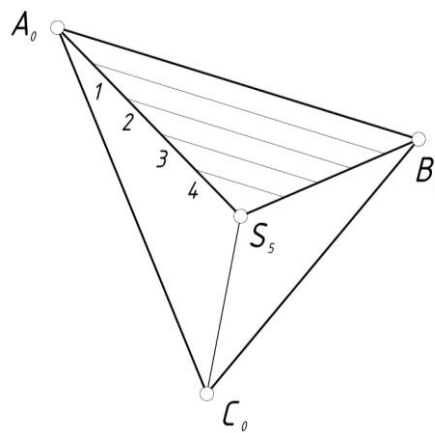


Рис. 7.1.1

То, что точки А, В, С имеют нулевые отметки говорит о том, что основание лежит в плоскости Π_0 . Произведя градуирование проекций ребер, например S_5A_0 и S_5B_0 , можно провести проекции горизонталей 1-4 плоскости грани SAB, соединив прямыми линиями точки, имеющие одинаковые отметки.

На инженерно-строительных чертежах многогранники часто задают проекцией и отметкой одной из граней (например, дно котлована, бровки земли и т.п.) и уклонами двух граней (например, откосов котлована, откосов насыпи или выемки земли)

Коническая поверхность. Некоторые части земляных сооружений представляют собой поверхности прямого кругового конуса с вертикальной осью, причем конус может быть обращен вершиной вверх (опоры мостов и шлюзов) и вершиной вниз (котлованы, выемки криволинейных участков площадок) (рис. 7.1.2).

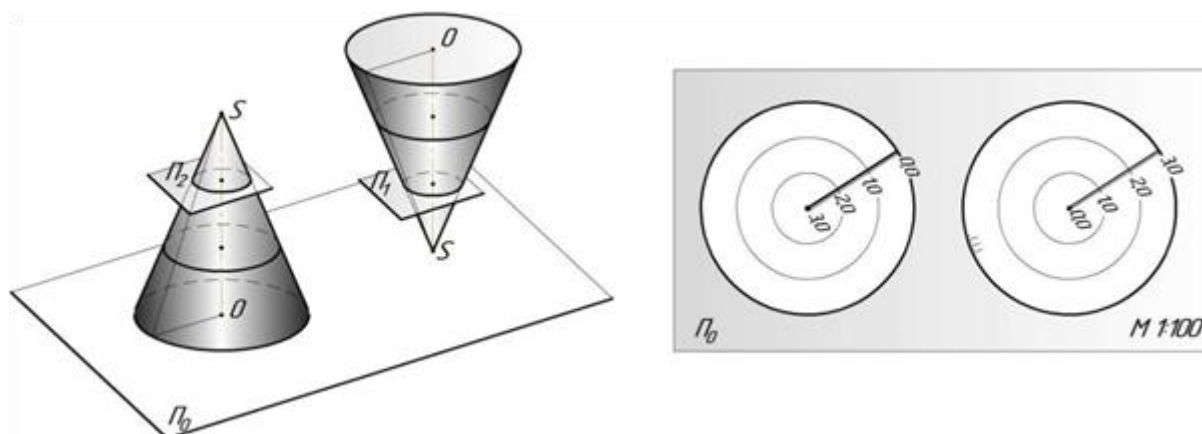


Рис. 7.1.2

Проекция кривых поверхностей. Топографическая поверхность на чертеже задается своими горизонталями, которые представляют собой линии пересечения поверхности плоскостями параллельными Π_0 и отстоящими друг от друга на единицу высоты с указанием числовых отметок (рис. 7.1.3). По отметкам горизонталей можно судить о форме изображаемой поверхности (рис. 7.1.4 а - д).

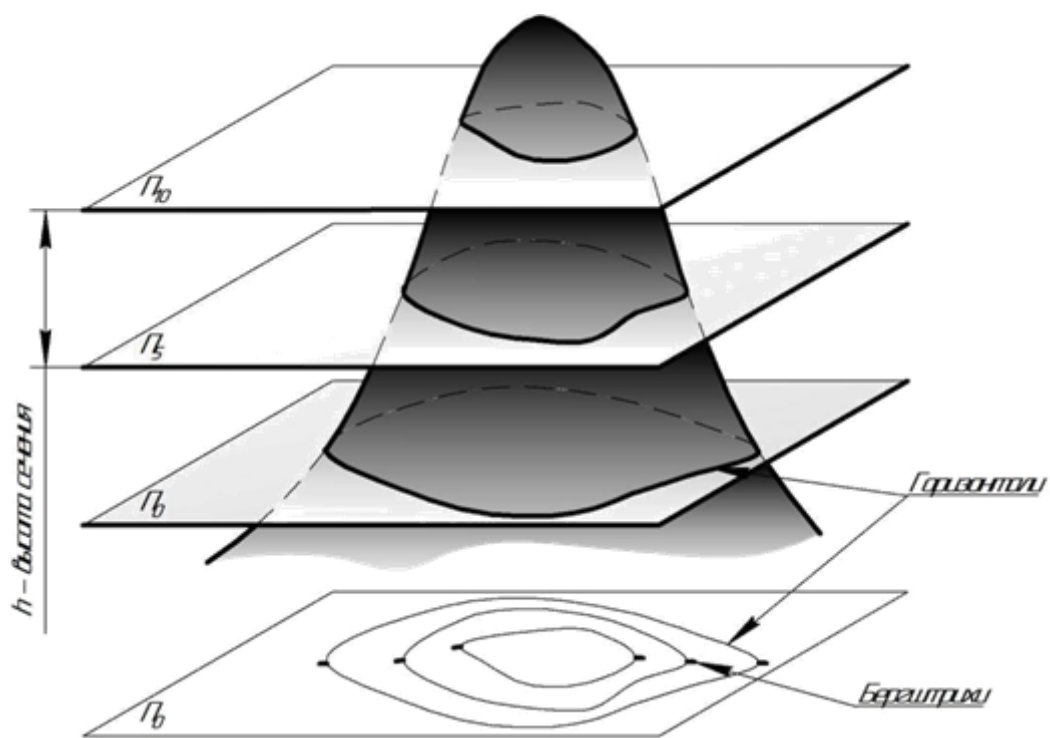


Рис. 7.1.3

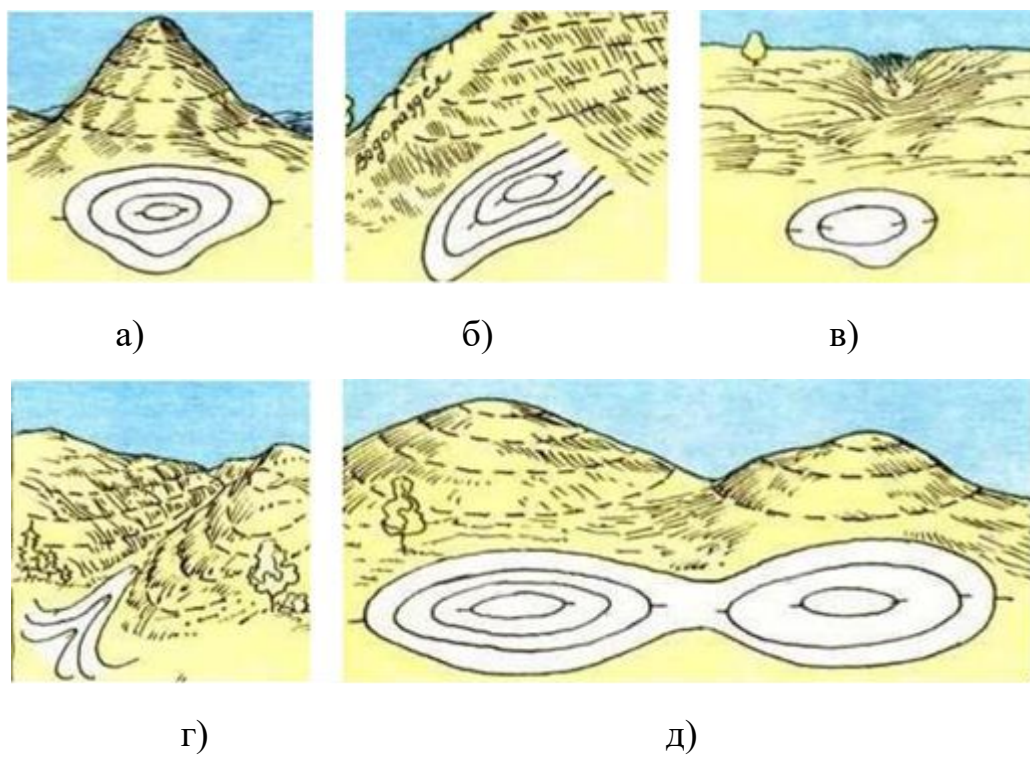


Рис. 7.1.4

На рис. 7.1.4 показаны категории рельефа:

- а) холм;
- б) хребет – вытянутый холм с водоразделом;
- в) впадина;
- г) лощина;
- д) седловина – сочетание двух холмов и лощин.

7.2. Поверхность одинакового ската (равного уклона)

Поверхностью одинакового ската называется линейчатая поверхность, все прямолинейные образующие которой составляют с плоскостью одинаковый угол.

Если прямой круговой конус перемещать так, чтобы его вершина скользила по некоторой направляющей АВ, а его ось оставалась перпендикулярной к горизонтальной плоскости, то поверхность, обвертывающая различные положения конуса, будет являться поверхностью одинакового ската (рис. 7.2.1).

Если на поверхности одинакового ската провести горизонтали этой поверхности, то они будут касаться соответствующих сечений круговых конусов, расположенных на определенных отметках.

На рис. 7.2.2 показано построение горизонталей поверхностей одинакового ската. Каждая горизонталь поверхности является огибающей семейства горизонталей конусов, имеющих одинаковую отметку.

Поверхности откосов, насыпей и выемок криволинейных участков дорог на подъемах и спусках представляют собой поверхности одинакового ската.

Аппарель (франц. *appareil* – въезд). Аппарели широко применяются при строительстве земляных сооружений при подъеме или спуске с площадки.

Рассмотрим примеры аппарелей.

При сооружении прямого наклонного въезда на горизонтальную площадку, называемого аппарелью, образуется многогранник (прямая треугольная призма) (рис. 7.2.3).

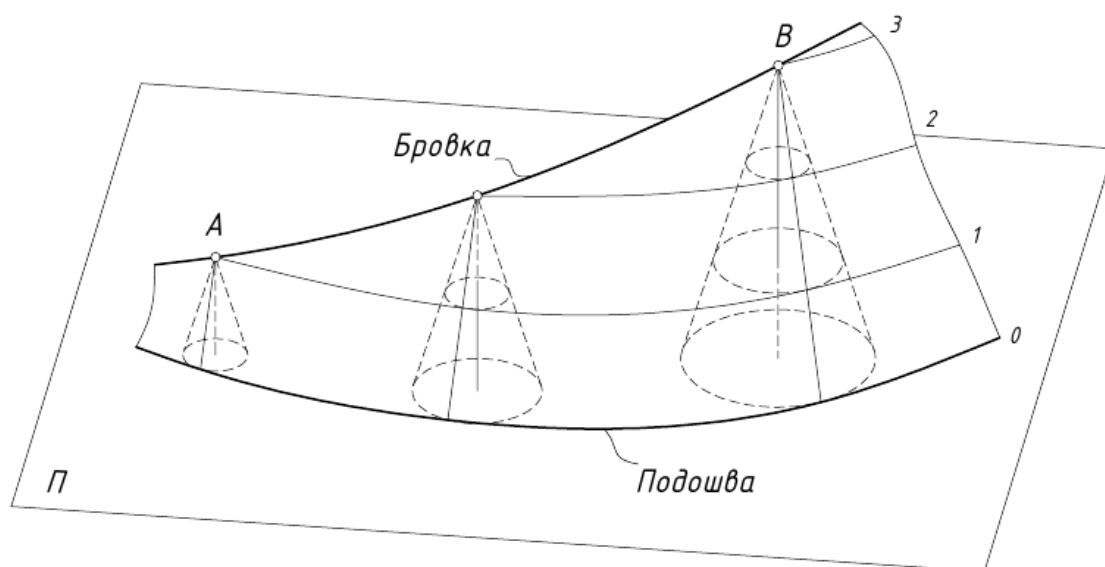


Рис. 7.2.1

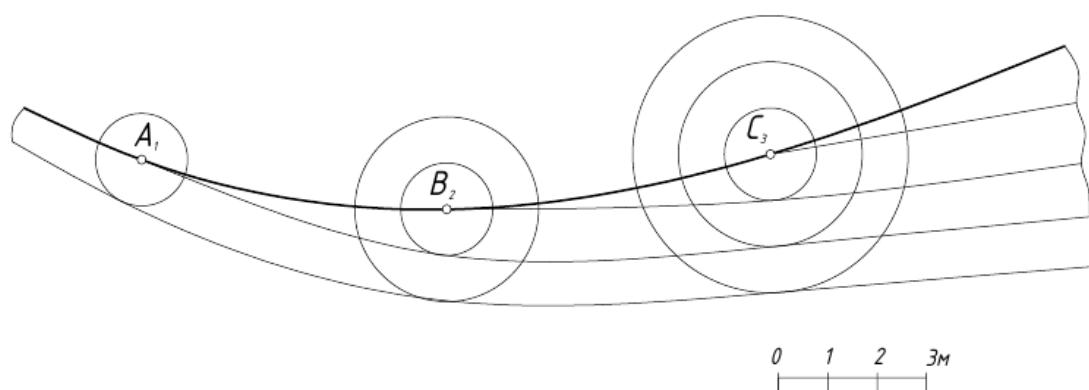


Рис. 7.2.2

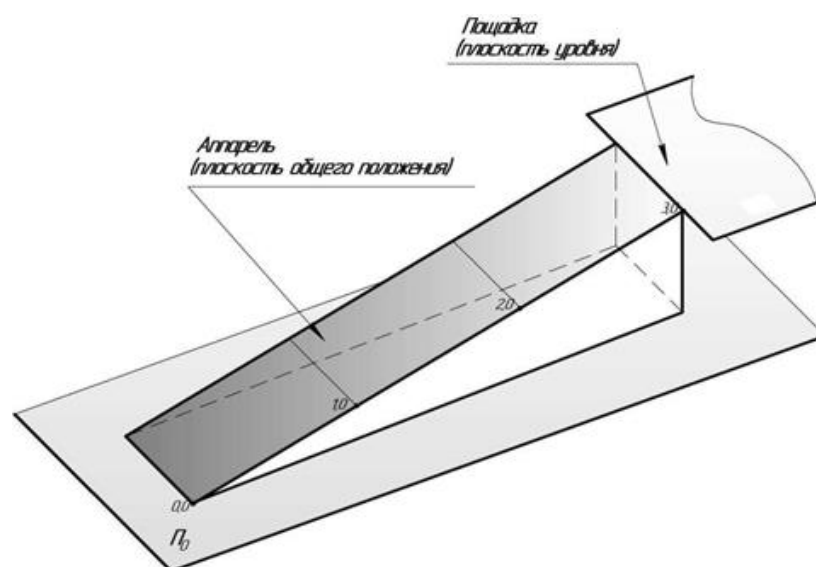


Рис. 7.2.3

Аппарат может иметь вид криволинейной поверхности – геликоида, который представляет собой винтовую поверхность, образованную движением прямой, вращающейся вокруг оси и перпендикулярной к ней, одновременно поступательно движущейся в направлении этой оси. Поверхность заключена между фрагментами двух круговых соосных цилиндров радиусов R_1 и R_2 (рис. 7.2.4).

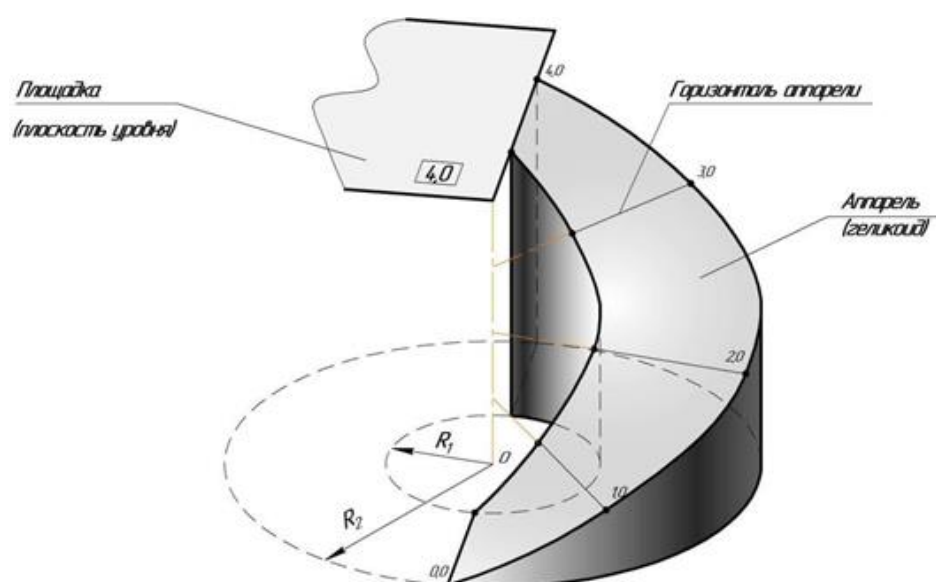


Рис. 7.2.4

При строительстве сооружений аппарели нужно укреплять откосами, которые являются поверхностями одинакового ската (рис. 7.2.5, 7.2.6).

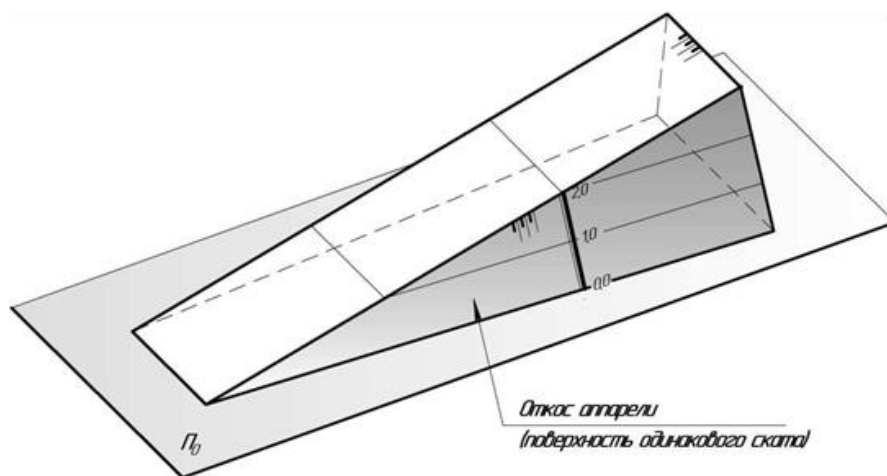


Рис. 7.2.5

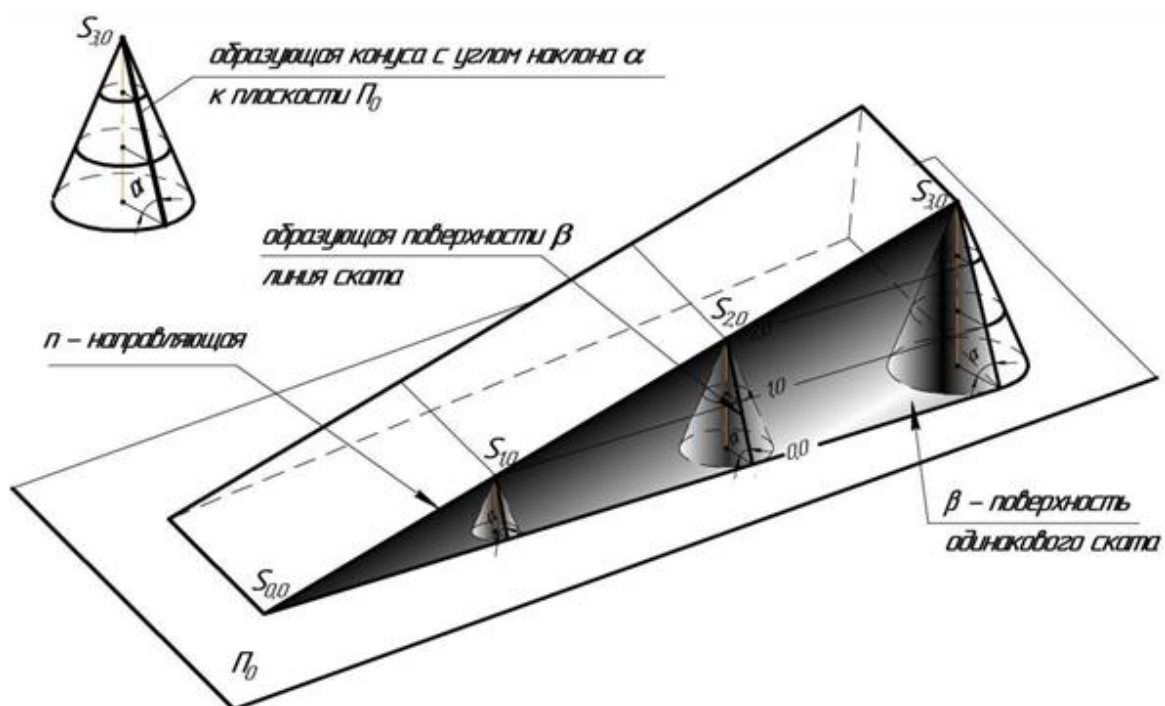


Рис. 7.2.6

Пример

Определить границы насыпи и выемки на горизонтальной строительной площадке с отметкой 20 м и аппарели. Построить профиль топографической поверхности в определенном месте. Условие задачи представлено на рисунке 7.2.7.

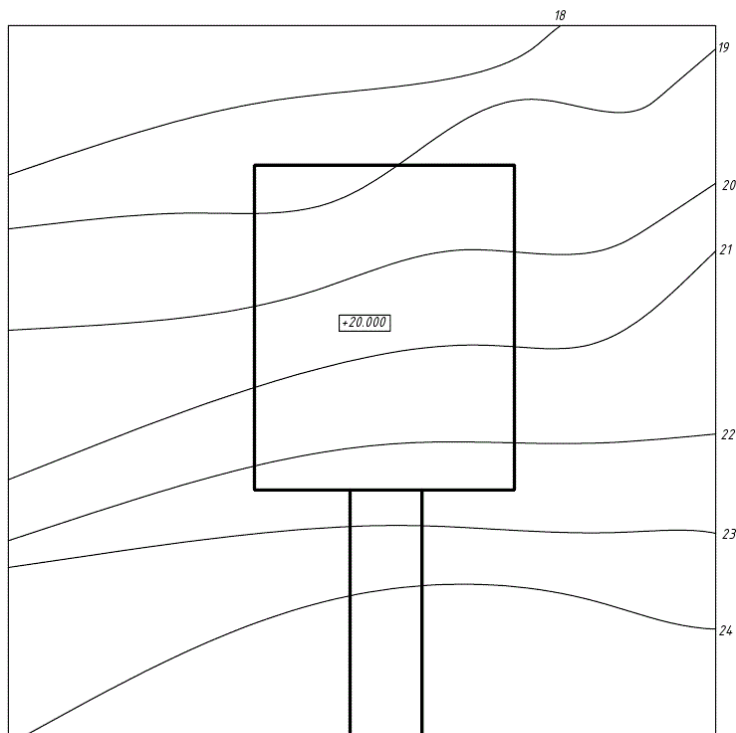


Рис. 7.2.7

В примере задана топографическая поверхность, на которой нужно построить строительную площадку на высоте +20 м (это нулевая отметка, где нет строительных работ), следовательно горизонталь топографической поверхности с отметкой 20 пересекает контур строительной площадки в двух точках – точках нулевых работ. Часть площадки окажется в выемке, а часть на насыпи (рис. 7.2.7). Уклоны откосов площадки равны: $i_{\text{в}}=1:1$, уклон насыпи $i_{\text{н}}=1:1,5$, уклон аппарели $i_{\text{а}}=1:2$.

Границы земляных работ представляют собой линии пересечения откосов выемок и насыпей с топографической поверхностью. Пересечения горизонталей откосов выемки и насыпи с горизонталями топографической поверхности, имеющими одинаковые отметки, определяют точки, через

которые проходит линия пересечения откосов с топографической поверхностью.

Порядок построений:

1. Вычерчиваем график масштаба уклонов, предварительно переводя числовой масштаб в линейный – находим длину отрезка, соответствующего одному метру на местности. Графически определяем интервалы выемки и насыпи (рис.7.2.8)

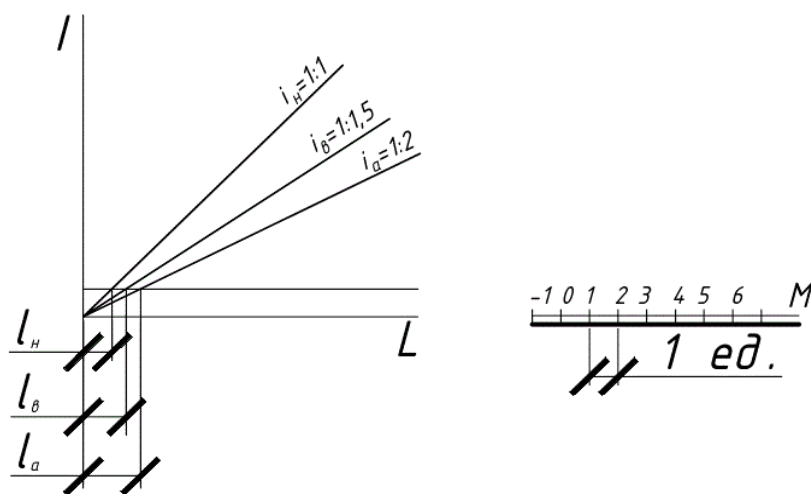


Рис. 7.2.8

2. Строим масштабы уклонов для откосов насыпей (которые расположены выше нулевой отметки) и выемок (расположены ниже нулевой отметки, проводя их перпендикулярно к сторонам строительной площадки (рис. 7.2.9).

3. Строим горизонтали откосов. Горизонтали насыпи будут прямыми, параллельными соответствующим сторонам площадки, находящиеся на расстоянии равном соответственно l_n и $l_в$ (рис. 7.2.10).

4. Находим линии пересечения плоскостей откосов на пересечении горизонталей с одинаковыми отметками. Плоскости одинакового уклона пересекаются по прямой, проекция которой является биссектрисой угла, образованного горизонталями плоскостей (рис. 7.2.10).

5. Строим границы земляных работ, определив точки пересечения горизонталей откосов и топографической поверхности земли с одинаковыми отметками (рис. 7.2.11).

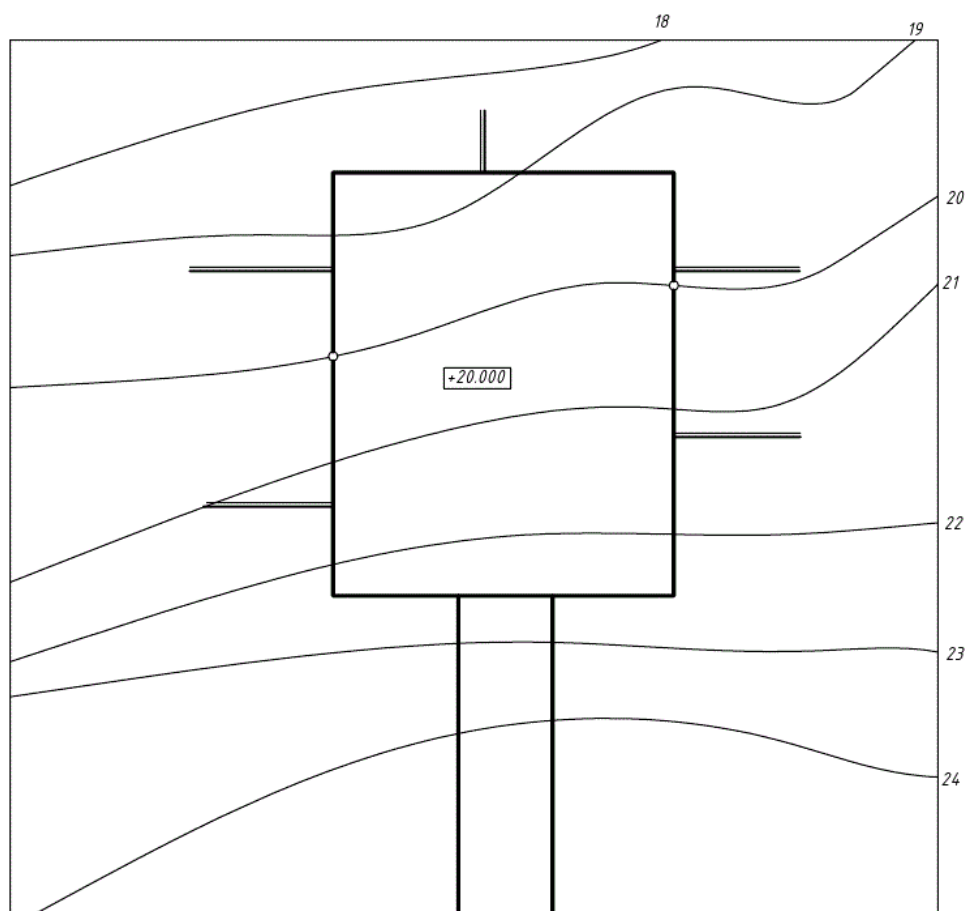


Рис. 7.2.9

5. Строим границы земляных работ, определив точки пересечения горизонталей откосов и топографической поверхности земли с одинаковыми отметками (рис. 7.2.11).

6. Для наглядности изображения откосы оформляют бергштрихами (ГОСТ 21.108-78), которые представляют собой длинные и короткие штрихи, расположенные перпендикулярно горизонталям.. Направление бергштрихов указывает направление уклона. Расстояние между длинными штрихами 3-4 мм; между короткими и длинными 1,5-2 мм. Штрихи проводят линиями одинаковой толщины, равной 0,1-0,15 мм. Высота длинных штрихов 5 мм, коротких 2 мм (рис.)

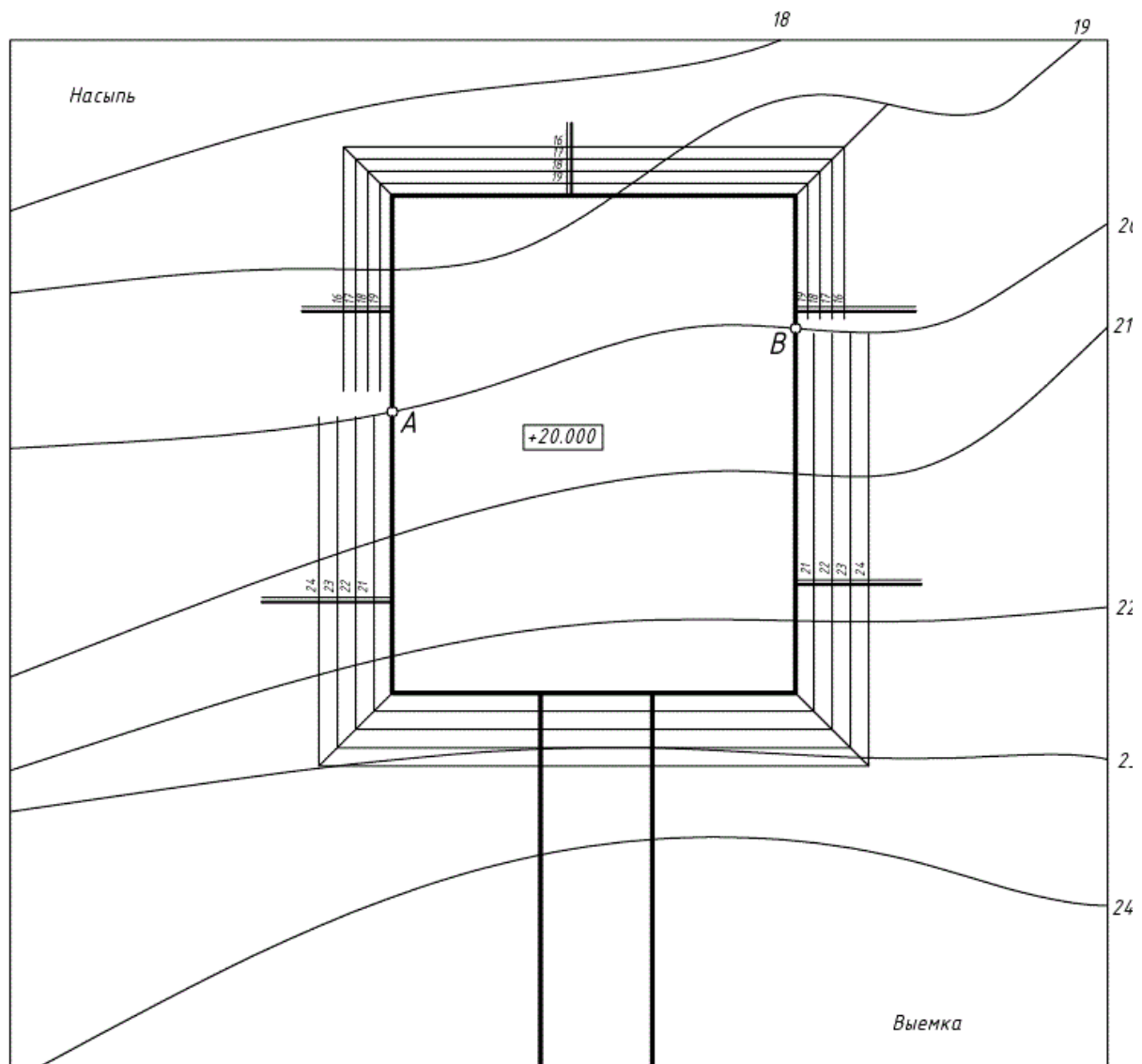


Рис. 7.2.10

7. Строим горизонтالي откосов аппарели. Аппарель находится в выемке.

Для построения горизонталей откосов аппарели, которая прямолинейна, градуируем полотно аппарели. От кромки площадки с отметкой +20 откладываем по оси дороги интервалы l_a и проводим горизонтали дороги.

В одной из точек на прямой дороге проводим конус, радиус которого равен интервалу выемки.

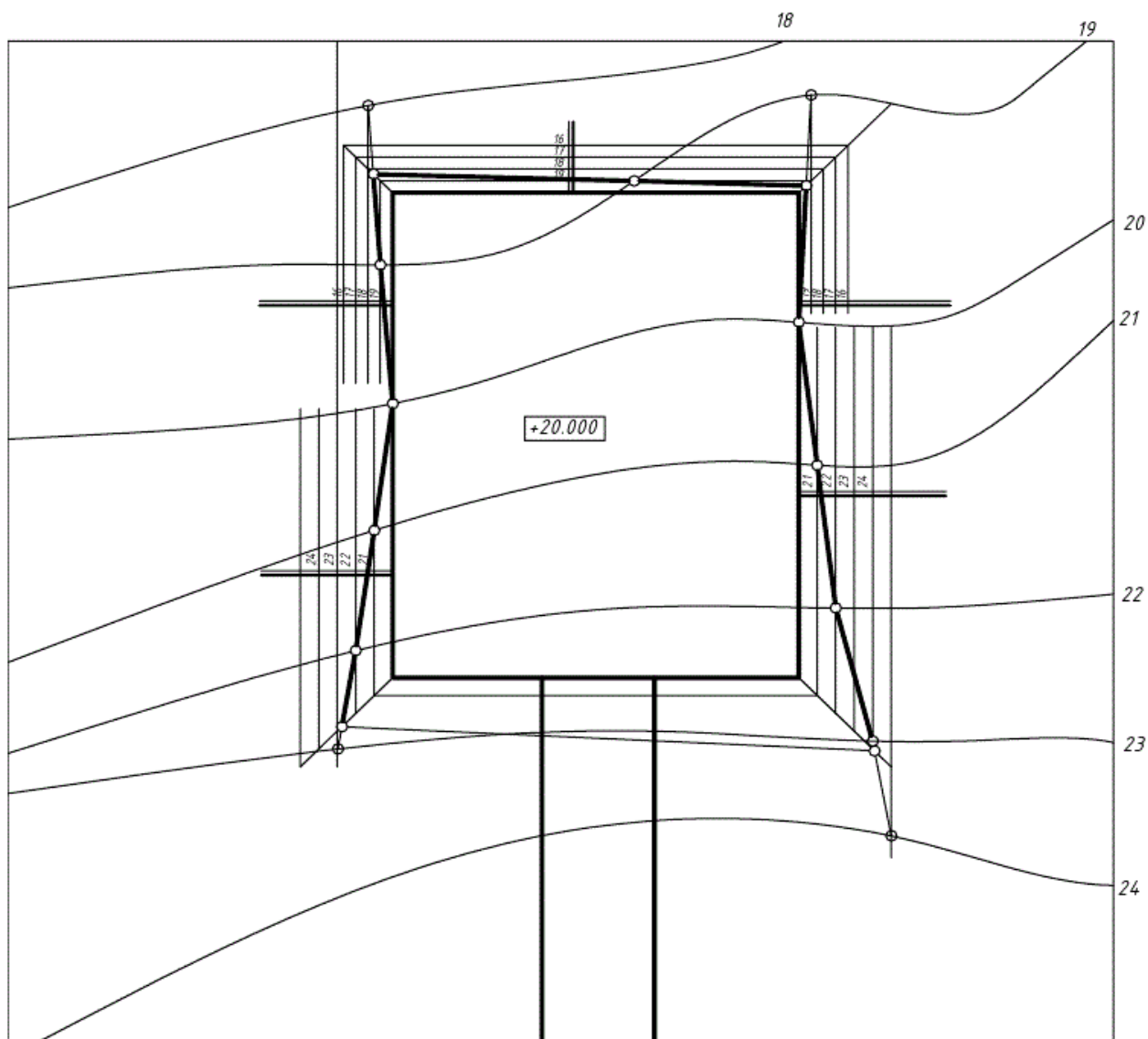


Рис. 7.2.11

Из точек пересечения горизонталей аппарели с ее кромкой проводим касательные к окружностям основания конуса. Эти касательные и есть горизонтальными аппарели. Через точки пересечения однозначных горизонталей откосов площадки и аппарели проводим линии пересечения откосов (рис. 7.2.12).

Если участок аппарели криволинейный, то построения практически ничем не отличаются от ранее описанных, но горизонталь откоса аппарели будут плавными кривыми, касательными к окружностям конуса с одинаковыми отметками.

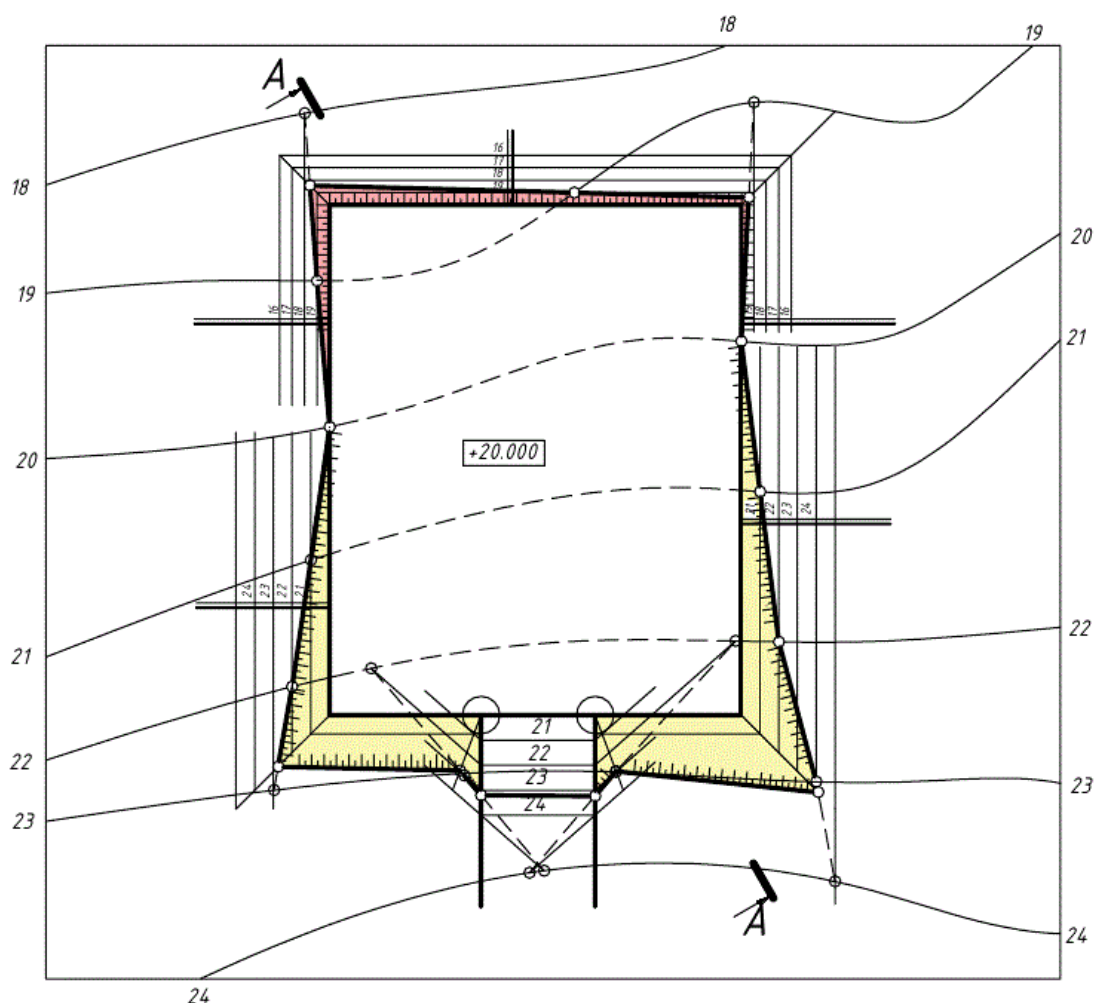


Рис. 7.2.12

Находим линию пересечения плоскости откосов аппарели с топографической поверхностью, наносим бергштрихи и отмываем насыпь – розовым цветом, а выемку желтым (рис. 7.2.12).

8. Строим профиль поверхности в секущей плоскости А-А. Сечение топографической поверхности вертикальной плоскостью называется профилем поверхности. Профиль может изображаться на свободном поле чертежа (вынесенный) или на чертеже самой топографической поверхности (наложенный).

Для его построения на свободном поле чертежа проводится линия – база профиля, и вертикальная линия, задающая вертикальный масштаб, единица которого равна единице масштабной линейки. На базу профиля с плана переносятся заложения, которые определяются как точки пересечения

секущей плоскости с соответствующими горизонталями, контуром площадки и контуром выемки и насыпи. Все эти точки поднимают до соответствующей горизонтали (восстанавливают перпендикуляры к базе профиля). Полученные точки соединяют между собой линией, которая и будет являться профилем сечения (рис. 7.2.13).

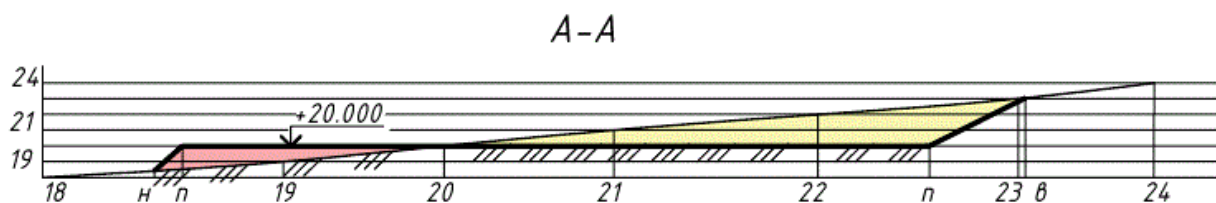


Рис. 7.2.13

Пример определения границ выемки на строительной площадке с нулевой отметкой +36.000 показан на рисунке 7.2.14.

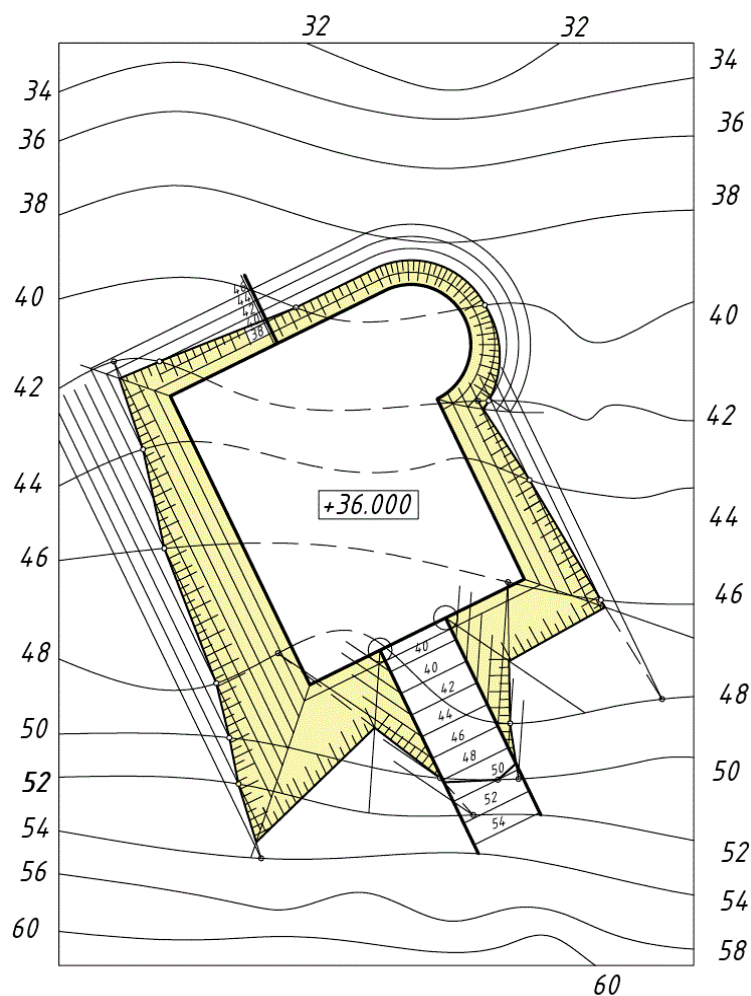


Рис. 7.2.14

Лекция 8

Изображения. Виды, разрезы, сечения. ГОСТ 2.305-2008. Виды: основные, дополнительные, местные. Разрезы. Условная классификация разрезов. Разрезы простые и сложные. Сечения.

Изображения предметов выполняются по методу ортогонального проецирования. При этом предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (рис. 8.1).

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается в качестве главного, т.к. оно должно давать наиболее полное представление о предмете, о его форме и размерах.

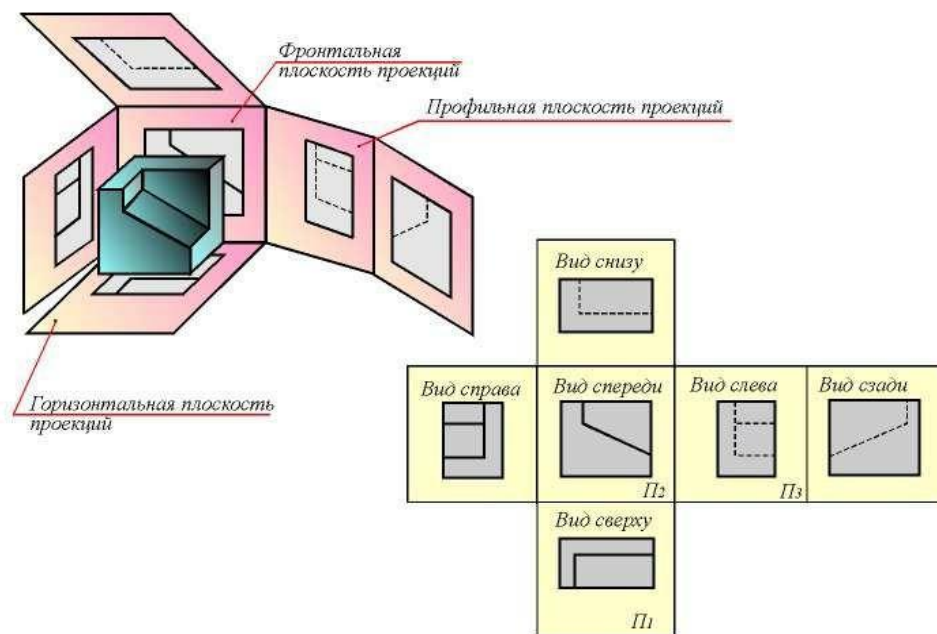


Рис. 8.1

Количество изображений на чертеже должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы и сечения

8.1. Виды

Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

Виды делятся на:

- основные;
- дополнительные;
- местные.

Основные виды – изображения, которые получают на основных плоскостях проекций. За основные плоскости проекций принимают шесть граней пустотелого куба, в котором располагается предмет. Затем куб разворачивают, совмещая грани с плоскостью (рис. 8.1).

Устанавливаются следующие названия основных видов, получаемых на основных плоскостях проекций:

- вид спереди (главный вид) (главный фасад– вид на здание с улицы) (рис. 8.1.1)
- вид сверху (план крыши)
- вид слева (боковой или торцовый фасад);
- вид справа (боковой или торцовый фасад);
- вид снизу;
- вид сзади (дворовый фасад – вид на здание со двора).

Названия видов на чертеже не надписывают, но есть исключение: если отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, то название вида подписывают, например «Вид слева».

В строительных чертежах допускается надписывать название вида с присвоением ему буквенного, цифрового или другого обозначения (рис. 8.1.1).

Основные виды рекомендуется располагать в проекционной связи с главным изображением, так как это показано на рисунке 8.1.

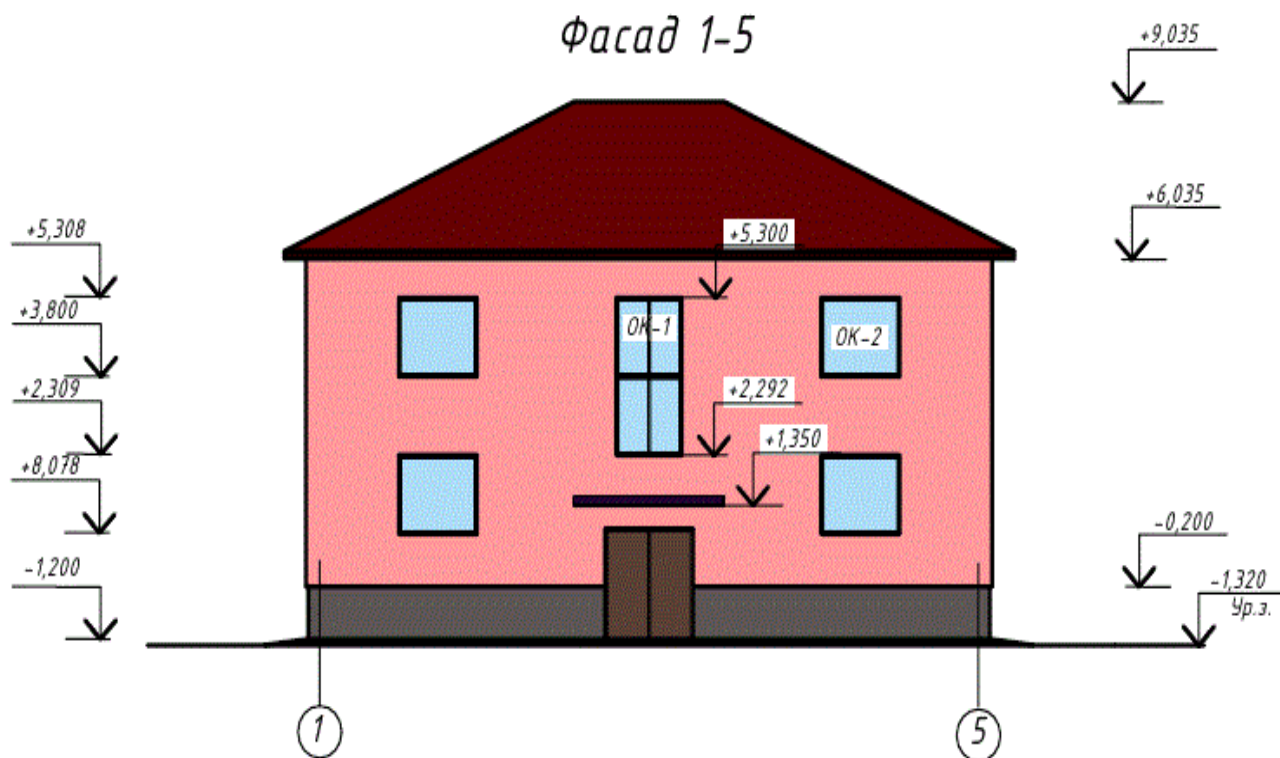


Рис. 8.1.1

Если какой-либо основной вид расположен вне проекционной связи с главным изображением или отделен от него другими изображениями, то построенный вид обозначается прописной буквой русского алфавита и стрелкой, обозначенной той же буквой, что и вид, указывают направление взгляда (рис.8.1.2, вид В - рис. 8.1.8).

В строительных чертежах допускается направление взгляда указывать двумя стрелками (аналогично указанию положения секущих плоскостей в разрезах).

В строительных чертежах независимо от взаимного расположения видов допускается надписывать название и обозначение вида без указания взгляда стрелкой, если направление взгляда определяется названием и обозначением вида.

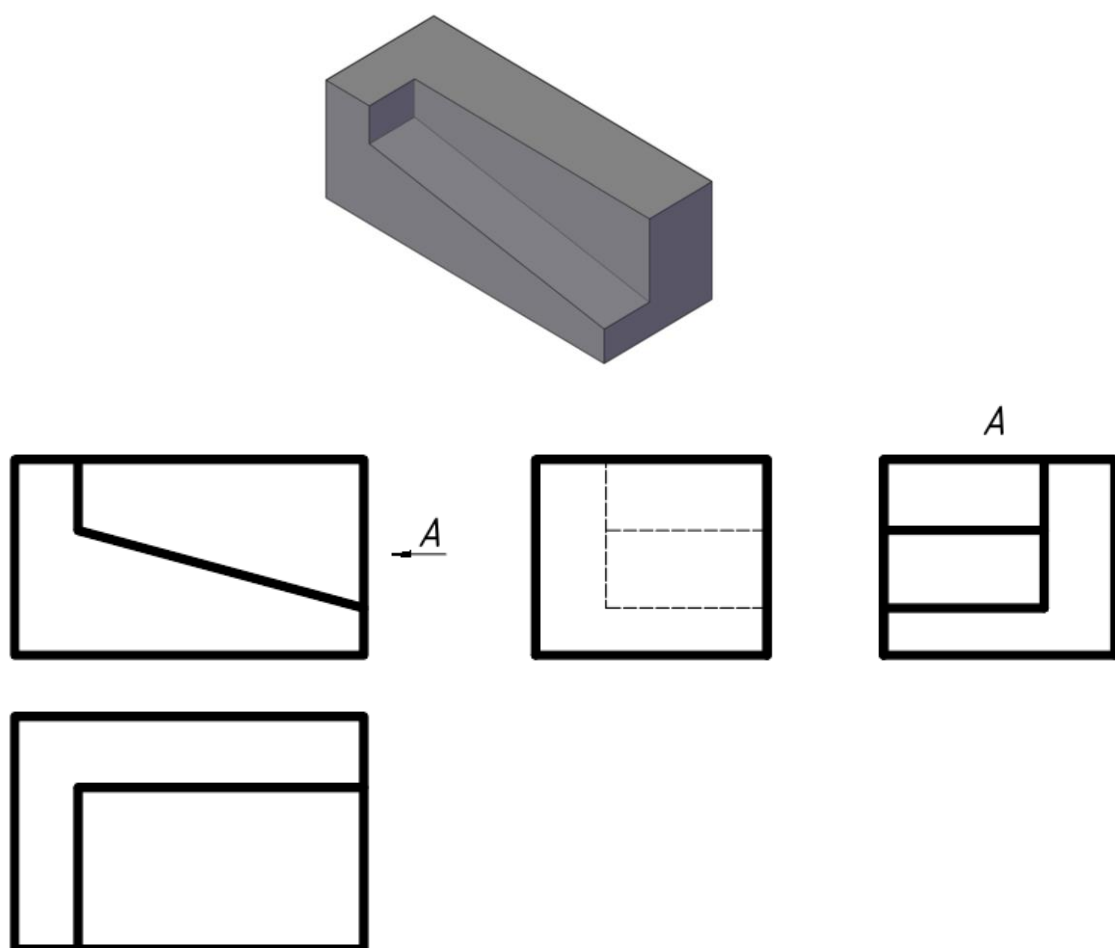


Рис. 8.1.2

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на основных видах без искажения ее формы и размеров, то применяют **дополнительные виды**, получаемые на дополнительных плоскостях проекций не параллельных основным. Дополнительная плоскость проекций располагается параллельно той части предмета, которая проецируется на основную плоскость проекций с искажением. Затем изображение, получаемое на этой плоскости, совмещается с основной плоскостью проекций. На рисунке 8.1.3 показано, как наклонная часть детали проецируется на виде сверху с искажением.

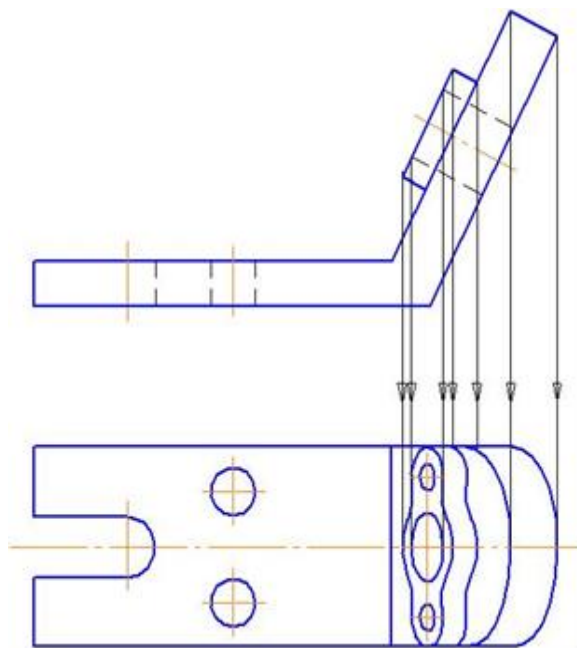


Рис. 8.1.3

Если дополнительный вид находится в непосредственной связи с основным, то на чертежах его никак не помечают (рис. 8.1.4).

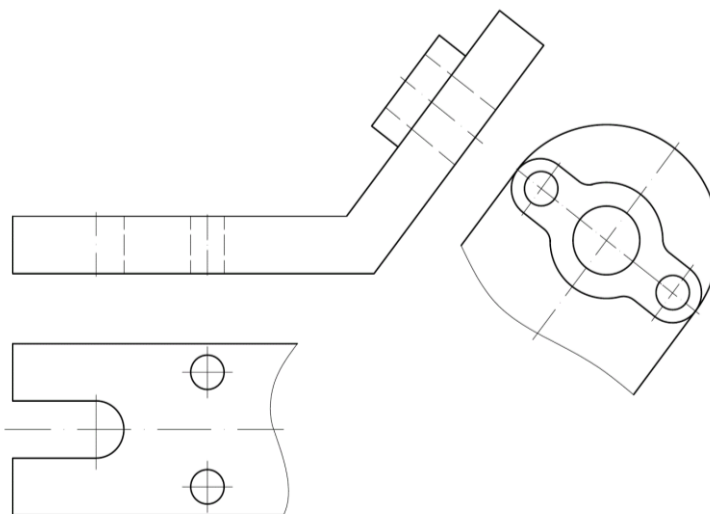


Рис. 8. 1.4.

Если же проекционная связь отсутствует, то дополнительный вид должен быть обозначен также прописной буквой русского алфавита, а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть проставлена стрелка, указывающая направление взгляда, обозначенная той же буквой, что и вид.

На рисунке 8.1.6 а) показан дополнительный вид, выполненный не в проекционной связи с основным изображением, на рисунке 8.1.6 б) дополнительный вид повернут относительно основного изображения на угол. В этом случае обозначение вида дополняют условным графическим обозначением, соответствующим слову «повернуто» (рис. 8.1.5). При необходимости указывают угол поворота.

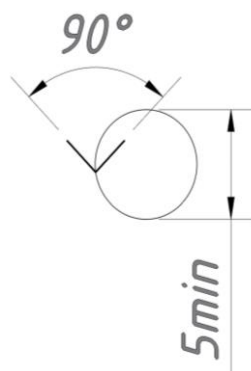


Рис. 8.1.5

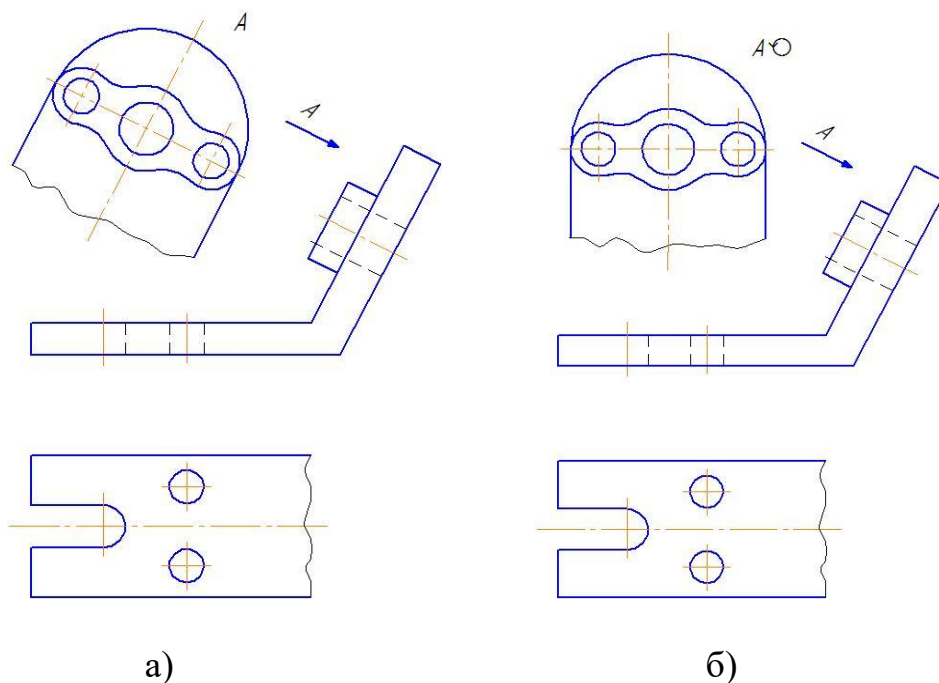


Рис. 8.1.6

Изображение отдельного ограниченного места поверхности предмета называется **местным (частичным) видом**, который образуется на плоскостях проекций параллельных основным. В этом случае, если

изображение однозначно, то допускается вместо целого вида вычерчивать только его часть (рис. 8.1.7). В этом случае проекционная связь местного вида с основным изображением осуществляется с помощью оси.

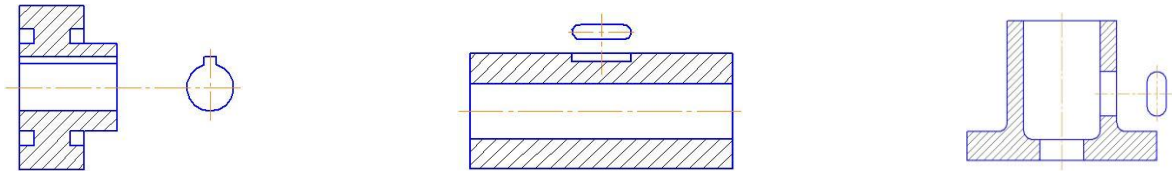


Рис. 8.1.7

Местный вид может быть ограничен линией обрыва (вид Д, рис. 8.1.8) или не ограничен (вид Г, рис. 8.1.8). Местный вид обозначается на чертеже подобно дополнительному виду.

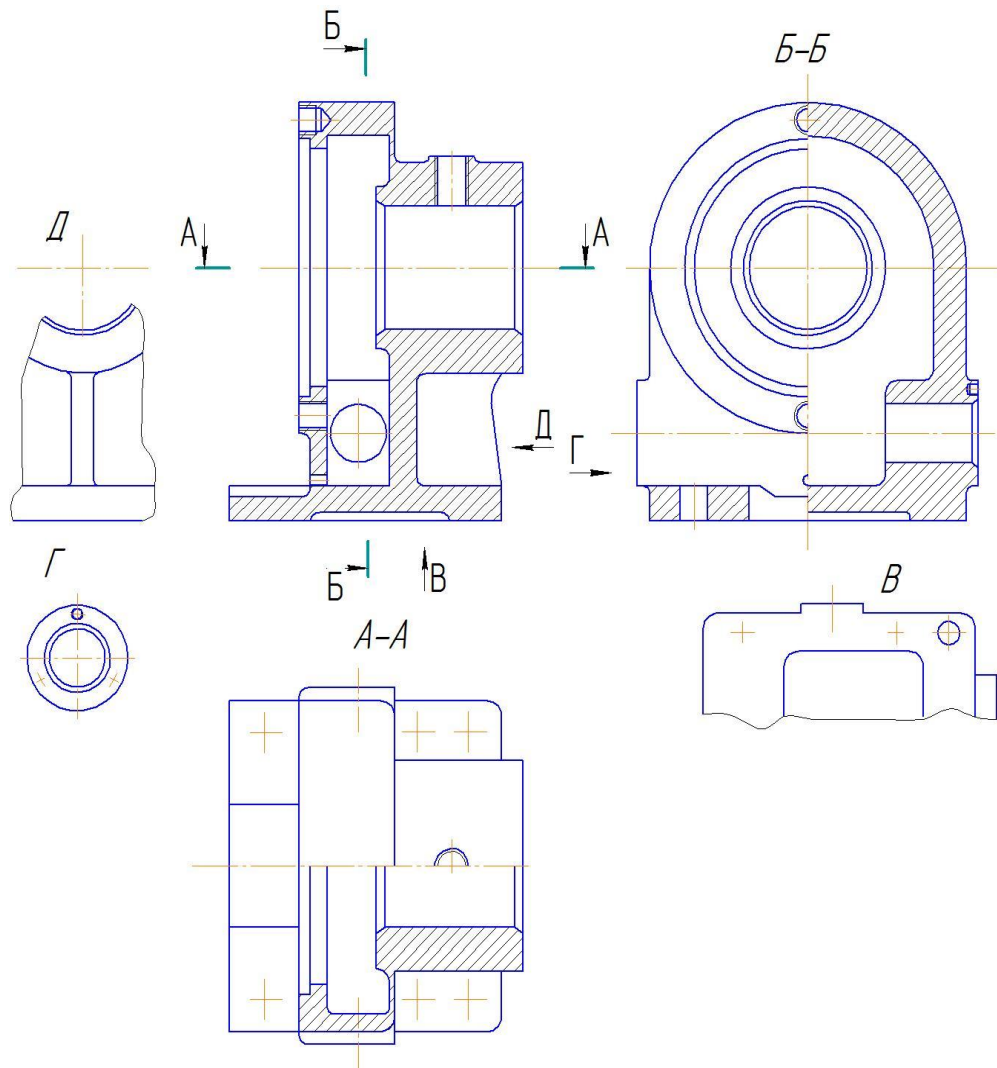


Рис. 8.1.8

На рисунке 8.1.9 показано различие между дополнительным и местным видом.

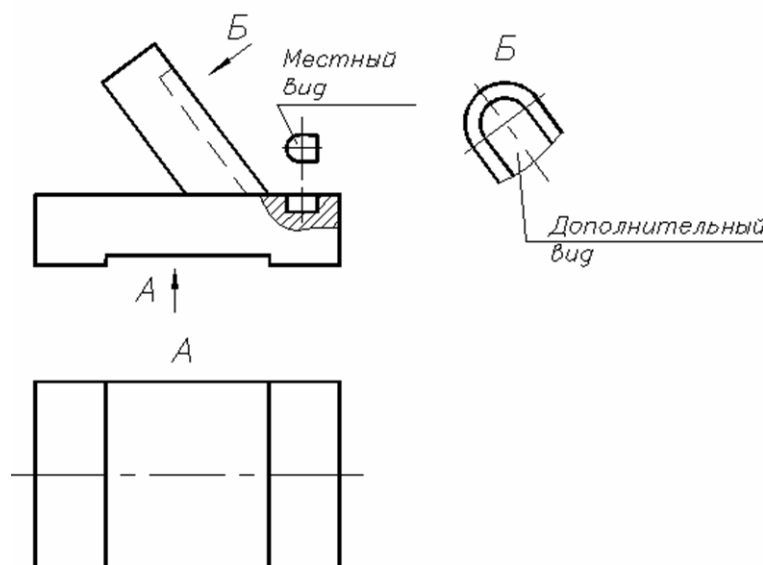
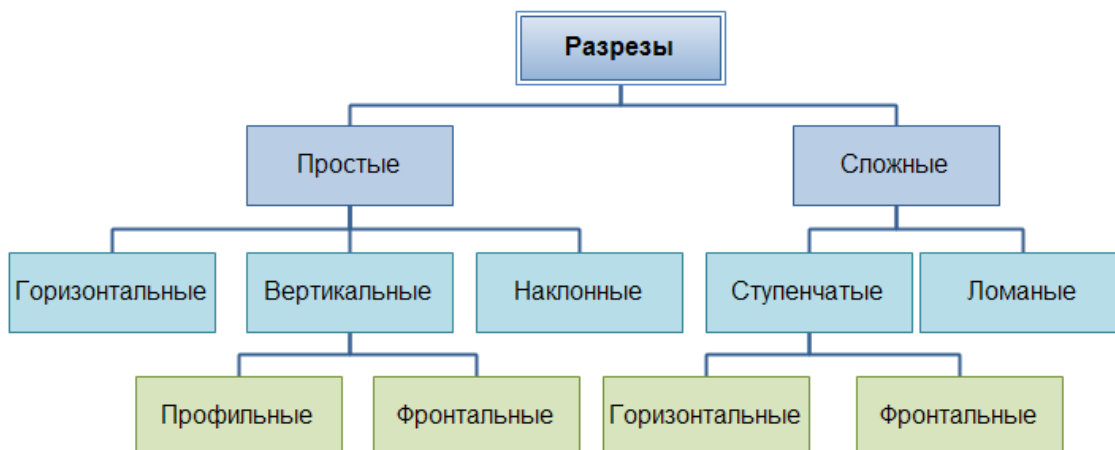


Рис. 8.1.9

8.2. Разрезы

Разрез – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими секущим плоскостями. На разрезе показывают то, что находится в секущей плоскости и что расположено за ней (под ней).

Назначение разрезов показать внутренние формы предмета.



В общем случае положение секущей плоскости при выполнении разрезов показывают разомкнутой линией (линией сечений) ($1,5s$, где s – толщина сплошной толстой основной линии). Длина штриха разомкнутой линии изменяется в пределах от 8 до 20 мм. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда (рис. 6.1.8); стрелки следует наносить на расстоянии 2-3 мм от конца штриха. Имя секущей плоскости обозначается прописными буквами русского алфавита. Буквы подбирают в алфавитном порядке и наносят параллельно горизонтальным линиям основной надписи независимо от положения стрелок (всегда горизонтально) (рис. 8.1.8, 8.2.1, 8.2.2 а) – простой фронтальный разрез, б) – местный разрез).

Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур изображения.

При сложных разрезах штрихи проводят так же у мест пересечения секущих плоскостей между собой.

В строительных чертежах у линии сечения взамен букв допускается применять цифры, а так же подписывать название плана (разреза) с присвоением ему буквенного, цифрового или другого обозначения.

<i>Объект обозначения</i>	<i>Способ обозначения</i>
<i>Положение секущей плоскости и направление взгляда</i>	
<i>Разрез (сечение)</i>	<i>A-A или A-A (2:1)</i>
<i>Разрез (сечение) с поворотом</i>	<i>A-A ☉ или A-A(2:1) ☉</i>

Рис. 8.2.1

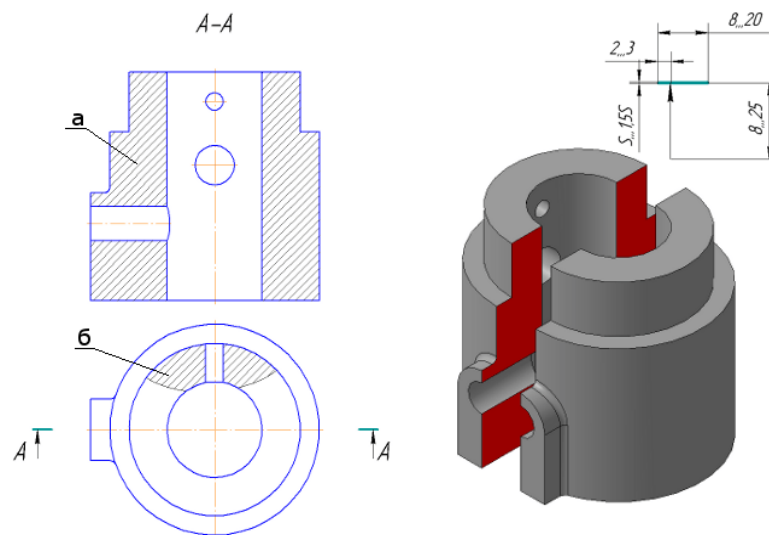
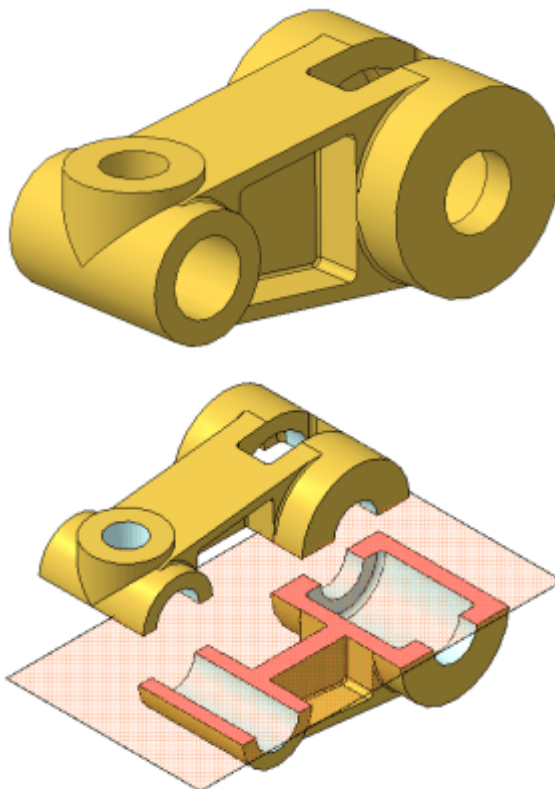


Рис. 8.2.2

8.2.1. Классификация разрезов

1. В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы делятся :

- на **горизонтальные** – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (рис. 8.1.8, разрез А-А, 8.2.1.1).



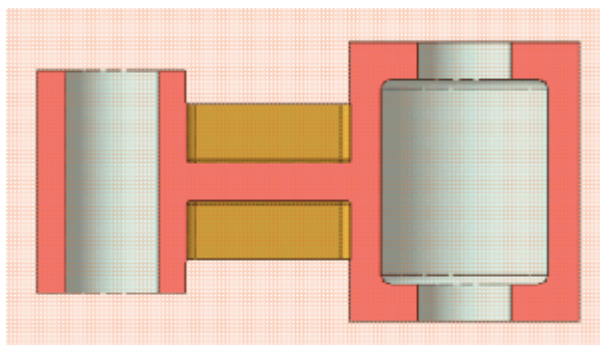


Рис. 8.2.1.1

В строительных чертежах горизонтальным разрезам допускается присваивать другие названия, например «план» (рис. 8.2.1.2, рис. 8.2.1.3);

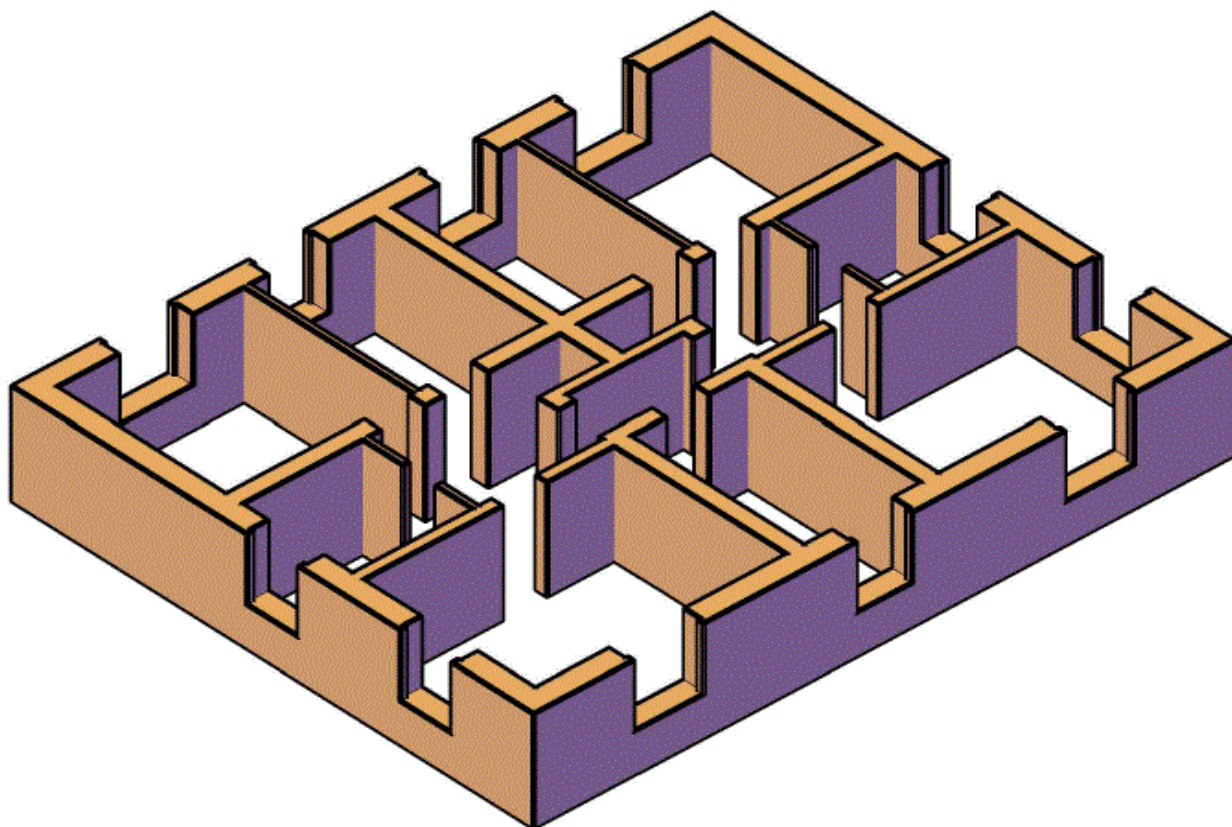


Рис.8.2.1.2

План этажа изображается в виде разреза горизонтальной плоскостью, проходящей в пределах дверных и оконных проемов (рис. 8.2.1.2). Планы именуются: *План ... этажа* (рис. 8.2.1.3), *План технического подполья*, *План перекрытия ... этажа* и т.п.

План 2 этажа

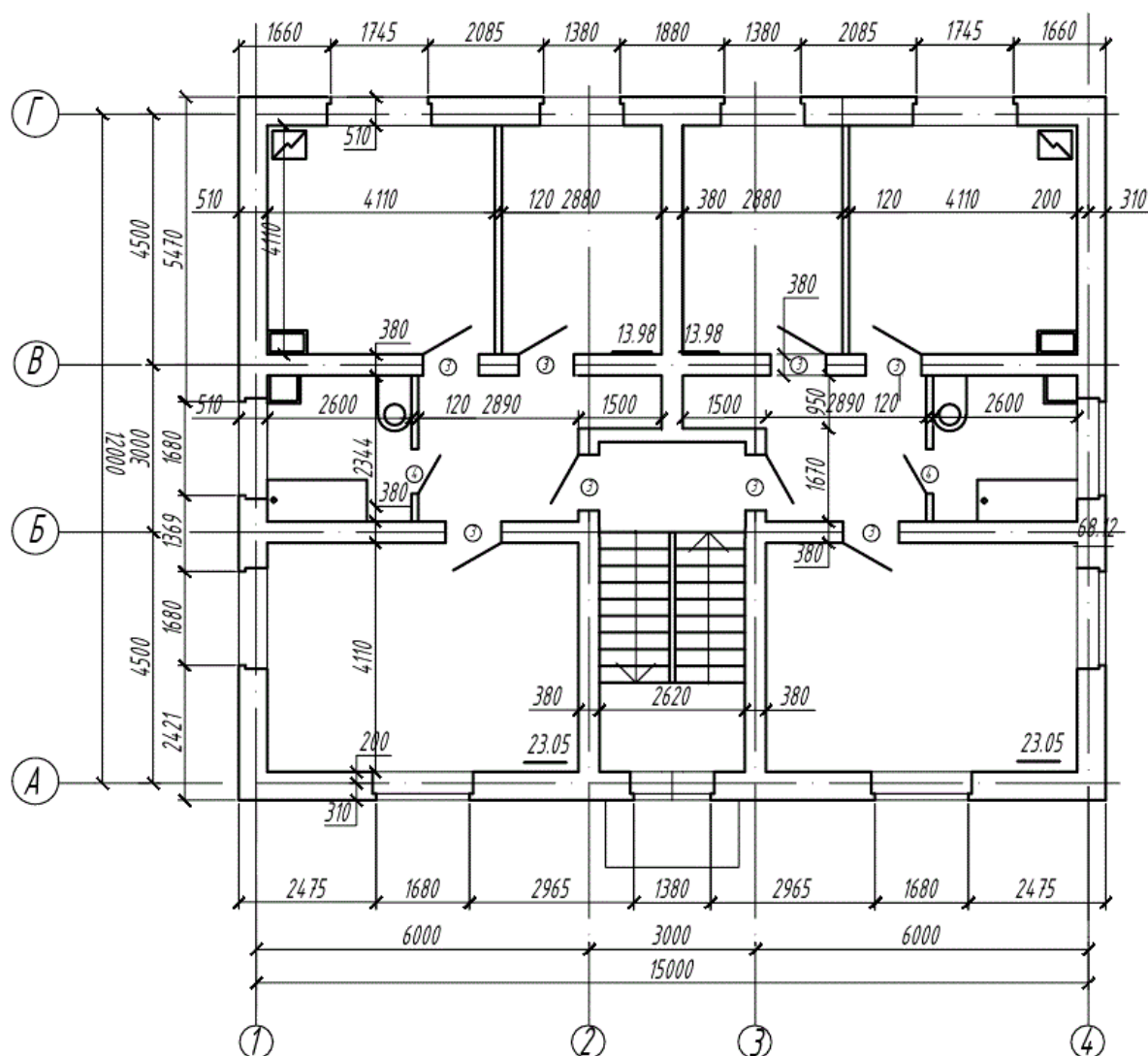


Рис. 8.2.1.3

- на **вертикальные** – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций.

Вертикальные делятся на **фронтальные** если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (рис. 8.1.8, 8.2.1.4, 8.2.1.5) и **профильные**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (рис. 8.1.8 – разрез Б-Б, рис. 8.2.1.6, 8.2.1.7, 8.2.1.8).

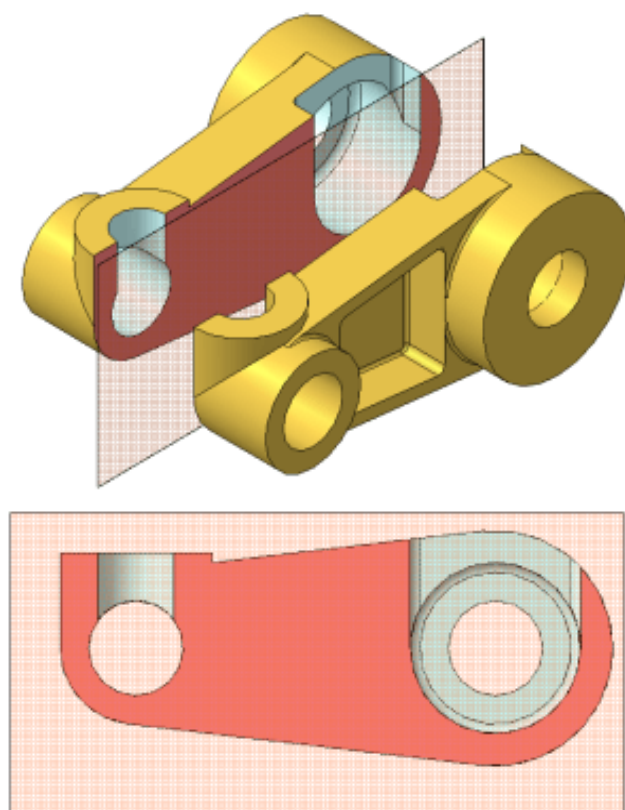


Рис. 8.2.1.4

Фронтальный разрез

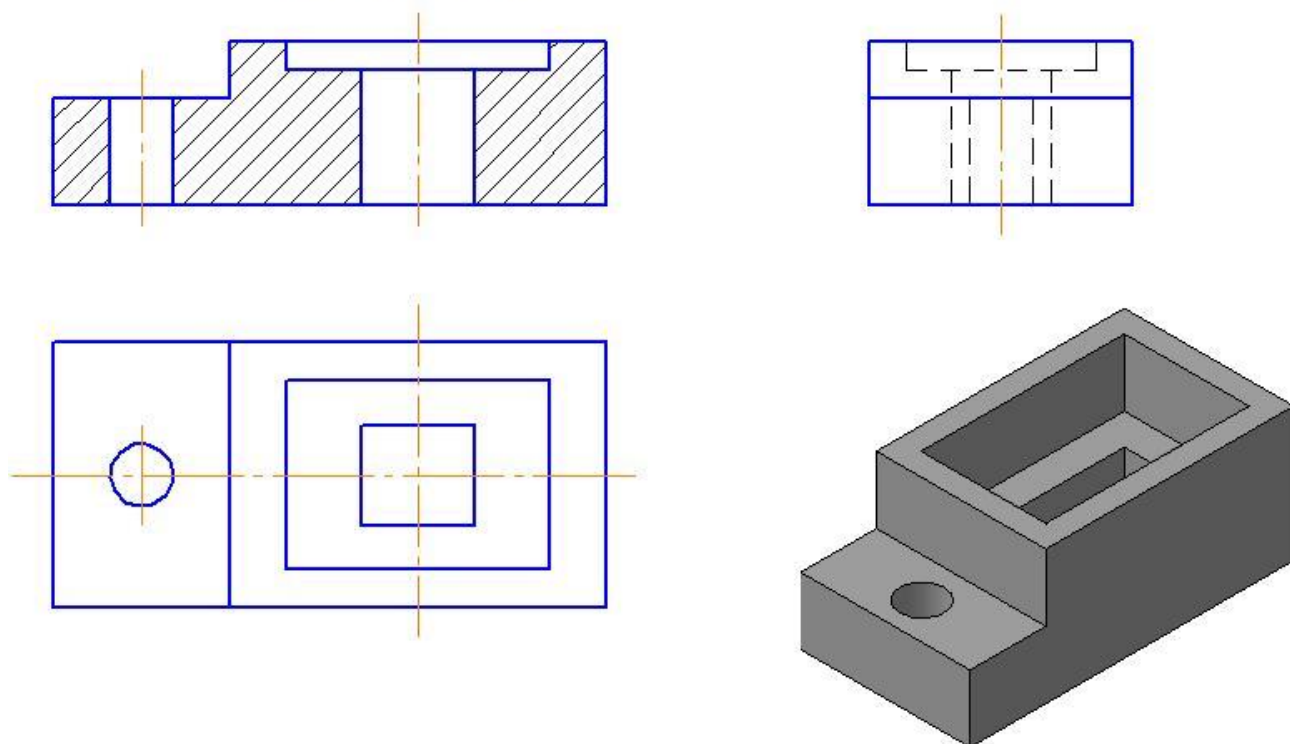


Рис. 8.2.1.5

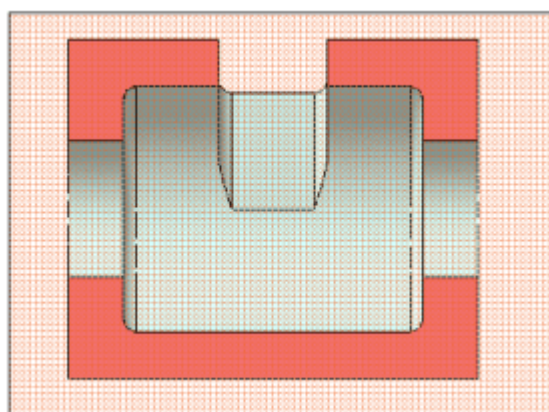
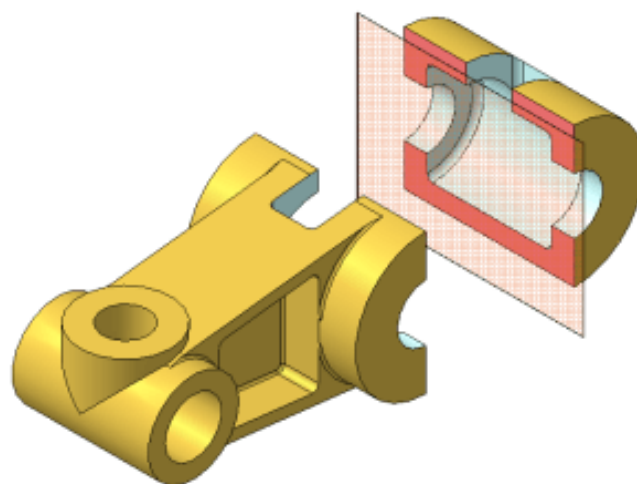


Рис. 8.2.1.6

Профильный разрез

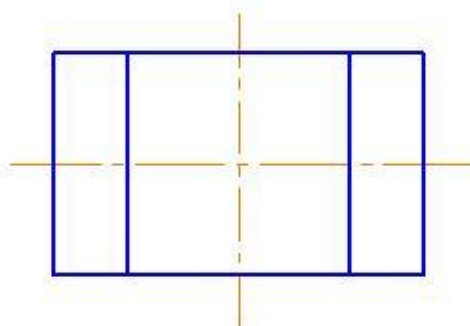
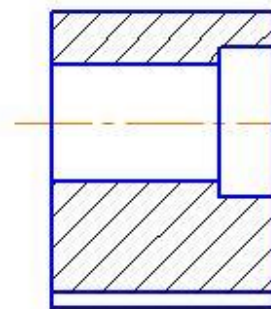
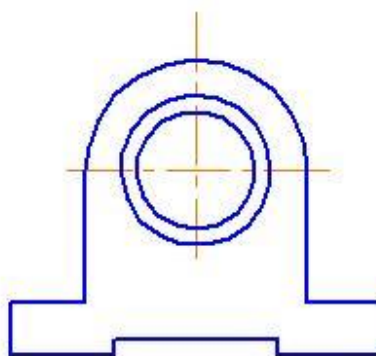
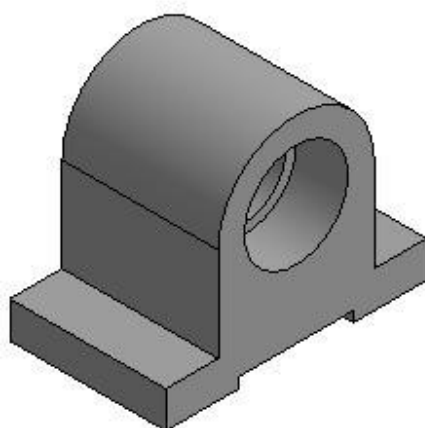


Рис. 8.2.1.7

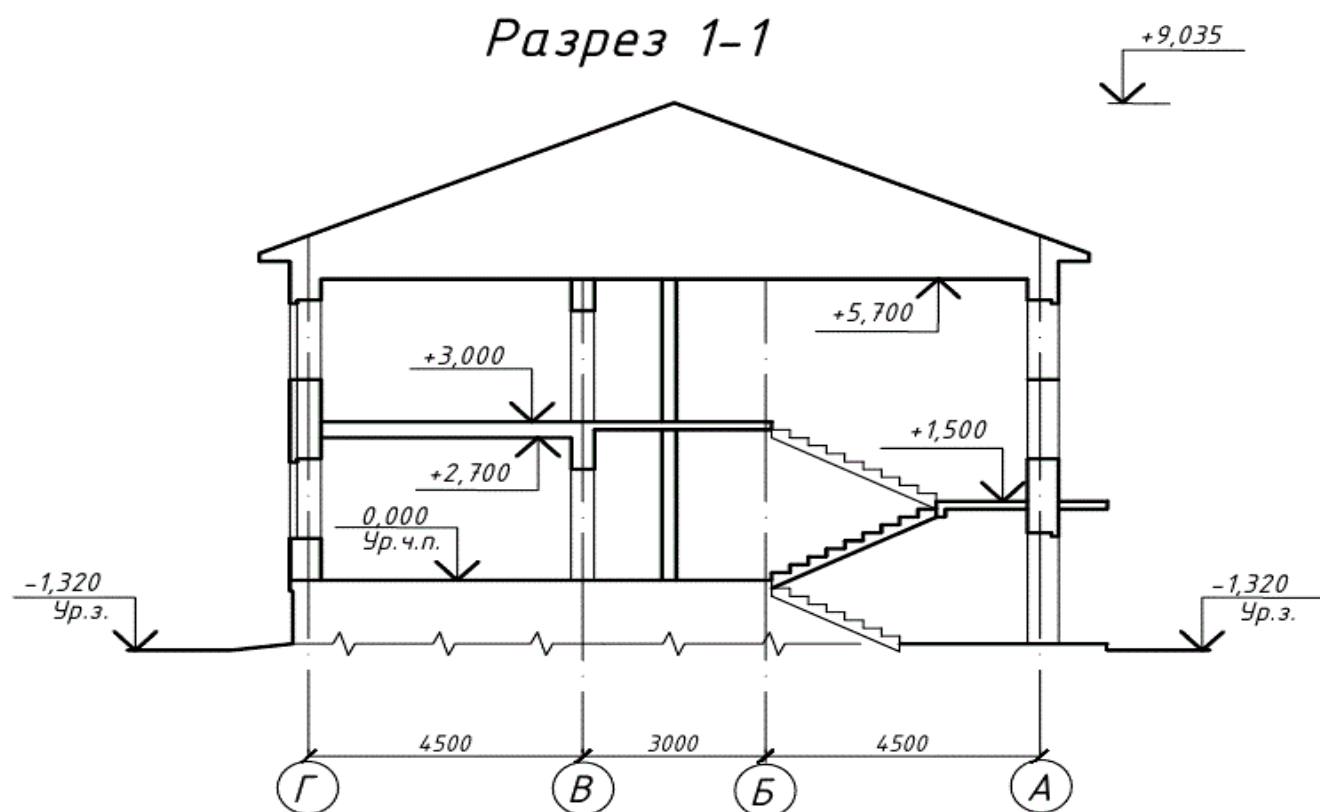


Рис. 8.2.1.8

- на **наклонные** — секущая плоскость расположена по отношению к горизонтальной плоскости под углом, отличным от прямого угла (рис. 8.2.1.9).

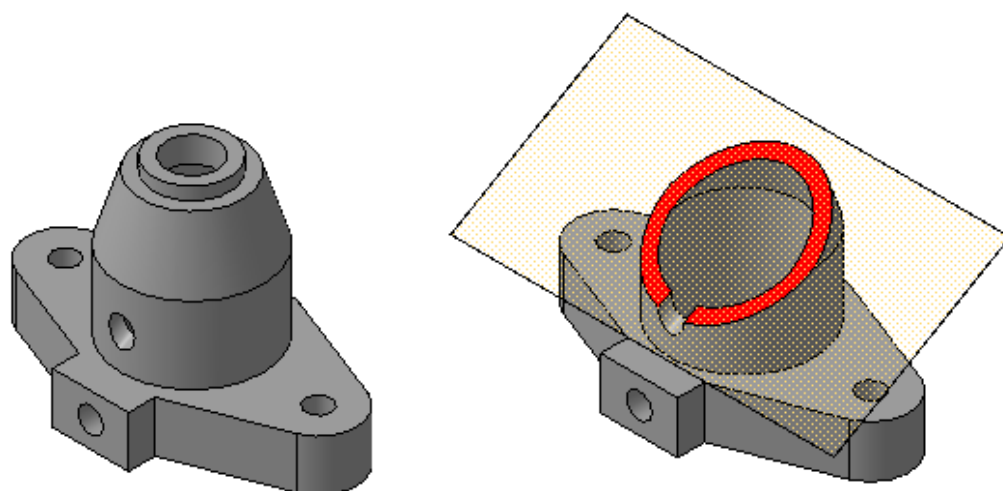


Рис. 8.2.1.9

2. В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы делятся на:

- **простые** - при одной секущей плоскости (рис. 8.1.8 , 8.2.2, 8.2.1.3 -8.2.1.7, 8.2.1.9).
- **сложные** – при двух и более секущих плоскостях. Сложные разрезы делятся на **ступенчатые**, если секущие плоскости параллельны между собой (ступенчатые горизонтальные, ступенчатые фронтальные) (рис. 8.2.1.10) и **ломанные**, если секущие плоскости пересекаются (рис. 8.2.1.11).

Ступенчатые разрезы выполняются параллельными плоскостями, которые при изображении совмещаются с одной плоскостью и на изображении переход от одной плоскости к другой не показывают.

При ломанных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда.

Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида. При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, с которой производится совмещение.

Положение секущих плоскостей указывают на чертеже линией сечения. В местах перехода от одной плоскости к другой штрихи пересекаются.

Сложные разрезы обозначаются всегда.

3. В зависимости от положения секущей плоскости по отношению к самому предмету разрезы делятся на:

- **продольные**, если секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета (разрез, выполненной плоскостью, параллельной фронтальной плоскости проекций)(рис. 8.1.8. – фронтальный разрез);

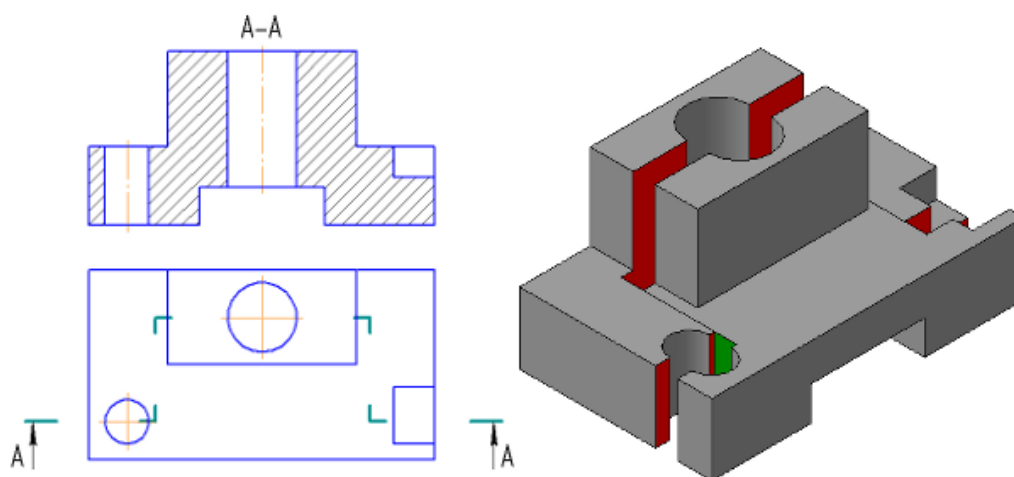


Рис. 8.2.1.10

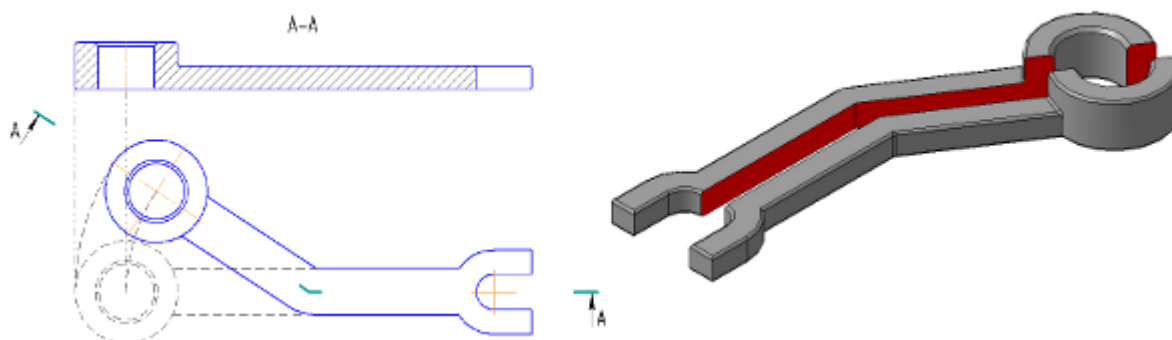


Рис. 8.2.1.11

- **поперечные**, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета (разрез, выполненный плоскостью, параллельной профильной плоскости проекций) (рис. 8.1.8 – разрез Б-Б).

4. В зависимости от полноты разреза разрезы делятся на:

- **полные**, если предмет рассекается полностью (рис. 8.1.7, 8.1.8, 8.2.1.5, 8.2.1.7);
- **местные**, которые служат для выявления конструкции в отдельном ограниченном месте поверхности предмета (рис. 8.2.2 - б, рис. 8.2.1.12). Местные разрезы отделяют от вида сплошной волнистой линией.

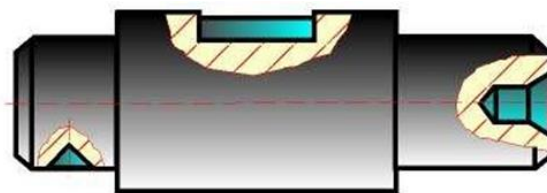


Рис. 8.2.1.12

8.2.2. Условности и упрощения, применяемые при выполнении простых разрезов.

1. Когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов положение секущей плоскости не отмечают и разрез надписью не сопровождают (рис. 8.1.8, 8.2.1.1, 8.2.1.4 - 8.2.1.7).

2. Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (рис. 8.1.8, 8.2.1.4 - 8.2.1.7, 8.2.2.1 – 8.2.2.3).

3. Если соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (рис. 8.2.2.3 – вид слева). Нельзя соединять половину вида с половиной разреза, если какая-либо линия изображения совпадает с осевой (например, ребро). В этом случае соединяют большую часть вида с меньшей частью разреза или большую часть разреза с меньшей частью вида (рис. 8.2.2.1, 8.2.2.2, 8.2.2.3)

4. Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией или линией с изломом (рис. 8.2.2.1 - 8.2.2.3). Она не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

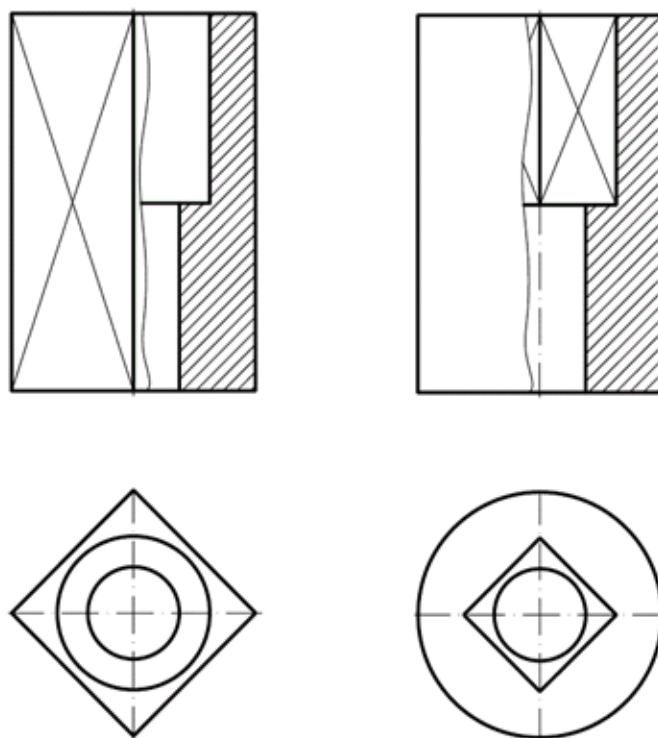


Рис. 8.2.2.1

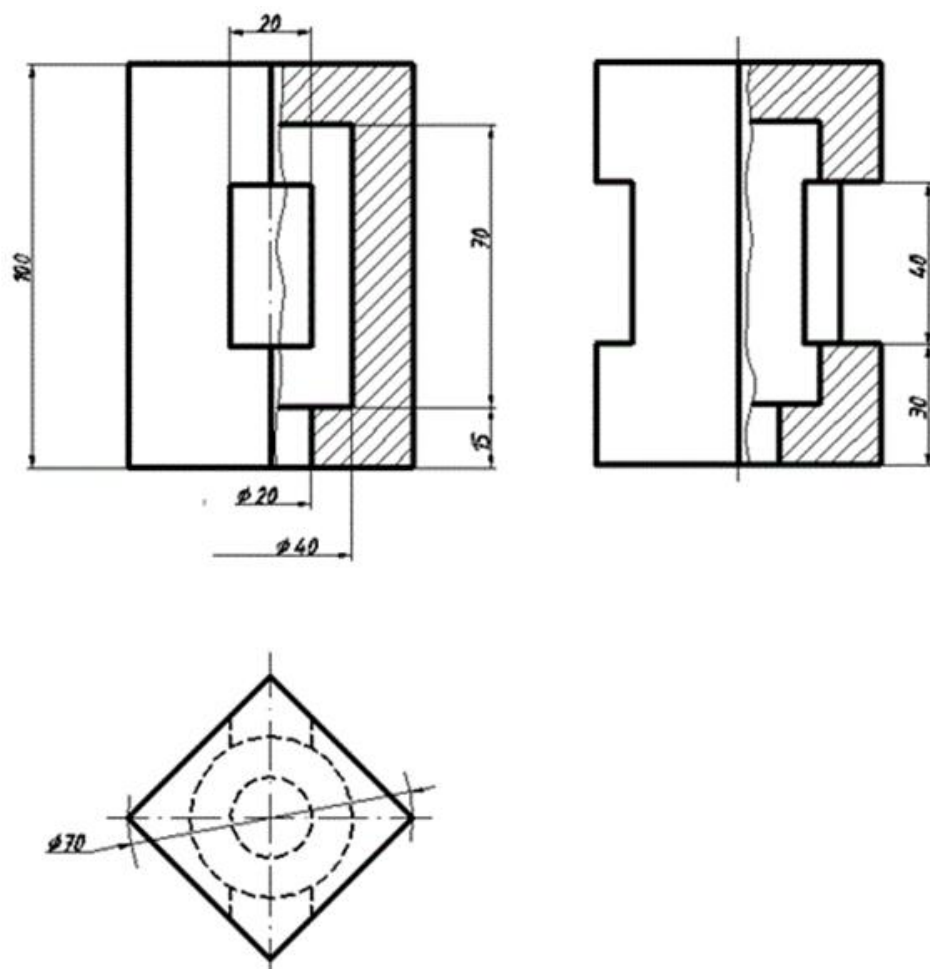


Рис. 8.2.2.2

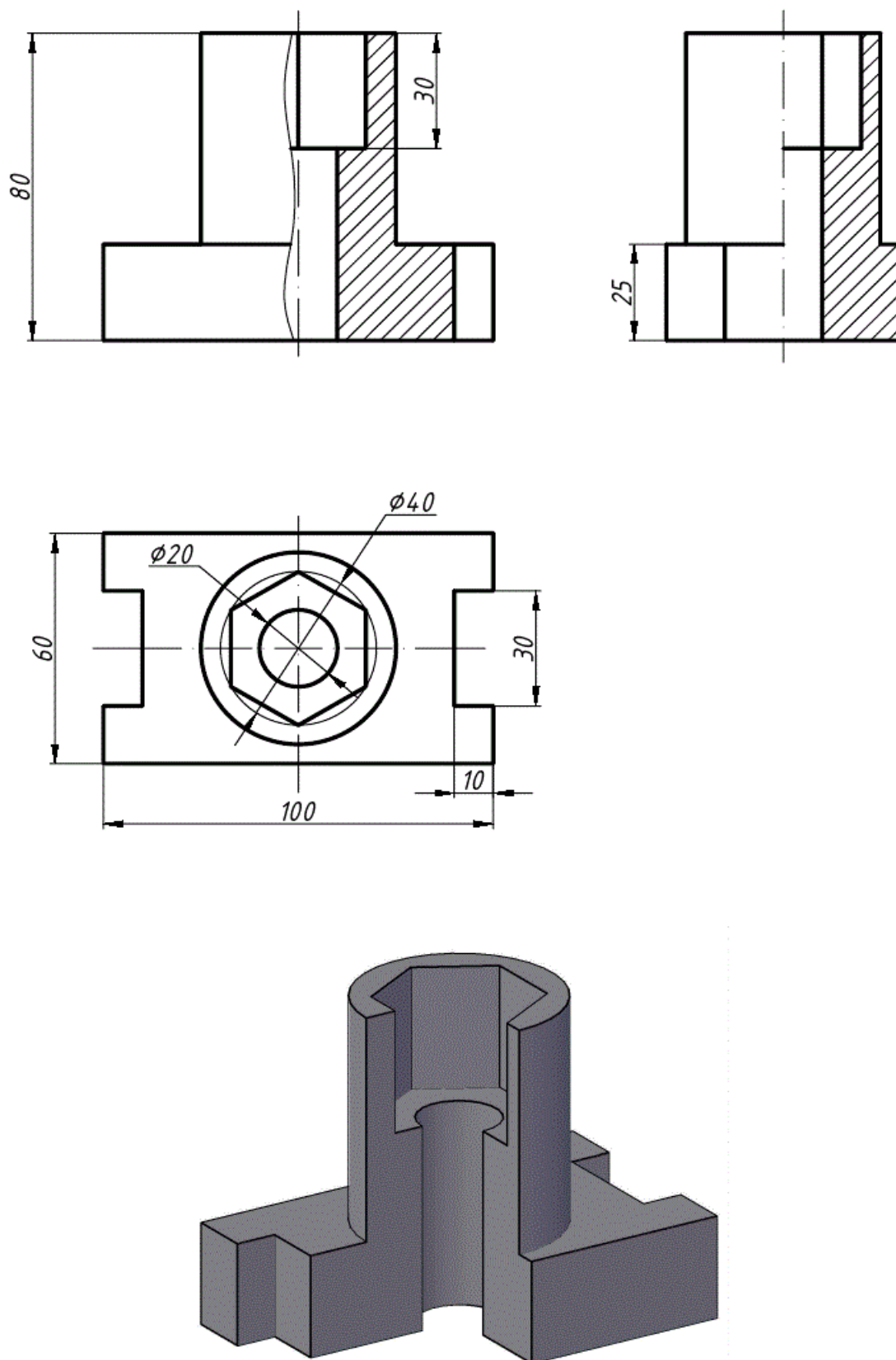


Рис. 8.2.2.3

8.3. Сечения

Сечение – это изображение предмета, которое получается при его мысленном рассечении одной или несколькими секущими плоскостями. В сечении показывают только то, что находится в секущей плоскости (в отличие от разреза).

В общем случае сечение обозначается как разрез (рис. 8.3.1).

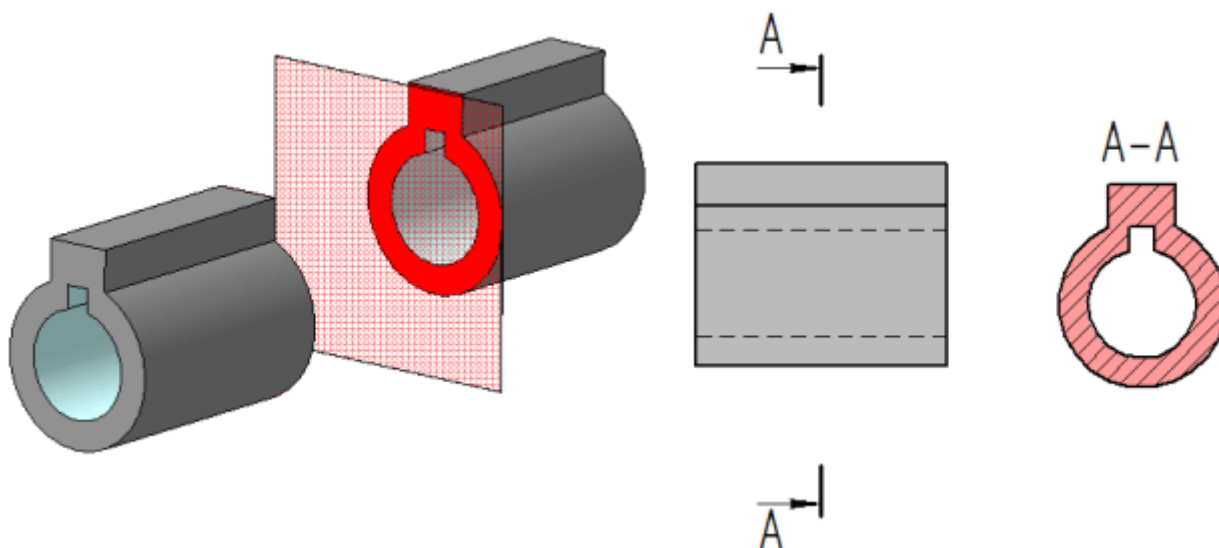


Рис. 8.3.1

Сечения делятся на:

- сечения, входящие в состав разреза (рис. 8.3.2 а);
- сечения, не входящие в состав разреза (рис. 8.3.3 б).

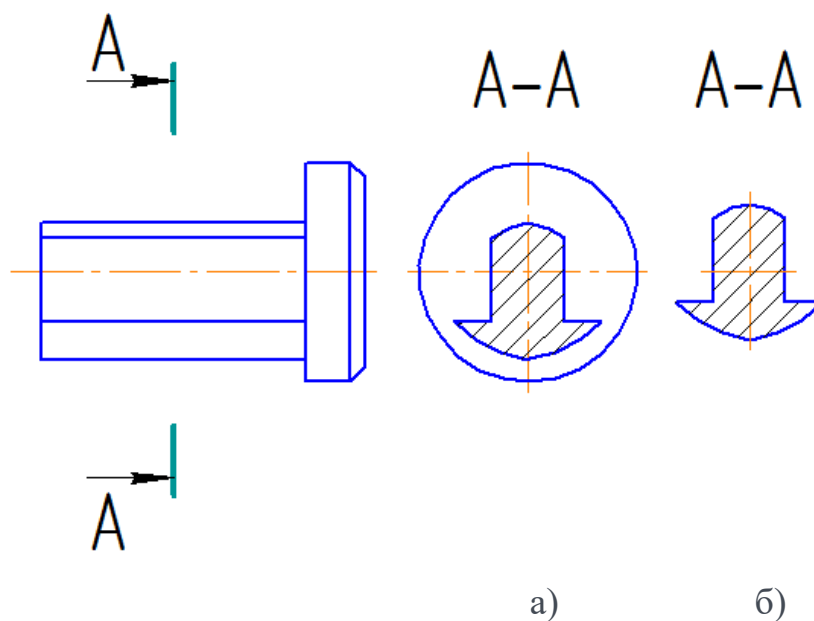


Рис. 8.3.2

Сечения, не входящие в состав разреза, по характеру изображения разделяют на:

- **вынесенные** (рис.8.3.1, 8.3.2, 8.3.3, 8.3.6, 8.3.7);
- **наложенные** (рис. 8.3.4, 8.3.6).

Вынесенным называется сечение, которое выполняется вне контура изображения. И изображаются сплошной основной толстой линией. Эти сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 8.3.3).

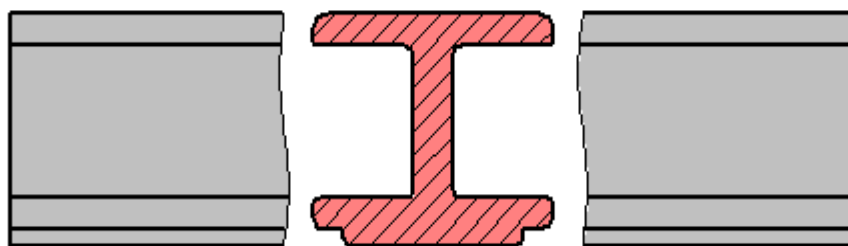


Рис. 8.3.3

Наложенные сечения изображают на проекции самого предмета сплошной тонкой линией (рис. 8.3.4).

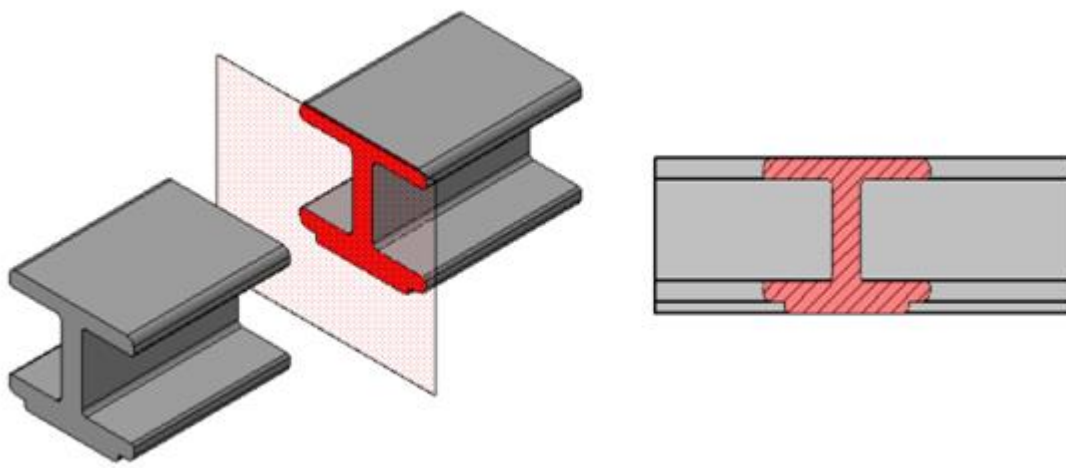


Рис. 8.3.4

Если сечение симметрично относительно своей оси, то положение секущей плоскости на чертеже не отмечают и сечение надписью не сопровождают для:

- вынесенных сечений, расположенных в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 8.3.3);

- наложенных сечений (рис. 8.3.4);
- вынесенных сечений, расположенных на продолжении следа секущей плоскости (рис. 8.3.5).

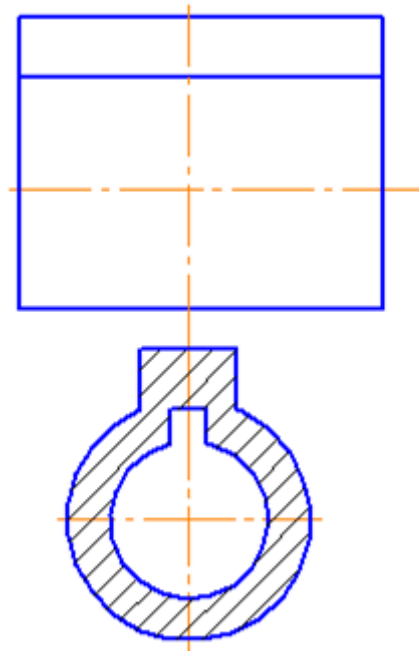


Рис. 8.3.5

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве вида или наложенных линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают (рис. 8.3.6).

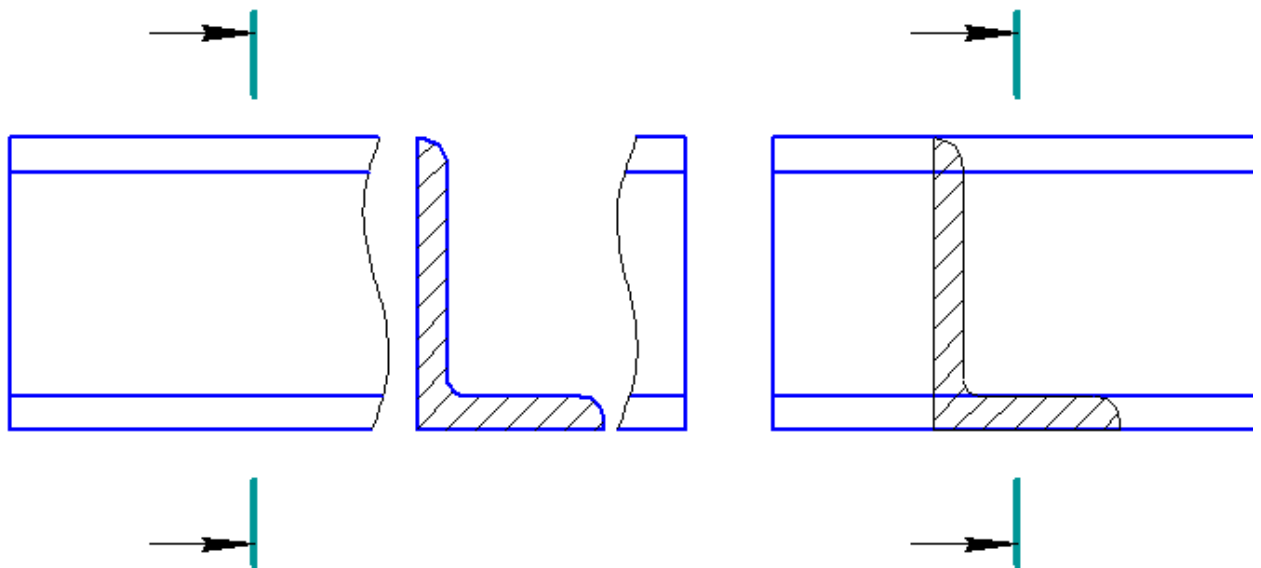


Рис. 8.3.6

В строительных чертежах при симметричных сечениях применяют разомкнутую линию с обозначением ее, но без стрелок, указывающих направление взгляда.

Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение (рис. 8.3.7).

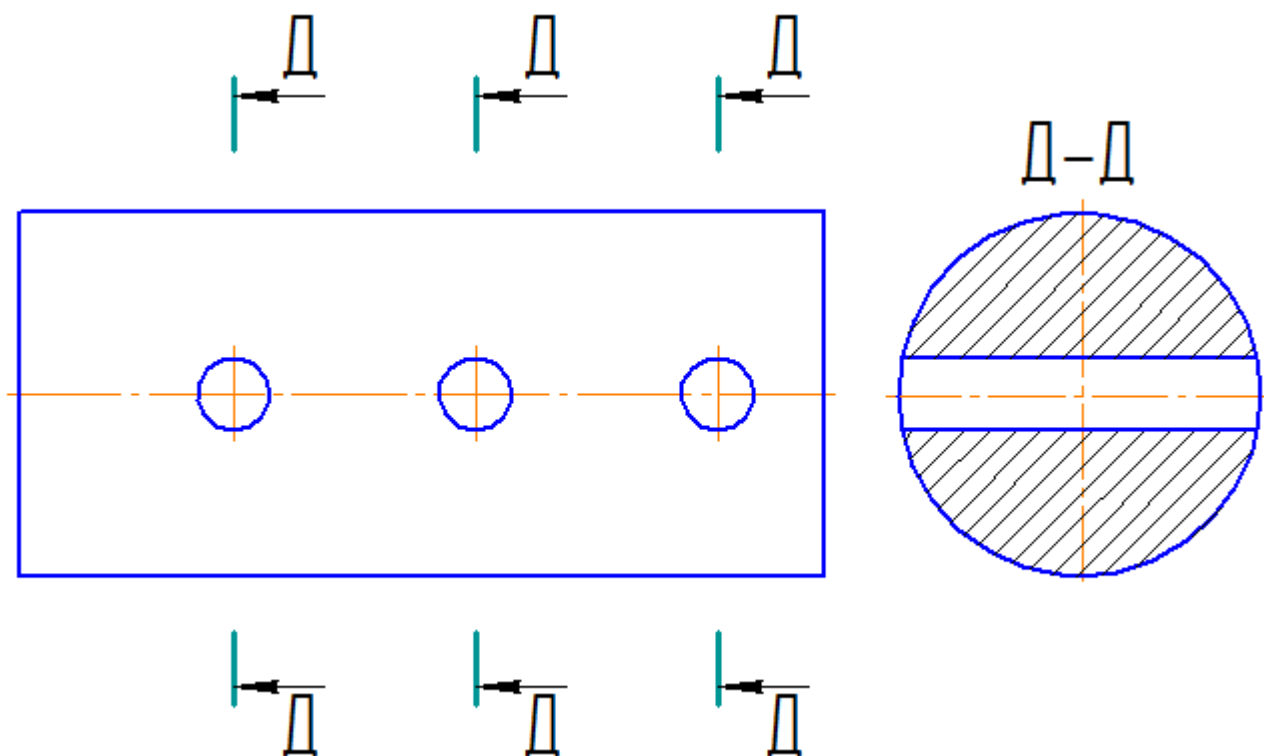


Рис. 8.3.7

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис. 8.3.8).

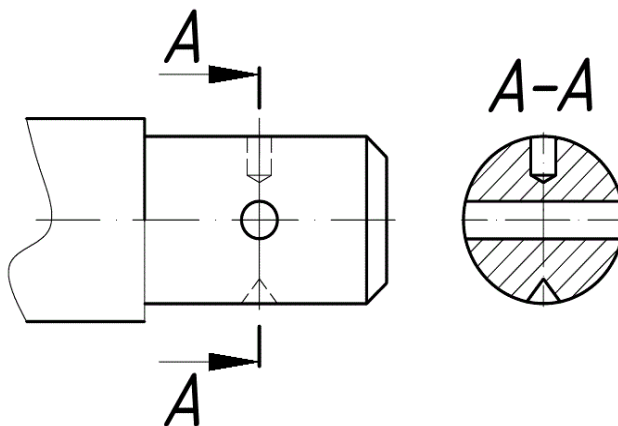


Рис. 8.3.8

Если сечение получается из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы.

Пример выполнения расчетно-графической работы

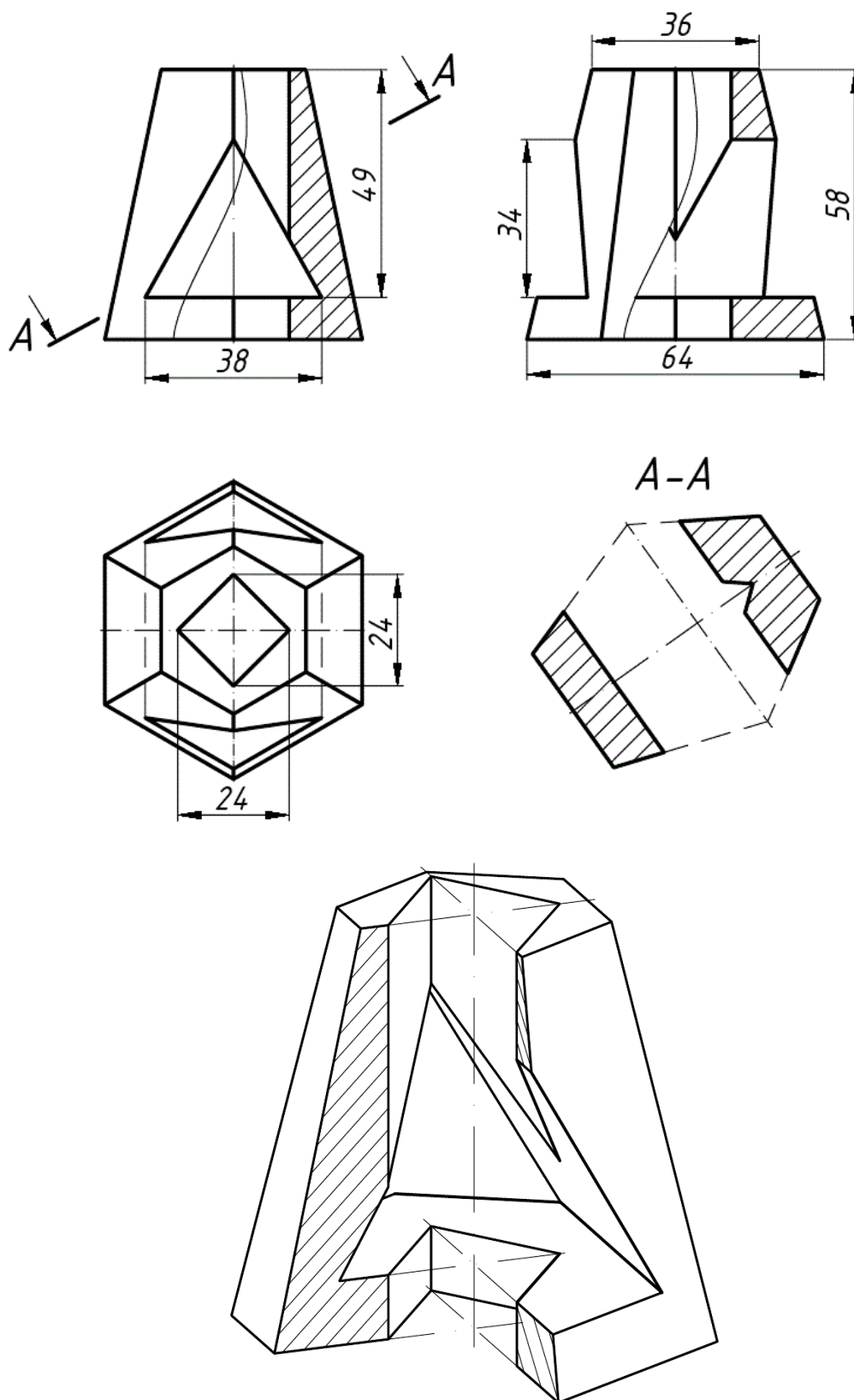


Рис. 8.3.9

Лекция 9

АксонOMETрические проекции. Общие сведения. Виды аксонOMETрических проекций. Прямоугольные аксонOMETрические проекции. Изометрическая проекция. Диметрическая проекция.

9.1. Общие сведения

Слово «аксонOMETрия» происходит от греческих слов «аксон» - ось и «метрео» - измеряю, что вместе означает измерение по осям. АксонOMETрическая проекция – это наглядное изображение предмета, которое состоит только из одной проекции (в отличие от ортогонального чертежа), полученное путем параллельного проецирования предмета на выбранную плоскость проекций, которую называют «картинной», вместе с прямоугольными осями координат, к которым он отнесен (рисунок 9.1.1). При проецировании предмет располагают по отношению к картинной плоскости так, чтобы на ней получилось изображение трех видимых его сторон, - обычно верхней, передней и левой (или правой). Проекции осей на плоскость называются аксонOMETрическими осями.

АксонOMETрические проекции достаточно наглядны, поэтому их широко применяют в качестве иллюстраций в учебных пособиях, технической литературе, различных инструкциях, на плакатах и при выполнении чертежей.

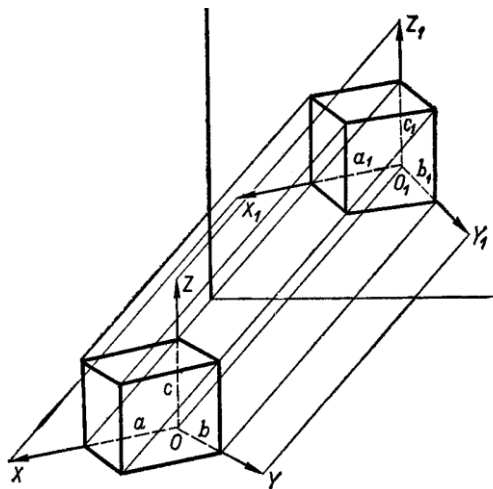


Рисунок 9.1.1

8.2. Виды аксонометрических проекций

Наглядность изображения на аксонометрических чертежах зависит от выбора направления проецирования. В зависимости от направления проецирующих лучей по отношению к плоскости проекций аксонометрические проекции делятся:

- на **прямоугольные** – проецирующие лучи перпендикулярны плоскости проекций;
- **косоугольные** – проецирующие лучи наклонны к плоскости проекций.

В свою очередь прямоугольные аксонометрические проекции делятся:

- на *изометрическую* проекцию, которая имеет единый масштаб (**коэффициент искажения**) для всех трех осей;
- *диметрическую* проекцию, имеющей одинаковые коэффициенты искажения по двум осям, а для третьей оси – особый;
- *триметрическую* проекцию, которая имеет разные коэффициенты искажения по всем трем осям.

Косоугольные аксонометрические проекции делятся на:

- *горизонтальную изометрическую*;
- *фронтальную изометрическую* (кавалерную);
- *фронтальную диметрическую* (кабинетную).

В данной лекции мы рассмотрим только прямоугольные аксонометрические проекции – изометрию и диметрию.

8.3. Прямоугольные аксонометрические проекции

8.3.1. Изометрическая проекция

Прямоугольную изометрию широко применяют в практике черчения. Слово **изометрия** означает *одинаковое измерение*. В прямоугольной изометрической проекции (рисунок 9.3.1.1) аксонометрические оси x , y , z образуют углы в 120° а коэффициенты искажения по всем трем осям

одинаковы и равны 0,82, т.е. размеры предмета по всем трем осям сокращаются в 0,82 раза (на 18%). Однако изометрическую проекцию для сокращения вычислительной работы, как правило, выполняют без искажения, коэффициент искажения округляют до 1 и называют его **приведенным**.

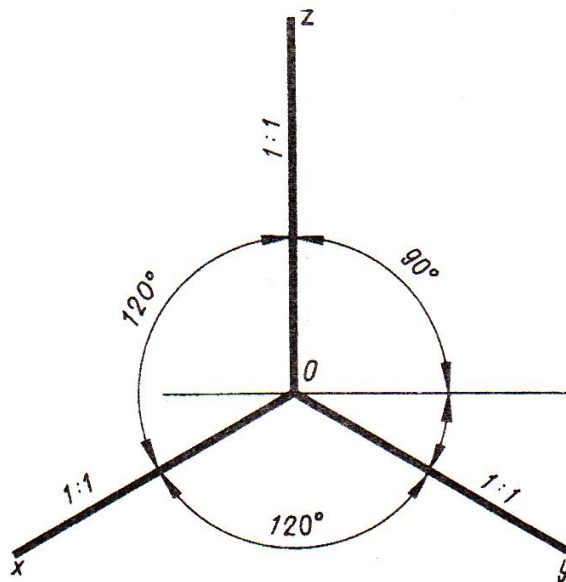


Рис. 9.3.1.1

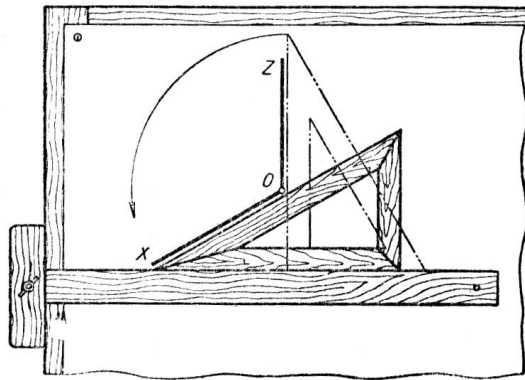
Построение осей при выполнении изометрической проекции.

Построение осей можно выполнять различными способами. Наиболее часто применяют построение при помощи угольника с углами 30, 60 и 90 °. Это построение, показанное на рисунке 9.3.1.2 а) и б), не требует особых пояснений.

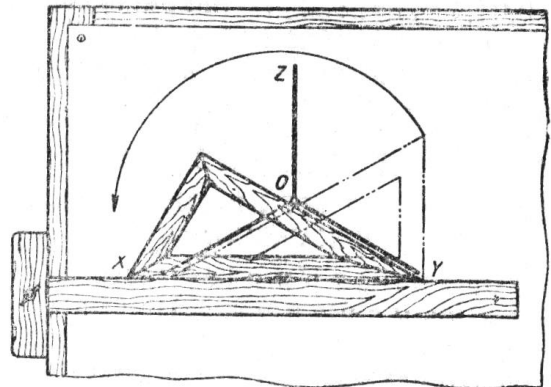
Построение осей в изометрии с помощью циркуля показано на рисунке 9.3.1.3, где радиус R взят произвольно.

На рисунке 9.3.1.4 показан способ построения осей x и y с использованием тангенса угла 30° . От точки O — точки пересечения аксонометрических осей - откладывают влево или вправо по горизонтальной прямой пять одинаковых отрезков произвольной длины и, проведя через

последнее деление вертикальную прямую, откладывают на ней вверх и вниз по три таких же отрезка. Полученные точки соединяют с точкой O .



а)



б)

Рисунок 9.3.1.2

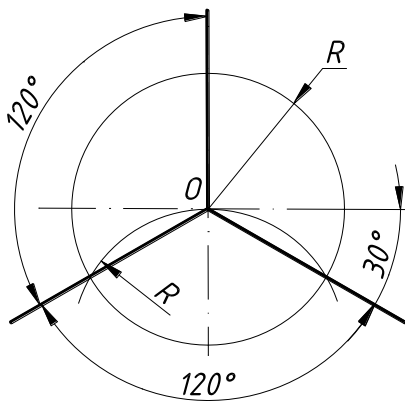


Рисунок 9.3.1.3

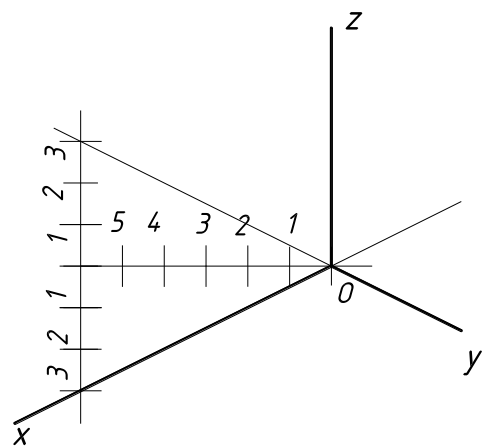
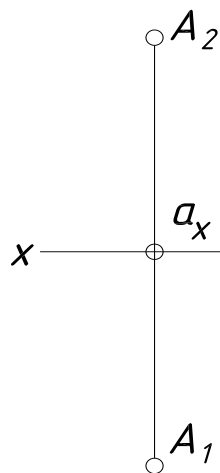


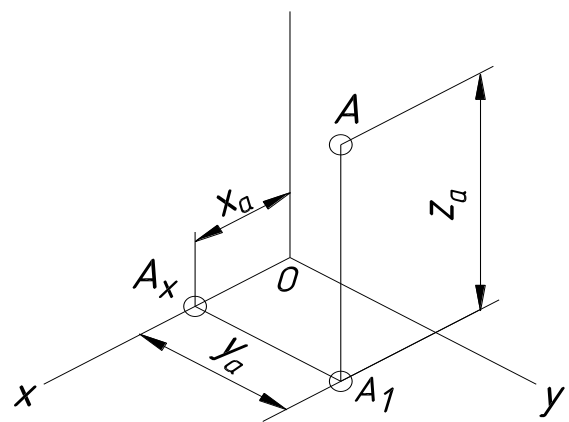
Рисунок 9.3.1.4

Изометрическая проекция точки

На рисунке 9.3.1.5 показано построение точки A в изометрии.



а)



б)

Рисунок 9.3.1.5

АксонOMETрические изображения проекций точки A на координатные плоскости называют **вторичными** проекциями. Сначала строят вторичную проекцию точки A на плоскость xOy .

Для этого от начала координат по оси Ox откладывают координату X_A (рисунок 9.3.1.5, б), получают вторичную проекцию точки A_x . Из этой точки параллельно оси Oy проводят прямую и на ней откладывают координату Y_A . Построенная точка A на аксонометрической плоскости будет вторичной проекцией точки A . Проведя из точки A прямую, параллельную оси Oz откладывают координату Z_A и получают точку A , т.е. аксонометрическое изображение точки A .

Изометрическая проекция отрезка

На рисунке 9.3.1.6 а) и б) показаны ортогональная и аксонометрическая проекции отрезка AB .

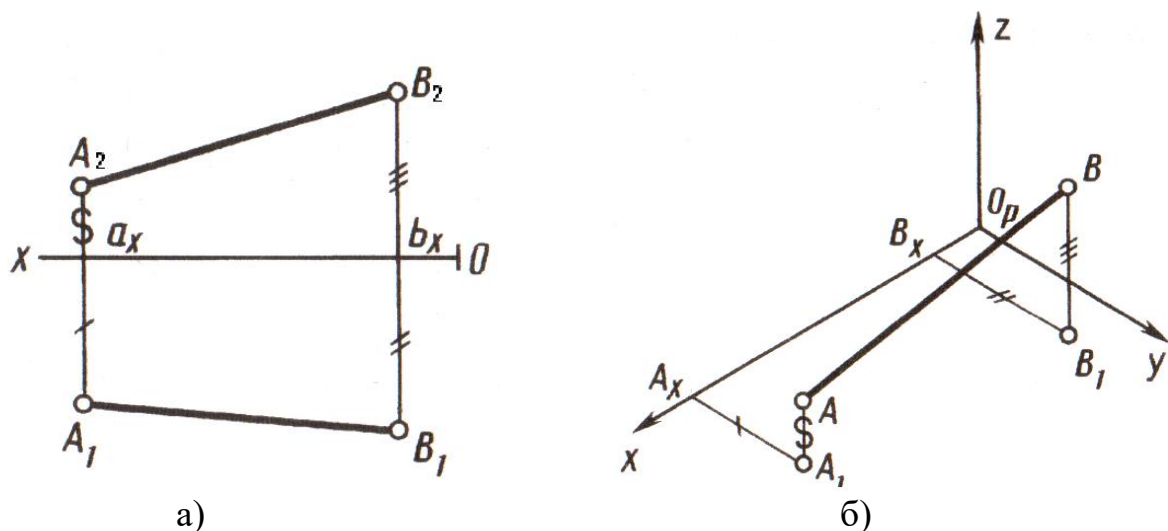


Рисунок 9.3.1.6

Изометрические проекции окружностей

При аксонометрическом проецировании окружность изображается в виде эллипса (рисунок 9.3.1.7). Направление главных осей эллипса зависит от положения плоскости, в которой расположена проецируемая окружность.

Если плоскость окружности параллельна плоскости, содержащей любые две аксонометрические оси, то направление осей эллипса определяют по направлению третьей аксонометрической оси. Большая ось эллипса перпендикулярна этой оси, а малая ей параллельна. $AB=1,22d$ – большая ось овала; $CD= 0,70d$ – малая ось овала; d -диаметр окружности.

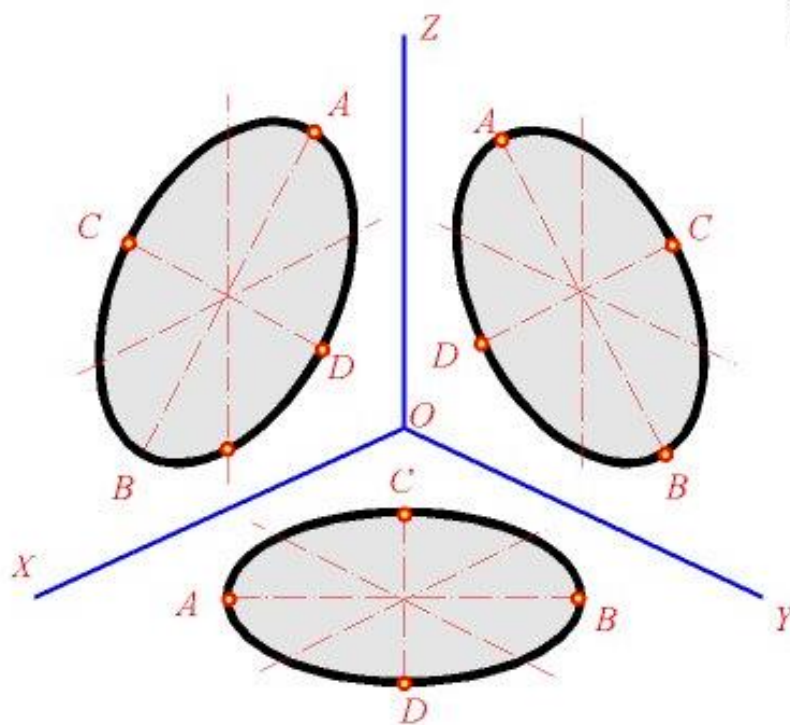


Рисунок 9.3.1.7

- 1-эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси y);
- 2-эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси z);
- 3-эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси x).

Обычно для упрощения построения аксонометрических проекций эллипсы заменяют очень близкими по начертанию овалами. **Овал** – это кривая, по очертанию похожая на эллипс, но строится она при помощи циркуля, что упрощает процесс построения. (рисунок 9.3.1.8)

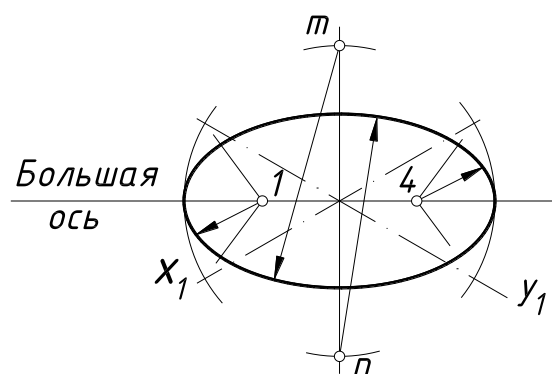


Рисунок 9.3.1.8

Эллипс можно построить по 8 точкам, которые затем соединяются при помощи лекала (рисунок 9.3.1.9).

Точки 1, 2, 3, 4 находят на соответствующих аксонометрических осях, а точки 5, 6, 7 и 8 строят по величинам соответствующих большой и малой осей эллипса.

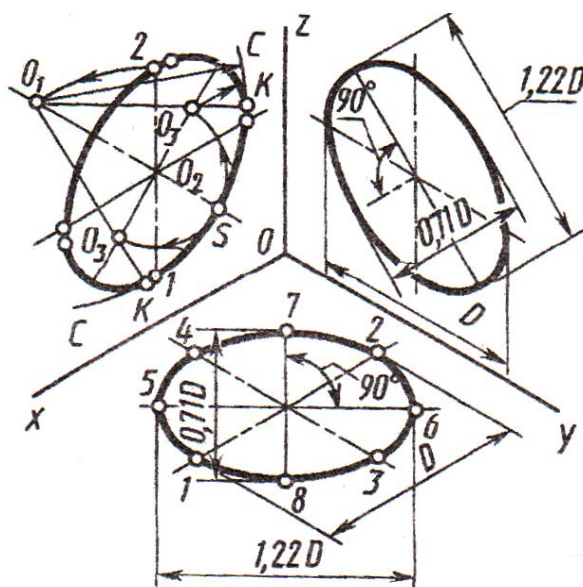


Рисунок 9.3.1.9

Изометрические проекции деталей простейших форм

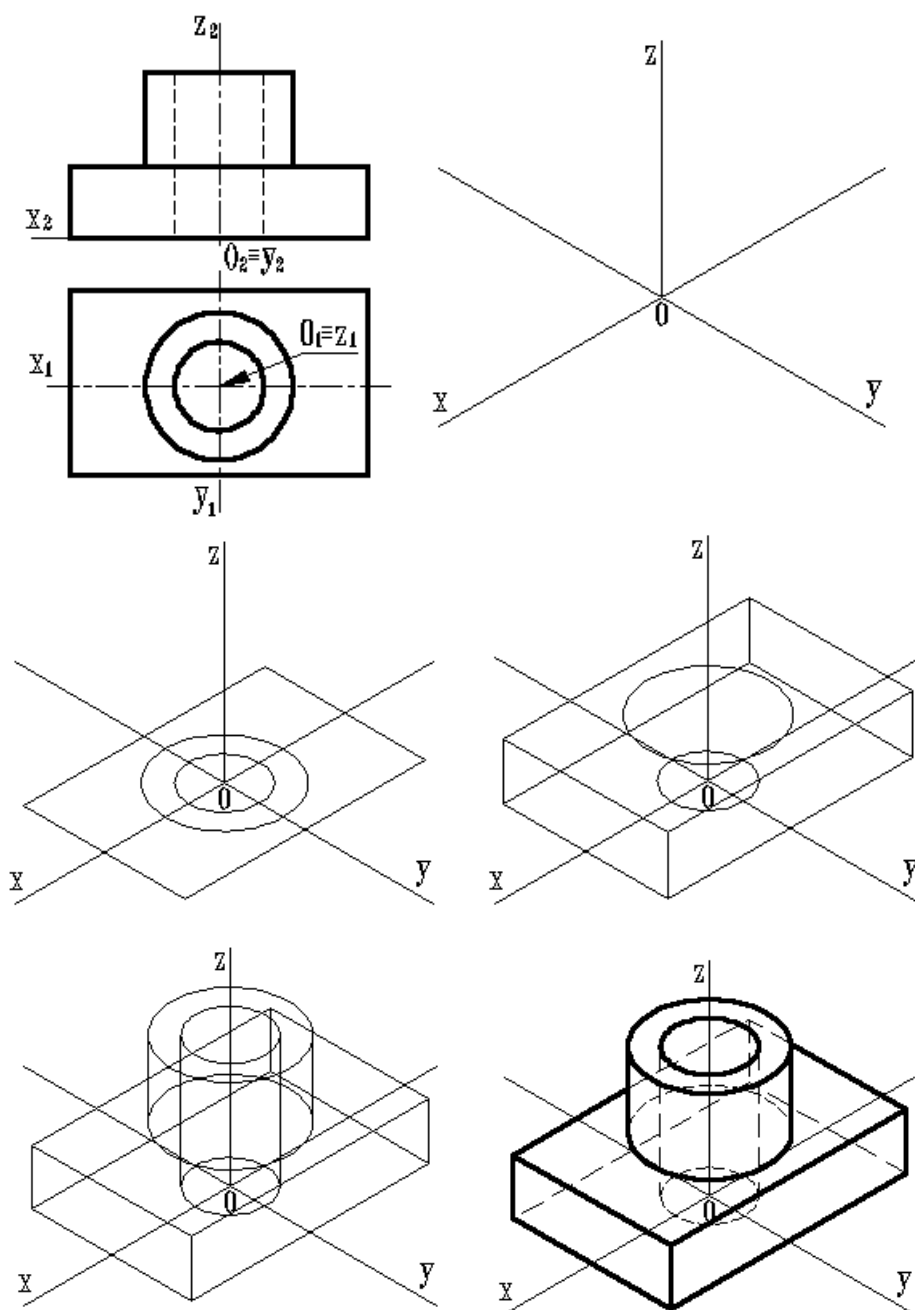
Всякую деталь машины можно расчленить на части, представляющие собой простые геометрические тела. Следовательно, зная построение изометрических проекций геометрических тел, можно, выполняя последовательно изометрические проекции составляющих деталь геометрических тел, построить изометрические проекции детали (рисунок 9.3.1.10).

1. На ортогональном чертеже размечают оси прямоугольной системы координат, к которой и относят данный предмет. Оси ориентируют так, чтобы они допускали удобное измерение координат точек предмета. Например, при построении аксонометрии тела вращения одну из координатных осей целесообразно совместить с осью тела.

2. Строят аксонометрические оси с таким расчетом, чтобы обеспечить наилучшую наглядность изображения и видимость тех или иных точек предмета.

3. По одной из ортогональных проекций предмета чертят вторичную проекцию.

4. Создают аксонометрическое изображение, для наглядности делают вырез четверти.



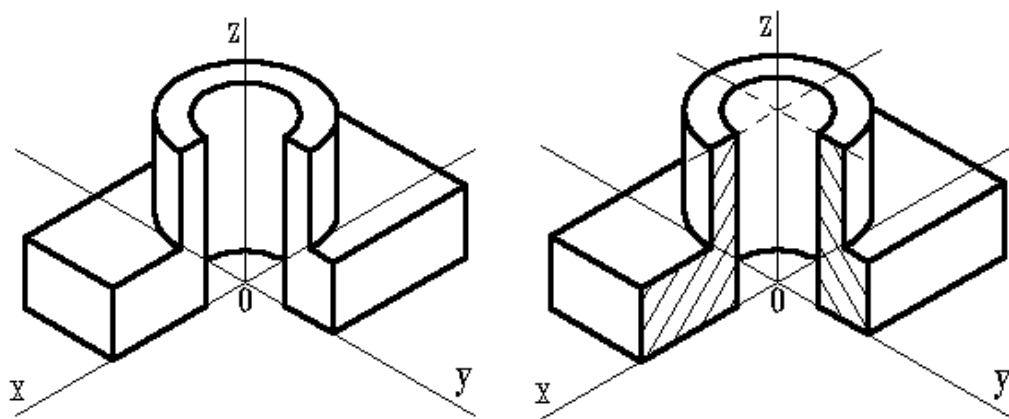


Рисунок 9.3.1.10

Изометрические проекции деталей с разрезами

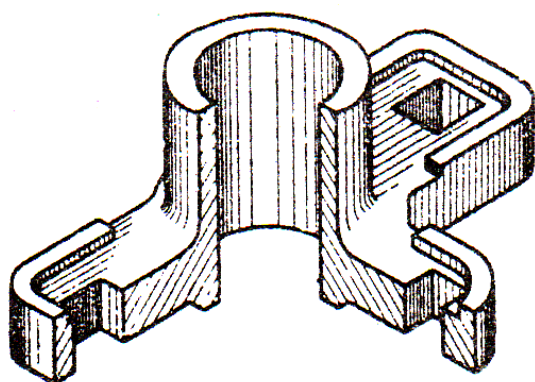


Рисунок 9.3.1.11

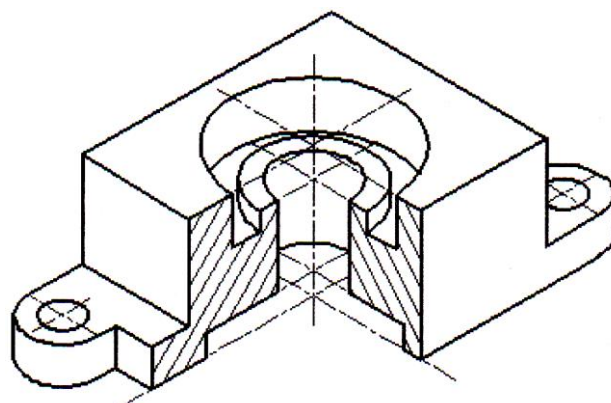


Рисунок 9. 3.1.12

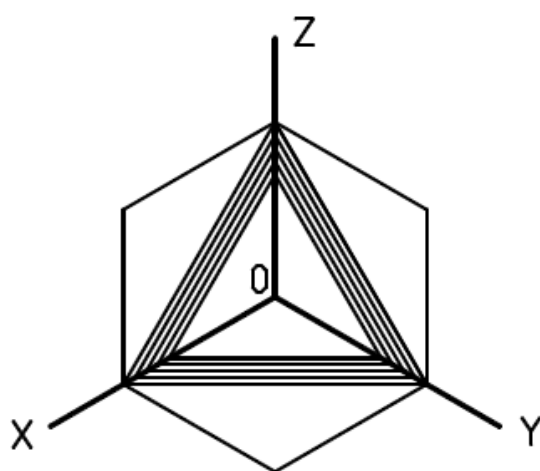


Рисунок 9.3.1.13

Линии штриховки сечения в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рисунок 9.3.1.13)

8.3.2 Диметрическая проекция

Слово **диметрия** означает «двойное измерение». Действительные коэффициенты искажения по оси y - 0,47, а по осям x и z - 0,94. В целях упрощения построений, как и в изометрических проекциях, приведенный коэффициент искажения по осям x и z принимают равным 1; по оси y коэффициент искажения равен 0,5. По осям x и z или параллельно им все размеры откладывают в натуральную величину, по оси y размеры уменьшают вдвое. Увеличение в этом случае составляет 6%.

На рисунке 9.3.2.1 показано расположение осей в прямоугольной диметрии.

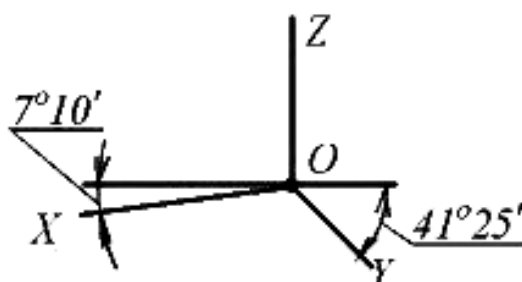


Рисунок 9.3.2.1

Построение осей при выполнении диметрической проекции

Построение осей при помощи циркуля.

1. Проводим ось z , отмечаем на ней точку O (начало координат), от которой отложим вниз один, а вверх два отрезка произвольной величины (например, равной k). Верхнюю точку обозначим буквой a . Из центра O радиусом $R = Oa = 2k$ проводим с левой стороны дугу (рис. 9.3.2.2, а).

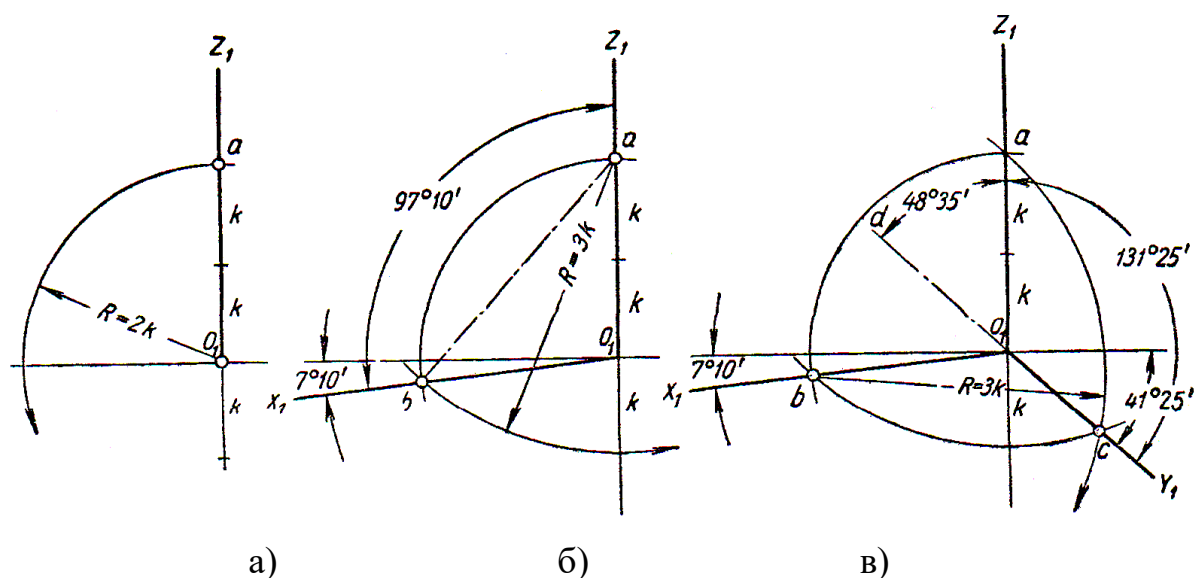


Рис. 9.3.2.2

2. Из центра a радиусом $1,5R = 3k$ проводим вторую дугу, которая пересечет первую дугу в точке b . Из точки O проводим через точку b ось x . Она будет наклонена к горизонтальной вспомогательной оси на угол $7^\circ 10'$ (рис. 9.3.2.2, б).

3. Из центра b тем же радиусом $1,5R = 3k$ проводим третью дугу, которая пересечет вторую в точке c . Из точки O проводим через точку c ось y . Она будет наклонена к горизонтальной вспомогательной оси на угол $41^\circ 25'$ (рис. 9.3.2.2, в).

На рис. 9.3.2.3 показан следующий способ построения осей: от точки O — пересечения диметрических осей откладывают влево и вправо 8 одинаковых отрезков произвольной длины и, проведя через последнее деление вертикальные прямые откладывают на них слева вниз один отрезок, справа вниз семь отрезков. Полученные точки соединяют с началом координат.

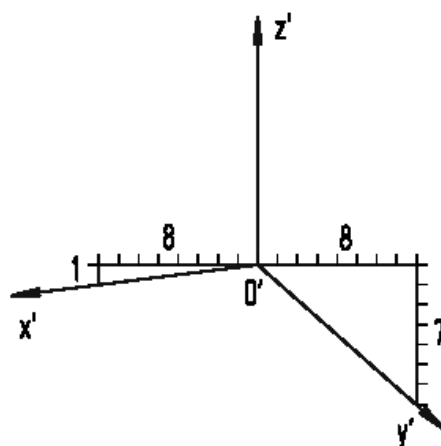


Рис. 9.3.2.3

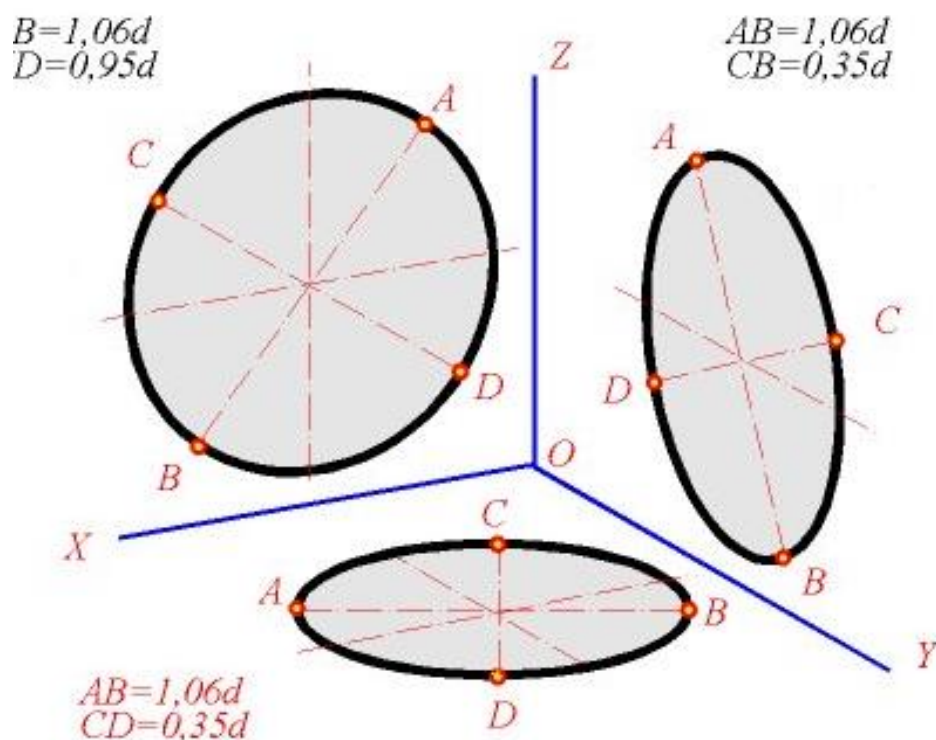
Диметрические проекции окружностей

Диметрическими проекциями окружностей являются эллипсы, большие оси которых имеют направление, перпендикулярное к свободным от построения осям координат, а малые – перпендикулярное к большим осям.

В приведенной диметрической проекции длина больших осей всегда равна 1,06 диаметра окружности, а малых – 0,35 диаметра окружности для эллипсов, лежащих в плоскостях Π_1 и Π_3 , и 0,94 диаметра окружности для эллипсов, лежащих в плоскости Π_2 (рис. 8.3.2.4).

Построение эллипсов в диметрической проекции, точно так же как и в изометрической, можно производить по восьми точкам, которые затем соединяются при помощи лекала. Четыре точки соответствуют большой и малой осям эллипсов, расстояние $OM = D/2$, которое откладывается в две стороны от центра эллипса на оси параллельной оси x (получаются еще две точки) и расстояние $ON = D/4$, которое так же откладывается в две стороны от центра эллипса на оси параллельной оси y (еще две точки).

Разберем пример построения диметрической проекции окружности, расположенной параллельно фронтальной плоскости проекций (рисунок 9.3.2.5 а).



- 1-эллипс (большая ось расположена под углом 90^0 к оси y);
 2-эллипс (большая ось расположена под углом 90^0 к оси z);
 3-эллипс (большая ось расположена под углом 90^0 к оси x)

Рисунок 9.3.2.4

Через точку O проводим оси, параллельные осям x и z . Из центра O радиусом, равным радиусу данной окружности, проводим вспомогательную окружность, которая пересекается с осями в точках 1,2,3,4.

Из точек 1 и 3 (по направлению стрелок) проводим горизонтальные линии до пересечения с осями AB и CD овала и получаем точкам O_1 , O_2 , O_3 и O_4 . Приняв за центры точки O_1 и O_4 радиусом R , проводим дуги 12 и 34. Приняв за центры точки O_2 и O_3 , проводим радиусом R_1 замыкающие овал дуги 23 и 14.

Разберем упрощенное построение диметрической проекции окружности, лежащей в профильной плоскости проекций (рисунок 9.3.2.5,в).

Через намеченную точку O проводим прямые, параллельные осям x и z , а также большую ось овала AB перпендикулярно малой оси CD . Из центра O

радиусом, равным радиусу данной окружности, проводим вспомогательную окружность и получаем точки n и n_1 .

На прямой, параллельной оси x , вправо и влево от центра O откладываем отрезки, равные диаметру вспомогательной окружности, и получаем точки O_1 и O_2 . Приняв эти точки за центры, проводим (по направлению стрелок) радиусом $R = O_1n = O_2n_1$ дуги овалов. Соединяя точку O_2 прямыми с концами дуги n_1O_2 на линии большой оси AB овала, получим точки O_3 и O_4 . Приняв их за центры, проводим радиусом R_1 замыкающие овал дуги.

На рисунке 9.3.2.5,б показано аналогичное упрощенное построение диметрической проекции окружности, расположенной в горизонтальной плоскости проекций.

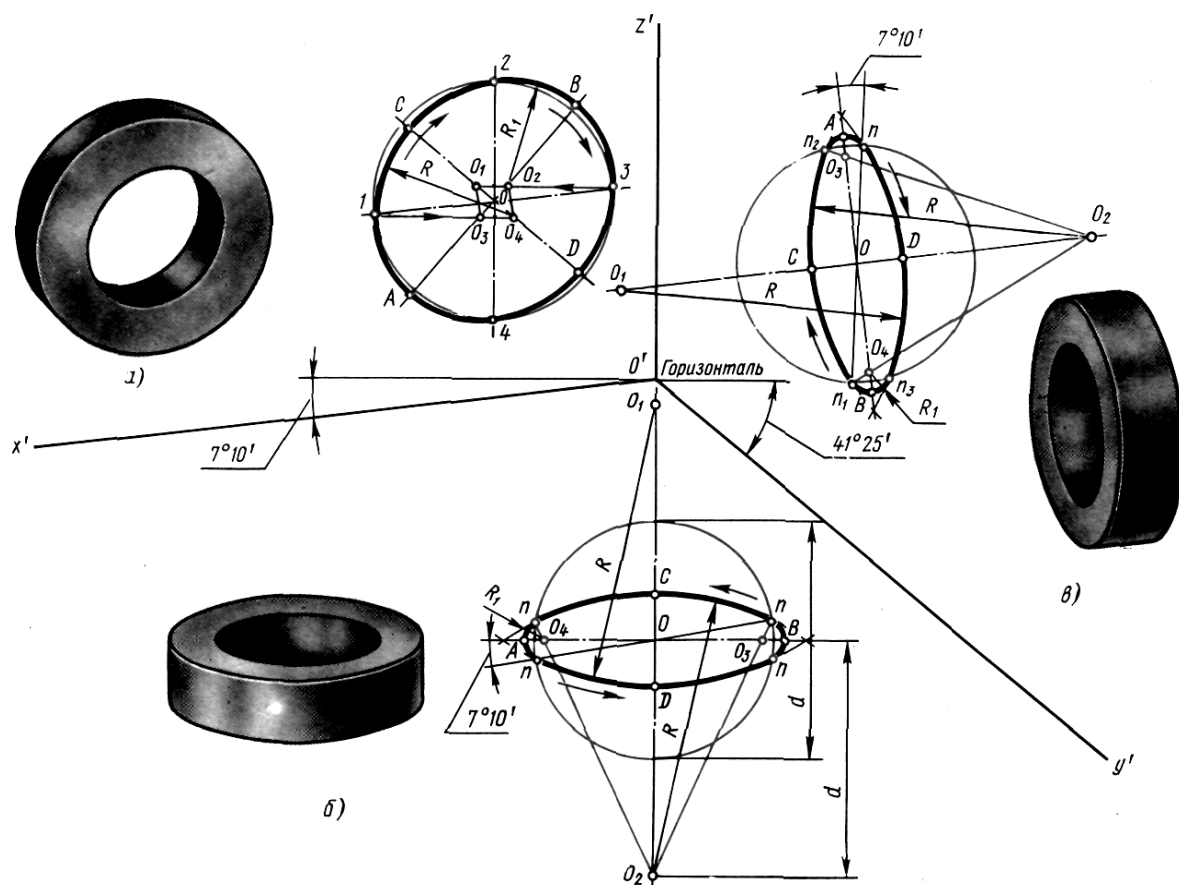


Рисунок 9.3.2.5

Диметрические проекции деталей с разрезами

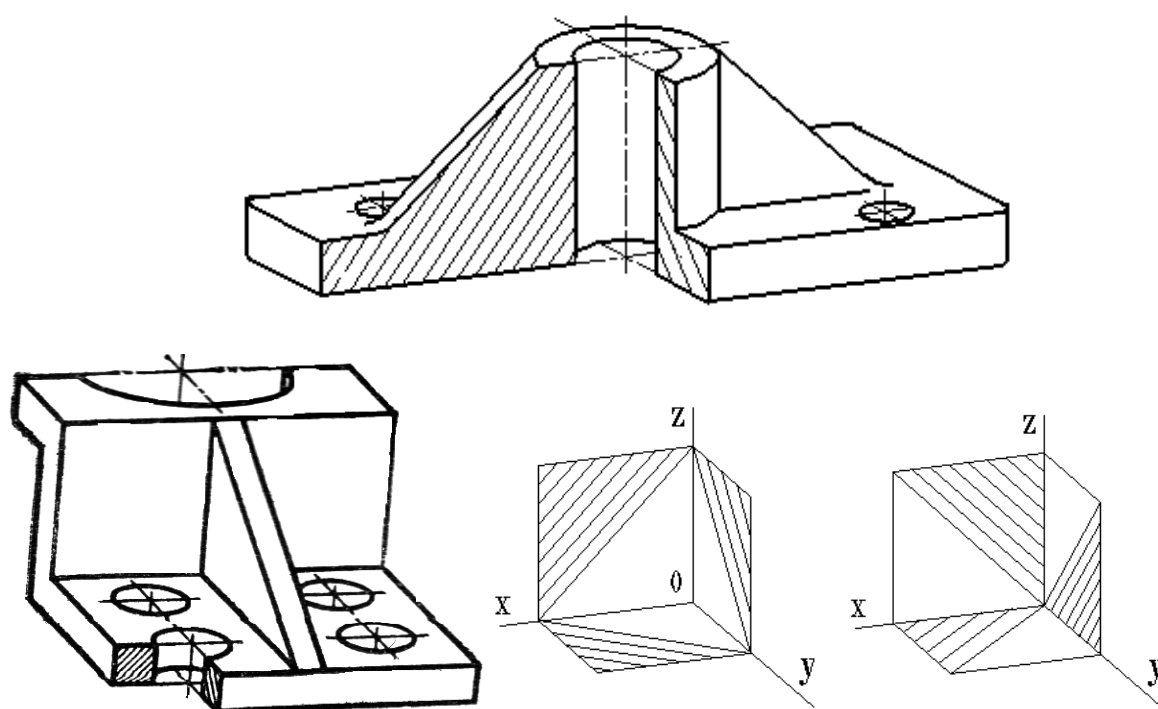


Рис. 9.3.2.6

Литература

1. Начертательная геометрия: Учеб.для вузов/Н.Н. Крылов, Г.С. Иконникова, В.Л. Николаев, Е.В. Васильев; Под ред. Н.Н. Крылова. – 9-е изд., стер. – М.: Высш. Шк., 2006. – 224 с.: ил.
2. Тени, аксонометрия, перспектива: электронный конспект лекций / В.А. Короткий. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 127 с.
3. Перспектива. Тени в перспективе. Учебное пособие к практическим и лабораторным занятиям по начертательной геометрии и инженерной графике/ Составители: Гимадеев М.М., Коробова А.Г., Рзаева Т.В. – Набережные Челны: Издательско-полиграфический центр Набережночелнинского института (филиал) К(П)ФУ, 2013 – 58 с.
4. З.О. Галлямова. Проекция с числовыми отметками. Учебное пособие. Казань: КГАСУ, 2011. – 86 с.
5. Начертательная геометрия: Учеб.для вузов/Н.Н. Крылов, Г.С. Иконникова, В.Л. Николаев, Е.В. Васильев; Под ред. Н.Н. Крылова. – 9-е изд., стер. – М.: Высш. Шк., 2006. – 224 с.: ил.
6. Тени, аксонометрия, перспектива: электронный конспект лекций / В.А. Короткий. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 127 с.
7. Перспектива. Тени в перспективе. Учебное пособие к практическим и лабораторным занятиям по начертательной геометрии и инженерной графике/ Составители: Гимадеев М.М., Коробова А.Г., Рзаева Т.В. – Набережные Челны: Издательско-полиграфический центр Набережночелнинского института (филиал) К(П)ФУ, 2013 – 58 с.
8. З.О. Галлямова. Проекция с числовыми отметками. Учебное пособие. Казань: КГАСУ, 2011. – 86 с.
9. Начертательная геометрия: конспект лекций: В 2 ч./ Ю.И. Садовский [и др.]. Часть 2. «Метрические задачи. Однокартинные изображения» - Минск: БНТУ, 2009. - Ч.2. – 115 с.
10. Дергунов В.И., Лагунова М.В., Румянцев Е.В. Инженерные задачи в строительстве на чертежах с числовыми отметками: Учебное пособие.– Н.Новгород: Нижегород. гос.архит.-строит. университет, 2011.–48с.
11. Строительное черчение и рисование: учебник для строит. спец. вузов / Будасов Б.В.; под общ. ред. Б.В.Будасова .- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1981 .- 446 с.: ил.

12. Кузнецов, Н.С., Начертательная геометрия, учебник для студ. строит. спец. вузов, М., БАСТЕТ, 2011, 3-е изд., репринт., 264 с.
13. Короев, Ю.И. Черчение для строителей: учебник для уч-ся нач. проф. образования.- 10-е изд., стер. - М. : Высш.шк., 2009.- 256 с. : ил.
14. Лалетин В.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Часть 1: учебно-методическое пособие / Л.Г. Боброва, В.В. Микова. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 82 с.: ил. ISBN 978-5-88151-982-7.
15. Проекция с числовыми отметками: методические указания к самостоятельной работе студентов /Сост.: А.Ю. Лапшов, Л.Л. Сидоровская, В.И. Чурбанов – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 41 с.
16. Инженерная графика. Методические указания к практическим занятиям для студентов заочного обучения. Составитель: Трифонова В. В. Иркутск: Изд.- во ИрГТУ, 2008 г. – 70 с.
17. Балягин С.Н. Черчение: справ.пособие / С.Н. Балягин. – 4-е изд., доп. – М.: Астрель, 2005. – 421 [3]с.: ил.
18. <https://cadinstructor.org/books/> - электронный ресурс с электронными учебно-методическими комплексами по графическим дисциплинам.
19. Конспект лекций по начертательной геометрии для студентов строительных специальностей: Учебно-методическое пособие к практическим и лабораторным занятиям по начертательной геометрии и инженерной графике /Составители: Ахметов Н.Д., Кривошеев В.А.,Коробова А.Г., Валиахметова Л.Н. - Набережные Челны: Изд-во НЧИ К(П)ФУ, 2017. 105 с.
20. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 2.305-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Изображения – виды разрезы, сечения.
21. Аксонометрические проекции: Методическое пособие к практическим и лабораторным занятиям по начертательной геометрии и инженерной графике /Составители: Коробова Н.Г., Кривошеев В.А., Рзаева Т.В. - Набережные Челны: Изд-во ИНЭКА, 2010. - 28 с.

