

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Г.П. Сараева

Г Р А Ф И К А

Учебное пособие

Часть 1

Томск 2004

ББК 38.28 я 73
С 20

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
Томского государственного
педагогического университета

С 20 Сараева Г.П. Графика: Учебное пособие (часть 1). Томск: Центр учебно-методической литературы Томского государственного педагогического университета, 2004. 100 с.

Материалы подготовлены в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта.

В учебном пособии рассматриваются вопросы изображения на чертеже геометрических фигур (точек, линий, плоскостей, поверхностей), их взаимного расположения и пересечения. Изучаются правила определения натуральной величины фигуры и положение ее в пространстве; требования по оформлению чертежей, правила выполнения чертежей отдельных деталей и выполнения технических рисунков деталей.

Пособие подготовлено на кафедре прикладной механики ТГПУ и предназначена для студентов специальности 03.06.00 «Технология и предпринимательство».

ББК 38.28 я 73

Илл. 111. Табл. 1.

Рецензенты: Каминская С.С. – доцент кафедры прикладной механики Томского политехнического университета
Лебедева Л.Н. – старший преподаватель кафедры инженерной и компьютерной графики Томского политехнического университета

© Сараева Г.П., 2004

© Томский государственный педагогический университет, 2004

Введение

Графика включает в себя как элементы начертательной геометрии (теоретические основы построения чертежей геометрических фигур), так и технического черчения (составления чертежей изделий).

В результате изучения первой части графики студент должен:

- усвоить теоретические основы построения изображений точек, прямых, плоскостей и поверхностей на плоскости;
- ознакомиться с решением задач (частные случаи) на взаимную принадлежность и взаимное пересечение геометрических фигур;
- изучить способы построения изображения простых предметов и относящиеся к ним условности;
- приобрести навыки выполнения технических рисунков.

Знания по графике развивают способность к пространственному воображению.

В процессе изучения графики студенты осваивают основные требования, в которых установлены правила и положения по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации.

В данном издании приняты следующие обозначения:

1. Точка в пространстве – заглавными буквами латинского алфавита – А, В, С....
2. Линии в пространстве – по точкам, определяющим данную линию – АВ, CD...
3. Углы – прописными буквами греческого алфавита – α , β , γ .
4. Плоскости – прописными буквами латинского алфавита – Р, R, Q...
5. Поверхности – прописными буквами греческого алфавита – Ψ , Φ , Ω .
6. Плоскости проекций:
горизонтальная – Н;
фронтальная – V;
профильная – W.
7. Центр проецирования – буквой S.
8. Оси проекций обозначаются буквами:
абсцисс – x;
ординат – y;
апликат – z.
9. Начало координат – заглавной буквой O.
10. Новые оси проекций, полученные при замене плоскостей проекций – x_1 , x_2
11. Проекция линии – по проекциям точек, определяющим линию – ab, a' b' , a'' b''.

12. Совпадение, тождество – \equiv .
13. Совпадение, равенство – $=$.
14. Параллельность – \parallel .
15. Перпендикулярность – \perp .
16. Скрещивание – \times .
17. Отображение – \rightarrow .
18. Принадлежность элемента множеству – \in .
19. Пересечение множеств – \cap .
20. Логическое следствие – \Rightarrow .

Глава 1. История графики

Графические изображения появились на ранних ступенях развития человеческого общества. Судя по тем из них, которые дошли до нашего времени, они были тесно связаны с производством и ремеслом.

Первые изображения выполнялись простейшими инструментами в виде рисунков, отражающих только внешнюю форму предметов. Дальнейшее развитие производственной деятельности человека потребовало более точного изображения пространственных предметов. Строительство различных сооружений требовало их предварительного изображения на плоскости. При строительстве сооружений античного мира использовались планы и другие изображения возводимых сооружений.

Одновременно с развитием графических изображений развивалась наука, определяющая правила и теорию этого процесса. Первые труды в этом направлении появились в V–III веках до нашей эры. Это работы Гиппократы, Пифагора, Архимеда и др.

В конце XVIII века французский ученый Гаспар Монж (1746–1818) обобщил ранее накопленный опыт по теории и практике изображений и создал стройную научную дисциплину о прямоугольных проекциях. В 1798 году он издал свой труд «Начертательная геометрия», в котором предложил рассматривать плоский чертеж, состоящий из двух проекций, как результат совмещения двух взаимно перпендикулярных плоскостей проекций. Это совмещение достигается путем вращения плоскостей вокруг прямой их пересечения, получившей впоследствии название «оси проекций».

Развивалась графика и в Древней Руси. Сохранились «Чертеж Московского кремля» (1600 г.), «Чертежная книга Сибири», составленная Семеном Ремезовым в 1701 г., которые выполнены по соответствующим правилам.

Большой толчок в развитии способов изображения вызвало развитие техники и связанного с ним изобретательства и открытий. В 1763 г. И.И. Ползунов изготовил чертеж изобретенной паровой машины, сохранились чертежи механика-самоучки И.П. Кулибина.

С 1810 г. в Петербургском институте инженеров путей сообщения начал преподаваться курс начертательной геометрии профессором Я.Н. Севастьяновым (1796–1849). Значительный вклад в развитие научных исследований в области выполнения графических изображений, а также преподавания начертательной геометрии и черчения в вузах страны сделали профессор Н.А. Рынин (1887–1943), профессор В.О. Гордон (1892–1971), академик Н.Ф. Четверухин (1891–1974) и др.

Глава 2. Метод проецирования

Изображения объектов трехмерного пространства на плоскости получают методом проецирования.

Аппарат проецирования включает в себя проецируемый объект, проецирующие лучи и плоскость, на которой получается изображение объекта.

2.1. Центральное проецирование

Центральное проецирование представляет собой общий случай проецирования геометрического образа на заданную плоскость из выбранного центра, не лежащего в этой плоскости. Точка S – центр проецирования, плоскость P – плоскость проекций (Рис. 2.1.). Для получения центральной проекции точки через нее (т. A) и центр проецирования (S) проводят проецирующую прямую. Точка пересечения этой прямой с плоскостью проекций является центральной проекцией заданной точки на выбранную плоскость – a_p .

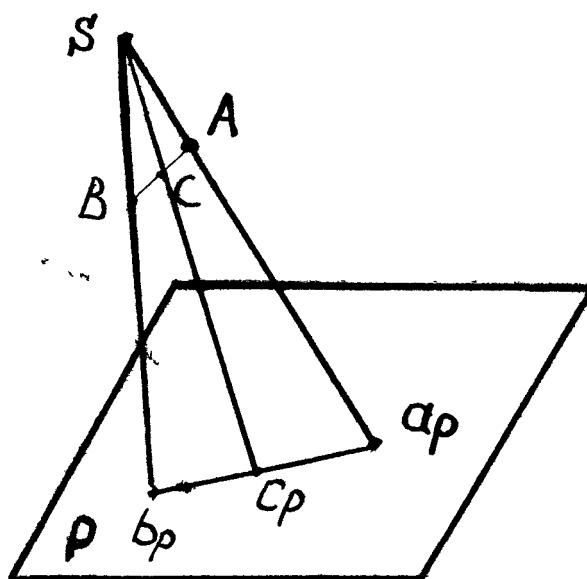


Рис. 2.1

Одна точка в пространстве имеет одну центральную проекцию. Но одна центральная проекция точки не позволяет однозначно определить положение точки в пространстве, т.е. при центральном проецировании отсутствует обратимость чертежа, и для обеспечения обратимости чертежа нужны дополнительные условия.

Свойства центрального проецирования:

- а) точка проецируется в точку;
- б) прямая, не проходящая через центр проецирования проецируется в прямую (проецирующая прямая – в точку);

в) взаимная принадлежность фигур при проецировании не нарушается: если, например, в пространстве точка C расположена на прямой AB , то проекция этой точки c_p также расположится на проекции этой прямой $a_p b_p$.

Центральные проекции, обладая большой наглядностью, имеют и недостатки, заключающиеся в сложности построения изображения предмета и определения его истинных размеров.

Центральное проецирование используется при построении перспектив зданий, в живописи, по этому же принципу работают фото- и кинокамеры и т.д.

2.2. Параллельное проецирование

Параллельное проецирование является частным случаем центрального, когда центр проецирования удален в бесконечность (S_∞) и все проецирующие прямые параллельны заданному направлению S (рис. 2.2).

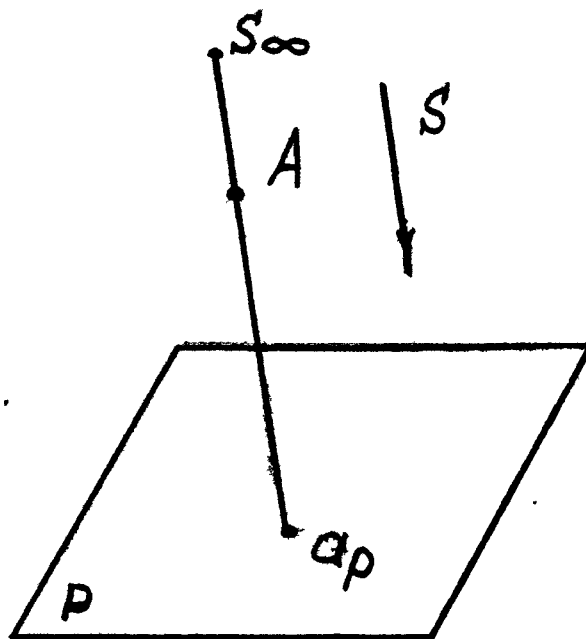


Рис. 2.2

При параллельном проецировании сохраняются все свойства центрального проецирования, которые дополняются новыми:

1. Параллельные проекции взаимно параллельных прямых параллельны, а отношение длин отрезков этих прямых равно отношению длин их проекций.

2. Плоская фигура, параллельная плоскости проекций, проецируется на эту плоскость в такую же фигуру.

Параллельные проекции, как и центральные, не обеспечивают обратимости чертежа.

Параллельные проекции бывают:

- косоугольные, когда направление проецирования не перпендикулярно к плоскости проекций ($\varphi \neq 90^\circ$)
- прямоугольные (ортогональные), когда направление проецирования перпендикулярно к плоскости проекций ($\varphi = 90^\circ$)

2.3. Ортогональное проецирование и комплексные чертежи. Основные плоскости проекций

Ортогональное (прямоугольное) проецирование является частным случаем параллельного проецирования, когда направление проецирования перпендикулярно к плоскости проекций P , в остальных случаях – косоугольное.

Чертеж в системе прямоугольных проекций образуется при проецировании предмета не на одну, а на две или три перпендикулярные плоскости проекций. Этот способ является частным случаем параллельного проецирования, при котором направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций. Прямоугольной (ортогональной) проекцией точки называют основание перпендикуляра, проведенного из точки на плоскость проекций.

Осуществлять проецирование на две взаимно перпендикулярные плоскости впервые предложил Гаспар Монж.

Такое проецирование обеспечивает обратимость чертежа, т.е. однозначное определение положения точки в пространстве по её проекциям. Одну из плоскостей принято располагать горизонтально – её называют основной горизонтальной плоскостью проекций H , другую – ей перпендикулярно. Такую вертикальную плоскость называют фронтальной основной плоскостью проекций V . Эти плоскости проекций пересекаются по линии, называемой осью проекций (рис. 2.3).

Для получения проекций точки на плоскости опускаем из точки A в пространстве проецирующие лучи до пересечения с плоскостями H и V . Проецирующие лучи образуют плоскость P , которая перпендикулярна плоскостям H и V и пересекает эти плоскости по прямым, перпендикулярным оси проекций, а саму ось в точке a_x , т.е. прямые aa_x и $a'a_x$ и ось x взаимно перпендикулярны.

Две проекции точки определяют её положение в пространстве относительно заданной системы взаимно перпендикулярных плоскостей проекций.

Данное наглядное изображение точки не удобно ввиду сложности, поэтому ввели комплексные чертеж.

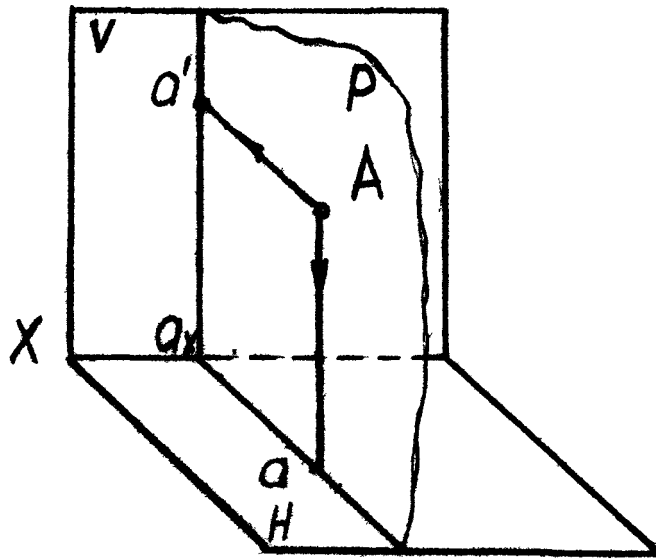


Рис. 2.3

2.4. Комплексный чертёж. (Эпюр Монжа)

Для получения комплексного чертежа совмещаем горизонтальную плоскость проекций с фронтальной плоскостью проекций, путём поворота вокруг оси X на угол 90° :

a – горизонтальная проекция

a' – фронтальная проекция

$a'a_x$, aa_x – линии связи

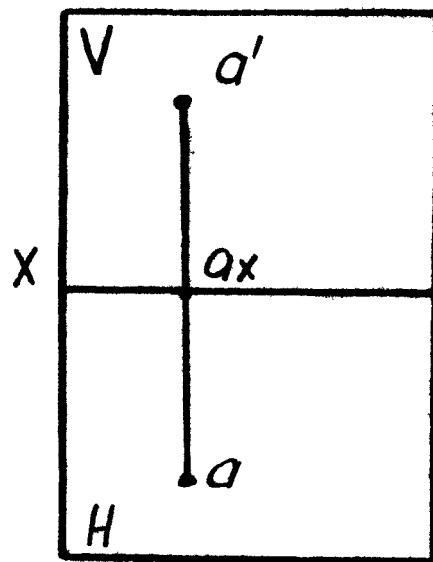


Рис. 2.4

Глава 3. Точка

3.1. Комплексный чертёж точки на Н, V, W

Рассмотрим наглядное изображение точки в системе плоскостей Н, V, W (рис.3.1).

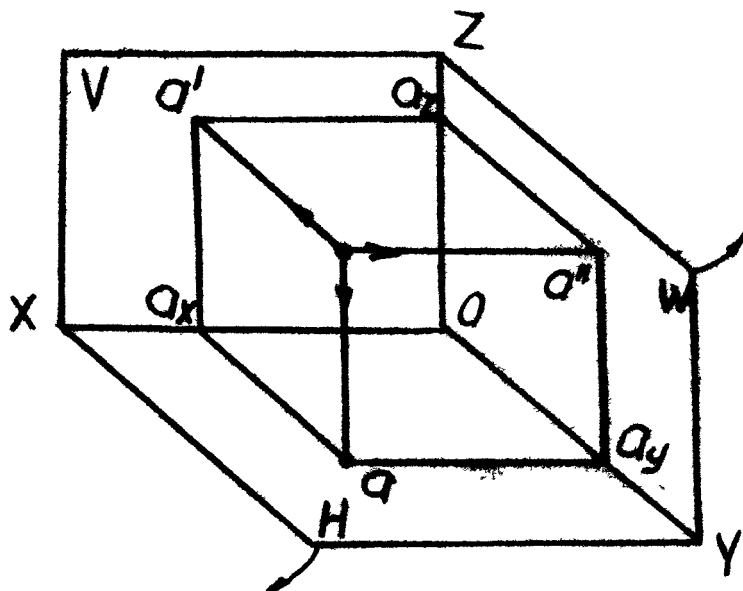


Рис. 3.1

На данном чертеже мы видим три плоскости проекций, W – профильная плоскость проекций, которая перпендикулярна V и H. На трех плоскостях мы имеем три точки A:

a – горизонтальная

a' – фронтальная

a'' – профильная

На рис. 3.1 показана схема совмещения плоскостей H, V, и W в одну плоскость. Для оси Y два положения.

Построение профильной проекции точки показано на рис. 3.2

Положение точки в пространстве задается при помощи трёх её координат, т. е. трёх чисел, выражающих расстояние от этой точки до плоскостей проекций. Запись координат точки производят в такой форме A (x, y, z).

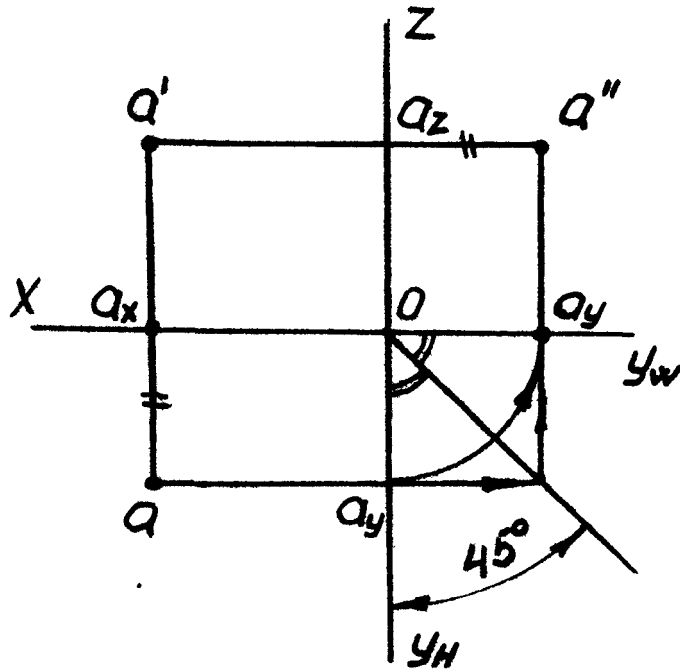


Рис. 3.2

3.2. Проецирование точки на дополнительную плоскость проекций

Иногда целесообразно использовать дополнительные плоскости проекций, непараллельные основным плоскостям проекций, проекция на дополнительную плоскость проекций называется дополнительной проекцией точки.

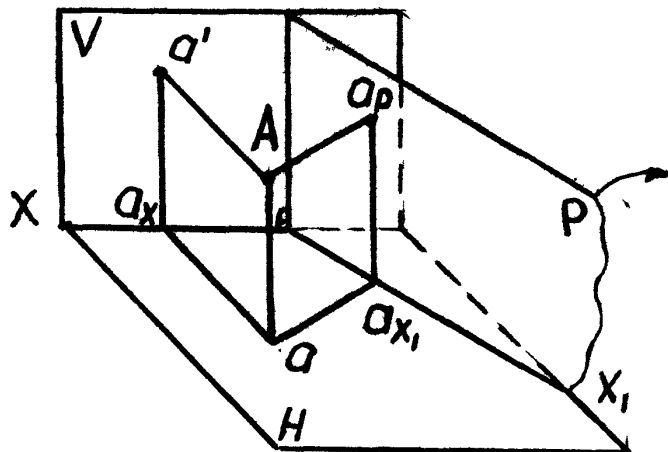


Рис. 3.3

На рис. 3.3 изображена дополнительная плоскость проекций P, которая расположена перпендикулярно к плоскости H и произвольно относительно плоскости V. Для построения чертежа точки A в системе плоскостей H / P, нужно дополнительную плоскость P повернуть

до совмещения с плоскостью H , вокруг оси X_1 как показано на рис. 3.3. Тогда на чертеже появляется ещё одна линия связи aa_p перпендикулярная к оси X_1 .

Расстояние a_p до оси X_1 , равно расстоянию от точки A до плоскости H (см. рис. 3.4.)

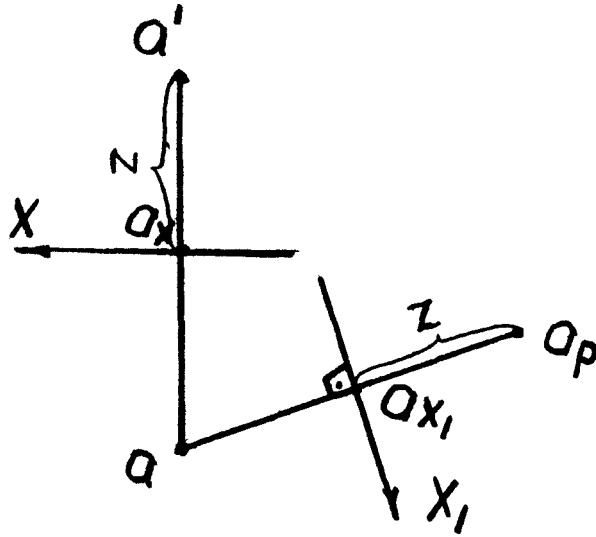


Рис. 3.4.

Глава 4. Прямая. Чертёж отрезка прямой

Положение в пространстве прямой линии однозначно определяется заданием двух ее точек. Чертеж (эпюр) прямой также может быть представлен в виде эпюра двух точек прямой.

Наглядное изображение проецирования отрезка прямой на две плоскости проекций в системе $H \setminus V$ показано на рис. 4.1, а комплексный чертеж – на рис. 4.2.

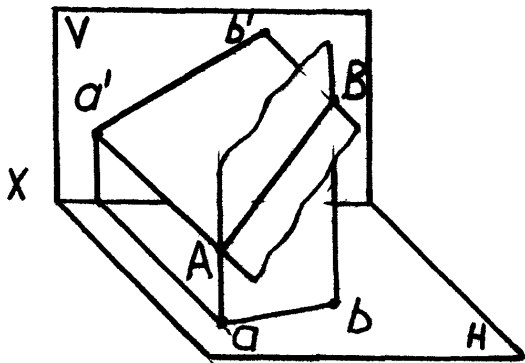


Рис. 4.1

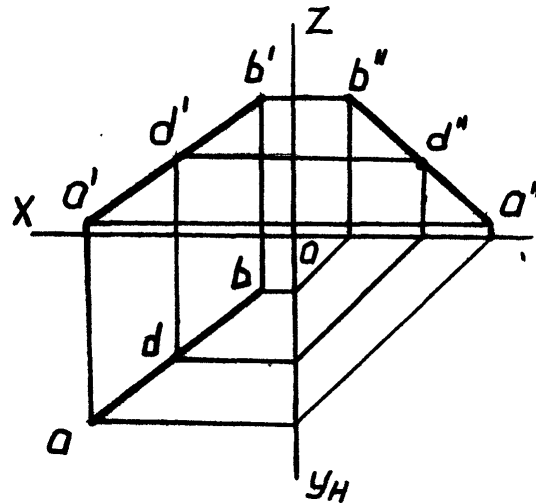


Рис. 4.2

4.1. Положение прямой относительно плоскостей проекций

Относительно плоскостей проекций

прямая может занимать различные положения:

- не параллельное ни одной плоскости проекций H, V, W – её называют прямой общего положения (рис. 4.1; 4.2)
- параллельное хотя бы одной плоскости проекций – её называют прямой частного положения.

Прямые частного положения разделяют на два типа:

1. Прямые уровня, параллельные одной плоскости проекций.
2. Проецирующие прямые, это прямые перпендикулярные к плоскости проекций и, следовательно, параллельные двум другим (основным) плоскостям проекций.

1. Прямые уровня:

- а) прямая AB параллельная плоскости H называется горизонтальной прямой уровня (рис.4.3).

Свойства проекций:

1. Длина горизонтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка $ab=AB$ ($|ab| = |AB|$)
2. Фронтальная проекция прямой параллельна оси X ($|a'b'| \parallel OX$); профильная проекция параллельна оси Y ($|a''b''| \parallel OY$).

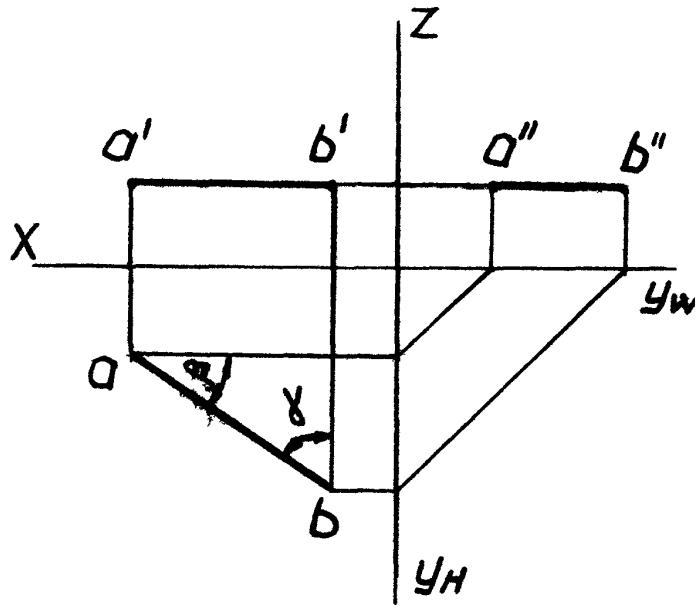


Рис. 4.3

3. Угол наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций равен нулю, $\alpha = (AB \wedge H) = 0$.

Угол наклона прямой к фронтальной плоскости проекций равен углу, образованному горизонтальной проекцией прямой и осью проекций X $[\beta = (AB \wedge V) = (ab \wedge OX)]$.

Угол наклона прямой к профильной плоскости проекций равен углу, образованному горизонтальной проекцией прямой и осью Y $[\gamma = (AB \wedge W) = (ab \wedge OY)]$.

б) Прямая CD параллельная плоскости V называется фронтальной прямой уровня, (рис.4.4).

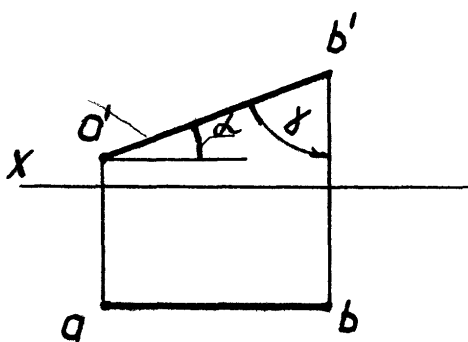
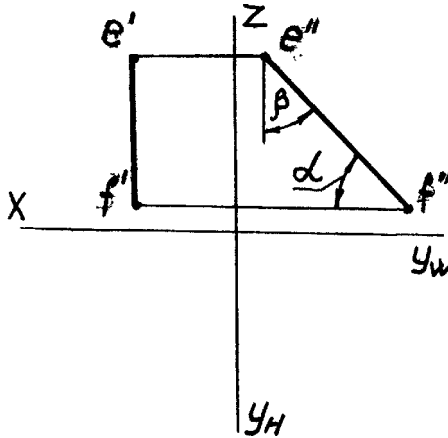


Рис. 4.4

1. $|a'b'| = |AB|$
2. $(ab) \parallel OX; (a''b'') \parallel oz$
3. $\alpha = (a'b') \wedge OX$
 $\beta = 0 \quad \gamma = (a'b') \wedge OZ$

в) Прямая EF параллельная плоскости W называется профильной прямой уровня, (рис.4.5).

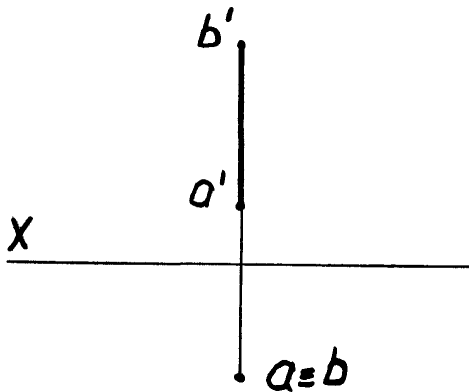


1. $|e''f''| = |EF|$
2. $(e'f') \parallel OX; (yf) \parallel OY$
3. $\alpha = (e''f'') \wedge OY$
 $\beta = (e''f'') \wedge OZ$
 $\gamma = 0$

Рис. 4.5

2. Проецирующие прямые.

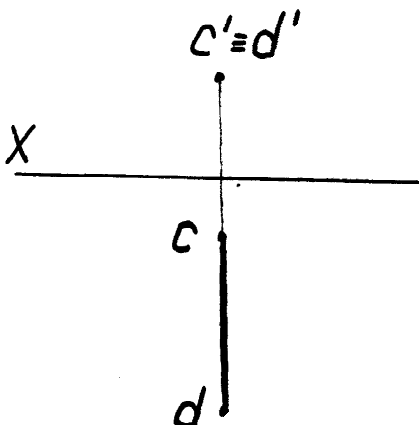
а) Прямая АВ перпендикулярная плоскости H называется горизонтально проецирующей прямой $(AB) \perp H; (AB) \parallel V; (AB) \parallel W$



1. $a=b$ – точка
2. $|a'b'| = |a'b''| = |AB|, (a'b') \parallel OZ, (a'b'') \parallel OZ$
3. $\alpha = 90^\circ$
 $\beta = 0$
 $\gamma = 0^\circ$

Рис. 4.6

б) Прямая CD перпендикулярная плоскости V называется фронтально проецирующей прямой, (рис.4.7).



1. $c'=d'$ – точка
2. $|cd| = |c'd''| = |CD|, (cd) \parallel OX, (c'd'') \parallel OY$
3. $\alpha = 0^\circ$
 $\beta = 90^\circ$
 $\gamma = 0^\circ$

Рис. 4.7

в) Прямая EF перпендикулярная плоскости W называется профильно проецирующей прямой, (рис.4.8).

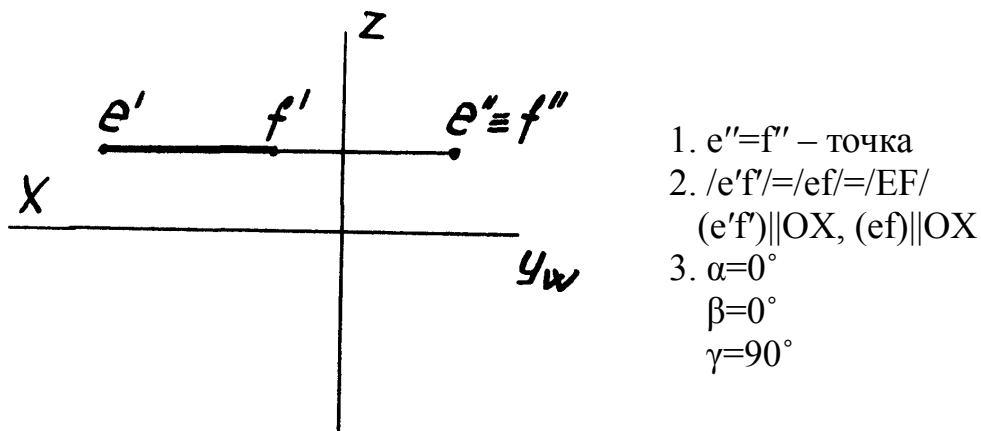


Рис. 4.8

4.2. Взаимное положение точки и прямой

Если точка в пространстве принадлежит прямой, то ее проекции принадлежат соответствующим проекциям этой прямой, (рис. 4.9).

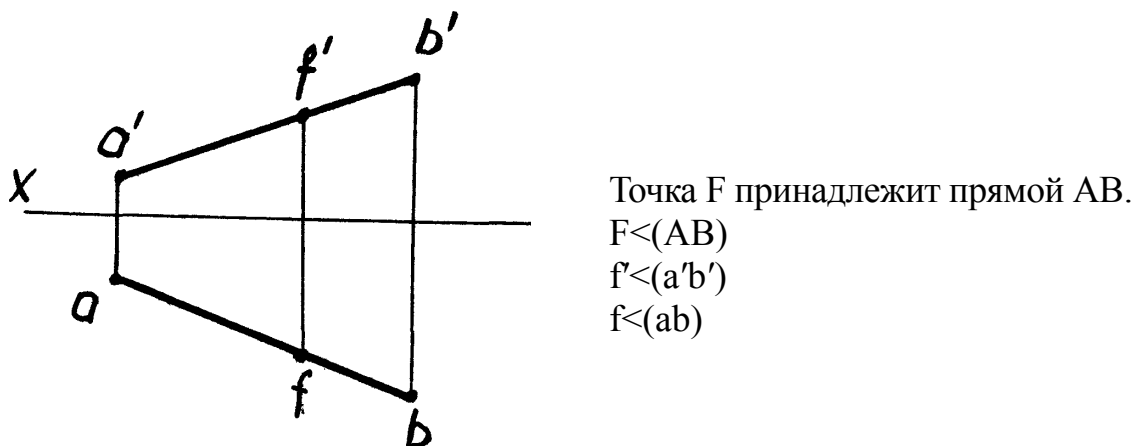


Рис. 4.9

4.3. Взаимное положение двух прямых

Прямые в пространстве могут занимать различные взаимные положения:

- пересекаться, т. е. иметь одну общую точку;
- быть параллельными, если точка пересечения двух прямых удалена в бесконечность;
- скрещиваться, т.е. не иметь общих точек.

Пересекающиеся прямые – их одноименные проекции пересекаются между собой и точки пересечения проекций лежат на одной линии связи, (рис. 4.10).

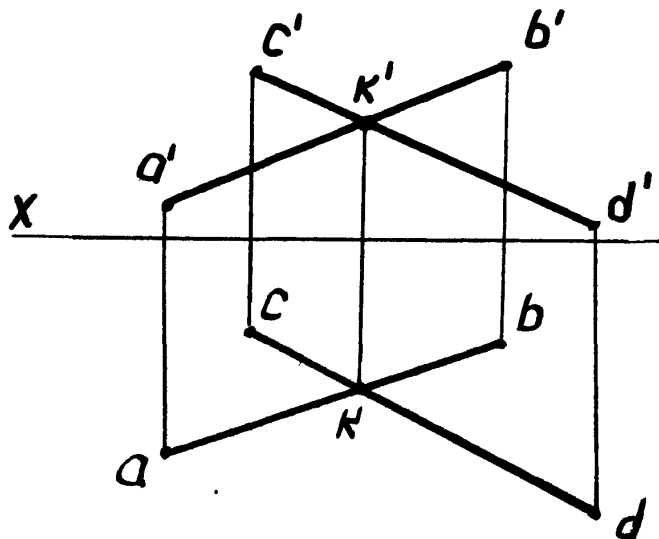
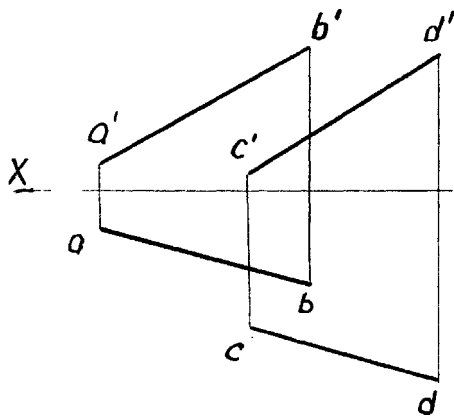


Рис. 4.10

Параллельные прямые – их одноименные проекции параллельны между собой, (рис. 4.11).



$(a'b') \parallel (c'd')$
 $(ab) \parallel (cd)$

Рис. 4.11

Скрещивающиеся прямые – на чертеже их одноименные проекции могут и пересекаться, но точки пересечения проекций не лежат на одной линии связи. Эти точки не являются общими для прямых, (рис. 4.12).

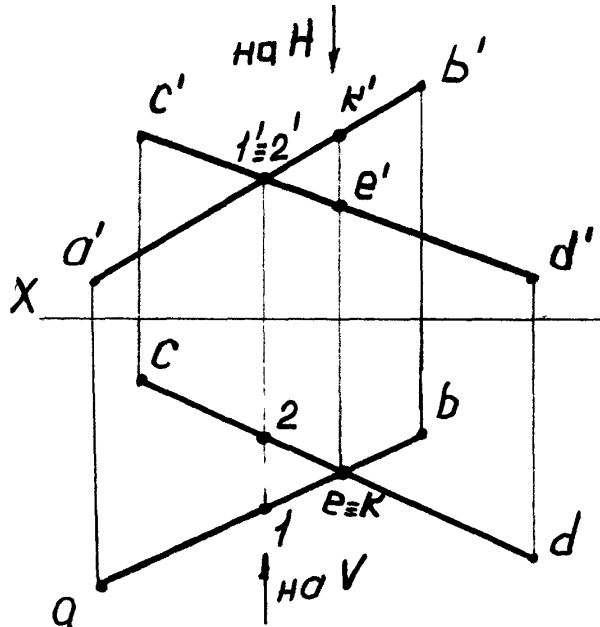


Рис. 4.12

Сравнивая положения этих точек, определяют, какая из изображенных на чертеже прямых выше другой или ближе другой к наблюдателю.

На рис. 4.12 видно, что точка К, принадлежащая прямой АВ, расположена выше точки Е, принадлежащей прямой СD и при взгляде сверху по указанной стрелке точка К закрывает точку Е, значит прямая АВ проходит над прямой СD.

Точка 1 находится ближе к наблюдателю и при проецировании на V точка 1 закрывает точку 2. Прямая АВ расположена ближе к наблюдателю.

Рассмотренные точки скрещивающихся прямых, проекции которых на одной из плоскостей совпадают, называются конкурирующими точками.

Глава 5. Плоскость

5.1. Способы задания плоскости на чертеже

На чертеже плоскость может быть задана (рис. 5.1):

- а) проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой;
- б) проекциями прямой и точки, не лежащей на этой прямой;
- в) проекциями двух параллельных прямых;
- г) проекциями двух параллельных прямых;
- д) проекциями любой плоскости фигуры;
- е) следами плоскости.

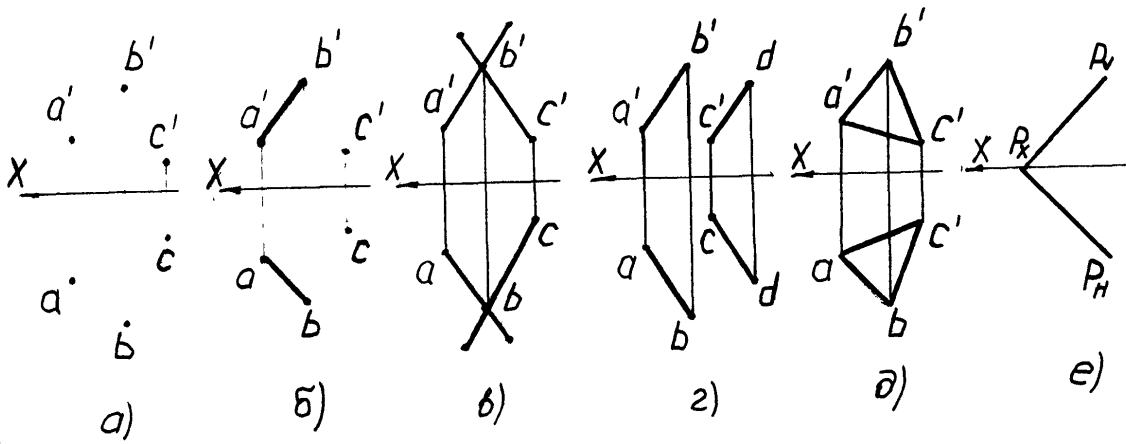


Рис. 5.1

5.2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций

Плоскость относительно плоскостей проекций может занимать следующие положения:

1. Наклонена ко всем плоскостям проекций
2. Перпендикулярна плоскости проекций
3. Параллельна плоскости проекций

1. Плоскость не перпендикулярную и не параллельную ни одной из плоскостей проекций называют плоскостью общего положения, (рис. 5.2).

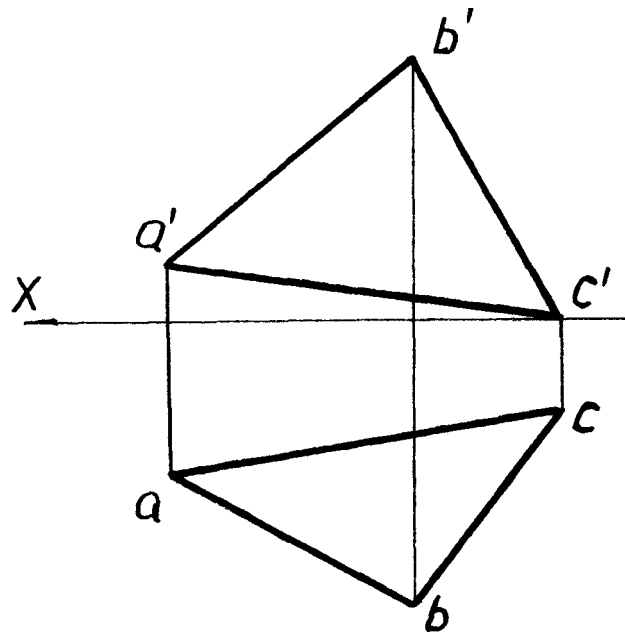


Рис. 5.2.

Плоскости частного положения – плоскости перпендикулярные или параллельные к плоскостям проекций – подразделяются на:

1. Проецирующие.
2. Плоскости уровня.

1. Проецирующие плоскости – плоскости перпендикулярные к плоскости проекций.

- а) Горизонтально-проецирующая плоскость:
 $P(\Delta ABC) \perp H$ (рис. 5.3).

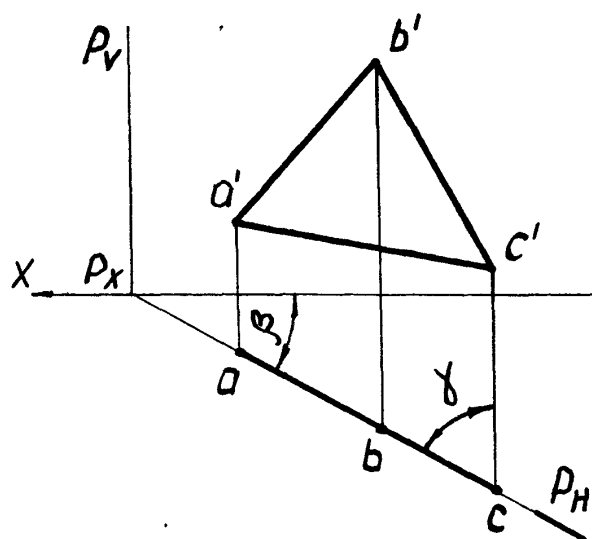


Рис. 5.3

б) Фронтально-проецирующая плоскость: $Q(ABC) \perp V$ (рис. 5.4).

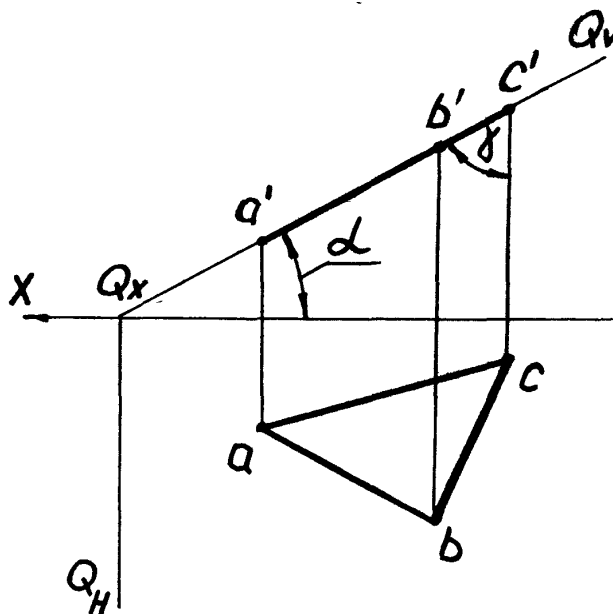


Рис. 5.4

в) Профильно-проецирующая плоскость: $T(ABCD) \perp W$ (рис. 5.5).

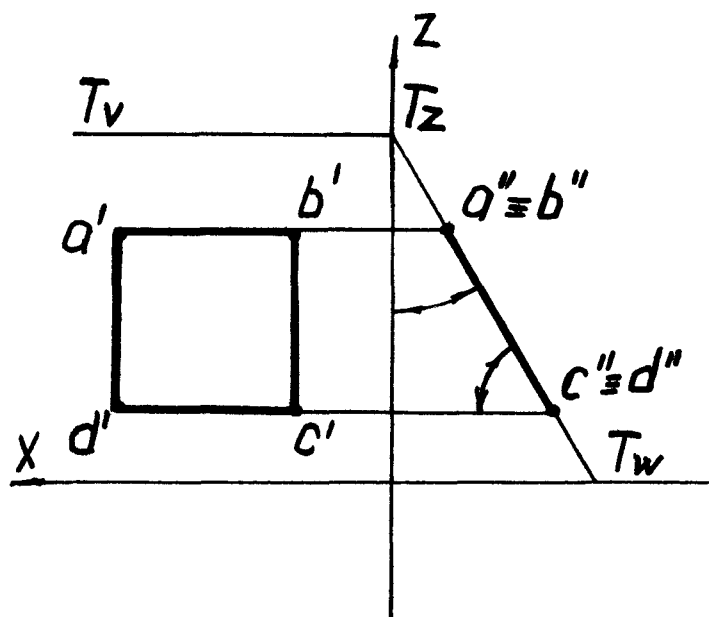


Рис. 5.5

На ту плоскость проекций, к которой плоскость перпендикулярна, она проецируется в прямую линию. На эту же плоскость проекций в натуральную величину проецируются углы наклона данной плоскости к двум другим плоскостям проекций.

Проецирующие плоскости обладают следующим важным свойством, называемым собирательным: если точка, линия или фигура

расположены в плоскости, перпендикулярной к плоскости проекций, то на этой плоскости их проекции совпадают со следом проецирующей плоскости.

2. Плоскости уровня – плоскости параллельные плоскости проекций, перпендикулярные одновременно двум плоскостям проекций (двойко проецирующие).

а) Горизонтальная плоскость уровня: $P \perp (ABCD) \parallel H$ (рис. 5.6).

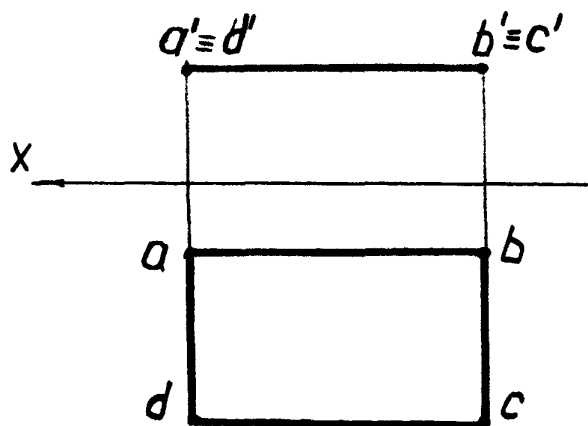


Рис. 5.6

б) Фронтальная плоскость уровня: $Q \perp (ABCD) \parallel V$ (рис. 5.7).

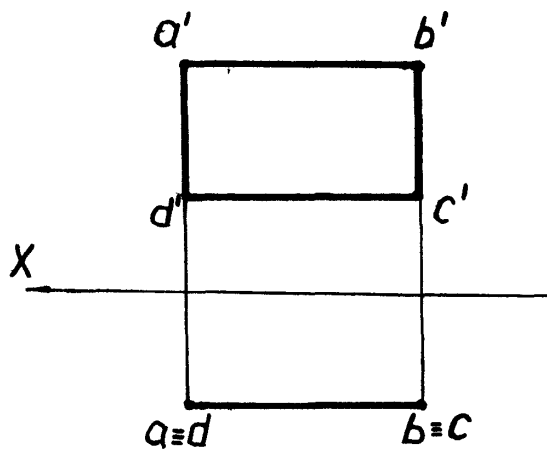


Рис. 5.7

в) Профильная плоскость уровня: $T (\Delta ABC) \parallel W$ (рис. 5.8).

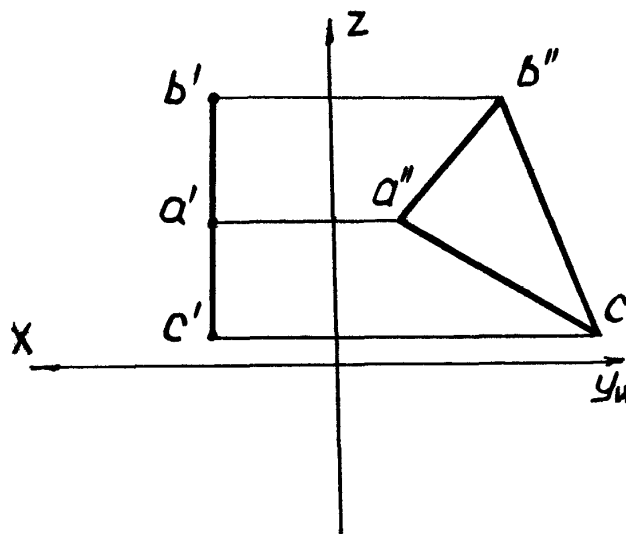


Рис. 5.8

Любая линия или фигура, лежащая в плоскости уровня, проецируется без искажения (в натуральную величину) на ту плоскость проекций, которой данная плоскость параллельна. На две другие плоскости проекций плоскость уровня проецируется в виде отрезков прямых линий (следов) параллельных соответствующим осям.

5.3 Точка и прямая в плоскости

Построение в плоскости прямой линии.

Чтобы построить в плоскости прямую линию, необходимо отметить две точки, принадлежащие этой плоскости, например, точки A и 1 , и через них провести прямую $A1$ ($a1$ и $a'1'$) (рис. 5.9)

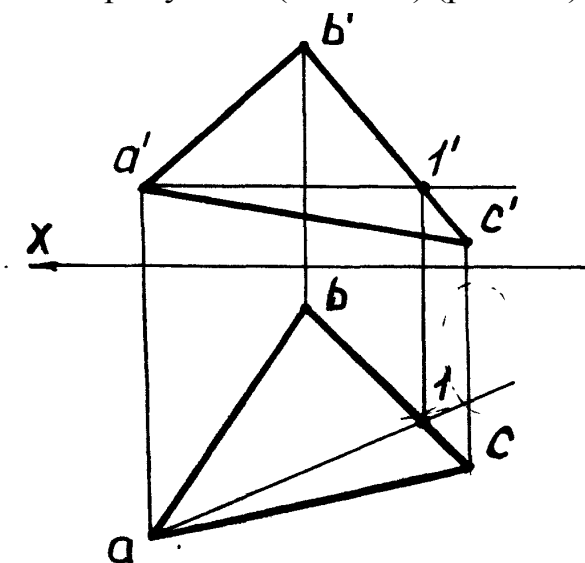


Рис. 5.9

Построение в плоскости некоторой точки.

Точка принадлежит плоскости, лежащей в этой плоскости. На рис. 5.10 плоскость задана треугольником ABC . Принадлежащая этой плоскости точка D задана проекцией d' , требуется найти горизонтальную проекцию – d . Строим ее с помощью вспомогательной прямой, принадлежащей плоскости и проходящей через точку D . Проводим $A1$ ($a'1'$; $a1$), на $a1$ отмечаем d .

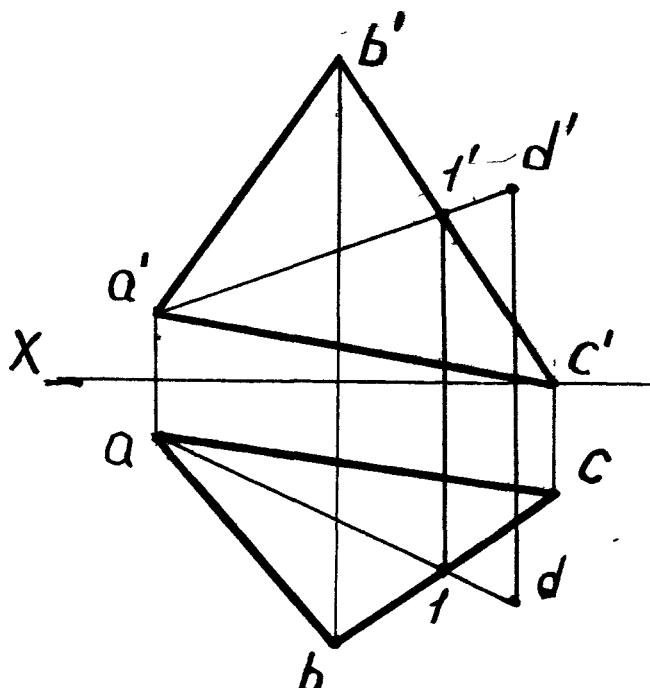


Рис. 5.10

5.4. Главные линии плоскости

Горизонталь – прямая, лежащая в плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций – А1 ($a'1' \parallel OX$, $a''1'' \parallel OY$) (рис. 5.11).

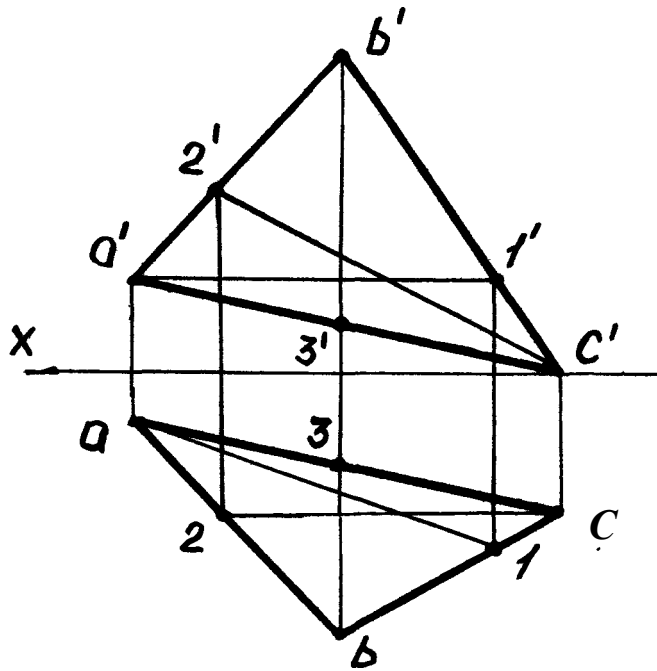


Рис. 5.11

Фронталь – прямая линия, лежащая в плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций (рис. 5.11) – С2 ($(c2) \parallel oх$, $(c''2'') \parallel oz$).

Профильная прямая – прямая, лежащая в плоскости и параллельная профильной плоскости проекции (рис. 5.11) – В3 ($b3 \parallel OY$, $b'3' \parallel OZ$).

5.5. Взаимное положение прямой и плоскости

Взаимное положение прямой и плоскости в пространстве может быть следующим:

1. Прямая параллельна плоскости (принадлежит плоскости – частный случай).

2. Прямая пересекает плоскость.

1. Прямая параллельна плоскости, если она параллельна какой-нибудь прямой, лежащей в этой плоскости. Чтобы построить такую прямую, надо в плоскости задать прямую и параллельно ей провести требуемую.

2. Пересечение прямой и плоскости.

Построить точку пересечения прямой с плоскостью – значит найти точку, принадлежащую одновременно заданной прямой и плоскости. Графически такая точка определяется, как точка пересечения прямой и линией, лежащей в плоскости.

- а) Пересечение плоскости проецирующей с прямой общего положения. (рис.5.12) $K = (DE) \cap (ABC)$
 $k' = (d'e') \cap (a'b'c')$
 $k \in (de)$

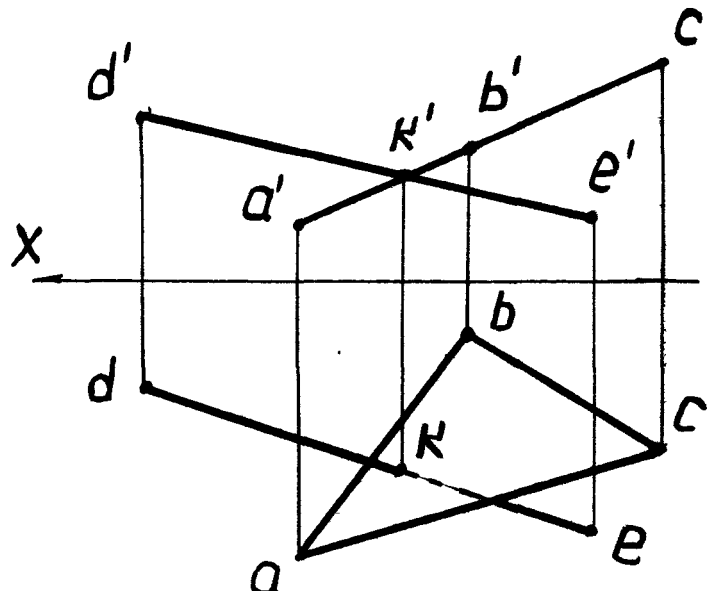


Рис. 5.12

- б) Пересечение проецирующей прямой с плоскостью общего положения (рис. 5.13).

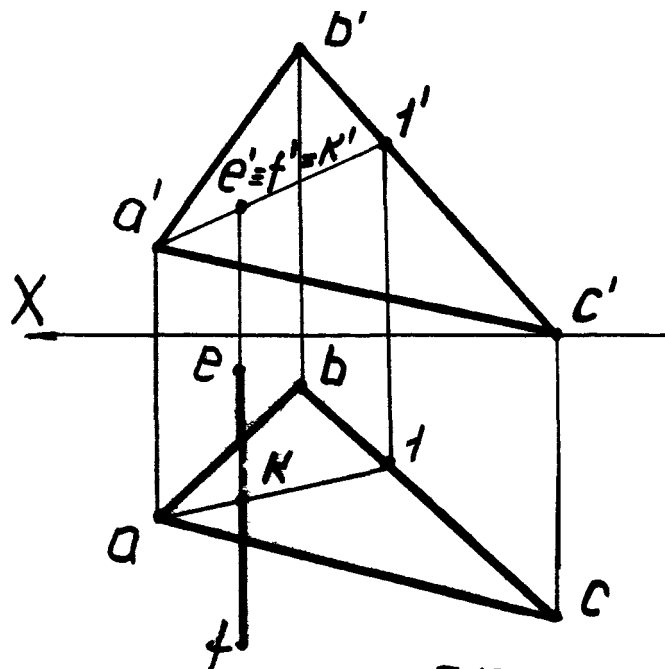


Рис. 5.13

Фронтальная проекция точки пересечения K , фронтальная проекция k' совпадает с a' и b' . Для построения горизонтальной проекции точки K проведем через эту точку прямую $A1$. Вначале строим фронтальную проекцию ($a'1'$), а затем горизонтальную ($a1$). Точка K является точкой пересечения прямых EF и $A1$.

в) Пересечение прямой общего положения с плоскостью общего положения (рис. 5.14 и 5.15).

В этом случае линия, лежащая в плоскости и пересекающаяся с данной прямой, может быть получена как линия пересечения вспомогательной секущей плоскости, проведенной через прямую, с данной плоскостью.

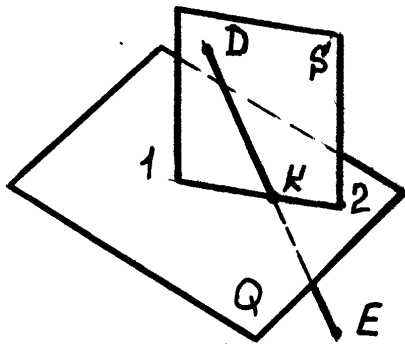


Рис. 5.14

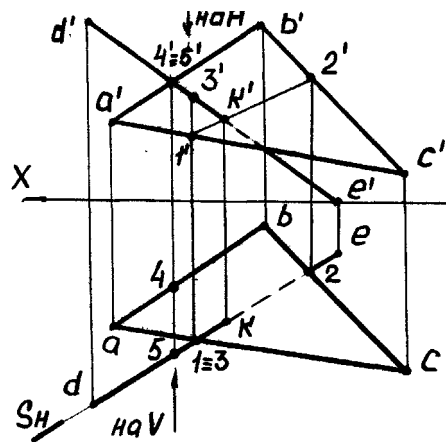


Рис. 5.15

Точку пересечения прямой с плоскостью строят по следующему плану:

1. Через прямую DE проводим вспомогательную горизонтально – проецирующую плоскость, задав ее следом S_H .

2. Строим линию пересечения вспомогательной плоскости S с треугольником ABC , линию $1-2$. Ее горизонтальная проекция находится на пересечении горизонтального следа S_H с проекциями ac и bc . Фронтальную проекцию линии пересечения $1'-2'$ строим по линии связи.

3. Определяем точку пересечения прямой DE с треугольником ABC (точку K), как точку пересечения прямой DE с линией пересечения $1-2$. Фронтальная проекция точки K' находится на пересечении фронтальных проекций прямых $d'e'$ и $1'-2'$. Горизонтальную проекцию точки K (k) находим на проекции de по линии связи.

Определяем взаимную видимость прямой DE и плоскости ABC .

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций, анализируем положение точек на скрещивающихся прямых (конкурирующих точек). Так точки 1 и 3 находятся на скрещивающихся прямых AC и DE ; $1 \in AC$, $3 \in DE$. Их горизонтальные 1 и 3 совпадают

(1 \equiv 3). По фронтальной проекции при взгляде по стрелке на плоскость Н видно, что точка 3 (3') находится выше точки 1 (1'), т. е. она закрывает точку 1 при проецировании на горизонтальную плоскость. Следовательно, прямая DE слева от точки К расположена выше треугольника ABC и на горизонтальной проекции она будет видимой.

Видимость на фронтальной плоскости проекций определяем с помощью конкурирующих точек 4 и 5, принадлежащих скрещивающимся прямым DE и АВ. Фронтальные проекции этих точек совпали, а по горизонтальным проекциям видно, что если смотреть по стрелке на плоскость V, то вначале видно точку 5, расположенную ближе точки 4. В этом месте прямая DE видима до точки пересечения К.

5.6. Взаимное положение плоскостей

1. Параллельные плоскости.

2. Пересекающиеся плоскости.

1. Две плоскости параллельны, если пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости.

Пример: Через точку D провести плоскость параллельную заданной ($\triangle ABC$) (рис. 5.16).

Через точку D проведем две прямые, параллельные двум любым прямым плоскости, например, сторонам треугольника.

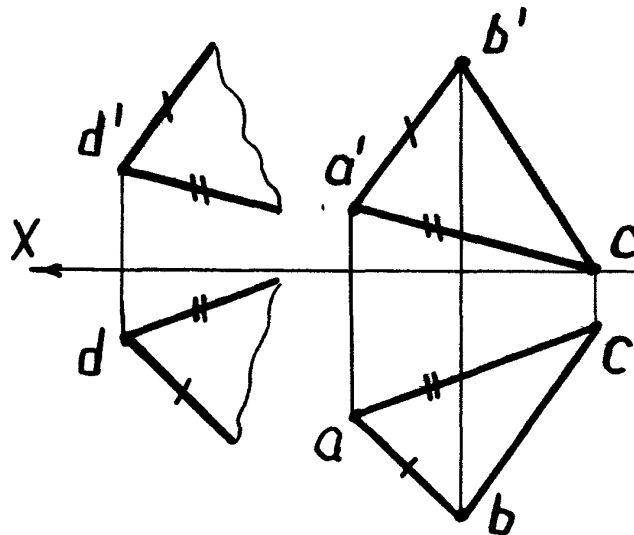


Рис. 5.16

2. Пересекающиеся плоскости.

Линия пересечения двух плоскостей определяется двумя точками, каждая из которых принадлежит двум плоскостям.

а) Пересечение двух проецирующих плоскостей (рис. 5.17);

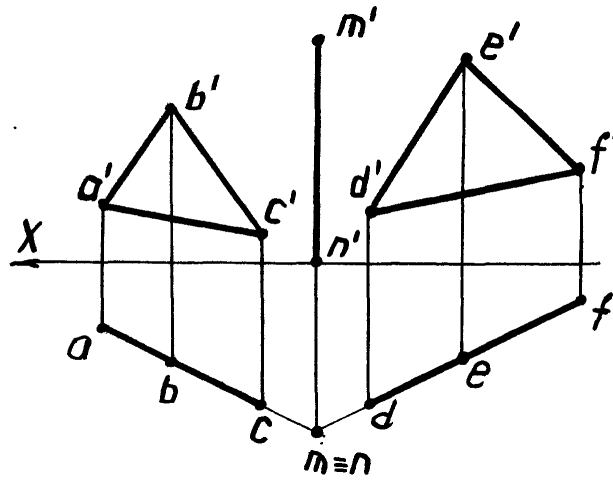


Рис. 5.17

Две горизонтально-проецирующие плоскости пересекаются по линии перпендикулярной горизонтальной плоскости, на которую она проецируется в точку ($m \equiv n$).

Фронтальная проекция линии пересечения перпендикулярна оси проекций.

б) Пересечение проецирующей плоскости P ($\triangle ABC$) и плоскости общего положения Q ($\triangle DEF$) (рис. 5.18);

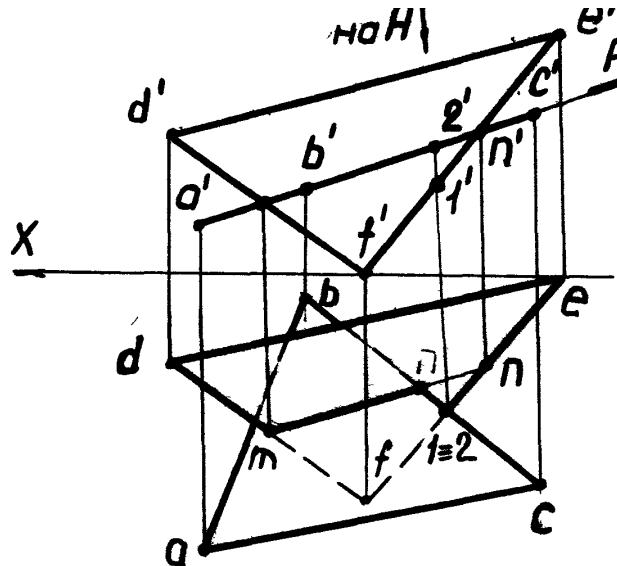


Рис. 5.18

В этом случае одна проекция линии пересечения совпадает с проекцией проецирующей плоскости на той плоскости проекций, к которой она перпендикулярна (на которую проецируется в линию). На фронтальной проекции в пересечении следа плоскости P (P_V) и сторон DE

и FE находим фронтальные проекции m' и n' линии пересечения. По линиям связи находим m и n . Определяем видимость на плоскости H с помощью конкурирующих точек 1 и 2.

в) Пересечение плоскостей общего положения.

Общий прием построения линии пересечения таких плоскостей заключается в следующем. Вводим вспомогательную плоскость – посредник (лучше проецирующую) и строим линии пересечения вспомогательной плоскости с двумя заданными (рис. 5.19). В пересечении построенных линий находим общую точку двух плоскостей $(1-2) \cap (3-4) = N$.

Для нахождения второй общей точки построение повторяем с помощью еще одной вспомогательной плоскости.

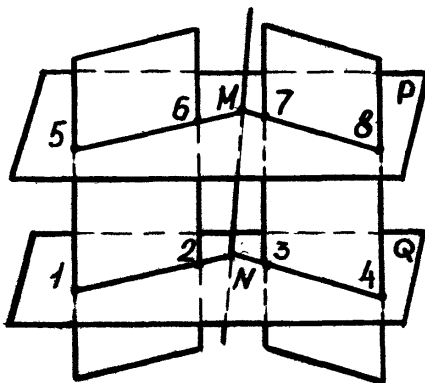


Рис. 5.19

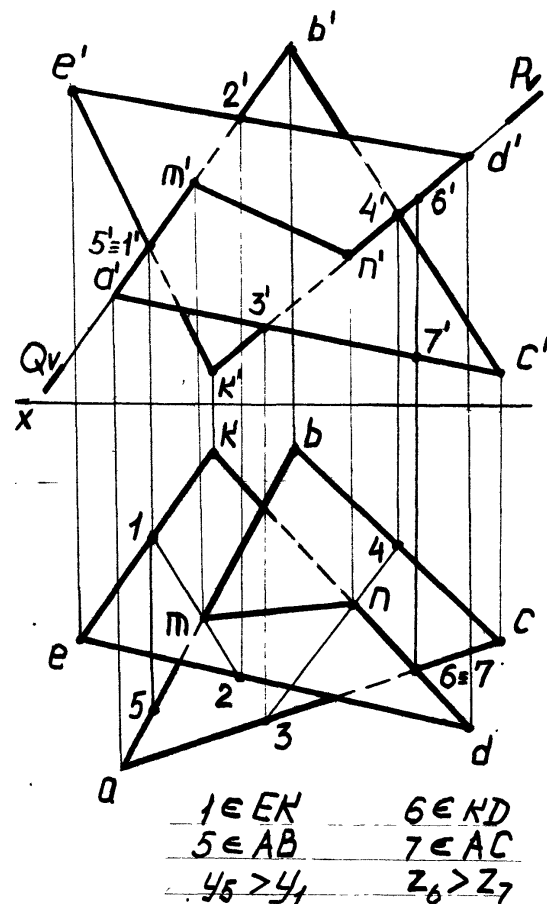


Рис. 5.20

На Рис. 5.20 дано построение линии пересечения двух треугольников. Решение выполняем в следующей последовательности. Проводим две вспомогательные фронтально проецирующие плоскости – плоскость P через сторону KD , треугольника EDK , и плоскость Q через сторону AB треугольника ABC . Плоскость Q пересекает $\triangle EDK$ по линии 1–2. В пересечении горизонтальных проекций 1–2 и ab находим горизонтальную проекцию точки M (m) линии пересечения.

С помощью плоскости Q аналогично находим точку N линии пересечения. Соединив одноименные проекции точек M и N , получим проекции линии пересечения треугольников.

Далее определяем видимость с помощью конкурирующих точек. На фронтальной проекции конкурирующие точки 1 и 5, принадлежащие скрещивающимся прямым AB и EK совпадают. На горизонтальной проекции видно, что при взгляде по стрелке на плоскость V точка 5 расположена ближе к наблюдателю, и поэтому она закрывает точку 1. Следовательно, участок прямой AB левее точки M будет видимым на фронтальной плоскости проекций. Видимость на горизонтальной плоскости проекций определяем с помощью точек 6 и 7.

Глава 6. Способы преобразования ортогонального чертежа

Решение целого ряда задач начертательной геометрии упрощается при условии, что заданные и искомые геометрические фигуры будут занимать в пространстве частное положение относительно плоскостей проекций.

Существует несколько способов преобразования чертежа:

- 1) Способ перемены (замены) плоскостей проекции.
- 2) Способ вращения.
 - а) вращение вокруг оси перпендикулярной плоскости проекций.
 - б) вращение вокруг оси параллельной плоскости проекций.
 - в) вращение вокруг одного из следов плоскости (способ совмещения)
 - г) безосый способ преобразования чертежа (плоскопараллельное перемещение)
- 3) Способ наивыгоднейшего проецирования на одну плоскость.

6.1. Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа замены плоскостей проекций состоит в том, что одна из плоскостей заменяется новой. Эта плоскость выбирается перпендикулярно оставшейся плоскости проекций. Геометрическая фигура при этом не меняет своего положения в пространстве. Новую плоскость располагают так, чтобы по отношению к ней геометрическая фигура занимала частное положение, удобное для решения задачи.

Рассмотрим на примере точки, что происходит с ее проекциями при перемене (замене) плоскостей проекций.

На рис.6.1 изображена точка A и ее проекции a и a' . Пусть, для решения задачи необходимо заменить фронтальную плоскость проекций V на новую V_1 . Новая фронтальная плоскость должна быть перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций H , оставшейся без изменений. Строим новую проекцию точки A на V_1 – a_1' . Расстояние точки A до горизонтальной плоскости проекций остается неизменным, следовательно $Aa = a'x = a_1'x_1 = z$.

Если совместить плоскость V_1 с плоскостью H , то получим новый эпюр точки A . Проекция a_1' находится на перпендикуляре из проекции a к оси x_1 (рис. 6.2).

6.2. Четыре основные задачи, решаемые способом замены плоскостей проекций

Первая основная задача. Прямую общего положения преобразовать в прямую параллельную одной из плоскостей проекций. Такое преобразование позволяет определить натуральную величину отрезка прямой и углы наклона его к плоскостям проекций (рис. 6.3).

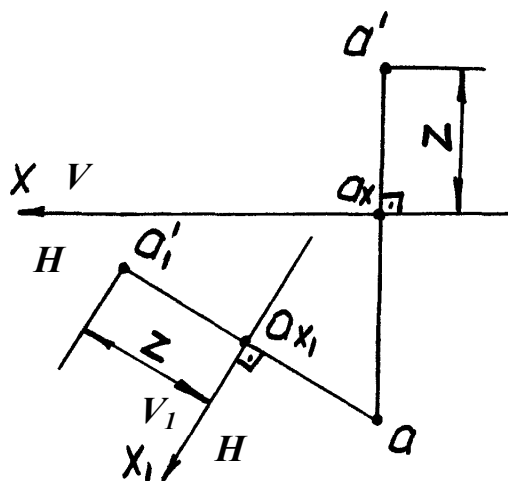


Рис. 6.1.

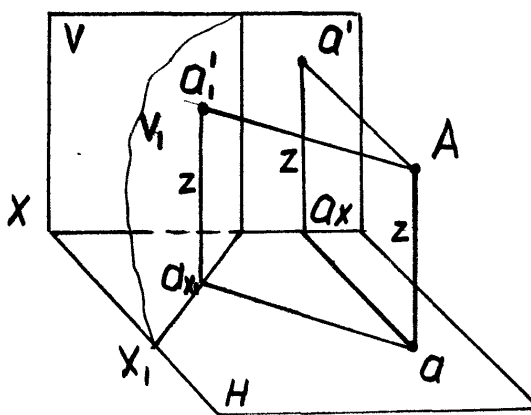


Рис. 6.2.

Для решения этой задачи ставим новую плоскость V_1 перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций и параллельно отрезку, тогда новая ось проекций будет параллельна горизонтальной проекции прямой (ab).

$$\frac{V}{H} \rightarrow \frac{V_1}{H}; \quad V_1 \perp H; \quad V_1 \parallel (AB); \quad x_1 \parallel (ab)$$

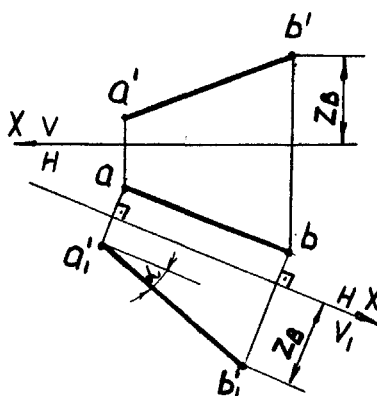


Рис. 6.3.

Через горизонтальные проекции a и b , перпендикулярно новой оси X_1 проводим линии связи и на них откладываем от оси X_1 z координаты точек A и B . Новая проекция $/a_1' b_1'/ = /AB/$. Угол α равен углу наклона отрезка AB к плоскости H .

Вторая основная задача. Прямую, параллельную одной из плоскостей проекций преобразовать в проецирующую прямую, т.е. поставить в положение перпендикулярное плоскости проекций, чтобы прямая на эту плоскость спроецировалась в точку (рис. 6.4).

Так как дана прямая параллельна горизонтальной плоскости проекций, то для преобразования ее в проецирующую прямую, необходимо заменить фронтальную плоскость V на новую V_1 , расположив ее

перпендикулярно АВ. Тогда на плоскость V_1 прямая спроецируется в точку. ($a_1' \equiv b_1'$).

$$\frac{V}{H} \rightarrow \frac{V_1}{H}; \quad V_1 \perp H; \quad V_1 \perp (AB); \quad x_1 \perp (ab)$$

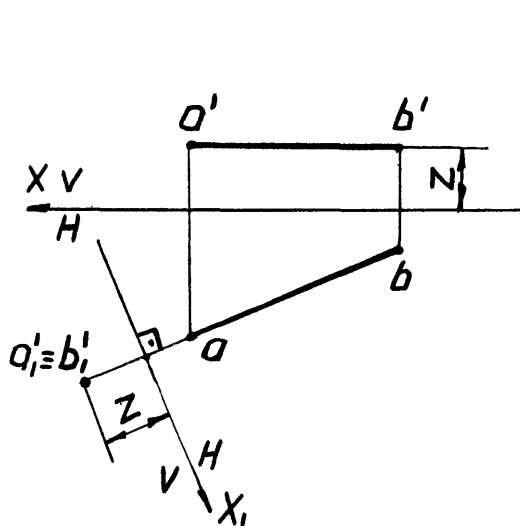


Рис. 6.4.

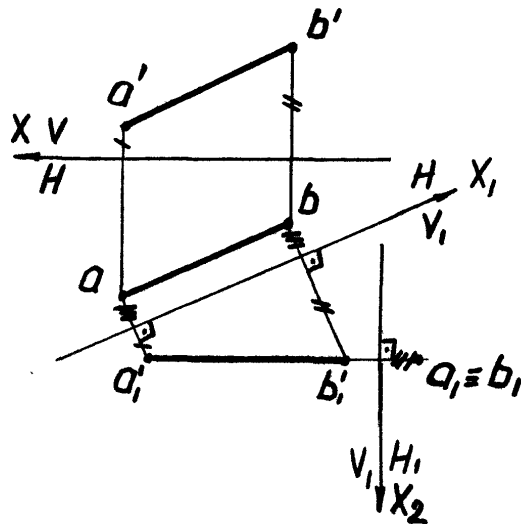


Рис. 6.5.

Чтобы прямую общего положения АВ (рис.6.5) преобразовать в проецирующую проводят две замены, т.е. обе задачи, первую и вторую, решают последовательно. Вначале прямую общего положения преобразуют в прямую параллельную плоскости проекций (прямую уровня), затем эту прямую преобразуют в проецирующую.

$$1. \frac{V}{H} \rightarrow \frac{V_1}{H}; \quad V_1 \perp H; \quad V_1 \parallel (AB); \quad x_1 \parallel (ab)$$

$$2. \frac{V_1}{H} \rightarrow \frac{V_1}{H_1}; \quad H_1 \perp V_1; \quad H_1 \perp (AB); \quad x_2 \perp (a_1'b_1')$$

Третья основная задача. Плоскость P ($\triangle ABC$), общего положения, преобразовать в проецирующую, т.е. расположенную перпендикулярно одной из плоскостей проекций (рис. 6.6).

Заменим, например, плоскость V на новую V_1 , которую расположим перпендикулярно плоскости H и плоскости P . Плоскость V_1 будет перпендикулярна плоскости P , если мы ее расположим перпендикулярно какой-нибудь линии плоскости. Для упрощения решения задачи в качестве этой линии возьмем горизонталь (линию, параллельную горизонтальной плоскости проекций). Строим в плоскости P горизонталь $C1$ и перпендикулярно ей проводим плоскость V_1 . Ось x_1 проводим перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали ($x_1 \perp (c1)$).

Строим новую фронтальную проекцию плоскости Р. Плоскость Р на новую плоскость проекций спроецируется в линию ($a_1' c_1' b_1'$).

План: $\frac{V}{H} \rightarrow \frac{V_1}{H}$; $V_1 \perp H$; $V_1 \perp P (\Delta ABC)$; $V_1 \perp C1$ ($C1$ – горизонталь);

$x_1 \perp (c1)$

$\angle \alpha$ – угол наклона плоскости Р к Н.

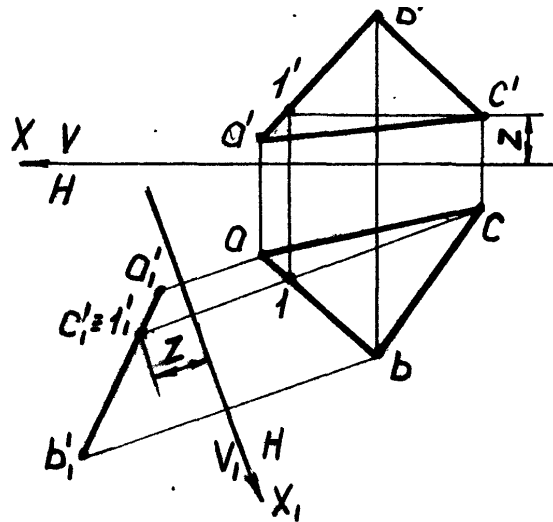


Рис. 6.6.

Четвертая основная задача. Преобразовать плоскость Р (ΔABC) из плоскости проецирующей в плоскость уровня. При таком преобразовании мы определяем натуральную величину плоской фигуры (рис. 6.7).

$\frac{V}{H} \rightarrow \frac{V_1}{H}$; $V_1 \perp H$; $V_1 \parallel P (\Delta ABC)$

$x_1 \parallel (abc)$

$/a_1' b_1' c_1'/ = /ABC/$

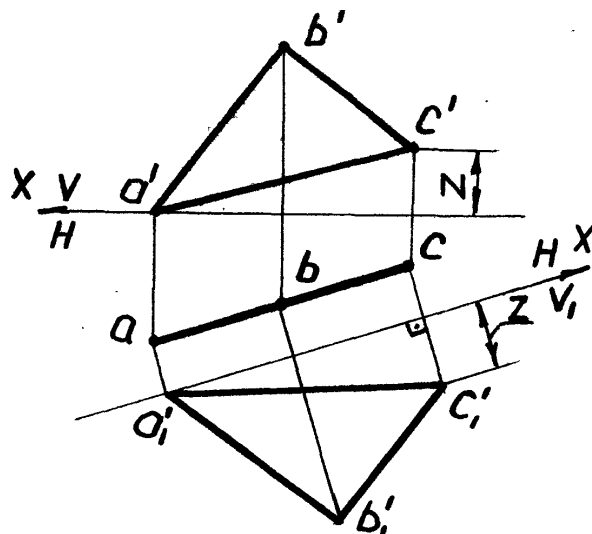


Рис. 6.7.

На рис. 6.7 изображена горизонтально проецирующая плоскость. Заменяем фронтальную плоскость V на новую, расположив ее перпендикулярно плоскости H и параллельно плоскости P . Новую ось x_1 проводим параллельно горизонтальной проекции (abc). Координаты Z остаются неизменными. В результате получаем на новой плоскости натуральную величину треугольника ABC .

Для того, чтобы плоскость общего положения преобразовать в плоскость, которая будет параллельна одной из плоскостей проекций необходимо провести две замены, т.е. решить совместно третью и четвертую задачи (рис. 6.8).

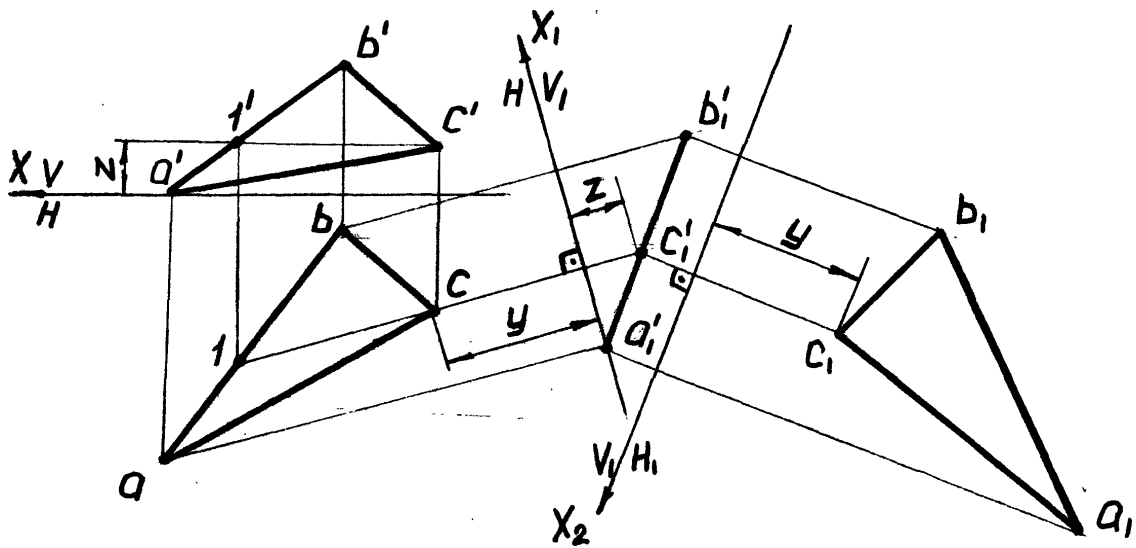


Рис. 6.8

1. $\frac{V}{H_1} \rightarrow \frac{V_1}{H}$; $V_1 \perp H$; $V_1 \perp (ABC)$; $V_1 \perp (C1)$; $X_1 \perp (c1)$;
2. $\frac{V_1}{H_1} \rightarrow \frac{V_1}{H_1}$; $H_1 \perp V_1$; $H_1 \parallel (ABC)$; $x_2 \parallel (a_1' c_1' b_1')$

Глава 7. Кривые линии и поверхность

В начертательной геометрии под поверхностью понимают совокупность всех возможных положений движущихся линий в пространстве.

7.1. Кривые линии.

Понятия и определения. Классификация линий

Кривую линию можно рассматривать кинематически – как множество последовательных расположений точки, непрерывно перемещающейся в пространстве.

Линию определяют и как множество точек, обладающих каким-либо общим свойством, или как результат пересечения двух поверхностей.

Различают точки и пространственные линии. Все точки плоской линии принадлежат одной плоскости.

Примерами плоских прямых линий являются окружность, эллипс, парабола, спираль Архимеда.

Примерами пространственных кривых – винтовая линия, линия пересечения боковых поверхностей прямых круговых цилиндра и конуса.

Для построения проекций кривой необходимо построить проекции ряда принадлежащих ей точек.

7.2. Поверхности. Определение и задание на чертеже. Классификация

В начертательной геометрии поверхности рассматриваются как множество последовательных положений движущейся линии. Такой способ образования поверхности называется кинематическим.

Линия (прямая или кривая), перемещающаяся в пространстве и создающая поверхность называется образующей. Движущаяся линия может быть плоской или пространственной. Пространственная линия может быть постоянного или переменного вида. Движение линии в пространстве может быть закономерным или не закономерным. В первом случае поверхность будет закономерной, во втором – не закономерной. В образовании поверхности участвует еще одна линия – направляющая, которая определяет закон движения образующей.

Поверхность может быть задана следующими способами:

а) аналитическим – в этом случае рассматривают множество точек данной поверхности, координаты которых удовлетворяют уравнению вида $A(x,y,z)=0$. $A(x,y,z)$ – многочлен n -ой степени.

б) кинематическим – задается закон движения образующей в пространстве.

в) каркасным – поверхность задается семейством двух линий – направляющих и образующих.

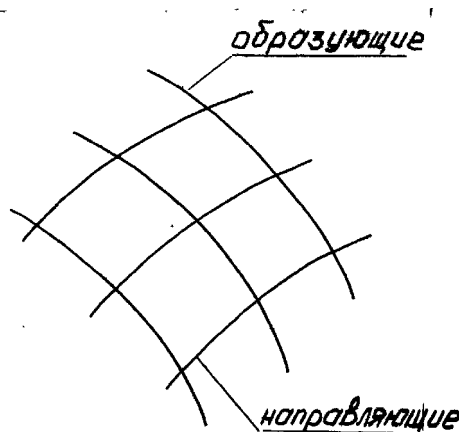


Рис. 7.1а

Задание поверхности на комплексном чертеже

1. Определителем. Определитель это совокупность условий, позволяющих реализовать закон образования поверхности;

а) геометрическая часть – задаются постоянные геометрические элементы (точка, прямая и т.п.)

б) алгоритмическая часть – дополнительные сведения о характере перемещения образующей (текстовая часть).

2. Каркасом.

3. Очерком – наиболее наглядный способ задания поверхности. Очерк – это проекция контурной линии на плоскость.

Поверхность считается заданной, если относительно нее можно однозначно решить задачу на принадлежность.

Так точка принадлежит поверхности, если она принадлежит линии данной поверхности. На поверхности через точку нужно проводить простейшую линию.

Классификация поверхностей

Из множества различных поверхностей выделяется несколько классов в зависимости от образующей, а также формы, числа и расположения направляющих:

1. Поверхности закономерные и не закономерные;
2. Линейчатые (образованные перемещением прямой линии) и нелинейчатые (криволинейные) поверхности;
3. Поверхности развертывающиеся (или торсы) и неразвертывающиеся;
4. Поверхности с образующей постоянной формы и поверхности с образующей переменной формы;
5. Поверхности с поступательным, вращательным или винтовым движением образующей.

7.3. Линейчатые поверхности с вершиной и направляющей. Торсы

7.3.1. Определение и классификация

Линейчатой поверхностью с вершиной S и направляющей m называют поверхность, образованную движением прямой линии (образующей), которая проходит через вершину S – неподвижную точку в пространстве и пересекает некоторую неподвижную линию m – направляющую.

Различают четыре вида линейчатых поверхностей:

1. Коническая поверхность (рис. 7.1). Вершина S есть собственная точка пространства, а направляющая m – кривая линия.
2. Цилиндрическая поверхность (рис. 7.2). Вершина S есть несобственная точка пространства, а направляющая m – кривая линия.
3. Пирамидальная поверхность (рис. 7.3). Отличается от конической тем, что направляющая m – ломаная линия.
4. Призматическая поверхность (рис. 7.4). Отличается от цилиндрической тем, что направляющая m – ломаная линия.

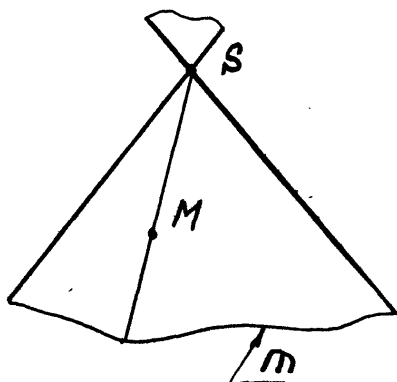


Рис. 7.1

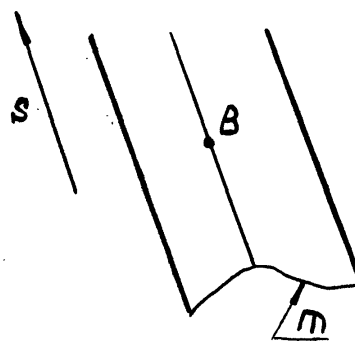


Рис. 7.2

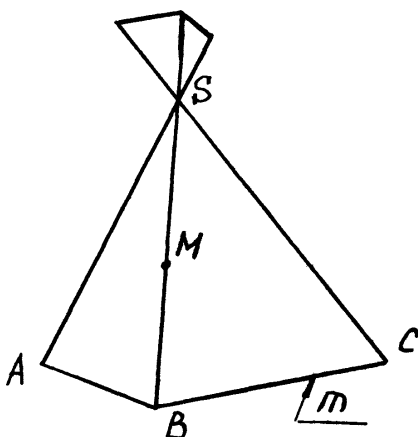


Рис. 7.3

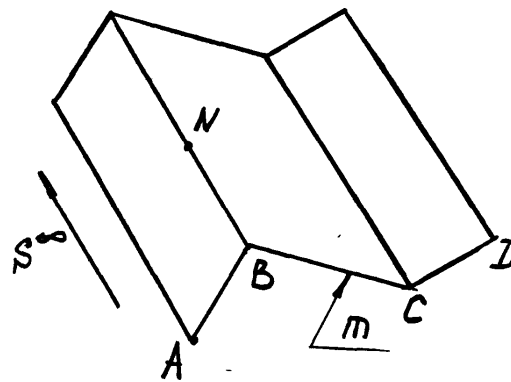


Рис. 7.4

Пирамидальная и призматическая поверхности относятся к гранным поверхностям. Гранные поверхности состоят из граней ABS , BCS , $S^\infty AB$, $S^\infty BC$... Смежные грани пересекаются по ребрам SA , SB , $S^\infty A$, $S^\infty B$...

Точки M и N принадлежат соответственно пирамидальной и призматической поверхностям, так как принадлежат прямым, расположенным на этих поверхностях.

Часть пространства, ограниченная со всех сторон поверхностью называется телом.

Коническая поверхность служит боковой поверхностью конуса (тела), цилиндрическая поверхность – цилиндра (тела), пирамидальная и призматическая – пирамиды и призмы, соответственно.

Образующая линейных поверхностей – прямая ℓ бесконечна, поэтому и поверхности также бесконечны.

Торс (поверхность с ребром возврата) образуется движением прямой линии ℓ (образующей), касающейся во всех своих положениях пространственной кривой m , называемой ребром возврата. Торс вполне определяется заданием ребра возврата m . Линия разделяет торс на две полости. Если ребро возврата – кривая m вырождается в точку, то торс вырождается в коническую поверхность.

7.4. Проекция основных геометрических тел и плоских сечений

7.4.1. Многогранники. Сечение многогранников плоскостями

Многогранником называют тело, ограниченное плоским многоугольником. Построение проекции любого геометрического тела, в том числе и многогранника, сводится к построению проекций некоторых его точек и линий. Линию, ограничивающую проекцию, называют очерком фигуры. На чертеже многогранники изображаются проекциями своих вершин и ребер. При этом невидимые ребра изображаются штриховыми линиями.

Призмой называется многогранник, у которого две одинаковые взаимно параллельные грани – основания, а остальные – боковые грани – параллелограммы. Если ребра боковых граней перпендикулярны основанию, то призму называют прямой. Для задания призмы достаточно задать ее основания и боковое ребро (рис. 7.5).

Пирамидой называется многогранник, у которого одна грань – произвольный многоугольник – основание, а остальные грани (боковые) – треугольники с общей вершиной S , называемой вершиной пирамиды. Для задания на чертеже пирамиды достаточно задать ее основание и вершину (рис. 7.6).

Чтобы построить проекции точки на поверхностях призмы и пирамиды, нужно через эту точку провести прямую на грани многогранника. Например, если задана горизонтальная проекция точки M , то для построения ее фронтальной проекции нужно через эту точку провести прямую KN . Тогда точка m' определится как точка, принадлежащая проекции $k'n'$ (рис. 7.5, рис. 7.6).

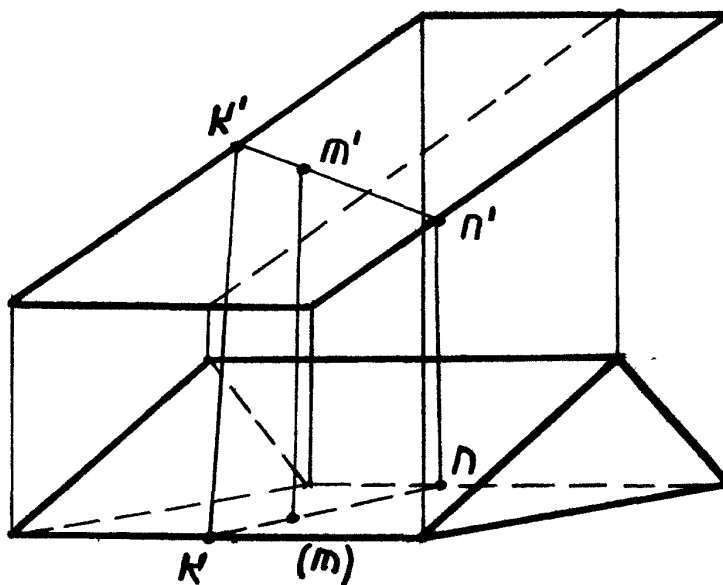


Рис. 7.5

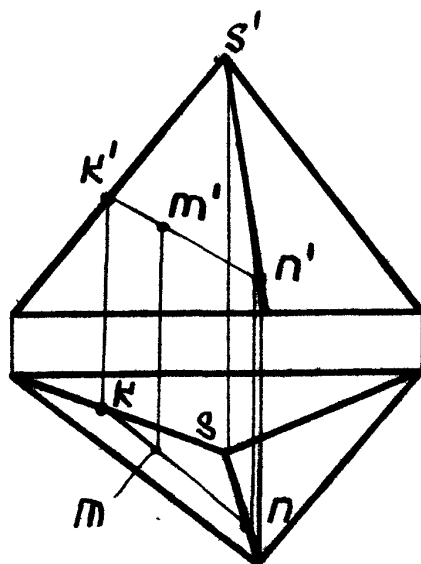


Рис. 7.6

Сечение многогранников плоскостями

В сечении граничных поверхностей плоскостями получают многоугольники. Их можно построить двумя способами:

1. Вершины многоугольника находят как точки пересечения ребер многогранника к секущей плоскости.

2. Стороны многоугольника находят как линии пересечения граней многогранника с секущей плоскостью.

Построение проекций линии пересечения призмы с фронтально-проецирующей плоскостью P (рис. 7.7). Фронтальная проекция линии сечения совпадает с фронтальной проекцией секущей плоскости P_v , а горизонтальная – с горизонтальной проекцией боковой поверхности прямой призмы. Профильная проекция линии сечения находится с помощью линий связи, проведенных из точек $1'$, $2'$, $3'$ до пересечения с профильными проекциями соответствующих ребер призмы.

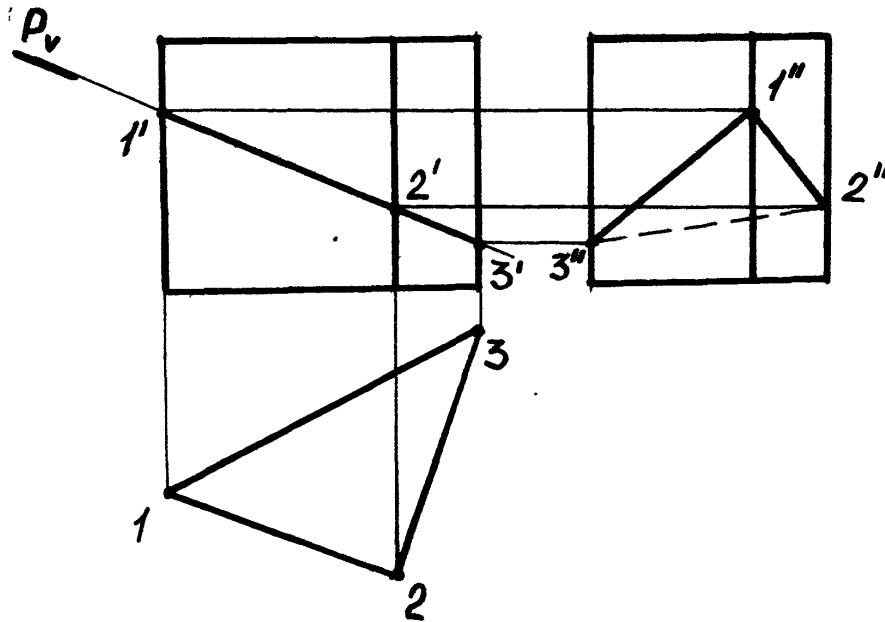


Рис. 7.7.

Построение проекций линии пересечения пирамиды с фронтально-проецирующей плоскостью P_γ . Проекции линии пересечения находятся аналогично предыдущему примеру.

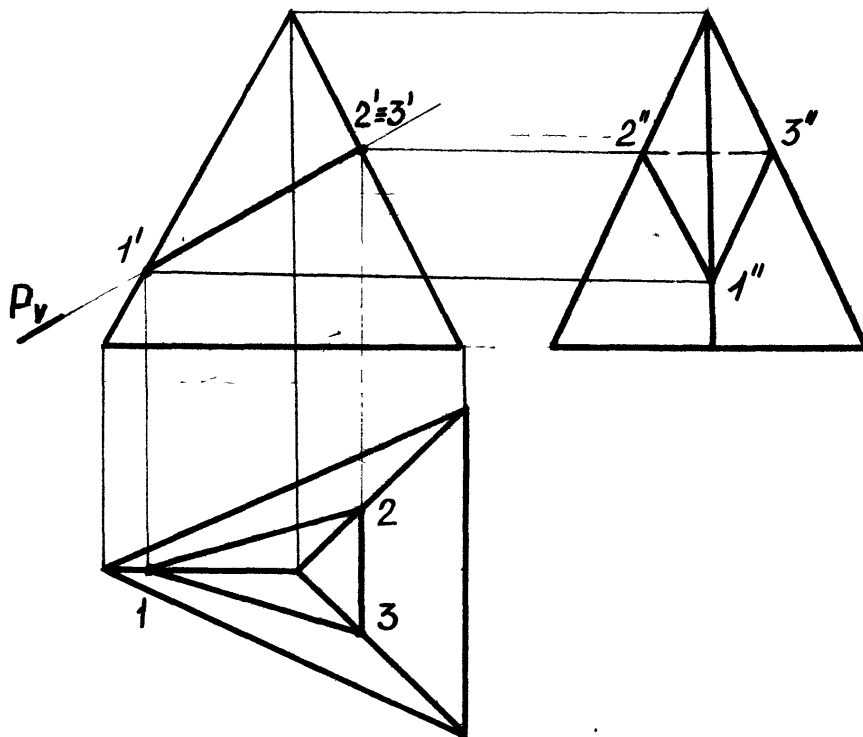


Рис. 7.8.

7.4.2. Поверхности вращения

Поверхностью вращения называется поверхность, описываемая кривой (или прямой) линией образующей при ее вращении вокруг неподвижной оси. Эта поверхность определяется на чертеже заданием образующей и оси вращения (рис. 7.9).

Каждая точка образующей ℓ описывает при своем вращении окружность с центром на оси, которые называются параллелями, наибольшая из которых – экватор, наименьшая – горло. Кривые, которые получают в сечении тела вращения плоскостями, проходящими через ось, называются меридианами.

Точки на поверхности вращения строятся с помощью параллелей (рис. 7.9).

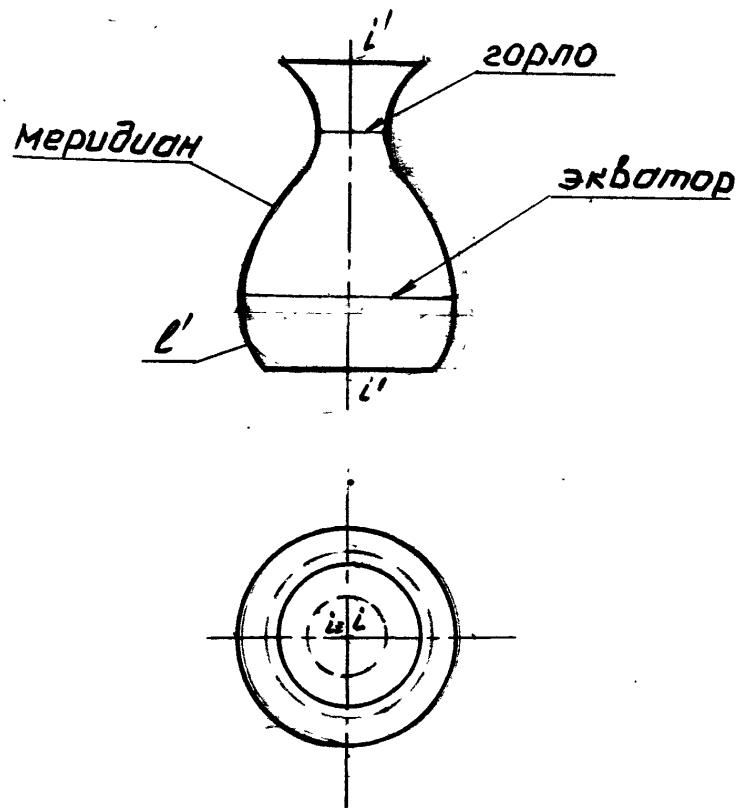


Рис. 7.9

Рассмотрим некоторые тела и поверхности вращения.

1. Поверхности, образованные вращением прямой линии:

а) цилиндр вращения – поверхность, полученная вращением прямой q вокруг её параллельной оси JJ (рис. 7.10);

б) конус вращения – поверхность, образованная вращением прямой q вокруг пересекающейся с ней осью JJ ;

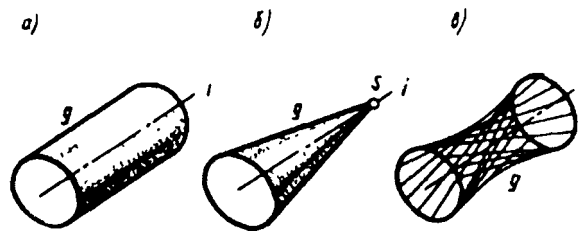


Рис. 7.10

в) однополосный гиперboloид вращения – поверхность, полученная вращением прямой g вокруг скрещивающейся с ней осью JJ (рис. 7.11).

2. Поверхности, образованные вращением окружности вокруг неподвижной оси:

а) сфера – поверхность, полученная вращением окружности вокруг ее диаметра;

б) тор – поверхность, полученная вращением окружности вокруг оси JJ , лежащей в плоскости этой окружности, но не проходящей через ее центр (рис. 7.12).

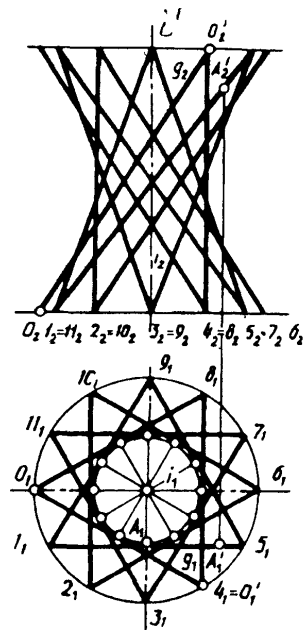


Рис. 7.11

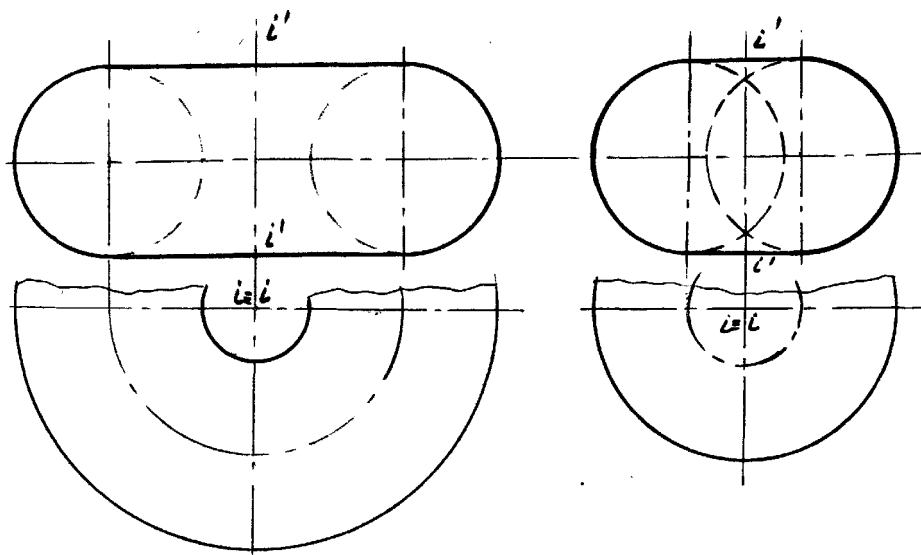


Рис. 7.12

3. Поверхности вращения, образованные вращением кривых второго порядка:

а) эллипсоид вращения – поверхность, полученная вращением эллипса вокруг оси (рис. 7.13а);

б) параболоид вращения – поверхность, образованная вращением параболы вокруг ее оси (рис. 7.13б).

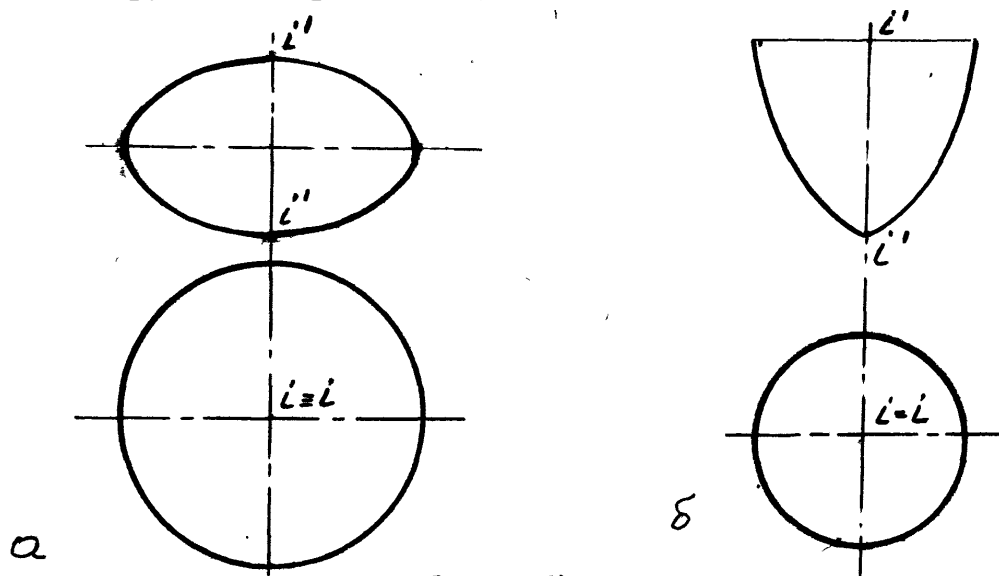


Рис. 7.13

Построение проекций линии сечения цилиндра плоскостью

При пересечении цилиндра плоскостью можно получить следующие линии (рис. 7.14):

а) если плоскость параллельна оси вращения, то получается пара прямых;

б) если секущая плоскость перпендикулярна к оси вращения, то получается окружность;

в) если секущая плоскость наклонна к оси вращения цилиндра, то в сечении получается эллипс.

Рассмотрим пример построения проекций линии сечения цилиндра фронтально проецирующей плоскостью P , когда в сечении получается эллипс (рис. 7.15).

Фронтальная проекция линии сечения в этом случае совпадает с фронтальной проекцией плоскости P , а горизонтальная – с горизонтальной проекцией боковой поверхности цилиндра. Профильная проекция линии строится по двум имеющимся. Нахождение точек линии пересечения начинают с определения характерных (опорных) точек:

1. Самая верхняя и самая нижняя точки (точки 8 и 1), они же являются точками большой оси эллипса;

2. Точки разграничения видимости на профильной плоскости проекций W (точки 4 и 5), они же точки малой оси;

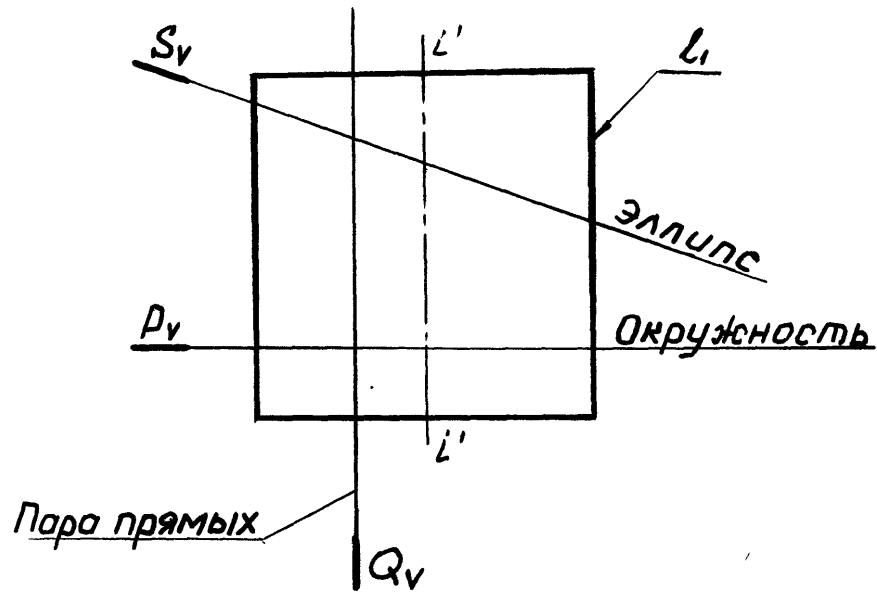


Рис. 7.14

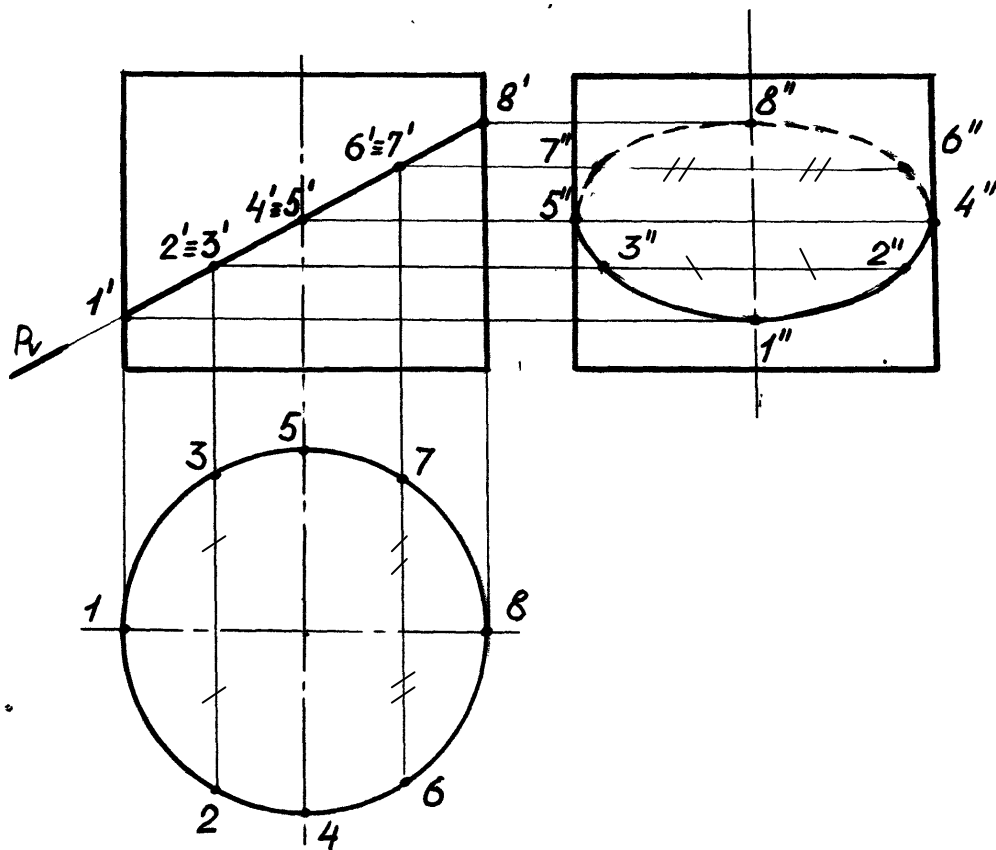


Рис. 7.15

Точки 2, 3 и 6,7 – дополнительные точки, которые используются для более точного построения фигуры сечения.

Построение проекции линий сечения конуса плоскостью

На поверхности конуса при пересечении с плоскостями можно получить следующие линии (рис. 7.16):

1. пара прямых, если секущая плоскость проходит через вершину конуса;
2. окружность, если секущая плоскость перпендикулярна оси конуса;
3. эллипс, если секущая плоскость наклонена к оси вращения под углом $\beta < \alpha$;
4. гипербола, если секущая плоскость наклонена к оси вращения под углом $\beta > \alpha$ (секущая плоскость параллельна двум образующим конуса);
5. парабола, если секущая плоскость наклонена к оси вращения под углом $\beta = \alpha$. (секущая плоскость параллельна одной образующей конуса).

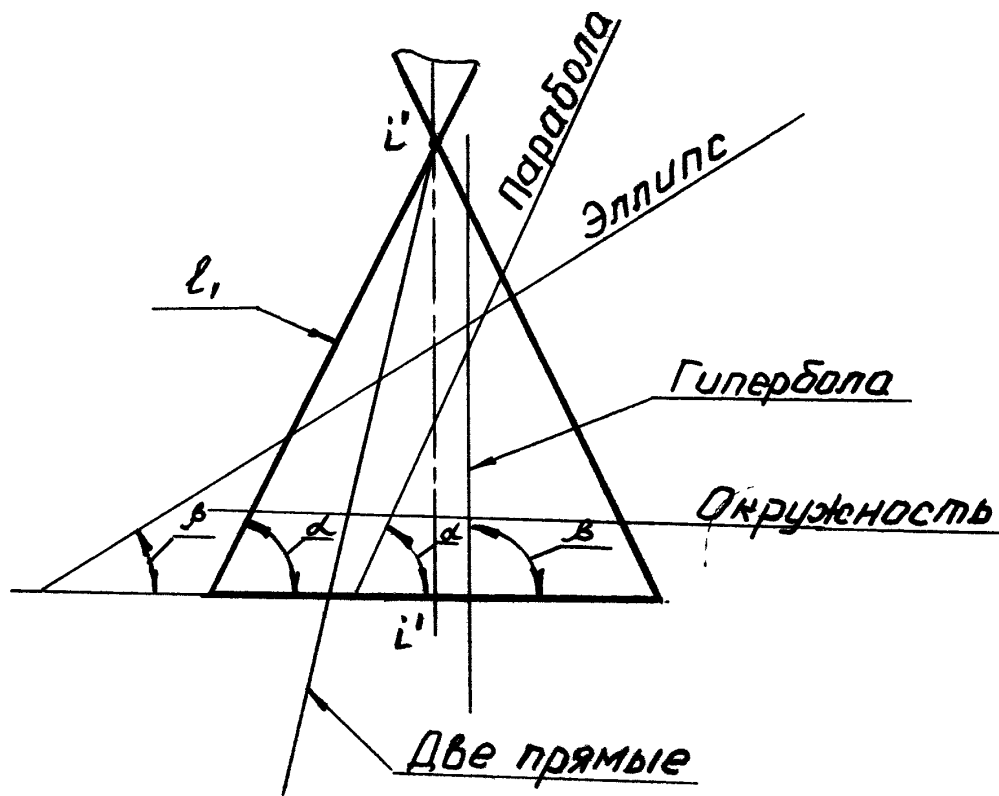


Рис. 7.16

Пример построения проекции линии сечения конуса фронтально-проецирующей плоскостью $P(P_V)$, когда в сечении получается эллипс (рис. 7.17).

Известно, что точка принадлежит поверхности, если она принадлежит какой-нибудь линии поверхности (образующей или окружности).

Фронтальная проекция линии сечения совпадает с фронтальным следом плоскости P_V . Находим характерные (опорные) точки. Точка 1 – самая низкая, лежит на образующей AS , 2 – самая высокая –

на образующей BS. Отрезок 1–2 определяет большую ось эллипса. Малая ось перпендикулярна большой оси, делим отрезок (1–2) пополам и точки 3, 4 определяют малую ось эллипса. Точки 5 и 6 принадлежат образующим SC и DS и являются точками разграничения видимости для профильной плоскости проекций.

Чтобы найти проекции точек 3 и 4, через них проводим дополнительную горизонтальную плоскость уровня S, которая пересекает конус по окружности радиуса R.

На этой проекции находятся проекции данных точек. На горизонтальную плоскость проекций окружность проецируется в натуральную величину, проведя линии связи, находим горизонтальные проекции точек 3 и 4. Профильные проекции находим, отложив на линии связи от оси конуса Y координаты точек 3 и 4.

Для более точного построения эллипса перечисленных точек не достаточно. Находим вспомогательные точки. Проекции их находим аналогично точкам 3 и 4. Построенные точки соединяем с учетом видимости. На H – все точки, лежащие на поверхности конуса, видимы, на W – точки 5, 3, 1, 4, 6 – видимы, остальные – нет.

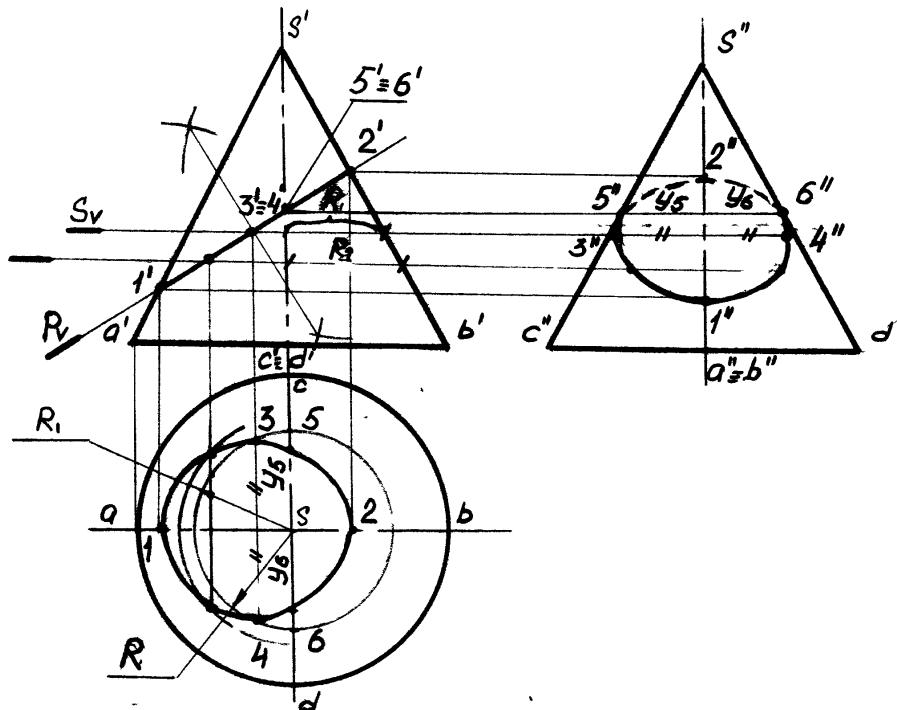


Рис. 7.17

Сфера. Построение проекций линии сечения сферы плоскостью

Сферой называется поверхность, образованная вращением окружности вокруг своего диаметра.

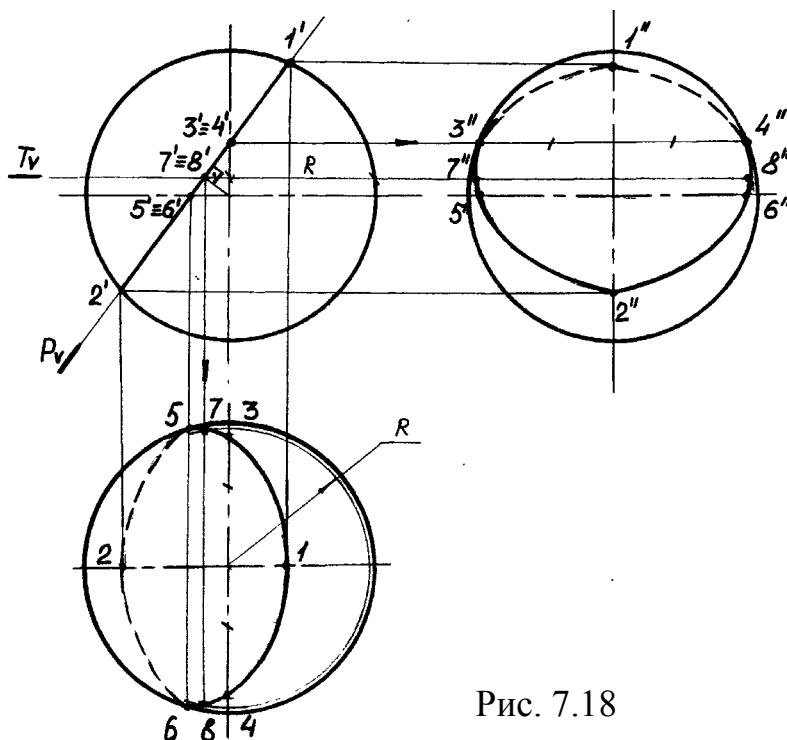
При пересечении сферы плоскостью в сечении всегда получается окружность. Эта окружность может проецироваться:

- в прямую, если секущая плоскость перпендикулярна к плоскости проекций;
- в окружность, если секущая плоскость параллельна плоскости проекций;
- в эллипс, если секущая плоскость наклонена к плоскости проекций.

Для построения проекции точки, лежащей на поверхности сферы, необходимо через нее провести секущую плоскость параллельную плоскости проекций, построить окружность и на ней найти эту точку.

Пример построения проекции линии пересечения сферы с фронтально-проецирующей плоскостью P (P_V) (рис. 7.18).

Определяем характерные (опорные) точки. Точки 1 и 2 находятся на главном меридиане (1–2 – малая ось эллипса; 2 – самая низкая, а 1 – самые высокие точки). Точки 3 и 4 лежат на профильном меридиане и являются точками разграничения видимости на профильной плоскости проекций. Точки 5 и 6 находятся на экваторе и являются точками разграничения видимости на горизонтальной плоскости проекций. Точки 7 и 8 принадлежат концам большой оси эллипса на профильной плоскости проекций. Они строятся так: находим точку O – центр окружности сечения, как середину отрезка 1–2. Через точки 7, 8 и O



проводим горизонтальную плоскость уровня T (T_V). Эта плоскость пересечет сферу по окружности радиуса R , на которой находятся искомые точки. Полученные точки соединяем плавной выпуклой кривой с учетом ее видимости.

Рис. 7.18

7.5. Построение линий взаимного пересечения поверхностей

Большинство механических деталей состоит из сочетания различных геометрических тел. Пересекаясь между собой, поверхности этих тел образуют прямые или кривые линии – линии взаимного пересечения.

Линия пересечения двух поверхностей – геометрическое место точек, принадлежащих одновременно обеим поверхностям.

Два многогранника пересекаются между собой по пространственным ломаным линиям. Поверхность вращения с многогранником пересекается по линиям, состоящим из участков плоских кривых. Две поверхности вращения пересекаются между собой по плоским или пространственным кривым линиям.

Общим случаем построения точек, принадлежащих кривой взаимного пересечения поверхностей, является способ вспомогательных поверхностей-посредников. Этот способ сходен со способом построения линии пересечения поверхностей плоскостями.

Пусть даны некоторые взаимно пересекающиеся поверхности (рис. 7.19). Введем плоскость-посредник P , которая пересечет поверхности по линиям l и k , которые пересекаясь между собой дают точки M и N , принадлежащие кривой пересечения заданных поверхностей.

В качестве посредников применяют плоскости или сферы. В зависимости от вида посредника можно выделить следующие основные способы построения линии пересечения двух поверхностей:

- а) способ вспомогательных секущих плоскостей;
- б) способ вспомогательных сфер.

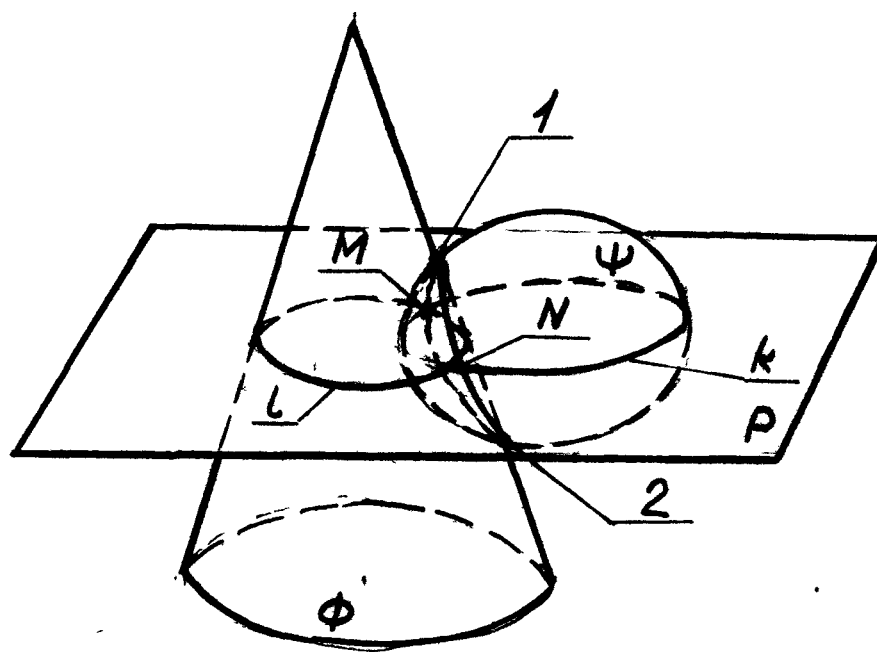


Рис. 7.19

Способ вспомогательных секущих плоскостей

Пример построения линии пересечения сферы с конусом вращения (рис. 7.20).

Для построения линии пересечения заданных поверхностей в качестве вспомогательных плоскостей целесообразно использовать фронтальную плоскость P и ряд горизонтальных плоскостей (T_1, T_2, T_3).

Построение начинаем с определения проекций характерных точек. Проводим фронтальную плоскость $P(P_H)$. Эта плоскость пересекает поверхности по очеркам. Фронтальные проекции высшей и низшей точек ($1'$ и $2'$) находим, как точки пересечения очерков. Горизонтальные проекции 1 и 2 определяем, проведя линии связи до следа P_H .

Вспомогательные горизонтальные плоскости T_1, T_2, T_3 пересекают сферу и конус по окружностям. Проводим плоскость T_1 через центр сферы. Плоскость пересекает сферу по экватору и конус по окружности радиуса r_1 , в пересечении горизонтальных проекций которых находим горизонтальные проекции точек 3 и 4 . Эти точки являются точками разграничения видимости линии пересечения на H . Промежуточные точки $5, 6, 7, 8$ находим с помощью вспомогательных горизонтальных плоскостей $T_2(T_{2V})$ и $T_3(T_{3V})$. Полученные точки соединяем плавной кривой линией с учетом видимости.

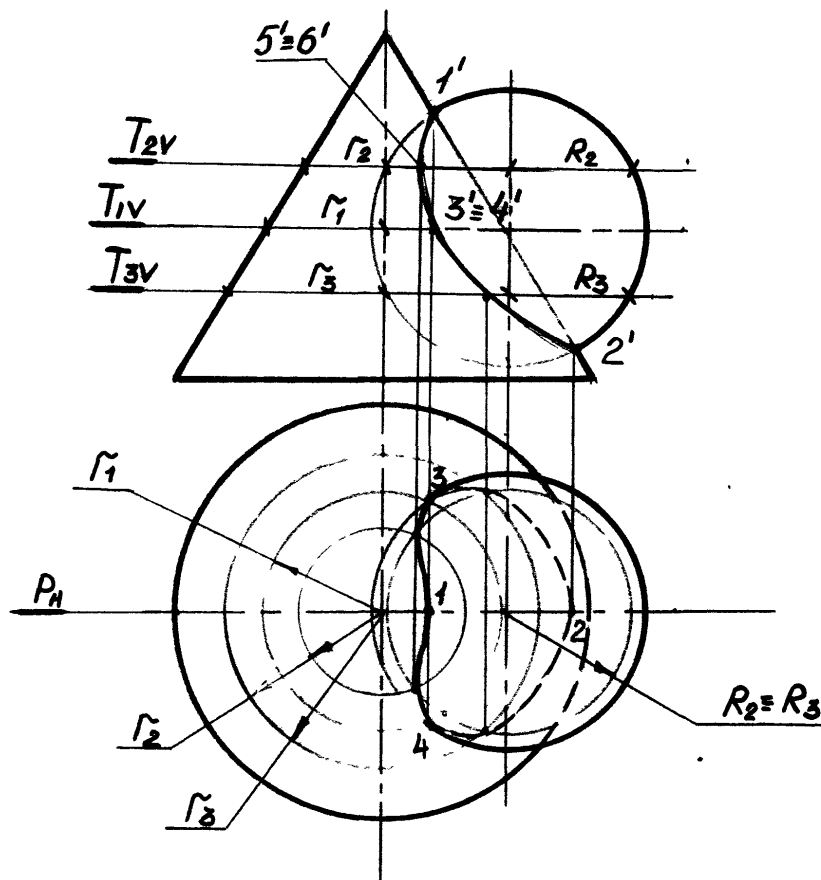


Рис. 7.20

Пересечение поверхностей второго порядка

В общем случае две поверхности второго порядка пересекаются по пространственной кривой четвертого порядка. В некоторых особых положениях относительно друг друга поверхности пересекаются по плоским кривым, то есть пространственная кривая пересечения распадается на две плоские кривые.

1. Теорема о двойном касании

Если две поверхности второго порядка имеют две общие точки, через которые могут быть проведены к ним две общие касательные плоскости, то линия их взаимного пересечения распадается на две плоские кривые, причем плоскости этих кривых пройдут через прямую, соединяющую точки касания. На рис. 7.21 показано построение линии пересечения поверхностей прямого кругового цилиндра и эллиптического конуса. Точки K_1 и K_2 – общие точки, через которые могут быть проведены общие касательные плоскости $R(R_V)$ и $P(P_V)$. Линии пересечения – эллипсоиды – лежат в профильно проецирующих плоскостях T и S , проходящих через прямую KK_1 , соединяющую точки касания.

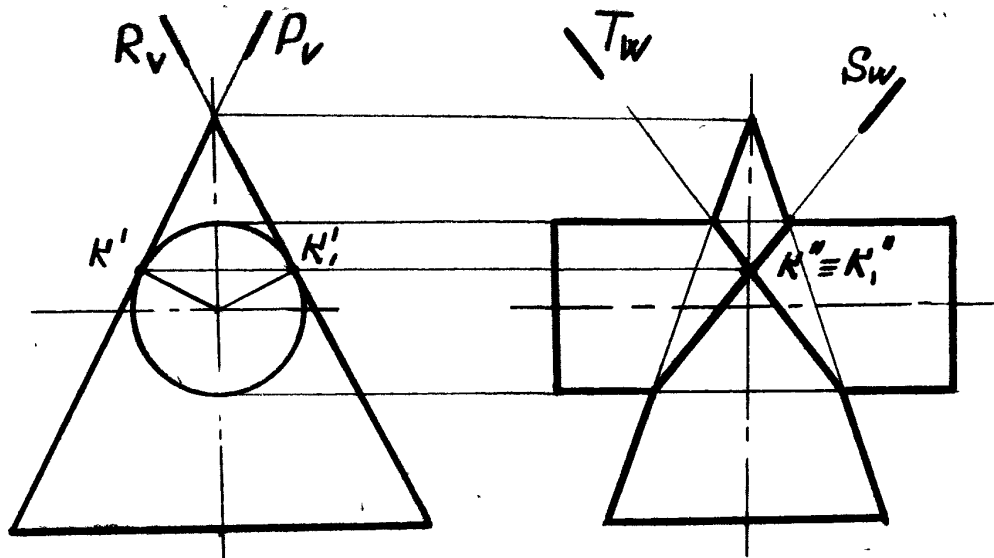


Рис. 7.21

2. Теорема Монжа.

Если две поверхности второго порядка описаны около третьей или вписаны в нее, то линия их взаимного пересечения распадается на две плоские кривые. Плоскости этих кривых пройдут через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания. На рис. 7.22 приведены примеры построения линий пересечения поверхностей на основании теоремы Монжа, где два цилиндра и цилиндр и конус описаны вокруг сферы.

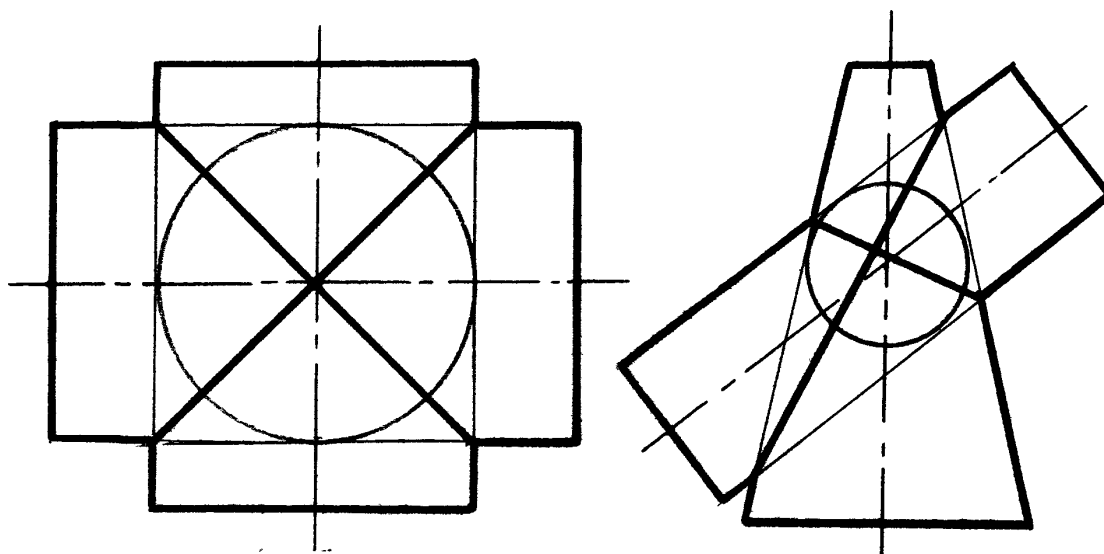


Рис. 7.22

Глава 8. Развертки поверхностей геометрических тел

8.1. Общие понятия и определения

Развертывание можно представить как последовательное разгибание гибкой и нерастяжимой пленки-поверхности Γ и совмещение ее без складок и разрывов с плоскостью Π (касательной к ней в каждый данный момент).

Плоская фигура, полученная в результате развертывания поверхности (или ее части) называется разверткой.

Поверхности делятся на развертываемые и неразвертываемые. К первым относят торсы, поверхности конусов, цилиндров, призм, пирамид и прочих многогранников.

Развертки подразделяются на три группы:

- 1) точные;
- 2) приближенные;
- 3) условные.

Точные развертки строят в основном для поверхностей многогранников, а для всех остальных развертываемых поверхностей предпочитают строить приближенные развертки. Условные развертки строят для неразвертываемых поверхностей.

8.2. Точные развертки

1. Способ нормального сечения

Этот способ применяют для построения точных разверток боковых поверхностей призм и цилиндров вращения. На рис. 8.1 показана иллюстрация способа нормального сечения на примере отсека замкнутой треугольной призматической поверхности, разрезанной по ребру 1–1'.

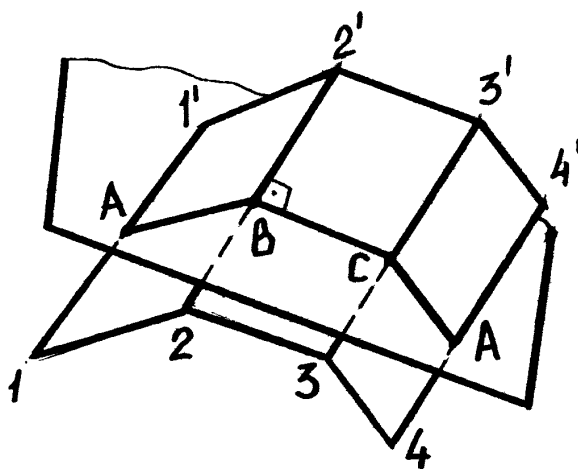


Рис. 8.1

Суть этого способа состоит в том, что вначале заданная поверхность пересекается плоскостью, перпендикулярной к ребрам или образующим поверхностей. Затем определяется натуральная истинная величина сечения, строится его развертка и по обе стороны от нее через точки, являющимися вершинами сечения, проводятся прямые. На них откладываются длины отрезков ребер или образующих, заключенных между линией сечения и основаниями. Развертки получаются после соединения концов построенных отрезков прямыми (или кривыми в случае цилиндрической поверхности) линиями.

На рис. 8.2 показано построение полной развертки поверхности треугольной призмы. Пересечем данную призму плоскостью Q (Q_V) перпендикулярной к ребрам призмы. Поскольку ребра призмы параллельны фронтальной плоскости проекций, а секущая плоскость Q – фронтально-проецирующая, фигура сечения проецируется в прямую линию $1'2'3'$. Определяем длину сторон фигуры $1_12_13_1$ сечения способом замены плоскостей проекций и на свободном плече чертежа строим развертку этого сечения. Стороны нормального сечения развернуты в одну прямую $1^\circ-2^\circ-3^\circ-1^\circ$.

Теперь через вершины сечения перпендикулярно линии $1^\circ-1^\circ$ проводим прямые и на них по обе стороны откладываем длины соответствующих отрезков боковых ребер. Концы отрезков соединим прямыми. Присоединив к полученной фигуре два основания призмы, предварительно найдя их истинную величину, получим полную поверхность призмы.

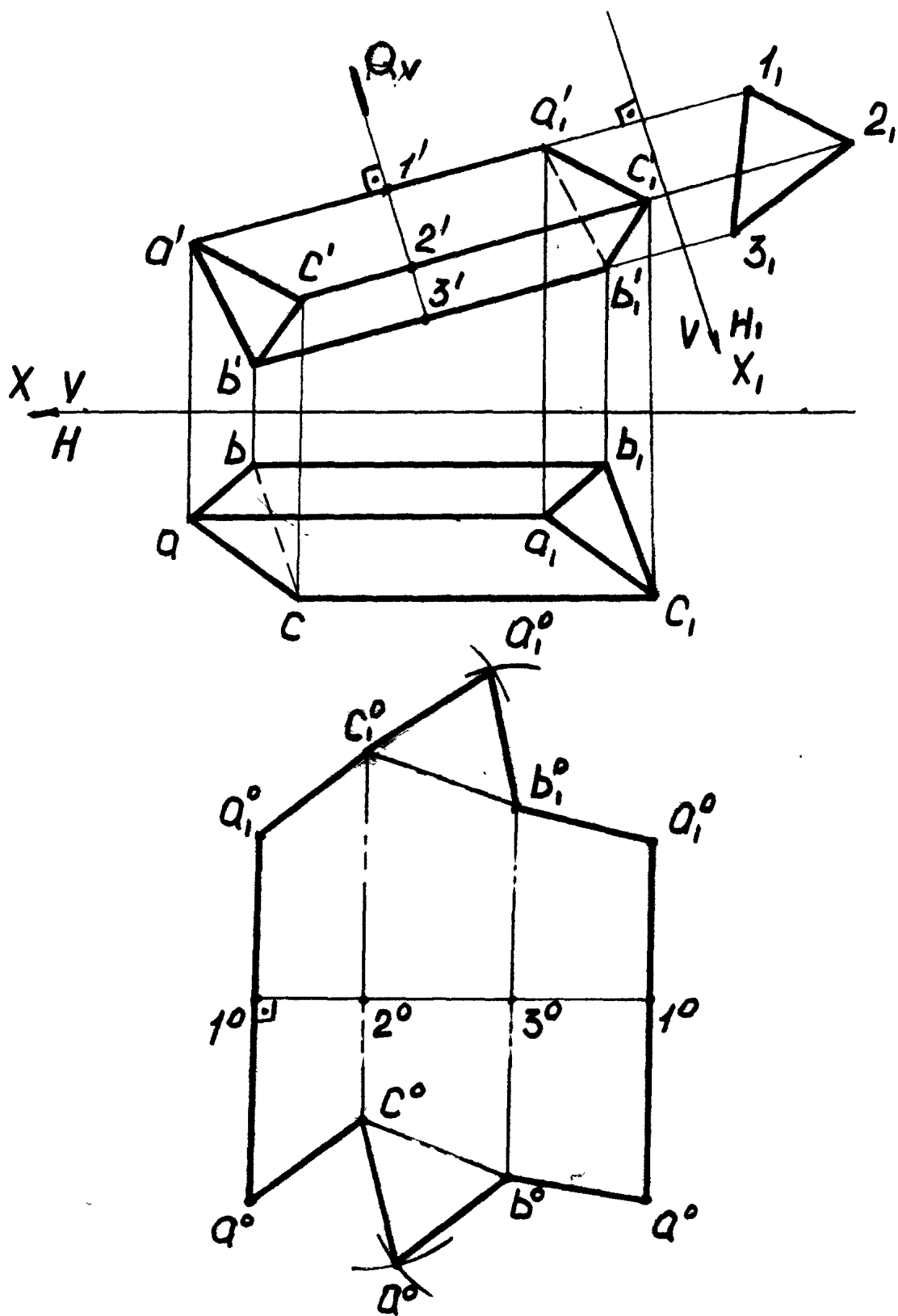


Рис. 8.2

2. Способ раскатки

В том случае, когда основание призмы на одной из плоскостей проекций изображаются в истинную величину, то построение развертки можно осуществить способом раскатки. Этот способ основан на последовательном совмещении всех граней призмы с плоскостью. При этом для определения истинных величин граней используется вращение вокруг одной из ее сторон, как линии уровня.

На рис. 8.3 показано построение полной развертки наклонной треугольной призмы способом раскатки. Для построения развертки повернем каждую грань вокруг бокового ребра до положения, при котором она станет параллельной фронтальной плоскости проекций. Развертывание начнем от крайнего ребра AA_1 , которое не изменяет свое положение. При вращении грани ACC_1A_1 вокруг ребра AA_1 точки C и C_1 будут перемещаться в плоскостях, перпендикулярных к оси вращения, то есть ребру AA_1 ($a'a_1'$ на фронтальной плоскости проекций). Радиус дуги R ,

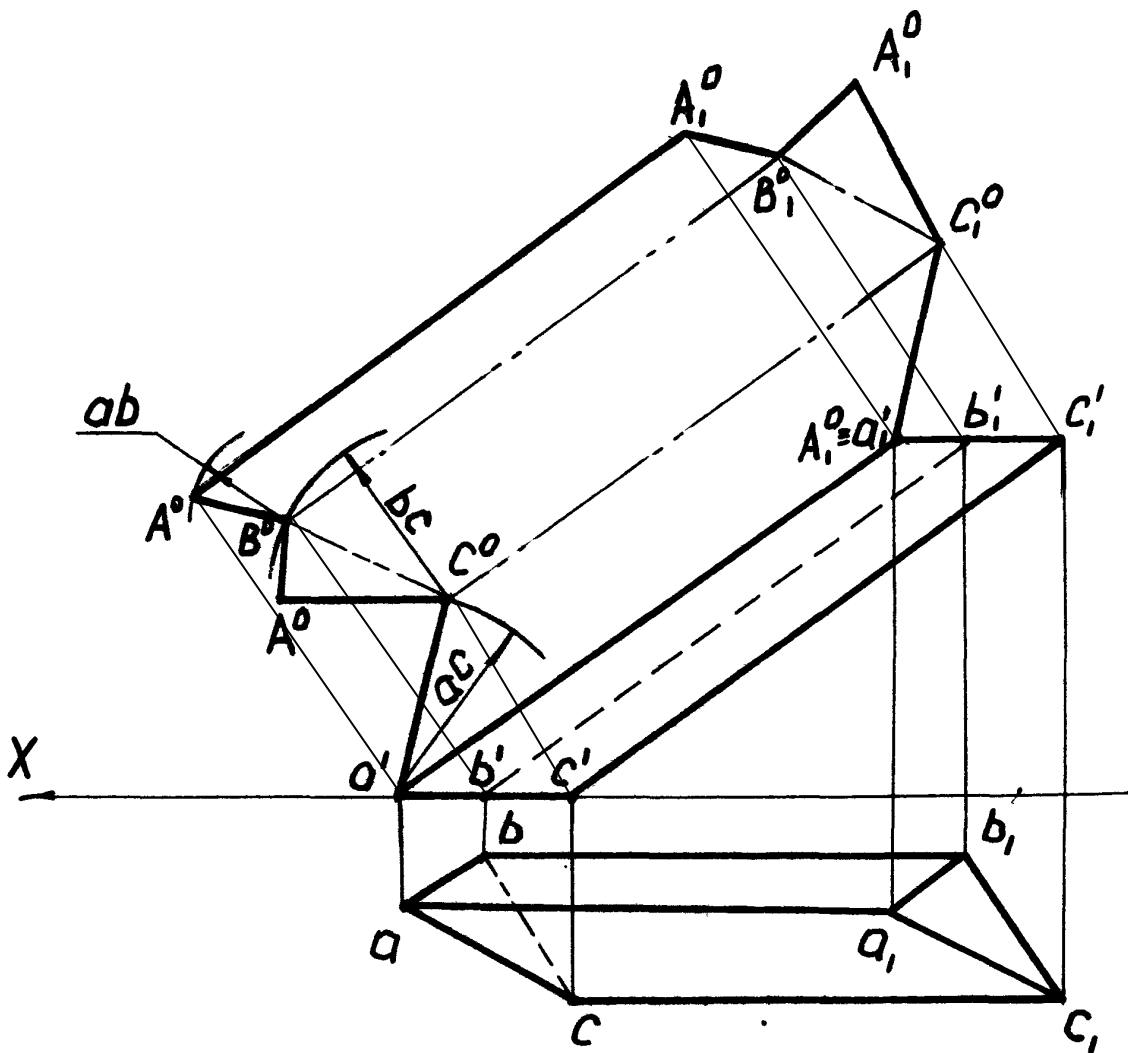


Рис. 8.3.

которым делается засечка на прямой, являющейся проекцией плоскости вращения, равен $ac = a_1c_1$, то есть длине стороны основания, принадлежащего грани ACC_1A_1 . Получив точки C° и C_1° , строят очертание всей грани. Следующую грань находим аналогично.

3. Способ треугольников

Боковые грани наклонной призмы представляют собой, как правило, параллелограммы. С целью сокращения графических операций при построении развертки призмы эти параллелограммы можно построить по двум смежным сторонам и по диагонали между их концами. Поэтому сначала необходимо грани призмы разбить диагоналями на треугольники, определить длины сторон этих треугольников, а затем последовательно построить их в определенном порядке. Отсюда и название способа построения разверток – способ треугольников.

На рис. 8.4 показано построение полной развертки наклонной треугольной призмы. Способом вращения вокруг оси, перпендикулярной к горизонтальной плоскости проекции, определяем длину ребер призмы. На чертеже выполнены построения для ребра AA_1 . Отрезок $a'\bar{a}'_1$ истинная величина ребер. Затем проведены диагонали AB_1 , AC_1 и CB_1 и способом вращения определены их длины. На чертеже они равны $a'\bar{b}'_1$, $a'\bar{c}'_1$, $c'\bar{b}'_1$. Длины отрезков $A^\circ C^\circ$, $A_1^\circ C_1^\circ$, $C^\circ B^\circ$ и т.д. лежащих в основании, известны: ac , a_1c_1 , cb и т.д.

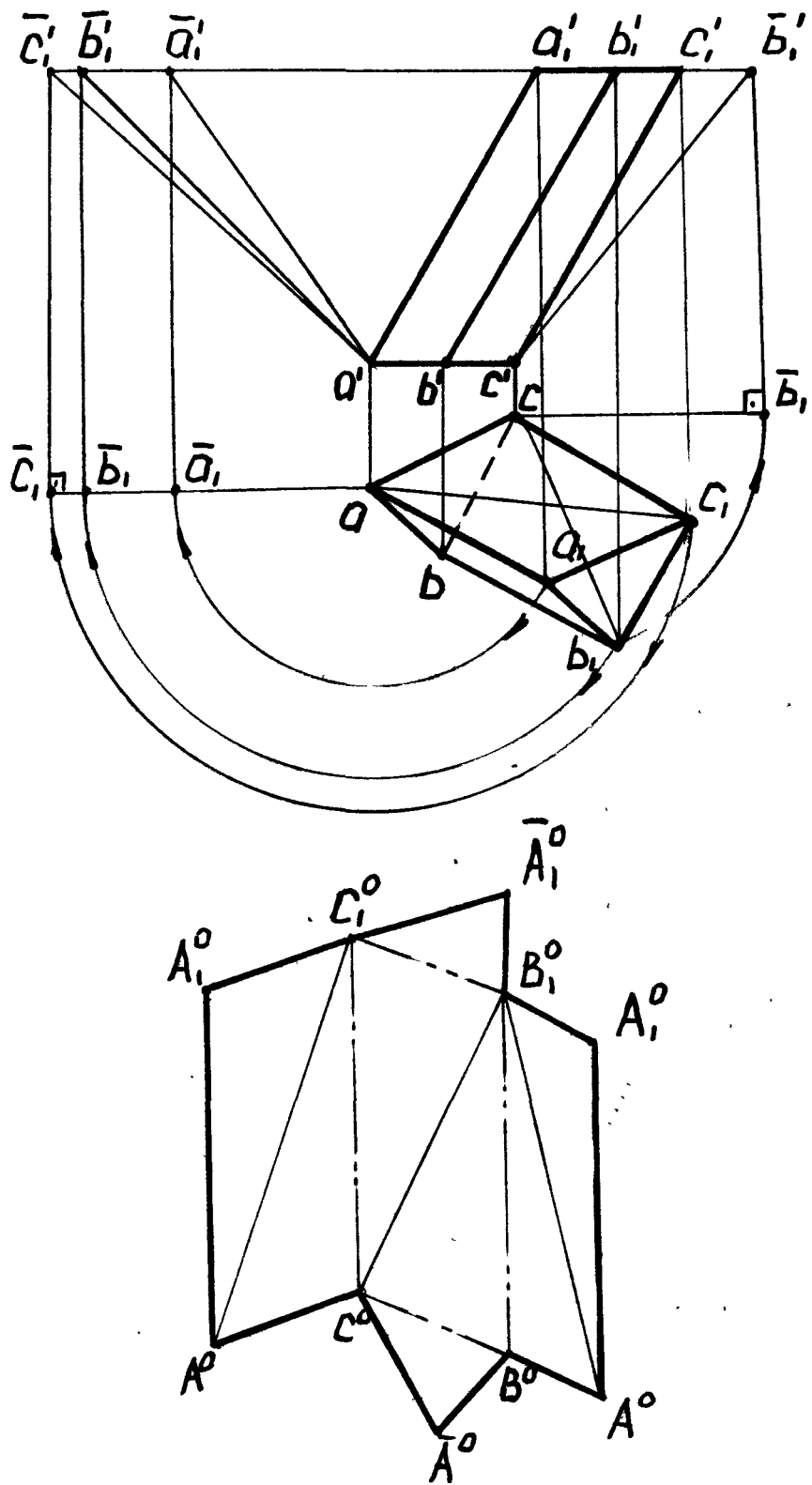


Рис. 8.4

8.3. Приближенные развертки

1. Способ аппроксимирующих призм.

Этот способ применяют для построения приближенных разверток отсеков цилиндрических поверхностей. Сущность этого способа рассмотрим на примере построения развертки боковой поверхности наклонного цилиндра (рис. 8.5).

Заданную цилиндрическую поверхность заменяем (аппроксимируем) вписанной в нее поверхностью n -гранной призмы; (принимаем $n=8$). Для этого окружность нижнего основания делим на 8 равных частей и получаем 8 вершин основания и 8 хорд. Через точки деления проводим образующие – ребра аппроксимирующей 8-гранной призмы.

Строим точную развертку 8-гранной призмы способом раскатки, преобразовав ее ребра в линии уровня с помощью дополнительной плоскости проекций V_1 , расположенной параллельно ребрам призмы и перпендикулярно к плоскости H . Линией разреза служит ребро O_1-O' , все грани призмы совмещаем с плоскостью V_1 .

Соединяем вершины на их развертке плавными кривыми, получаем искомую приближенную развертку боковой поверхности заданного цилиндра.

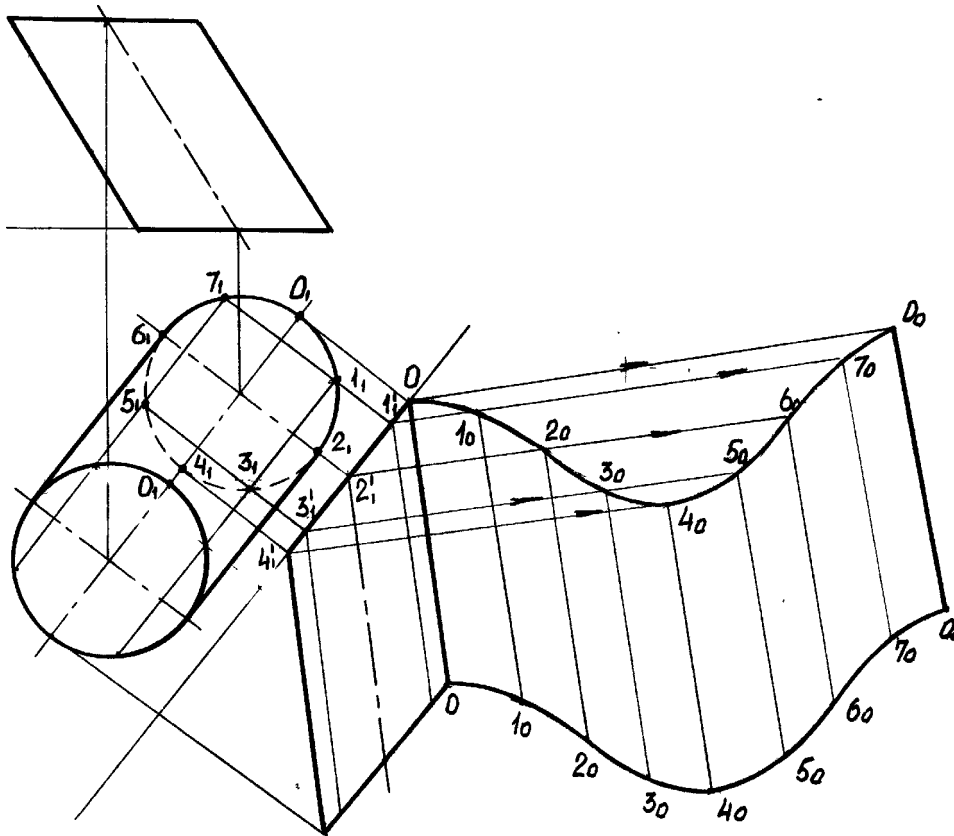


Рис. 8.5

8.4. Условные развертки

Для неразвертываемых поверхностей строят условные развертки. В отличие от точных и приближенных, условные развертки могут представлять любые фигуры с вырезами (разрывами).

Сущность этого способа рассмотрим на примере построения условной развертки сферы.

Рассмотрим один из них.

Разбиваем сферу меридианами на n равных частей (лепестков): I, II, III, ... XII (рис. 8.6).

Каждую часть заменяем (аппроксимируем) отрезком цилиндрической поверхности, описанной около сферы и касающейся ее по среднему меридиану: I^A, II^A, III^A .

Строим развертку каждой части I^A, II^A, III^A – способом параллельных сечений. Объединив развертки всех частей, получаем условную развертку сферы.

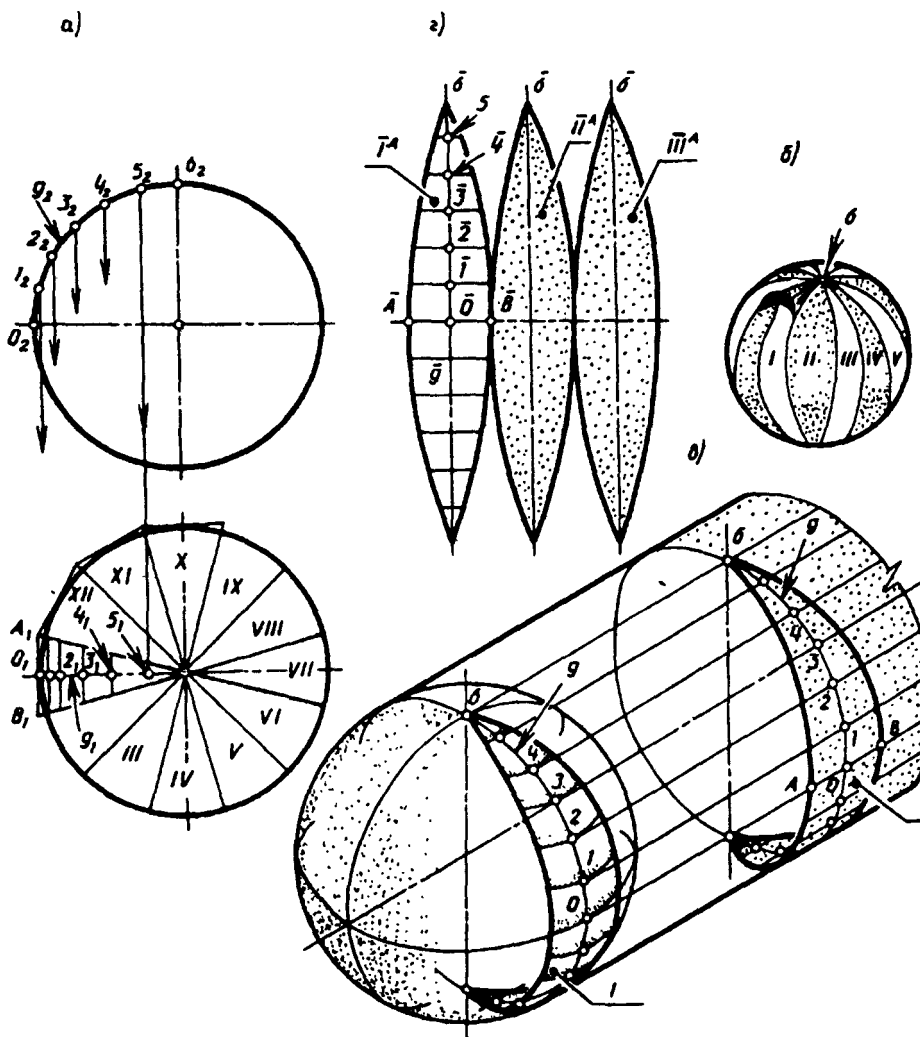


Рис. 8.6

8.5. Применение разверток в технике, науке, дизайне, работе школьного учителя

Построение разверток имеет большое практическое значение, так как является важным технологическим этапом в тех видах производства, которые связаны с листовыми материалами: легкая промышленность (швейная, кожевенная), нефтехимическая и газовая промышленность (резервуары и трубопроводы); судостроение, авиастроение, котлостроение; производство изделий из жести и т.д. Развертки изделий строятся на стадии их проектирования.

В технике широко применяют все виды разверток – точные, приближенные, условные. Площади приближенных и условных разверток не равны точным площадям проектируемых поверхностей – они всегда либо больше их, либо меньше. Если больше – получаем складки, если меньше – разрывы. В приближенных развертках складки (разрывы) не превышают 3%, а в условных они значительно больше, что недопустимо во многих производствах.

В этих случаях листовой материал при определенных условиях (нагрев, давление и т.д.) подвергают деформации в пределах пластичности, после которой складки и разрывы исчезают.

Самыми распространенными примерами такой деформации являются штамповка заготовок из листового материала (пластмассы) или температурно-влажностная обработка ткани из натуральных волокон с помощью горячего утюга: отдельные участки ткани можно растянуть – ликвидировать разрыв, а отдельные – сжать (сутюжить), ликвидировав складки.

При построении разверток учитываются припуски на швы.

В настоящее время на многих предприятиях развертки-выкройки ряда изделий выполняют с помощью компьютера.

Школьный учитель труда, черчения, общетехнических дисциплин должен уметь изготовить наглядные пособия, модели из бумаги, картона, оргстекла, пластмассы, также необходимо уметь строить развертки и научить этому школьника. Например, чтобы завершить изготовление модели судна или самолета, готовые каркасы крыла, корпуса, фюзеляжа надо обтянуть пергаментом, легкой материей, предварительно рассчитав ее форму и количество с помощью разверток.

На рис. 8.7 приведены примеры разверток некоторых полезных изделий, которые можно изготовить в школьной механической мастерской или на уроках швейного дела.

Кубок
«Золотой конус»

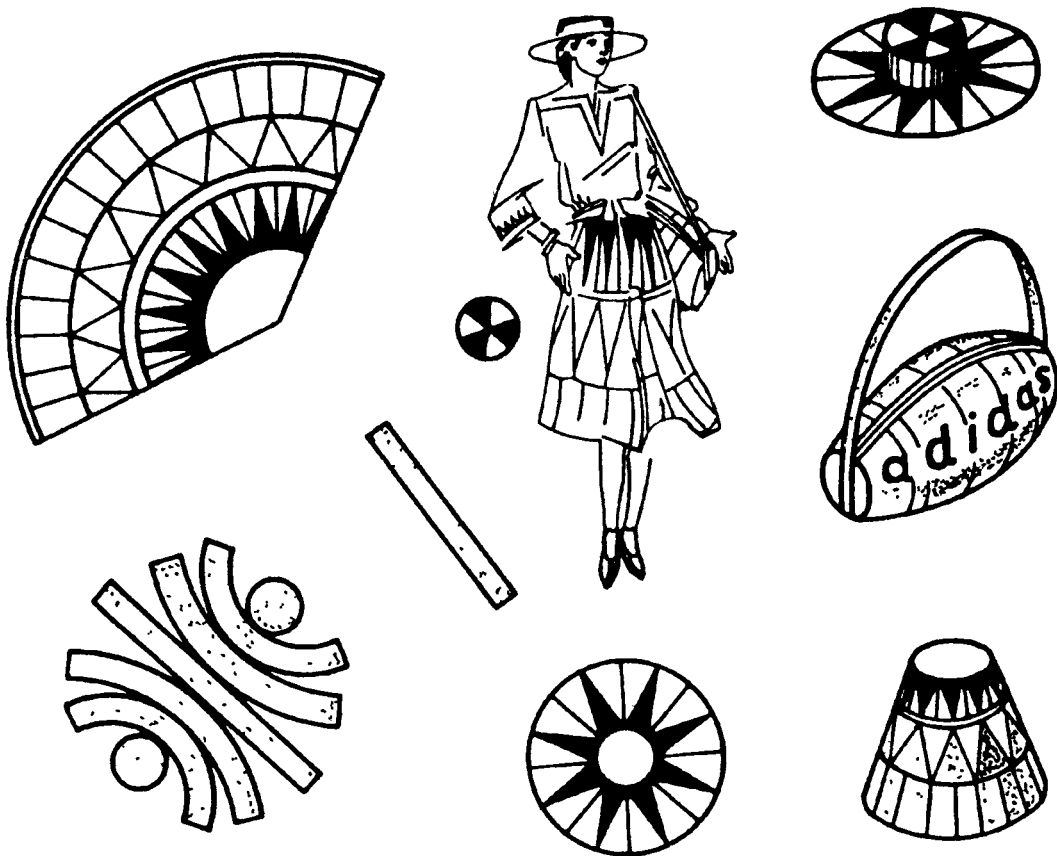
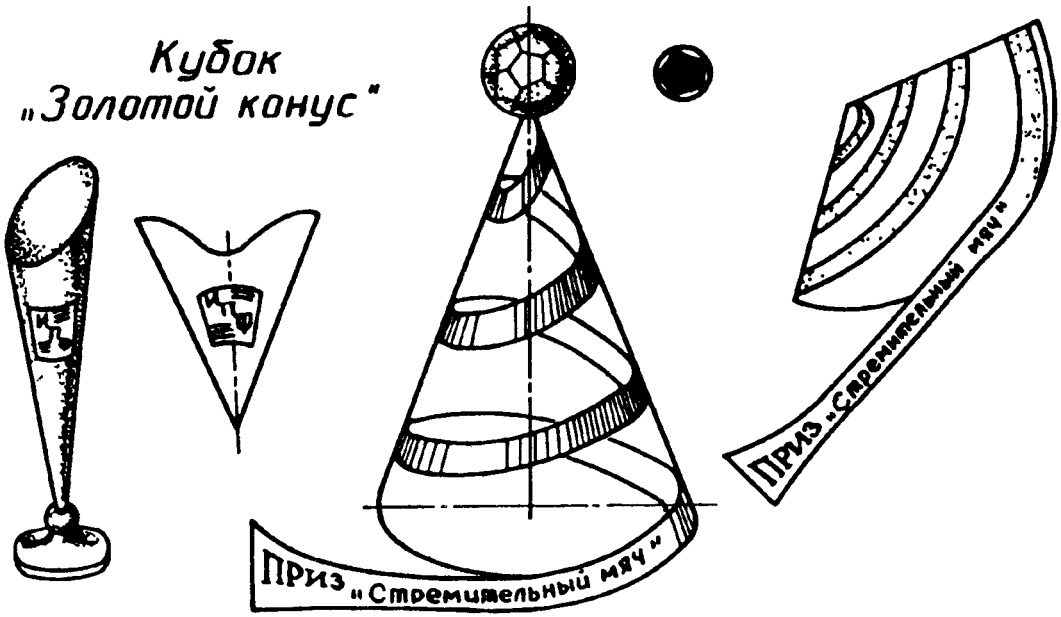


Рис. 8.7

Глава 9. Решение основных метрических задач графическими методами

Классификация задач и способов их решения.

Выделяют три вида задач на пересечение:

1. Пересечение линии с линией.
2. Пересечение поверхности (плоскости) с линией.
3. Взаимное пересечение поверхностей (плоскостей).

Решение задач на пересечение сводится в конечном итоге к решению задач на взаимную принадлежность точки, линии, поверхности (плоскости), которая является элементом решения более сложных задач и может являться элементарной задачей начертательной геометрии.

Случаи пересечения можно разделить на частные и общие.

В основу решения общих случаев положены частные, являющиеся самостоятельными частями-модулями, из которых составляется решение общей задачи. Можно решать самые сложные задачи используя частные, простейшие задачи в качестве базовых задач.

На практике чаще всего встречаются такие группы частных случаев:

1. В пересечении участвует одна проецирующая поверхность (плоскость) или прямая.

2. Плоскость пересекает поверхность:

- а) по прямой или окружности;

- б) по линии, проекцией которой является прямая или окружность.

3. Две поверхности пересекают друг друга по плоским линиям.

Решать общие случаи на базе частных позволяют два основных способа:

1. Способ посредников.

2. Способ преобразований.

На рис. 9.1 дана классификация посредников и преобразований, которые используются на практике чаще всего.

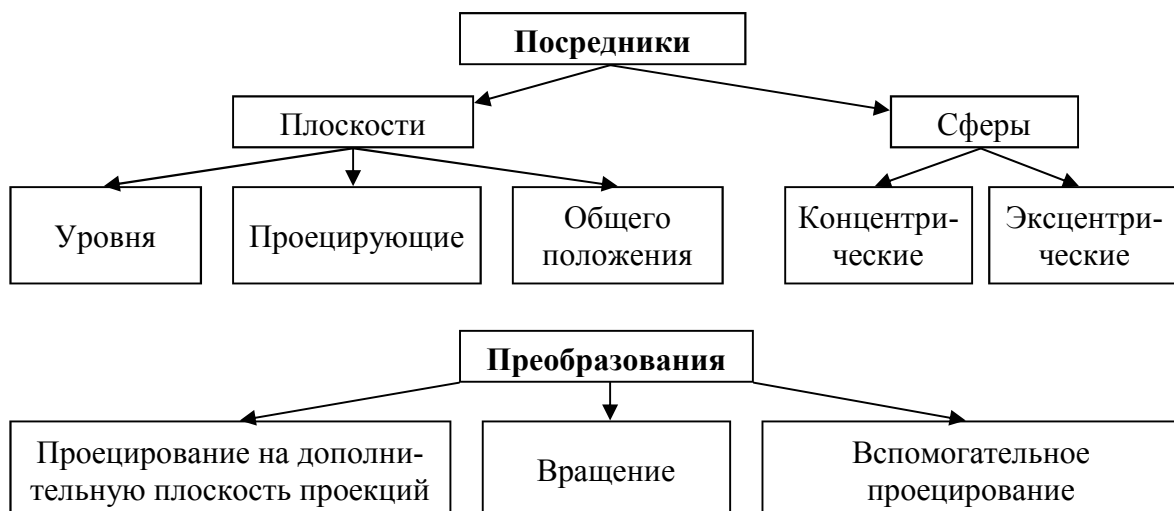


Рис. 9.1

Алгоритмы решения позиционных задач

Для решения задач удобно выделить набор определенных операций и сформулировать их в общем виде в форме алгоритма, указывающего как и в какой последовательности необходимо выполнять операции в условиях изменения исходных данных.

Проецирующие поверхности и линии

Проецирующими при ортогональном проецировании могут быть: прямая, плоскость, призматическая и цилиндрическая поверхность.

На рис. 9.2 изображены:

P – плоскость проекций

S – проецирующая прямая $S \perp P$, $S \perp S'$

S' – точка

Φ_1 – проецирующая поверхность $\Phi_1 \perp P$

$\Phi \rightarrow n'$ – линия

Φ_2 – произвольная поверхность

a – произвольная линия

$m = \Phi_1 \cap \Phi_2$

$a' = \Phi \cap a$

$k' = S \cap \Phi_2$

(m , A , K – искомые образы), $m \rightarrow m'$, $A \rightarrow a'$, $K \rightarrow k'$

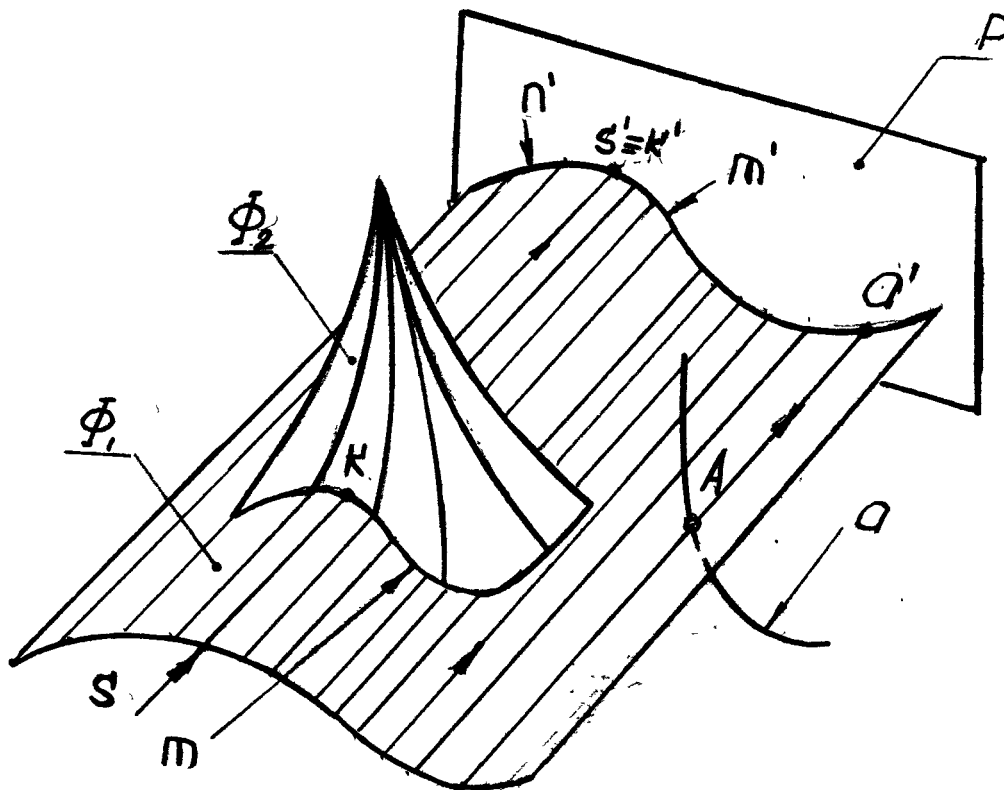


Рис. 9.2

Чтобы построить на чертеже линию или точку пересечения проецирующей поверхности или прямой с любой другой поверхностью, надо выполнить операции, указанные в алгоритме №1.

Алгоритм №1

(Алгоритм проецирующей поверхности, плоскости)

1. Обозначаем на чертеже соответствующую проекцию искомой линии или точки, (то есть одна проекция искомой линии (точки) уже дана).
2. Строим другую проекцию искомой линии (точки) на другую плоскость проекций по ее принадлежности второй заданной поверхности (или прямой).
3. Определяем видимость проекций:
 - а) найденной линии (точки);
 - б) заданных поверхностей (поверхности и линии, двух тел).

Алгоритм №2

(Алгоритм посредников, рис. 9.3)

1. Определяем оптимального посредника T – ?
2. Строим посредник T .
3. Находим линии по которым посредник T пересекает каждую из заданных поверхностей;

$$m = T \cap \Phi_1$$

$$n = T \cap \Phi_2$$
4. Отмечаем точки пересечения построенных линий. $m \cap n$ — A, B, \dots
5. Операции 1, 2, 3, 4 повторяют нужное число раз.
6. Отмеченные точки соединяем линией в порядке следования образующих любой заданной поверхности.
7. Определяем видимость (если требуется).

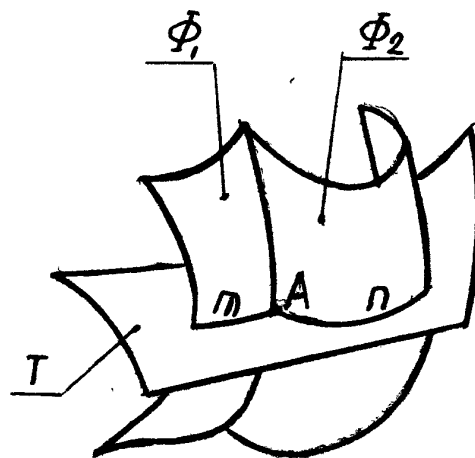


Рис. 9.3

Алгоритм №3
(Алгоритм построения точки пересечения линии
с поверхностью Φ , рис. 9.4)

1. Выбрать оптимального посредника.
2. Строим посредник (заключаем заданную линию в посредник – вспомогательную плоскость или поверхность). $T \in a$.
3. Находим линию пересечения посредника с заданной поверхностью.
4. Отмечаем точки пересечения построенной линии с заданной.
5. Определяем видимость.

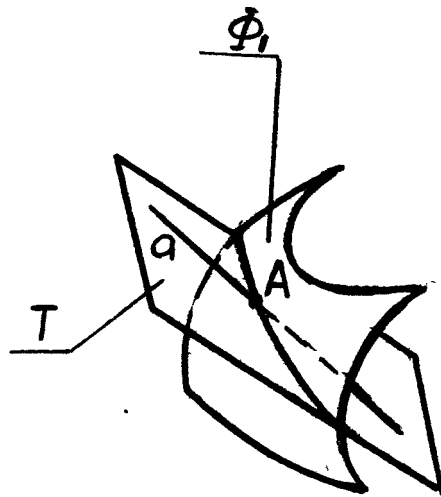


Рис. 9.4

Глава 10. Аксонометрические проекции

10.1. Понятия и определения. Виды аксонометрических проекций

Аксонометрические проекции относят к наглядным изображениям, построенным на одной плоскости методом параллельного проецирования предмета и жестко связанной с ним системы трех взаимно перпендикулярных осей координат.

Сущность метода рассмотрим на примере построения аксонометрической проекции точки. Выбираем произвольно в пространстве некоторую прямоугольную систему координат $OXYZ$ – и точку A , жестко связанную с ней (рис. 10.1).

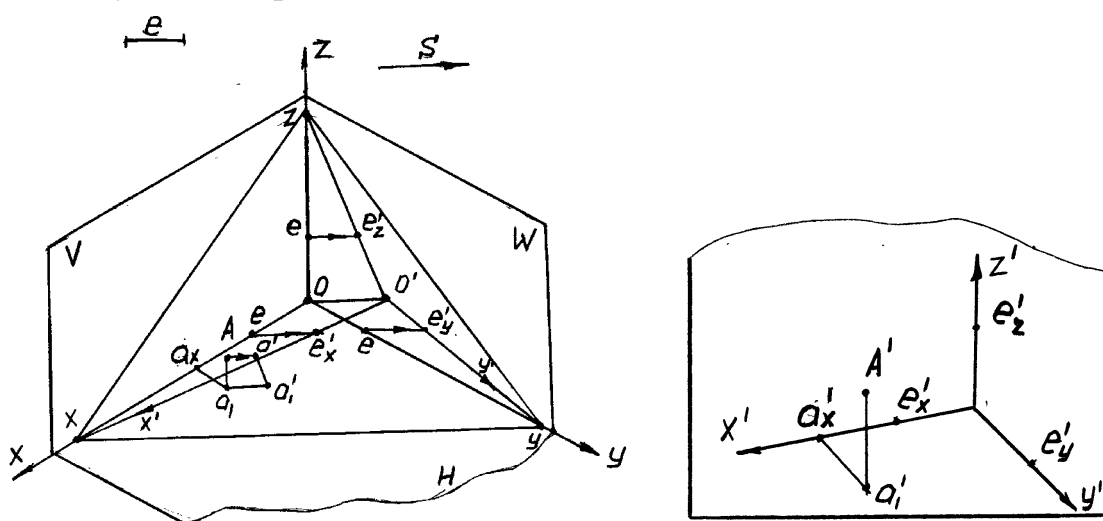


Рис. 10.1 (а, б)

Следовательно, аксонометрическая проекция есть прежде всего в системе, проекция только на одной плоскости, а не на двух и более.

На рис. 10.1.а,б показана схема проецирования точки A на некоторую плоскость P , принятую за плоскость аксонометрических проекций (картинную плоскость). Направление проецирования указано стрелкой S .

Прямые OX , OY , OZ изображают оси координат, прямые $O'X'$, $O'Y'$, $O'Z'$ – их проекции на плоскость P , называемые аксонометрическими осями.

На осях X , Y , Z отложим некоторый отрезок длиной e – принимаемый за единицу измерения по этим осям (натуральная единица). Отрезки e'_x , e'_y , e'_z – на аксонометрических осях представляют собой проекции отрезка e' , они не равны e и не равны между собой, эти отрезки e'_x , e'_y , e'_z являются единицами измерения по аксонометрическим осям – аксонометрическими осями.

Отношения $m = \frac{e'_x}{e}$; $k = \frac{e'_y}{e}$; $n = \frac{e'_z}{e}$ – называются коэффициентами искажения по аксонометрическим осям.

В зависимости от соотношения между коэффициентами искажения по осям различают аксонометрические проекции:

1. Изометрические, если $m=n=k$.
2. Диметрические, если $m=n \neq k$.
3. Триметрические, если $m \neq n \neq k$.

В зависимости от направления проецирования по отношению к плоскости аксонометрических проекций P , аксонометрические проекции делятся на:

- 1) прямоугольные, если угол проецирования равен 90° ;
- 2) косоугольные, если угол проецирования не равен 90° .

10.2. Стандартные аксонометрические системы

10.2.1. Прямоугольная изометрическая проекция

Прямоугольная изометрическая проекция широко применяется в техническом черчении. В прямоугольной изометрии аксонометрические оси X , Y , Z образуют друг с другом углы 120° , коэффициенты искажения по осям $m=n=k=0,82$.

Для упрощения коэффициенты искажения принимают $m=n=k=1$ (эти коэффициенты называют приведенными). При этом изображение получается увеличенным в 1,22 раза.

Ось Z располагают всегда вертикально, а оси X и Y под углом 30° к горизонтальному направлению.

На рис. 10.2 даны ортогональные проекции точки A . Для построения изометрической проекции этой точки (рис. 10.3), проводим аксонометрические оси под углом 120° друг к другу. Далее от начала координат O_1 по оси X_1 откладываем отрезок $O_1a_{X1}=Oa_X=X_A$. Координату X_A берем с комплексного чертежа. Из точки a_{X1} проводим прямую, параллельную оси Y_1 , на ней откладываем $a_{X1}a_1=a_Xa=Y_A$, получаем точку a_1 , из точки a_1 проводим отрезок, параллельный оси Z_1 и равный координате Z_A точки A . Полученная точка A_1 – изометрическая проекция точки A .

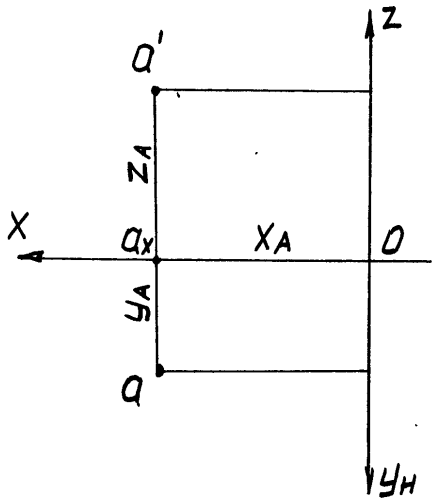


Рис. 10.2

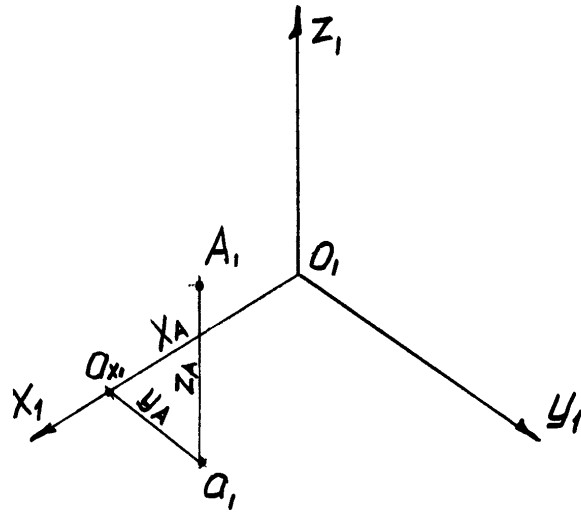


Рис. 10.3

Пример построения изометрической проекции шестигранной призмы приведен на рис.10.4.

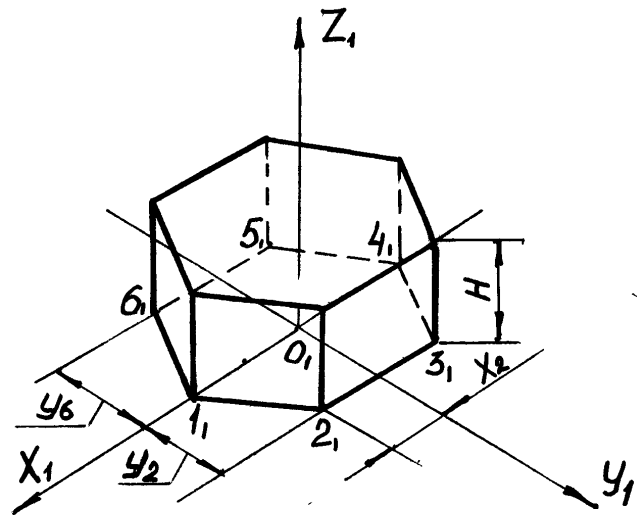
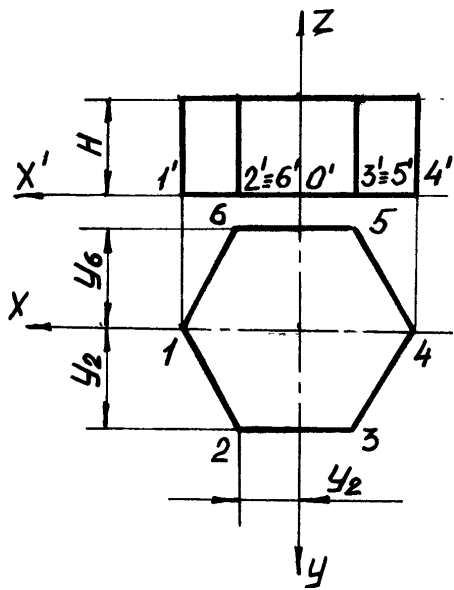


Рис. 10.4

Построение изометрической проекции окружности

Проекцией окружности, расположенной в координатной плоскости, является эллипс, большая ось которого (AB) всегда перпендикулярна к «свободной» аксонометрической оси. Так, если окружность принадлежит плоскости XOY, то большая ось AB перпендикулярна оси (OZ'); если $R \subset ZOY$, то $AB \perp OX'$, если $R \subset XOZ$, то $AB \perp OY'$. Малая ось CD перпендикулярна большой оси AB.

Построение элементов начинают с определения его центра, затем находят его вершины (концы главных осей) и четыре точки – концы диаметров, параллельных соответствующим аксонометрическим осям. Соединив плавной выпуклой кривой полученные 8 точек, получим эллипс. Построение эллипсов во всех плоскостях не отличается по своему характеру, меняется только направление большой и малой осей эллипса (рис. 10.5).

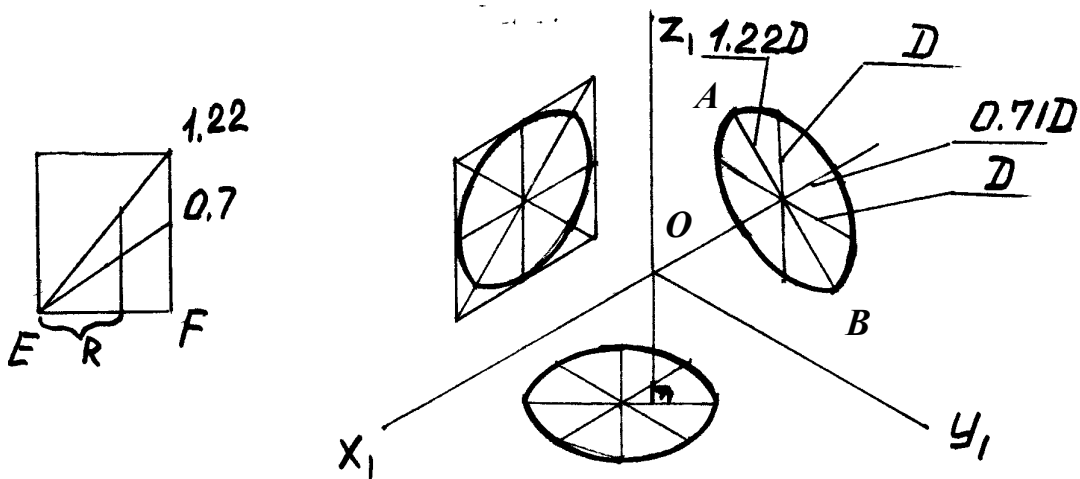


Рис. 10.5

10.2.2. Прямоугольная диметрическая проекция

В прямоугольной диметрии ось Z' – вертикальная, ось X' расположена под углом $7^\circ 10'$, а ось Y' – под углом $41^\circ 25'$ к горизонтальной прямой (рис.10.6), коэффициенты искажения по осям X' и Z' : $m=k=0,97$, по оси Y' : $n=\frac{1}{2}m=0,47$.

На практике применяют приведенную диметрию, принимая $m=k=1$, а $n=0,5$ (приведенные коэффициенты) – в этом случае получают изображение в 1,06 раза увеличенное.

Пример построения диметрической проекции точки A по ее ортогональной проекции (рис. 10.6, 10.7).

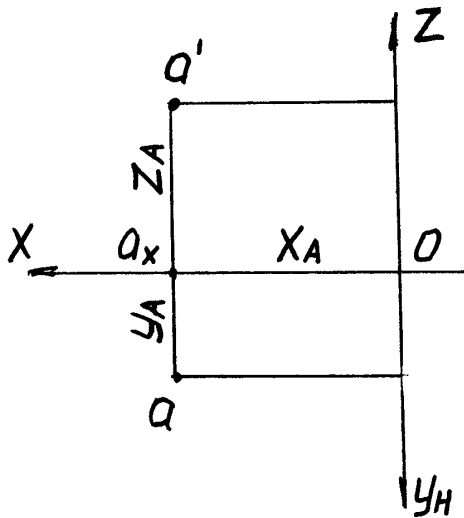


Рис. 10.6

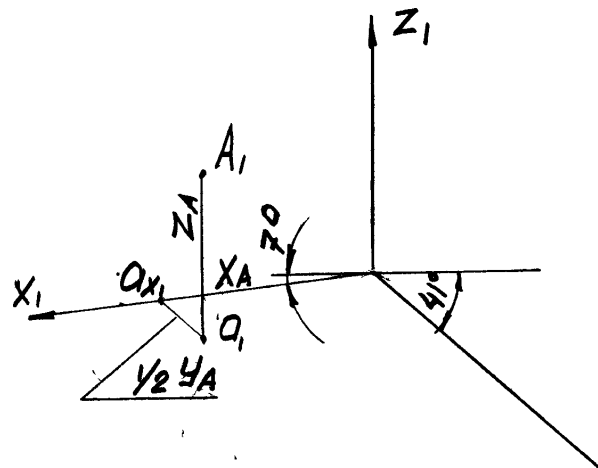


Рис. 10.7

Диметрическая проекция окружности

В отличие от изометрии, где величины большой и малой оси эллипса одинаковы, независимо от плоскости, в которой расположена окружность, в диметрии постоянной остается только величина большой оси, равная $1,06D$.

В плоскостях горизонтальной H и профильной W – малая ось эллипса равна $0,35D$, а в плоскости фронтальной V – малая ось равна $0,94D$. Пример построения эллипсов рассмотрен на рис. 10.8.

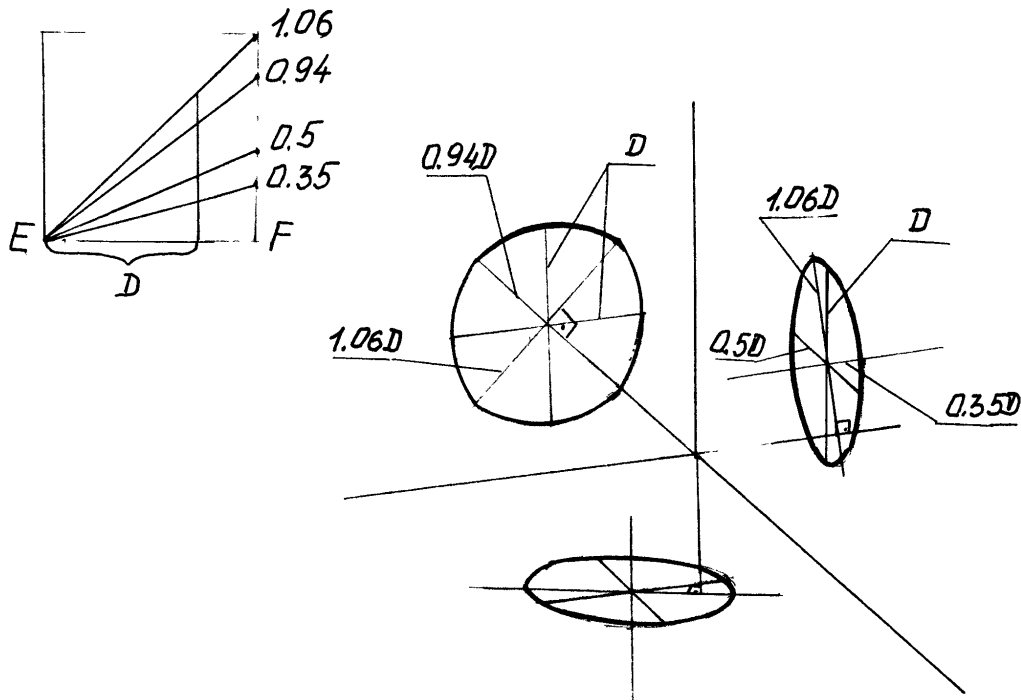


Рис. 10.8

Для выявления внутренней формы деталей на аксонометрических проекциях выполняют вырезы. Линии штриховки наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям.

Примеры штриховки прямоугольной изометрии – рис. 10.9, в прямоугольной диметрии – рис. 10.10.

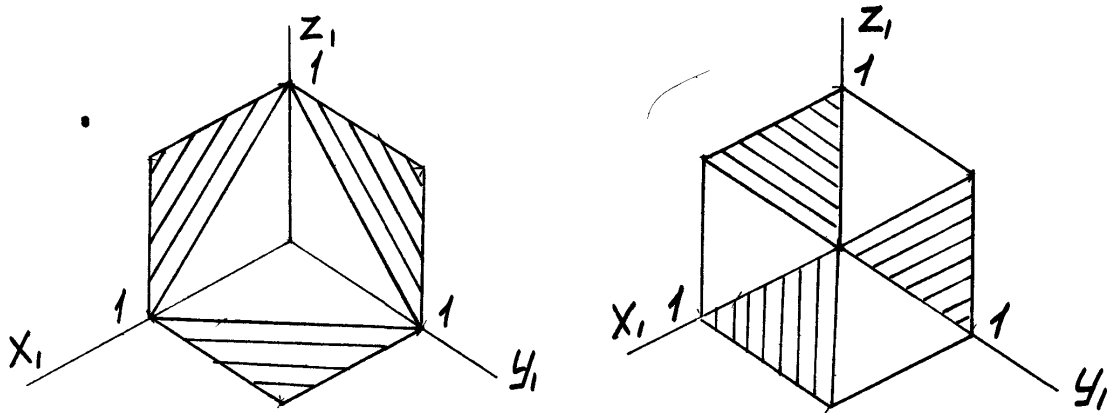


Рис. 10.9

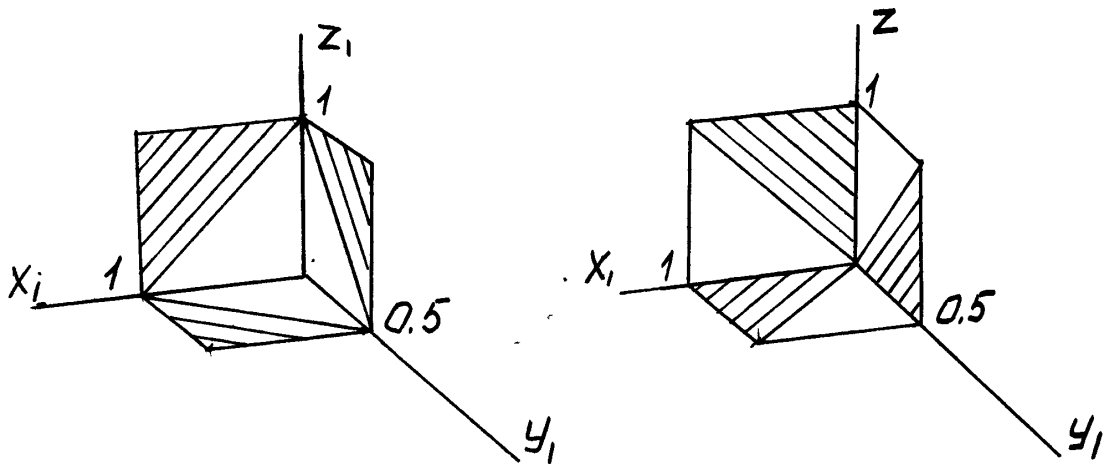


Рис. 10.10

Глава 11. Государственные стандарты (ГОСТы)

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) регламентирует правила выполнения чертежей и других технических документов.

Стандарты ЕСКД распределены по классификационным группам:

1. Общие положения – ГОСТ 2.001-70...2.004-83.
2. Основные положения – ГОСТ 2.101-68...2.124-85.
3. Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах – ГОСТ 2.201-80.
4. Общие правила выполнения чертежей – ГОСТ 2.301-68...2.321-84.
5. Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения – ГОСТ 2.401-68...2.430-85.
6. Правила обращения конструкторских документов (учет, хранения и т.д.) – ГОСТ 2.501-68...2.505-82.
7. Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации – ГОСТ 2.601-68...2.609-79.
8. Правила выполнения схем – ГОСТ 2.701-68...2.797-81.
9. Правила выполнения документов строительных и судостроения – ГОСТ 2.801-74...2.857-75.

11.1. Виды графической документации

К конструкторским документам относят графические и текстовые документы, которые в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат все необходимые данные для его изготовления, контроля, эксплуатации и ремонта.

В зависимости от содержания стандартами установлено 25 видов конструкторских документов, в том числе: чертеж детали, чертеж общего вида, сборочный чертеж, спецификация и другие.

Чертеж детали – документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Сборочный чертеж – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля.

Чертеж общего вида – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

Спецификация – основной вид текстовых документов – документ, определяющий состав сборочной единицы.

11.2. Основные правила оформления чертежей

Чертежи должны быть выполнены в полном соответствии с правилами, установленными Государственными стандартами ЕСКД.

11.2.1. Форматы и основная надпись

Все чертежи и другие конструкторские документы выполняют на листах бумаги определенного размера. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, которую выполняют сплошной тонкой линией. ГОСТ 2.301-68 устанавливает следующие основные форматы:

Обозначение формата	A0	A1	A2	A3	A4
Размеры сторон формата, мм	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

Площадь формата A0 равна одному квадратному метру. Каждый следующий меньший формат получается делением пополам предыдущего формата параллельно его меньшей стороне.

Поле чертежа ограничивают рамкой, которую проводят с трех сторон на расстоянии 5 мм от внешней рамки, а с четвертой – с левой стороны чертежа на расстоянии 20 мм (рис. 11.1). На рисунке показано также расположение основной надписи (185×55) и дополнительные графы (70×14). На формате A4 основная надпись располагается только вдоль короткой стороны.

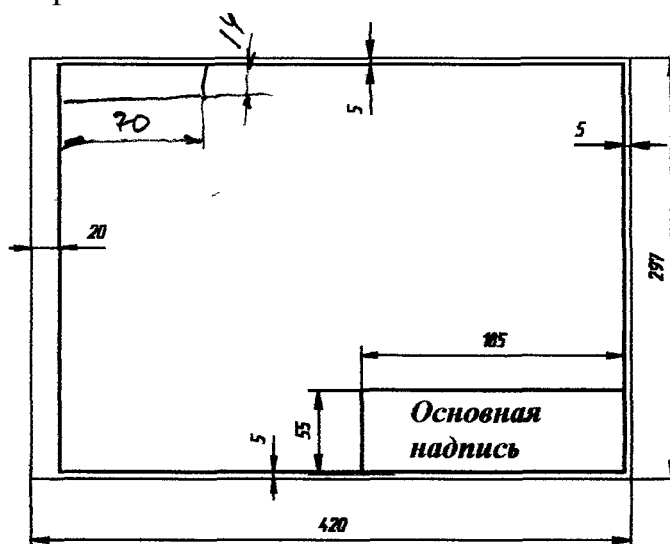


Рис. 11.1

Чертеж сопровождается основной надписью, которую располагают в правом нижнем углу формата. Содержание, расположение и размеры граф основной надписи для всех чертежей должны соответствовать форме 1 ГОСТ 2.104-68 (рис. 11.2), для текстовых документов – форме 2, для второго и всех последующих листов – форме 2а.

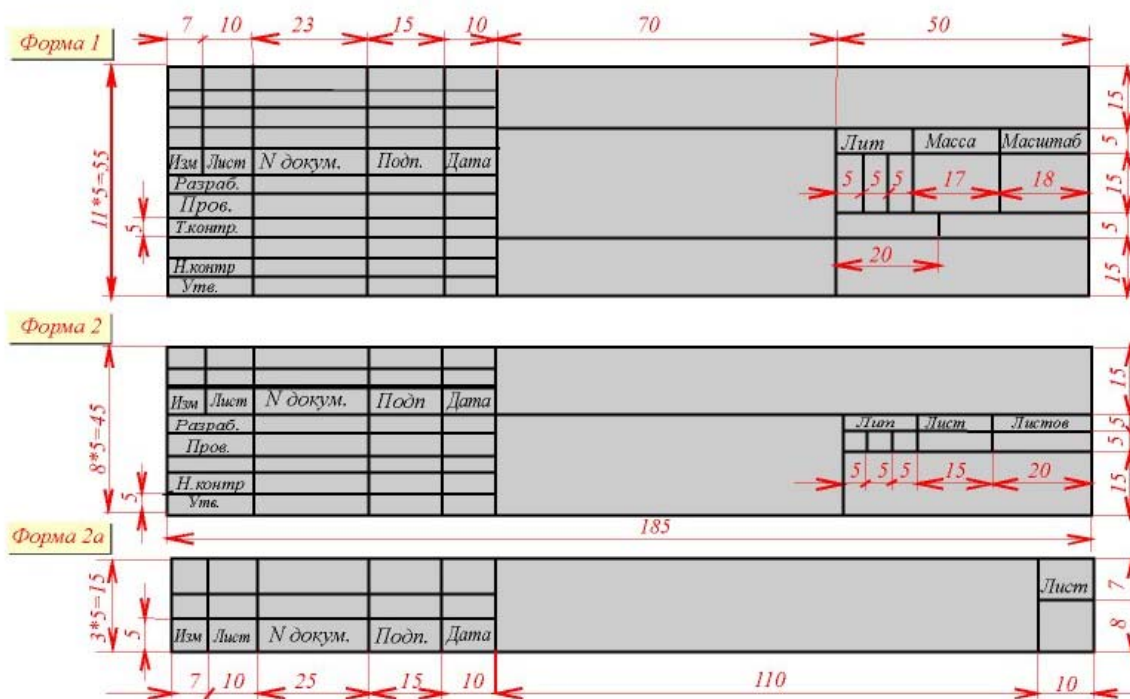


Рис. 11.2

11.2.2. Масштабы

Масштабом называется отношение размеров изображения на чертеже к действительным размерам изделия.

Согласно ГОСТ 2.302-68 применяют следующие масштабы:

- уменьшения – 1:2, 1:2,5, 1:4, 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:40, 1:50, 1:75, 1:100 и т.д.
- натуральная величина – 1:1
- увеличения – 2:1, 2,5:1, 4:1, 5:1, 10:1, 20:1, 40:1, 50:1, 100:1.

11.2.3. Линии

Наименование, начертание, соотношение толщин и основные назначения линий устанавливает ГОСТ 2.303-68 (таблица 1, стр. 78).

Толщина сплошной основной линии S выбирается в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от размеров чертежа.

Толщина линии одного типа должна быть одинакова для всех изображений на одном чертеже. На учебных чертежах рекомендуется толщину сплошной основной линии (S) принимать равной 0,8...1 мм.

Таблица 1.

Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение
Сплошная толстая линия		$S=0,5-1,4$	Линии видимого контура, контура сечения
Сплошная тонкая		От $S/3$ до $S/2$	Размерные, выносные, штриховки, линии-выноски, полки линий-выносок и др.
Сплошная волнистая		От $S/3$ до $S/2$	Линии обрыва, линии разграничения вида и разреза
Штриховая		От $S/3$ до $S/2$	Линии невидимого контура, линии перехода невидимые
Штрихпунктирная тонкая		От $S/3$ до $S/2$	Линии осевые и центровые и др.
Разомкнутая		От S до $1/2S$	Линии сечений
Сплошная тонкая с изломом		От $S/3$ до $S/2$	Длинные линии разрыва

11.2.4. Чертежные шрифты

Все надписи на чертежах и других технических документах выполняются чертежным шрифтом согласно ГОСТ 2.304-81.

Основные параметры шрифта:

- размер шрифта h – высота прописных букв в мм;
- высота строчных букв s ;
- ширина (наибольшая) буквы q ;
- толщина линий шрифта d .

ГОСТом установлены следующие типы шрифта:

- тип А без наклона ($d=1/14h$);
- тип А с наклоном (75°) ($d'=1/14h$);
- тип Б без наклона ($d=1/10h$);
- тип Б с наклоном ($d=1/10h$).

ГОСТом установлены следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 14; 20; 28; 40.

При выполнении надписей на чертежах необходимо знать конструкцию букв и цифр (см. ГОСТ 2.304-81).

Глава 12. Сопряжения

При вычерчивании контуров технических деталей и в других технических построениях часто приходится выполнять сопряжения (плавные переходы от одних линий к другим).

На рис. 12.1 приведены примеры построения сопряжений, когда задан радиус дуги сопряжения R . В этом случае необходимо определить центр сопряжения O и точки касания K и K_1 . Обводку контура детали производят с помощью циркуля.

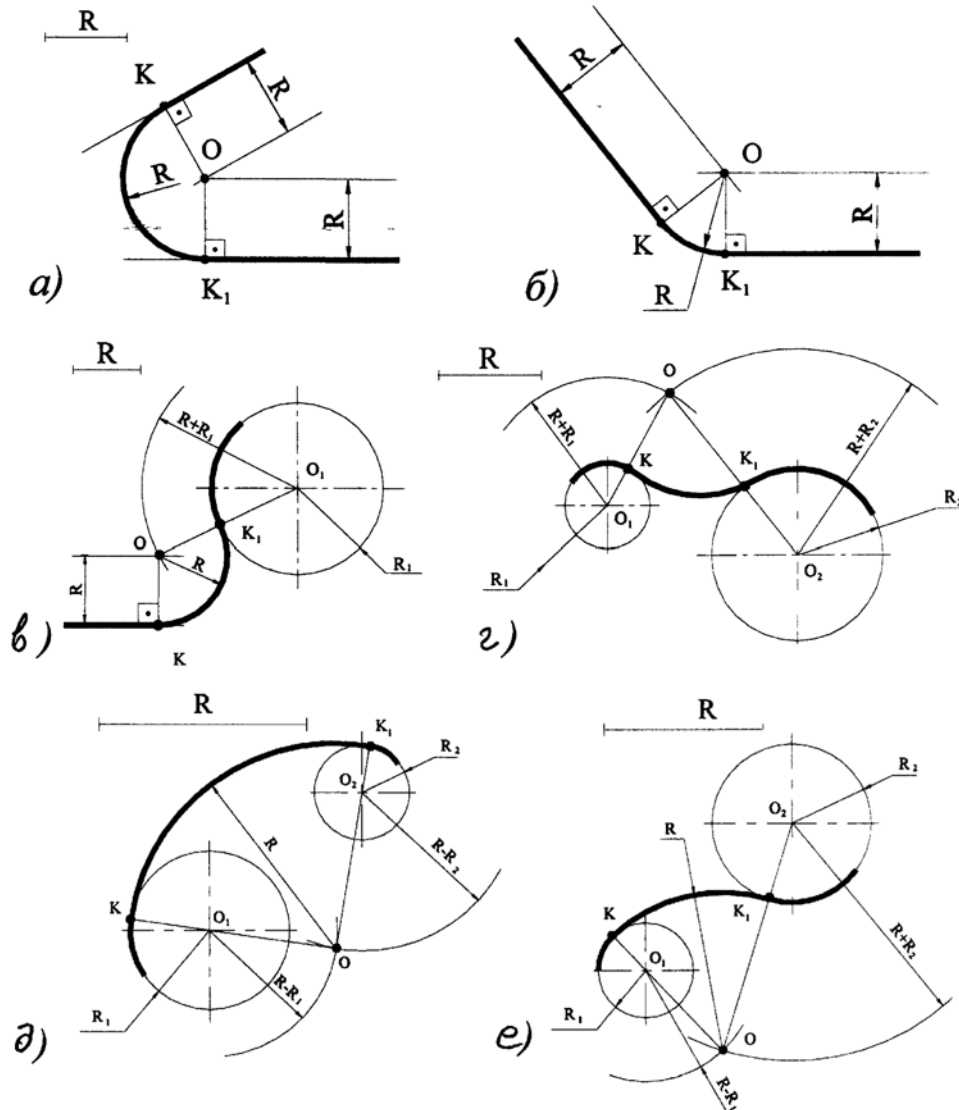


Рис. 12.1

Примеры построения сопряжения:

a, б – сопряжение по дуге окружности заданного радиуса двух прямых расположенных под разными углами друг к другу; *в* – сопряжение дуги и прямой; *г* – внешнее сопряжение двух дуг; *д* – внутреннее сопряжение двух дуг; *е* – смешанное сопряжение двух дуг.

Глава 13. Лекальные кривые

Лекальные кривые имеют широкое применение в технике. Наиболее часто встречаются эллипсы, циклоиды, синусоиды, параболы. Эти кривые проводят обычно с помощью лекал, отсюда и название – лекальные. До обводки кривой по лекалу следует соединить полученные соответствующим построением точки тонкой плавной линией от руки, после чего подобрать участки лекала, отвечающие кривизне кривой, соединяя при этом не менее трех точек одновременно.

Эллипсом называется множество точек плоскости, сумма расстояний каждой из которых до двух данных точек F_1 и F_2 – фокусов эллипса – есть величина постоянная и равна длине большой оси.

На рис.13.1 показан пример построения эллипса по двум заданным осям AB и CD . Для построения эллипса проводят две концентрические окружности диаметрами, равными его осям. Эти окружности делят на 12 равных частей. Через точки деления большой окружности проводят вертикальные линии, через точки малой – горизонтальные линии. Пересечение этих вспомогательных прямых определяют точки эллипса. Соединяют их плавной выпуклой кривой от руки, затем обводят лекалу.

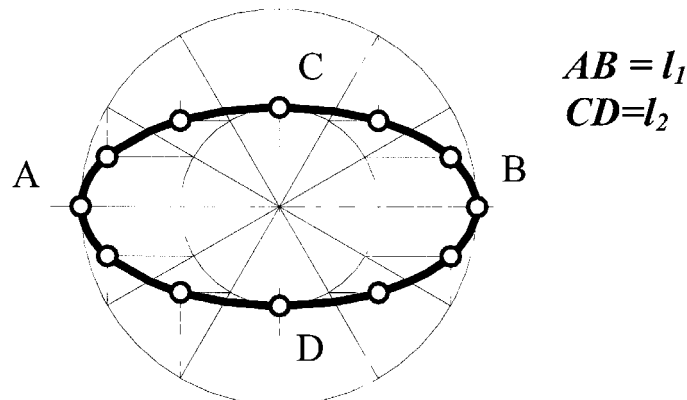
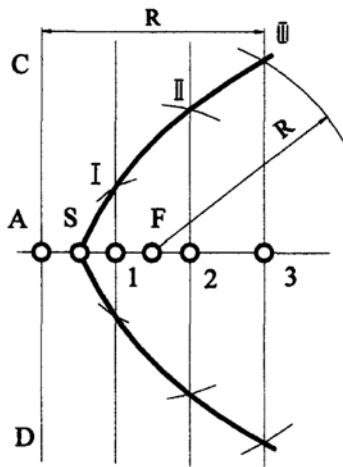


Рис. 13.1

Параболой называется множество точек плоскости, равноудаленных от данной точки F (фокуса параболы) и данной прямой CD (директрисы) плоскости.

На рис. 13.2 показано построение параболы по заданному фокусу F и директрисе CD способом радиусов – векторов. Через фокус F проводят ось AB параболы перпендикулярно к её директрисе CD . Параметр AF делят пополам и находят вершину S параболы. На оси параболы вправо от вершины S намечают несколько произвольно выбранных точек 1, 2, 3, ... и через них параллельно директрисе проводят вспомогательные прямые. Для построения точек параболы измеряют циркулем

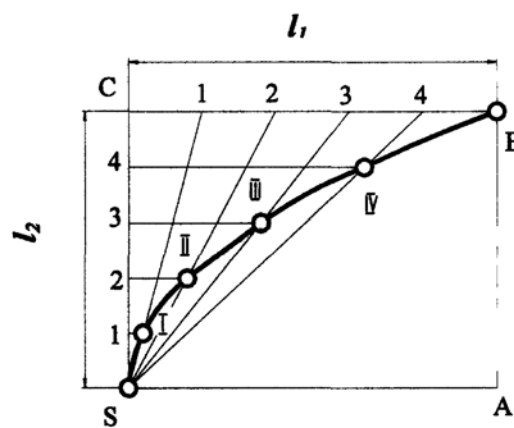
расстояние A_1, A_2, A_3, \dots и из точки F , как и из центра, делают засечки на прямых. Соединяя найденные точки плавной кривой по лекалу, получают параболу.



$$AS=SF=10 \text{ мм} \quad S_3=l_1, \quad 3\text{-III}=l_2$$

Рис. 13.2

На рис. 13.3 показано построение параболы по заданным вершине S и точке B параболы и направлению оси SA способом вспомогательного прямоугольника. Строят прямоугольник $SABC$ и две его стороны – SC и CB – делят на произвольное, но одинаковое число равных по величине отрезков. Точки деления нумеруют, как показано на рисунке. Вершину S соединяют вспомогательными прямыми с точками деления стороны CB , а из точек деления стороны CS проводят прямые параллельно оси SA . Точки пересечения прямых, происходящих через одноименные точки, принадлежат параболе.



$$SA=l_1, \quad SC=l_2$$

Рис. 13.3

Циклоидой называется множество всех точек плоскости, образующих плоскую кривую, которую описывает точка окружности, катящейся без скольжения по прямой линии.

На рис. 13.4 показано построение циклоиды по данному диаметру D образующей окружности. Проводят окружность данного диаметра D и делят её на произвольное число конгруэнтных дуг, например восемь. По направляющей прямой от точки касания A откладывают отрезок AB , длина которого равна длине окружности Π_D и делят его также на восемь равных отрезков. Из точек $1, 2, \dots, 8$, восстанавливают перпендикуляры до пересечения их с прямой, проходящей через центр O параллельно AB , в точках $1^{\circ}, 2^{\circ}, \dots, 8^{\circ}$. Из каждой точки $1, 2, 3, \dots, 8$ деления образующей окружности проводят прямые параллельно AB и делают на них засечки дугами радиуса $D/2$, проведенными из соответствующих центров $1^{\circ}, 2^{\circ}, \dots, 8^{\circ}$. Полученные в пересечении точки $I, II, \dots, VIII$ и являются точками принадлежащими циклоиде.

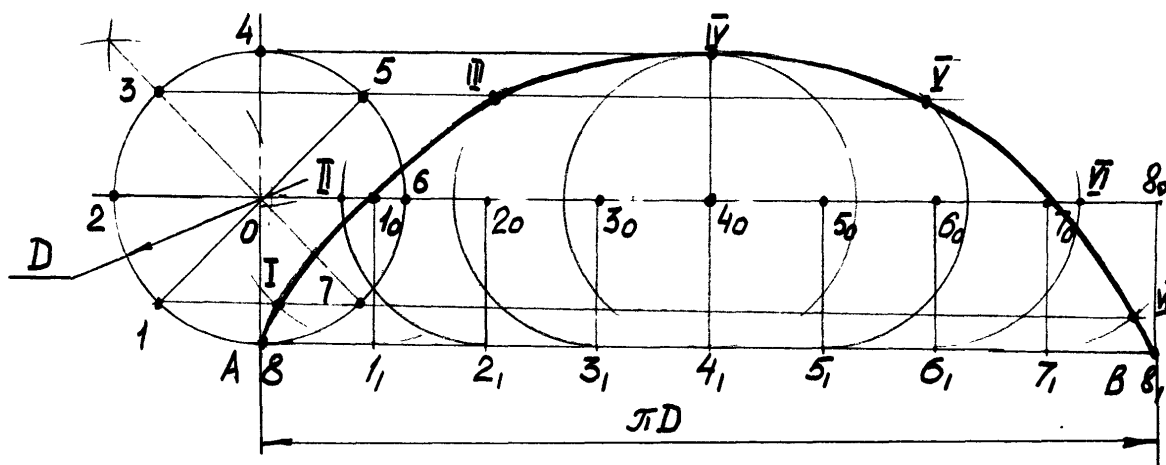


Рис. 13.4

Синусоида – множество всех точек плоскости, образующих плоскую кривую, характеризующую изменение величины синуса угла в зависимости от величины угла.

На рис. 13.5 показано построение синусоиды. Для этого окружность заданного диаметра d делят на произвольное число равных дуг, например 12. На такое же число равных отрезков делят отрезок АВ, длина которого равна длине Πd данной окружности. Проводя через точки деления (прямой) окружности горизонтальные прямые и через точки деления прямой – вертикальные, находят в пересечении их точки I, II, и т.д. синусоиды, которые последовательно соединяют плавной кривой по лекалу.

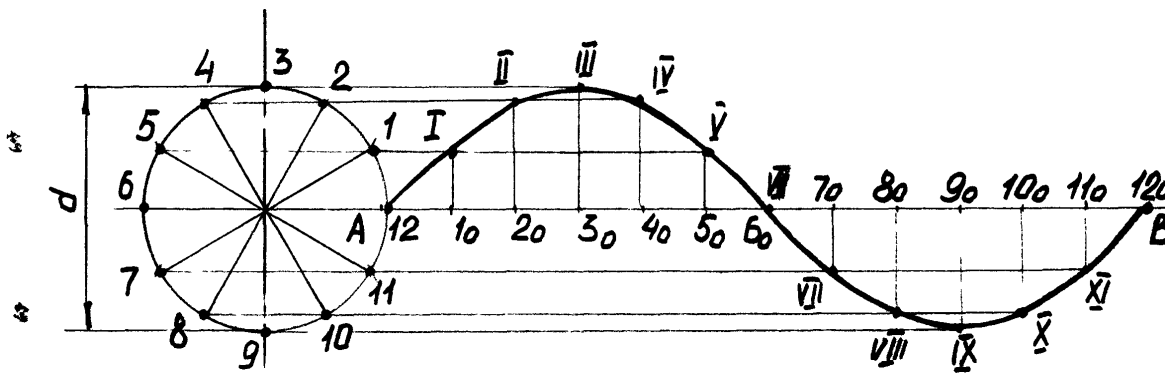


Рис. 13.5

Глава 14. Циркульные овалы

Контуры ряда деталей (кулачки, фланцы, крышки и др.) представляют собой овалы. Овалы относят к коробовым плавным выпуклым кривым, очерченным дугами окружностей разных радиусов. Они состоят из двух опорных окружностей с внутренними сопряжениями между ними. Овал, у которого опорные окружности разного диаметра, называют овоидом. Овоид имеет одну ось симметрии.

Построение овала по заданным осям AB и DC (рис. 14.1). Соединяем концы осей, например A и C отрезком прямой. На продолжении малой оси от центра O с помощью циркуля откладываем длину большой полуоси. На отрезке AC от точки C откладываем AC – разность длин полуосей овала – и получаем точку M . К отрезку AM проводим серединный перпендикуляр. Он пересекает оси овала в точках O_1 и O_3 – центрах дуг овала. С помощью циркуля отмечаем два других центра – O_2 и O_4 , симметричных центрам O_1 и O_3 . Из точек O_3 и O_4 проводим прямые через точки O_1 и O_2 . Из центров O_1 и O_2 проводим дуги овала радиуса R_1 , равного O_1A , и находим точки сопряжения K_1 , K_2 , K_3 и K_4 . Из центров O_3 и O_4 проводим дуги радиуса R_2 , равного O_3K_1 , чем завершаем построение овала.

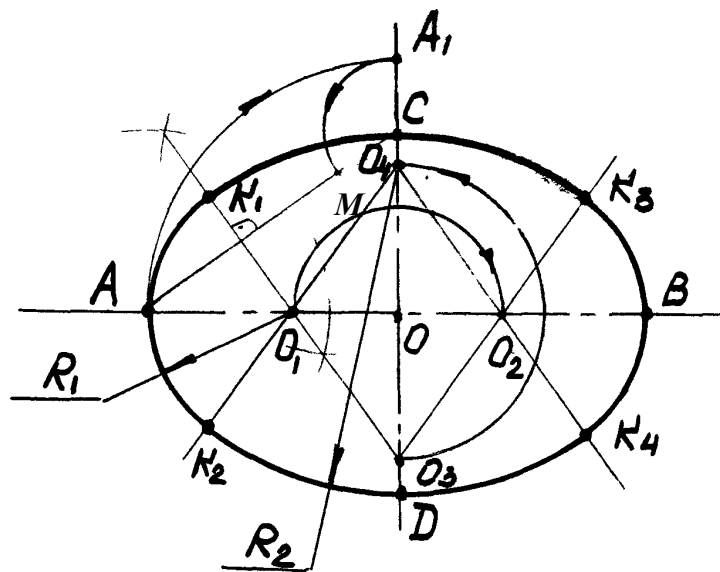


Рис. 14.1

Глава 15. Изображения в проектной графике. Вид, разрез, сечение

Правила изображения предметов на чертежах установлены ГОСТ 2.305-68. Согласно стандарту изображения на чертежах в зависимости от содержания делятся на виды, разрезы, сечения.

Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий (рис. 15.1).

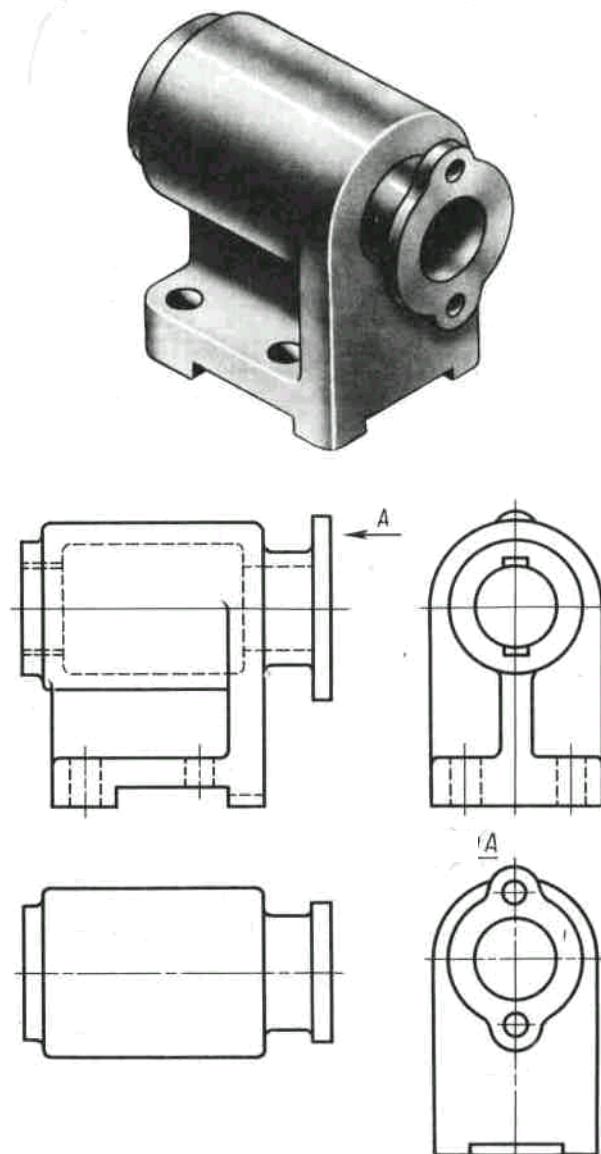


Рис. 15.1

Разрез – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета

относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений этого же предмета.

На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 15.2). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (например, ребра жесткости; рис. 15.3).

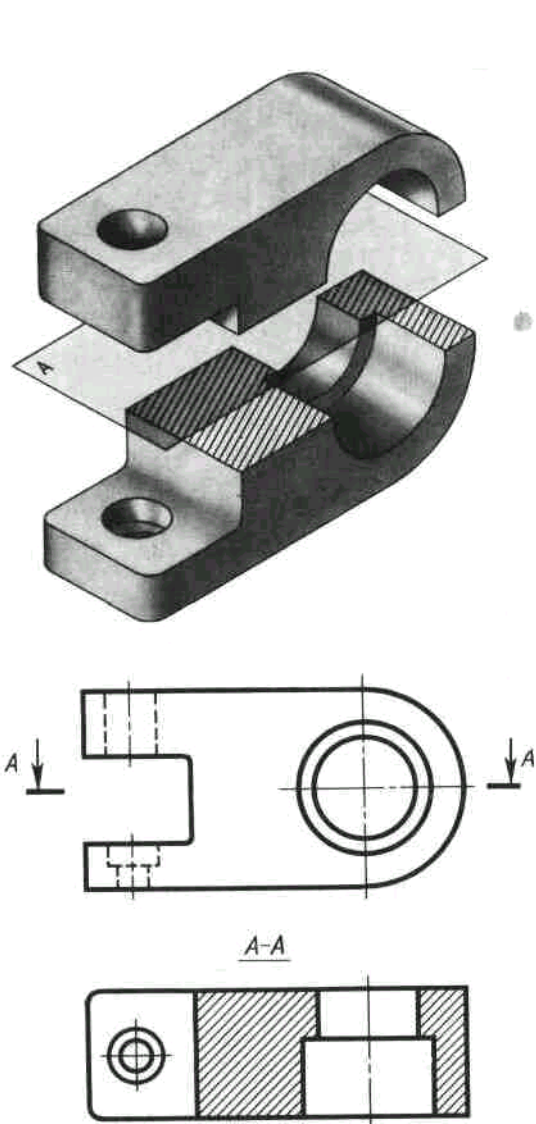


Рис. 15.2

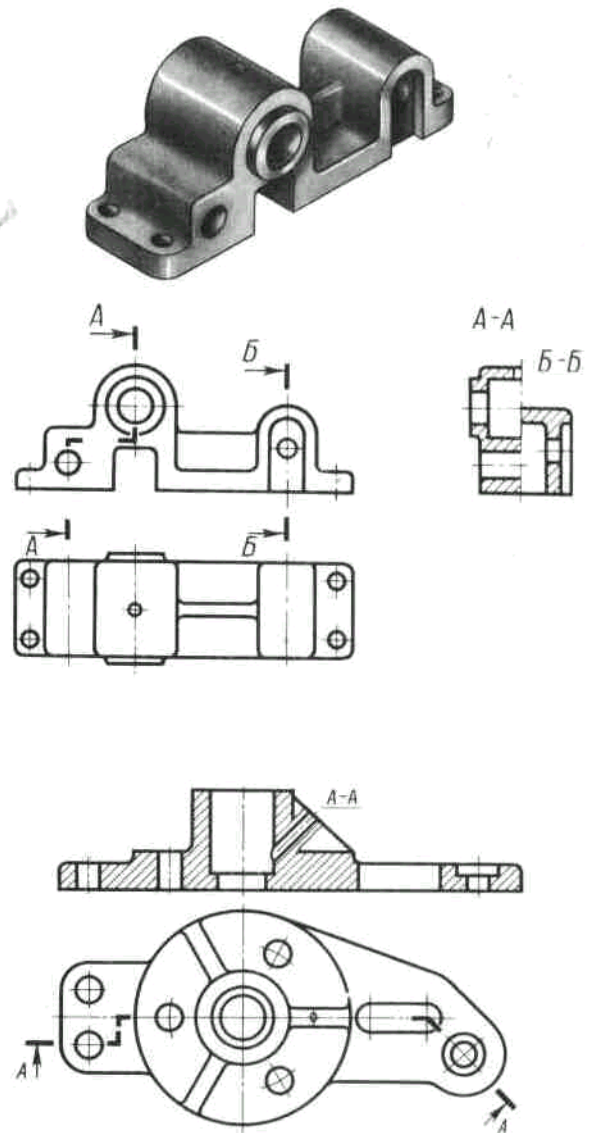


Рис. 15.3

Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рас-
сечении предмета одной или несколькими плоскостями (рис. 15.4).
На сечении показывается только то, что получается непосредственно
в секущей плоскости.

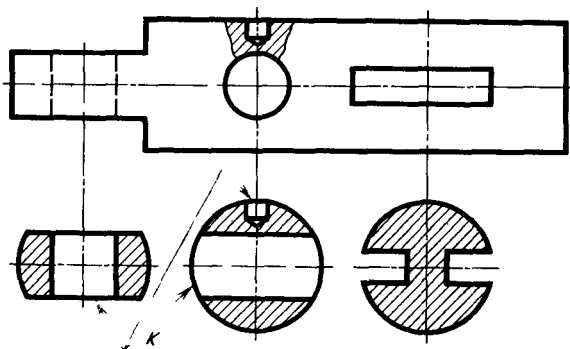


Рис. 15.4

Выносной элемент – дополнительное отдельное изображение
(обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графиче-
ского и других пояснений в отношении формы, размеров и иных
данных.

Глава 16. Технический рисунок

16.1 Общие сведения

Техническим рисунком называют наглядное изображение предмета, выполненное от руки по правилам построения аксонометрических проекций с соблюдением глазомерной пропорции.

Объемная форма на техническом рисунке выявляется посредством показа светотени соответствующей штриховкой. Для показа внутреннего устройства применяют разрезы, выделяя сечения штриховкой по правилам аксонометрических проекций.

Умения и навыки в техническом рисовании приобретаются тренировкой. Начинать следует с проведения линий различного расположения, формы и толщины, деления отрезков прямых, дуг и углов на равные части. Далее, используя соотношения размеров, следует научиться строить на глаз углы и изображать в аксонометрических проекциях различные плоские геометрические фигуры и простейшие геометрические тела.

В техническом рисовании используют два вида аксонометрических проекций: прямоугольную изометрическую и прямоугольную диметрическую. В процессе тренировки необходимо научиться быстро на глаз строить аксонометрические оси. Построение начинают с оси OZ и перпендикулярной к ней прямой. В прямоугольной изометрической остальные оси строят на основании отношений $5:3$, в прямоугольной диметрической – $1:8$ и $7:8$ (тангенсов углов 7° и 41°) к горизонтальной прямой (рис. 16.1).

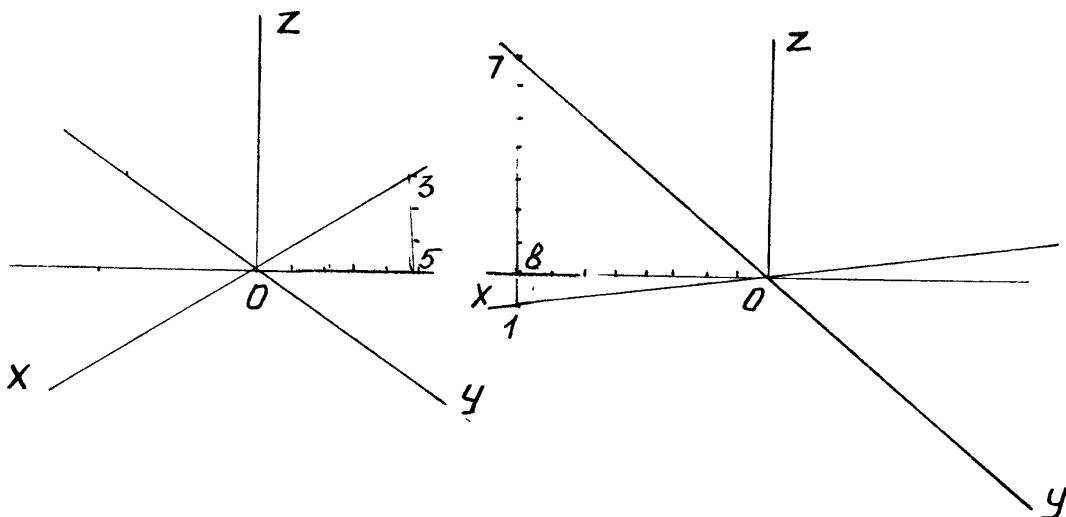


Рис. 16.1

16.2. Рисование плоских фигур

На практике чаще всего приходится изображать такие плоские фигуры, как квадраты, прямоугольники, правильные треугольники и шестиугольники, окружности, расположенные в основных плоскостях проекций (или плоскостях, им параллельных).

Для построения технического рисунка плоских фигур используют пропорции их элементов. На рис. 16.2 даны примеры построения технического рисунка квадрата, правильного треугольника и правильного шестиугольника.

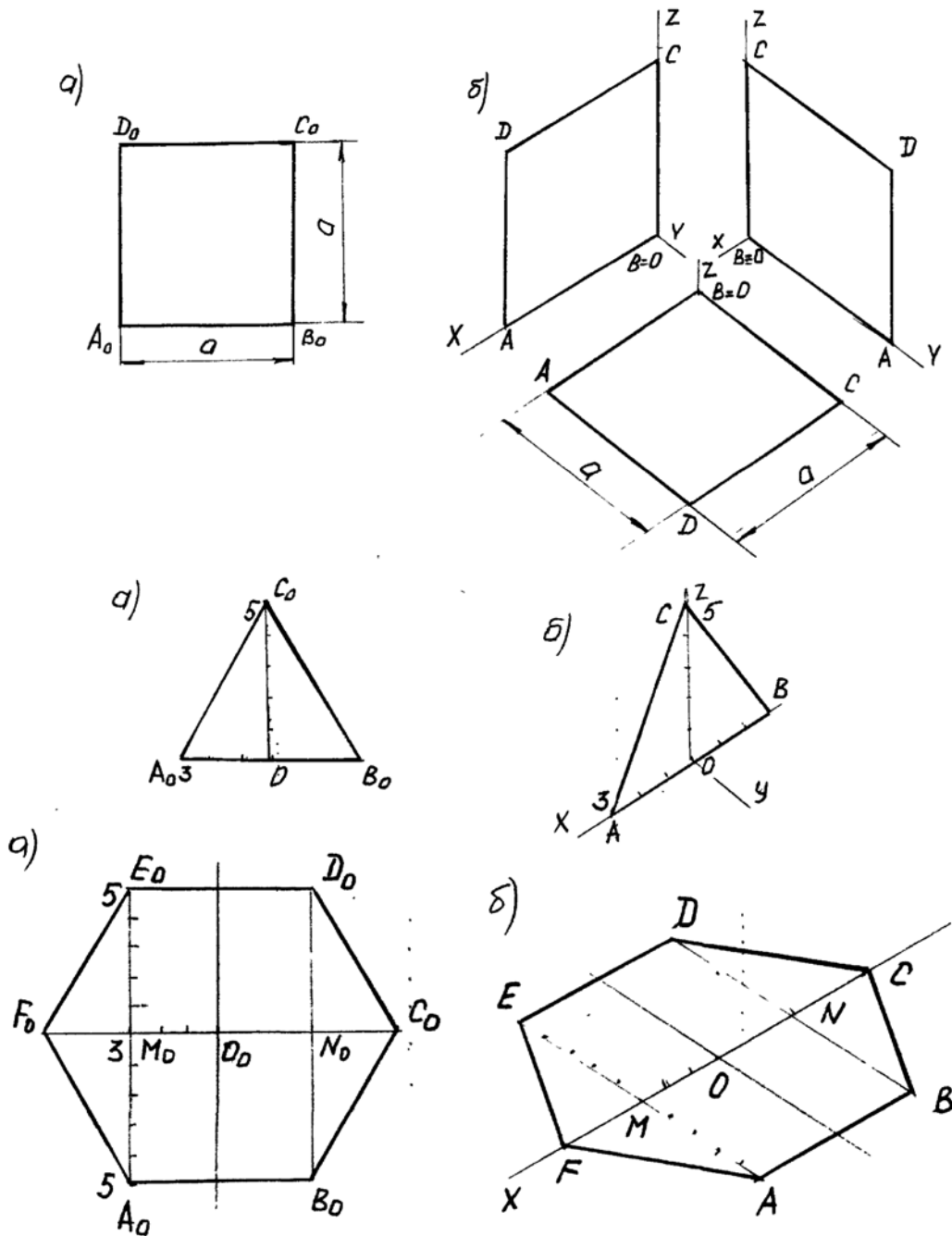


Рис. 16.2

Технический рисунок окружности, расположенной в какой-либо основной плоскости проекций, выполняется так же, как соответствующая аксонометрия этой окружности (см. рис. 10.5), но без лекала, а от руки и без вычисления величин характерных диаметров эллипсов. Здесь учитываются соотношения главных осей эллипса 3:5 для прямоугольной изометрии; 1:3 и 9:10 для прямоугольной диметрии.

16.3. Рисование геометрических тел

Рисование геометрических тел в любом виде аксонометрических проекций и при расположении оснований в любой плоскости проекций полностью соответствует построению их аксонометрических проекций и начинается с проведения аксонометрических осей и рисования оснований.

Рисование прямой призмы, основания которой расположены в горизонтальных плоскостях, удобно начинать с изображения многоугольника верхнего основания (рис. 16.3). Проведя из вершин основания вертикальные прямые, откладываем на них высоту призмы. Аналогично выполняют рисунок призмы, основания которой расположены в профильных или фронтальных плоскостях (рис. 16.3б).

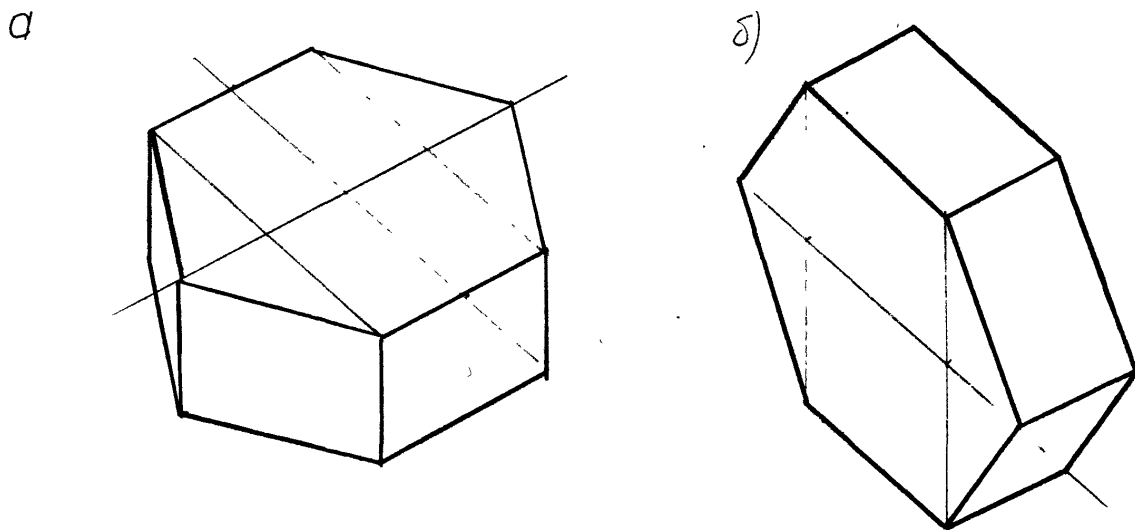


Рис. 16.3

Рисунок цилиндра выполняют в три этапа: строят аксонометрические оси для изображения обоих оснований; рисуют оба основания (эллипсы); проводят очерковые образующие, касательные к эллипсам, и обводят изображение с учетом видимости (рис. 16.4а).

Рисунок правильной пирамиды выполняют, совместив центр основания с началом координат O и расположив высоту вдоль оси OZ высоту пирамиды. Полученную вершину S соединяют прямыми с вершинами основания (рис. 16.4б).

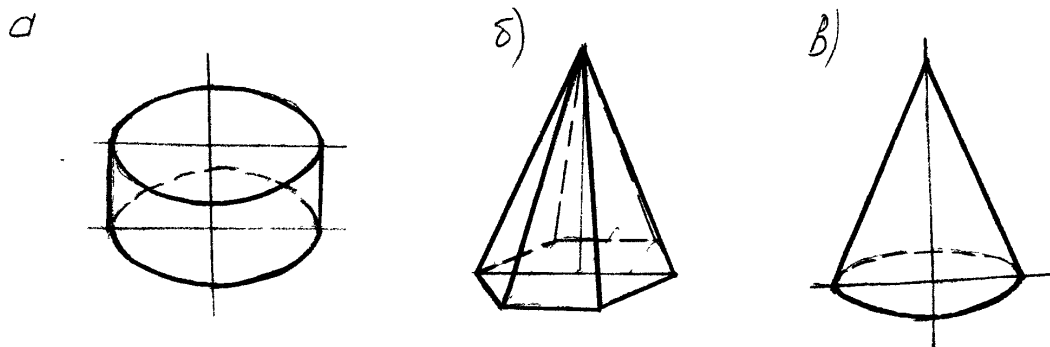


Рис. 16.4

Рисунок конуса, как и пирамиды, начинают с изображения основания, центр которого располагают в точке O , а высоту вдоль оси OZ . Затем из вершины S проводят очерковые образующие касательно к рисунку основания (рис. 16.4в).

Объемную форму предметов на рисунке выявляют дополнительно при помощи светотени. Светотенью называют распределение света на поверхности предмета. Считают, что источник света находится слева сверху и сзади рисующего. Ввиду различного наклона частей поверхности предмета по отношению к лучам света их освещенность оказывается разной. Наиболее освещенной является часть поверхности, на которую лучи падают перпендикулярно. Она оттеняется на рисунке светлее.

В техническом рисовании различают следующие элементы светотени: блик, свет, полутень, собственная тень, рефлекс. *Бликом* называют наиболее светлое пятно на освещенной поверхности, *полутенью* – слабо освещенные ее места, *светом* – наиболее освещенную часть поверхности, *собственной тенью* – наиболее затемненную часть поверхности (неосвещенную ее часть), *рефлексом* – отраженный свет от поверхности предмета в неосвещенной ее части.

Существует несколько способов нанесения светотени: линейная штриховка, штриховка пересекающимися штрихами (шрафировка), точечное оттенение. Наиболее простой является линейная штриховка, поэтому ее применяют чаще. Поверхности многогранников штрихуют линиями следующих направлений: вертикальные плоскости – вертикальными прямыми; горизонтальные – прямыми, параллельными аксонометрическим осям OX и OY ; наклонные – прямыми, параллельными направлению наклона плоскости. При пересечении освещенной и затемненной поверхностей возникает светотеневой пограничный контраст. Поэтому линии штриховки наносят с постепенным разрежением по мере удаления от освещенной поверхности. Можно линии штриховки наносить с постепенным утолщением их по мере приближения к освещенной поверхности. Горизонтальные поверхности оттеняются светлее по сравнению с вертикальными. Поверхности пирамиды и конуса

оттеняют линиями, направленными к их вершине, с постепенным утолщением к основанию (рис. 16.5а). Цилиндрические поверхности оттеняют линиями, направленными по образующим. На рис. 16.5б показано распределение светотени на поверхности цилиндра в трех различных его положениях.

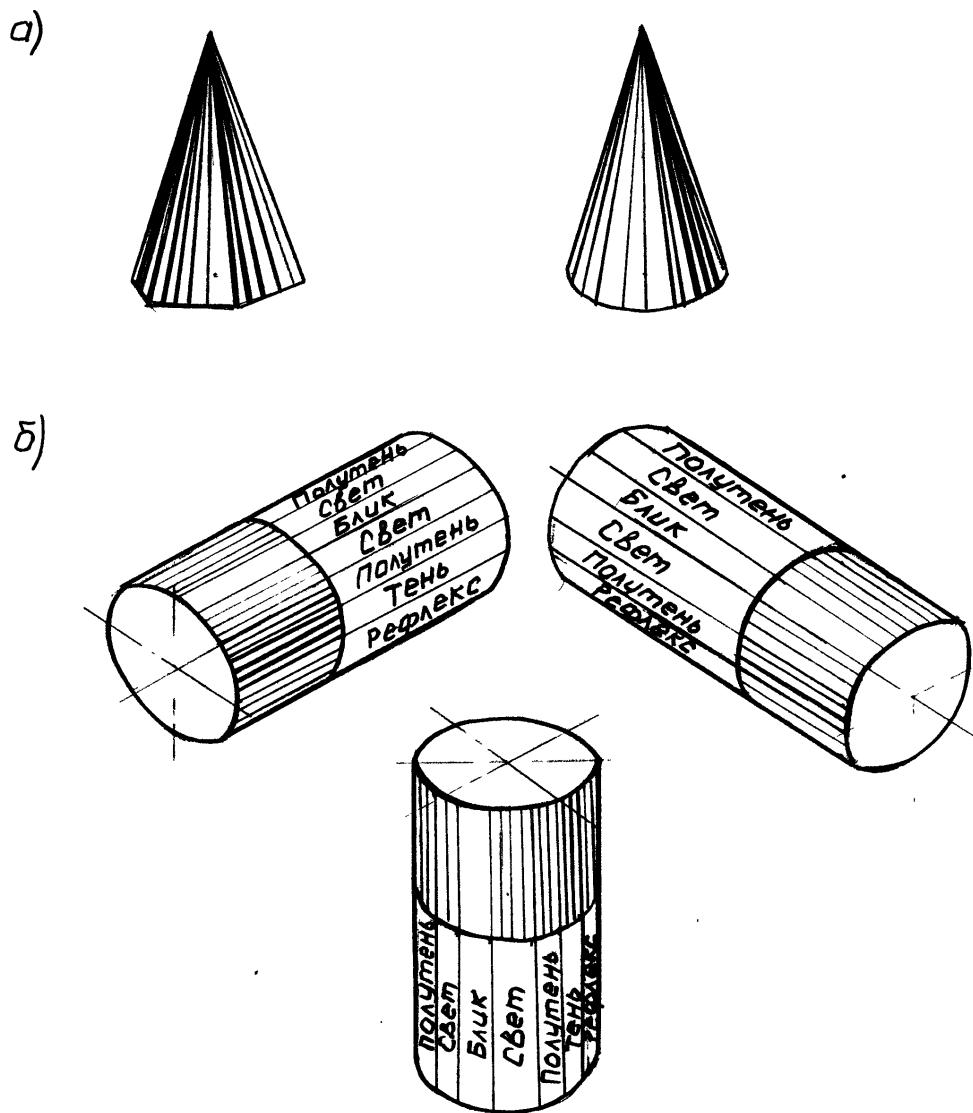


Рис. 16.5

16.4. Рисование моделей и технических деталей

Технический рисунок модели или детали выполняют с натуры или по ортогональному чертежу. Рисование с натуры развивает глазомер, учит правильно ориентировать предмет относительно плоскостей координат, выполнять разрезы и оттенять поверхности.

Процесс рисования любой детали состоит из нескольких этапов:

1) изучают деталь по чертежу: устанавливают ее назначение и наружную форму, выявляют необходимость выполнения разрезов для показа внутреннего устройства;

2) выбирают вид аксонометрической проекции, который позволяет получить наиболее наглядное изображение формы детали, и расположение координатных осей, относительно которых ориентируют деталь;

- выбирают рациональный способ построения рисунка;
- выполняют рисунок: сначала рисуют основную часть детали, затем наиболее мелкие ее составные части;
- производят светотеневую обработку рисунка для придания объемности изображению.

Для ряда деталей удобным является способ надстройки или пристройки. Его сущность заключается в том, что сначала рисуют основную нижнюю часть, а затем надстраивают верхнюю или пристраивают боковые части, вписывая каждую в многогранную поверхность. На рис. 16.6 показана последовательность выполнения рисунка детали указанным способом.

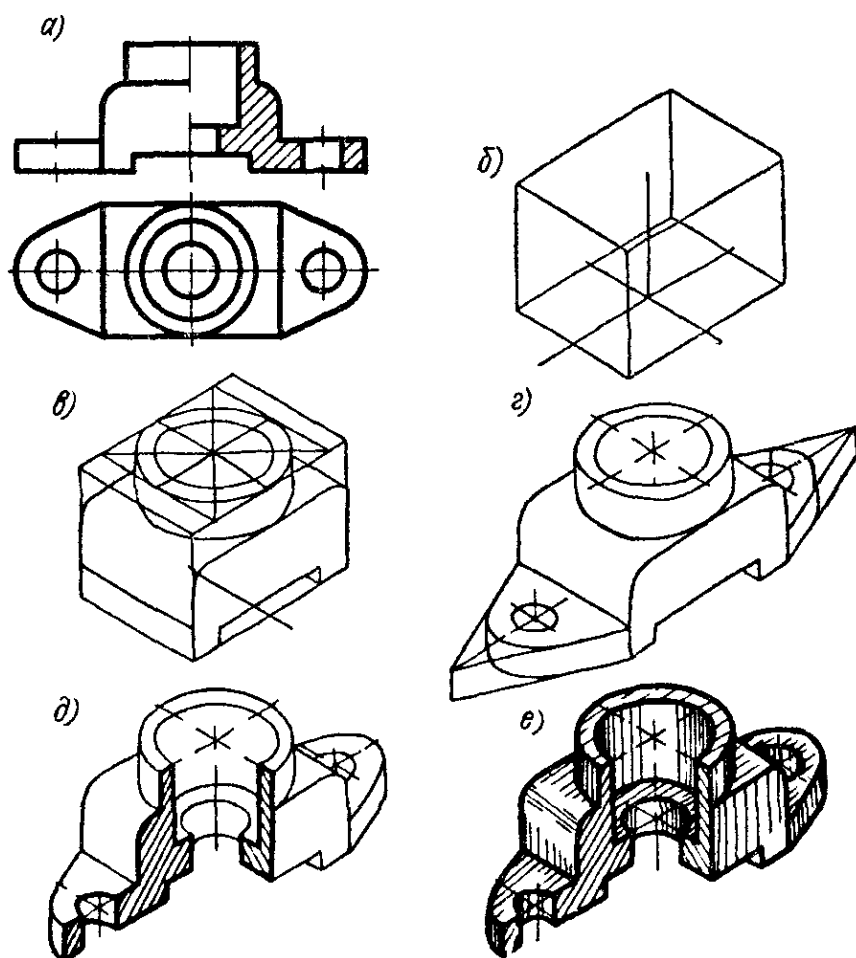


Рис. 16.6

Литература

1. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии: Учеб. пособие / Под ред. Ю.Б. Иванова. 23-е изд. перераб. М.: Наука. Гл. ред. Физ. Мат. Лит., 1988. 272 с.
2. Виноградов В.Н. Начертательная геометрия: Учеб. для студентов худож.-граф. фак. пед. ин-тов. 2-е изд. перераб. М.: Просвещение, 1989. 239 с.
3. Боголюбов С.К. Воинов А.В. Черчение: Учеб. Для машиностроит. специальностей сред. спец. учеб. заведений. М.: Машиностроение, 1984. 336 с.
4. Власов М.П. Инженерная графика: Учеб. пособие для втузов. М.: Машиностроение, 1979. 279 с.
5. Государственные стандарты ЕСКД.
6. Фролов С.А. Начертательная геометрия: Учеб. для втузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983. 240 с.
7. Чекмарев А.А. Начертательная геометрия и черчение: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по специальности №2120 «Общетехнические дисциплины и труд». М.: Просвещение, 1987. 400 с.
8. Павлова А.А. Начертательная геометрия: Учеб. для студентов пед. ин-тов по специальности №03.02.(2120) «Труд» («Общетехнические дисциплины и труд»). М.: «Прометей», 1993. 126 с.
9. Черчение: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по специальности №2109 «Черчение, изобразит. искусство и труд» / Д.М. Борисов, Е.А. Василенко, Б.А. Ляпунов, М.Н. Макарова; под ред. Д.М. Борисова. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Просвещение, 1987, 351 с.

Оглавление

Введение	3
Глава 1. История графики	5
Глава 2. Метод проецирования	6
2.1. Центральное проецирование	6
2.2. Параллельное проецирование	7
2.3. Ортогональное проецирование и комплексные чертежи.	
Основные плоскости проекций	8
2.4. Комплексный чертёж. (Эпюр Монжа)	9
Глава 3. Точка	10
3.1. Комплексный чертёж точки на H, V, W	10
3.2. Проецирование точки на дополнительную плоскость проекций	11
Глава 4. Прямая. Чертёж отрезка прямой	13
4.1. Положение прямой относительно плоскостей проекций	13
4.2. Взаимное положение точки и прямой	16
4.3. Взаимное положение двух прямых	16
Глава 5. Плоскость	19
5.1. Способы задания плоскости на чертеж	19
5.2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций	19
5.3 Точка и прямая в плоскости	23
5.4. Главные линии плоскости	25
5.5. Взаимное положение прямой и плоскости	25
5.6. Взаимное положение плоскостей	28
Глава 6. Способы преобразования ортогонального чертежа	32
6.1. Способ замены плоскостей проекций	32
6.2. Четыре основные задачи, решаемые способом замены плоскостей проекций	32

Глава 7. Кривые линии и поверхность	37
7.1. Кривые линии. Понятия и определения.	
Классификация линий	37
7.2. Поверхности. Определение и задание на чертеже.	
Классификация	37
7.3. Линейчатые поверхности с вершиной и направляющей.	
Торсы	39
7.3.1. Определение и классификация	39
7.4. Проекция основных геометрических тел и плоских сечений	40
7.4.1. Многогранники. Сечение многогранников плоскостями	40
7.4.2. Поверхности вращения	44
7.5. Построение линий взаимного пересечения поверхностей	51
Глава 8. Развертки поверхностей геометрических тел	55
8.1. Общие понятия и определения	55
8.2. Точные развертки	55
8.3. Приближенные развертки	61
8.4. Условные развертки	62
8.5. Применение разверток в технике, науке, дизайне, работе школьного учителя	63
Глава 9. Решение основных метрических задач графическими методами	65
Глава 10. Аксонометрические проекции	69
10.1. Понятия и определения. Виды аксонометрических проекций	69
10.2. Стандартные аксонометрические системы	70
10.2.1. Прямоугольная изометрическая проекция	70
10.2.2. Прямоугольная диметрическая проекция	72

Глава 11. Государственные стандарты (ГОСТы)	75
11.1. Виды графической документации	75
11.2. Основные правила оформления чертежей	76
11.2.1. Форматы и основная надпись	76
11.2.2. Масштабы	77
11.2.3. Линии	77
11.2.4. Чертежные шрифты	78
Глава 12. Сопряжения	79
Глава 13. Лекальные кривые	80
Глава 14. Циркульные овалы	84
Глава 15. Изображения в проектной графике. Вид, разрез, сечение	85
Глава 16. Технический рисунок	88
16.1 Общие сведения	88
16.2. Рисование плоских фигур	89
16.3. Рисование геометрических тел	90
16.4. Рисование моделей и технических деталей	92
Литература	95
Оглавление	97

Учебное издание

Галина Павловна Сараева

ГРАФИКА

Учебное пособие

Часть 1

*Ответственный за выпуск: Л.В. Домбраускайте
Технический редактор: С.Н. Чуков*

Сдано в печать: 29.01.2004 г.
Подписано в печать: 24.09.2003 г.
Тираж: 100 экз.
Формат: 60x84/16

Печать трафаретная
Бумага офсетная
Уч. изд. л. 2,23
Усл.-печ. л. 7,06
Заказ: 002/У

Центр учебно-методической литературы ТГПУ
Отпечатано в типографии ТГПУ,
г. Томск, ул. Герцена, 49. Тел. (3822) 52-12-93