# 1. Теоретические основы построения изображений на плоскости. Методы проецирования

## 1.1 Центральное, параллельное, прямоугольное проецирование.

Центральной проекцией точки А ([рис.1](#Рис4)) называют точку А0 пересечения проецирующей прямой А0S с плоскостью проекций π0, причем проецирующая прямая проходит через точку А пространства в некоторую точку S - центр проекций.

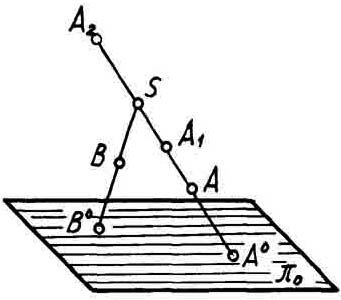


Рис.1

В общем случае должно иметь место А не совпадает с S , S  π0. При заданном аппарате проецирования (π0, S) каждая точка пространства имеет только одну центральную проекцию ([рис.1](#Рис1)). Однако одна центральная проекция не даёт возможности судить о положении точки в пространстве. Действительно, на [рис.1](#Рис1) видно, что точка А0 является проекцией любой точки А, А1, А2, ... принадлежащей проецирующей прямой А0S. Для определения положения точки в пространстве необходимо иметь две её центральные проекции, полученные из двух различных центров ([рис.2](#Рис2)).

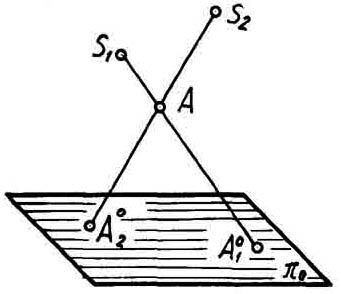


Рис.2

Совокупность проецирующих прямых при заданных π0и S образует коническую поверхность, поэтому центральную проекцию называют также конической ([рис.3](#Рис3)).

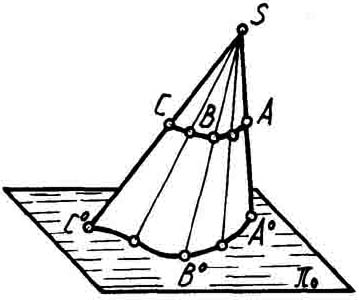


Рис.3

Параллельной проекцией точки А ([рис.4](#Рис4)) называют точку А0 пересечения с плоскостью проекций π0, проецирующей прямой АА0, проходящей через точку А пространства, параллельно заданному направлению S.

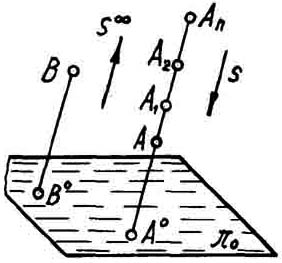


Рис.4

Параллельная проекция является частным случаем центральной проекции, когда центр проекций находится в бесконечности. Проецирующие лучи в этом случае параллельны между собой. При заданном аппарате проецирования (π0, S) каждая точка пространства имеет только одну параллельную проекцию (см. [рис.4](#Рис4)), которая не определяет ее положения в пространстве; точка А0 (см. [рис.4](#Рис4)) может быть проекцией любой точки: А, А1,.., Аn, принадлежащей проецирующей прямой А0Аn. Для определения положения точки В пространстве необходимо иметь две ее параллельные проекции, полученные на одну или две плоскости при двух различных направлениях проецирования ([рис.5](#Рис5)).

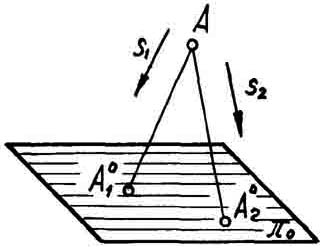


Рис.5

Совокупность проецирующих прямых образует цилиндрическую поверхность, поэтому параллельную проекцию называют также цилиндрической ([рис.6](#Рис6)).

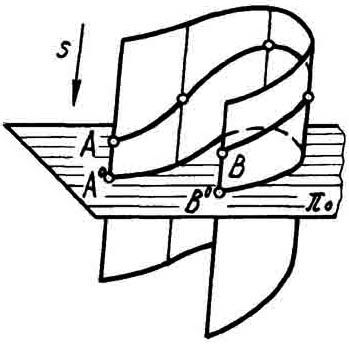


Рис.6

Частный случай параллельного проецирования, при котором направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций S π называется прямоугольным или ортогональным ([рис.7](#Рис7)).

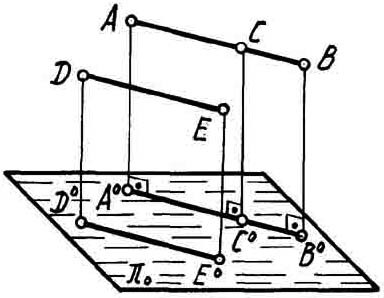


Рис.7

При ортогональном проецировании построение изображения отличается простотой, а при определенных условиях, на проекциях сохраняется форма и размеры элементов проецируемых фигур. Это обусловило широкое распространение ортогональных проекций в инженерных чертежах.

Основные свойства.

Геометрические фигуры в общем случае проецируется на плоскость проекций с искажением. При параллельном проецировании искажаются линейные и угловые величины. Наряду с этим между оригиналом и его проекцией существует определенная связь, заключающаяся в том, что некоторые свойства оригинала сохраняются в на его проекции. Такие свойства называют инвариантными (независимыми) для данного способа проецирования. При параллельном проецировании можно выделить ряд таких свойств:

1. Проекция прямой линий в общем случае есть прямая. Действительно, проецирующей поверхностью в этом случае будет плоскость АВВ0А0 ([рис.8](#Рис8)), которая пересекается с плоскостью проекций π0, по прямой линии А0В0.

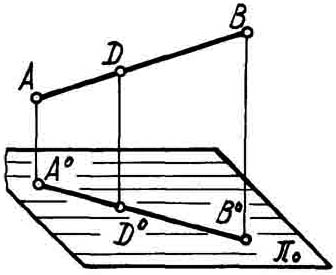


Рис.8

В частных случаях:

- если направление прямой линии совпадает о направлением проецирования, то проекцией прямой будет точка;

- если отрезок прямой параллелен плоскости проекций, то он проецируется без искажения (см. [рис.7](#Рис7)).

Из свойства следует, что плоская фигура, параллельная плоскости проекций, проецируется без искажения ([рис.9](#Рис9)).

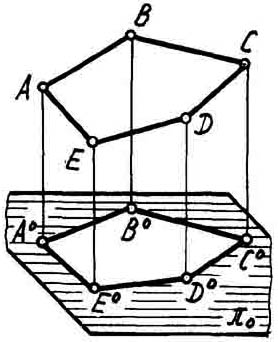


Рис.9

2. Если точка принадлежит линии, то проекция этой точки принадлежит проекции линии (см. [рис.7](#Рис7), [рис.8](#Рис8)).

Из приведенных свойств следует:

- если прямые в пространстве пересекаются, то точка пересечения их проекций является проекцией точки пересечения прямых (см. [рис.9](#Рис9));

- плоский многоугольник (ломаная линия) в общем случае проецируется в многоугольник (ломаную линию) с тем же числом вершин (см. [рис.9](#Рис9)).

3. Проекции параллельных прямых параллельны.

Действительно, в этом случае проецирующие плоскости параллельны, и они пересекаются с плоскостью проекций по параллельным прямым (см. [рис.7](#Рис7)).

4. Если отрезок делится точкой в некотором отношении, то проекция этой точки делит проекцию отрезка в том же отношении (cм. [рис.8](#Рис8)). Пропорциональность отрезков и их проекций следует из обобщенной теоремы Фалеса.

Из двух последних свойств вытекает:

- середина отрезка проецируется в середину его проекции;

- отношение длин отрезков параллельных пряных равно отношению их проекций.

Применительно к ортогональным проекциям можно отметить еще следующие два свойства.

5. Если две прямые взаимно перпендикулярны и одна из них параллельна плоскости проекций, а вторая не перпендикулярна этой плоскости, то проекции этих прямых перпендикулярны ([рис.10](#Рис10)).

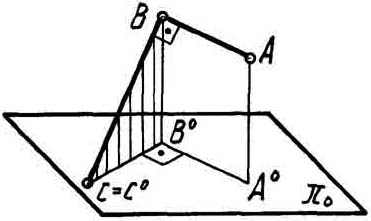


Рис.10

Если АВВС и AB||π0, то А0B0B0C0

Действительно, АВВС и АВВB0. Следовательно, АВ пл. BC0В0.

Но AB||А0В0, значит A0B0пл. BC0B0 и A0B0B0C0.

6. Действительная величина отрезка может быть определена как гипотенуза прямоугольного треугольника, один катет которого - проекция отрезка на плоскость, второй катет - разность расстояний концов отрезка до этой плоскости. Угол φ в этом треугольнике между отрезком и его проекцией - действительная величина угла наклона отрезка к плоскости проекций ([рис.11](#Рис11)).

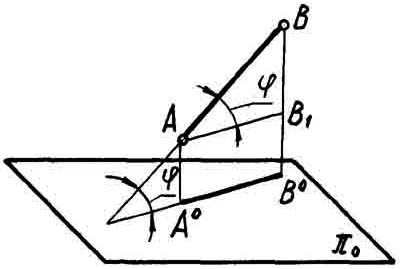


Рис.11

Одна параллельная проекция не определяет форму и положение геометрического образа в пространстве. Например, проекцию точки можно рассматривать как проекцию множества точек, расположенных на проецирующем луче; проекция в виде отрезка прямой может быть проекцией прямой линии, плоской ломаной или кривой линии, плоской фигуры ([рис.12](#Рис12)).

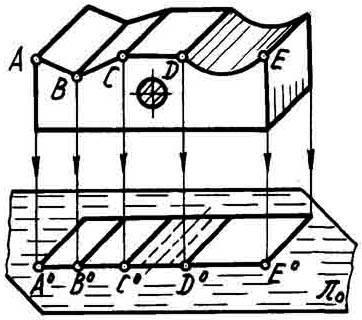


Рис.12

Для того, чтобы по изображению предмета можно было определить его форму и расположение, проекция его должна содержать дополнительные данные.

Ортогональные проекции на взаимно перпендикулярные плоскости ([рис.1](#Рис16)3).

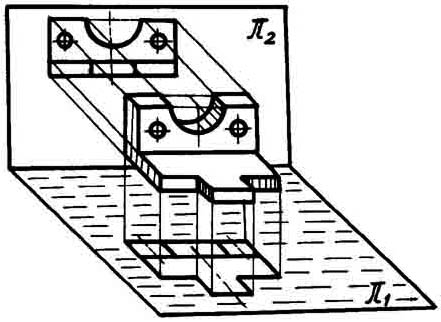


Рис.13

# Тема 2 Чертежи основных геометрических фигур

## 2.1 Точка. Изображение на чертеже. Прямоугольные координаты точки.

Для определения положения точки по ее ортогональным проекциям необходимо иметь две проекции точки на непараллельных плоскостях проекций. Для удобства построения и чтения изображений плоскости проекций располагают в этом случае взаимно перпендикулярно ([рис.1](#Рис17)4).

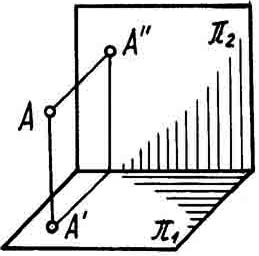


Рис.14

Для изображения более сложных геометрических образов проекции на две плоскости могут оказаться недостаточными. В общем случае прибегают к проекциям на три взаимно перпендикулярные плоскости и на плоскости, им параллельные. Т.е. геометрический образ предполагают находящимся внутри пустотелого куба и спроецированным на шесть его граней.

Для описания схемы построения чертежа можно рекомендовать следующую геометрическую модель. Две точки принимаются за начало отсчета O1 и O2. Из точек исходят по три взаимно перпендикулярные координатные оси, имеющие попарно противоположное направление x и -x, y и -y, z и -z ([рис.1](#Рис18)5).

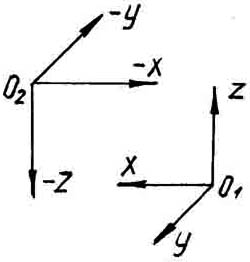


Рис.15

Координатные оси можно принять за ребра куба, а координатные плоскости х01у, х01z и т.д. за грани куба - плоскости проекций ([рис.1](#Рис19)6).

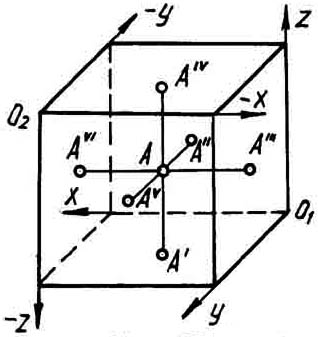


Рис.16

Такая математическая пространственная модель, как и линейная или плоская, может быть принята для описания многих процессов естествознания, существующих в ограниченных пределах. Совпадение точек отсчета O1 и O2 приводит к декартовой геометрической модели.

Шесть граней куба называют основными плоскостями проекций. Для образования чертежа (по методу Г. Монжа) полученные на гранях куба (основных плоскостях проекций) проекции совмещают с одной плоскостью - плоскостью чертежа.

Принятый по ГОСТ 2.305-68 порядок совмещения показан на ([рис.](#Рис20)17).

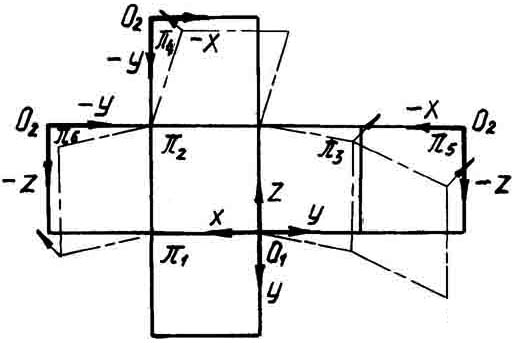


Рис.17

Основную плоскость проекций π2 (вертикальную грань куба, совпадающую с плоскостью чертежа) называют фронтальной плоскостью проекций.

Горизонтальную грань куба π1π2называют горизонтальной плоскостью проекций.

Вертикальную грань π3π2π1 - профильной плоскостью проекций.

Основные плоскости проекции π4, π5, π6 - совмещенные с плоскостью чертежа грани куба, параллельные соответственно граням - π1, π2, π3.

Чертеж точки на двух, трех и шести основных плоскостях проекций показан на [рис.1](#Рис21)8, [рис.](#Рис22)19, [рис.2](#Рис23)0.

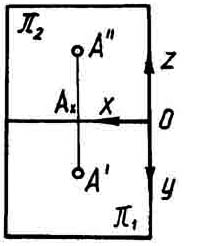


Рис.18

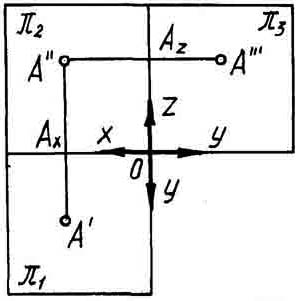


Рис.19

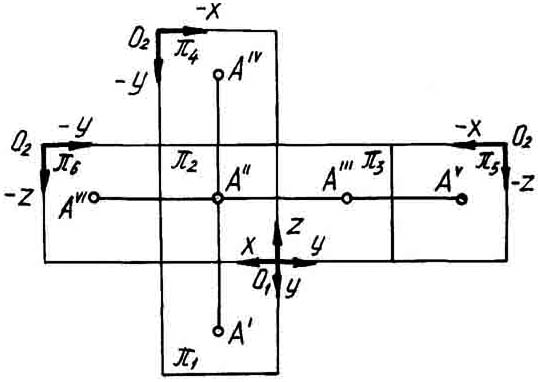


Рис.20

Проекция точки на плоскость π2- фронтальная проекция, на плоскость π1 - горизонтальная проекция, на плоскость π3- профильная проекция.

Прямые линии А'А", А"А''' и т.д., связывающие проекции точки, называют линиями связи. Линии связи перпендикулярны соответствующим осям проекций.

Имея чертеж точки, можно записать ее координаты в пространстве относительно любой тройки координатных плоскостей.

На инженерных чертежах оси проекций не изображают, такие чертежи называют безосными. В настоящем курсе будут применяться преимущественно чертежи без указания осей проекций. В отдельных случаях будут использованы чертежи с указанием осей.

Таким образом, будем считать, что чертеж - это изображение на одной плоскости нескольких взаимосвязанных ортогональных проекций геометрического образа, дающее полное представление о форме, расположении и величине всех его элементов.

Количество проекций должно быть минимальным, но достаточным.

В дальнейшем ограничимся рассмотрением двух- или трех-проекционных чертежей.

## 2.2 Прямая. Задание и изображение на чертеже. Следы прямой. Взаимное положение двух прямых. Теорема о проецировании прямого угла.

Прямая линия определяется двумя точками, поэтому на чертеже всякая прямая может быть задана проекциями двух ее точек ([рис.21 а, б](#Рис27)).

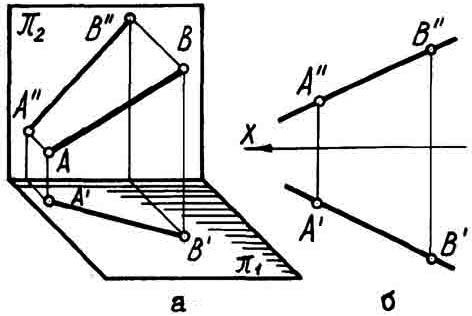


Рис.21

На [рис.2](#Рис27)1 отрезок АВ, определяющий прямую, занимает произвольное (общее) положение по отношению к плоскостям проекций. Отрезок не параллелен ни одной из плоскостей проекций. Такая прямая называется прямой общего положения.

Проекции всегда меньше длины отрезка.

Прямые линии относительно плоскостей проекций могут занимать частные положения:

- параллельное плоскости проекций;

- перпендикулярное плоскости проекций.

Прямые, параллельные плоскости проекций: горизонтальная прямая, фронтальная прямая, профильная прямая.

Горизонтальная прямая параллельна горизонтальной плоскости проекций ([рис.1.22а, б](#Рис28)).

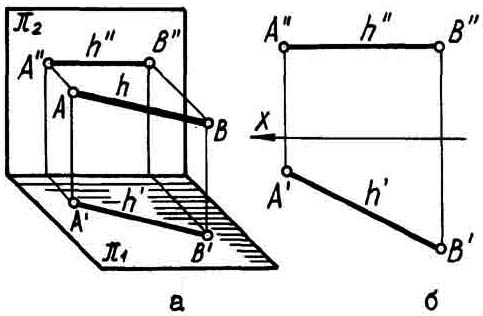


Рис.22

Для любой горизонтальной прямой h''||x, h'''||у, |A'B'|=|АВ|. Угол, составленный ее горизонтальной проекцией с осью x, конгруэнтен углу наклона прямой в пространстве к плоскости π2 .

Фронтальная прямая параллельна фронтальной плоскости проекций ([рис.2](#Рис29)3).

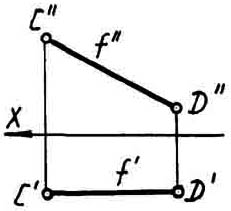


Рис.23

В этом случае f'||x, f'''||z, |C"D"|=|CD|. Угол между f'' и осью x конгруэнтен углу наклона прямой к плоскости π1 .

Профильная прямая параллельна профильной плоскости проекций ([рис.24а, б](#Рис30)).

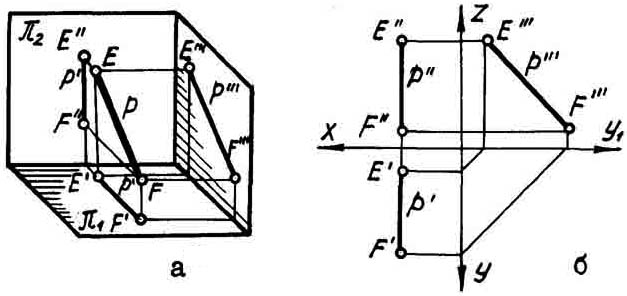


Рис.24

В этом случае р'||y, p"||z, |E'''F'''|=|EF|. Углы, составляемые p''' с осями у и z, конгруэнтны углам наклона прямой к плоскостям π1и π2. Профильную прямую в системе π1/ π2 следует задавать отрезком, указывая на чертеже его конечные точки.

Чертеж прямой, принадлежащей плоскости проекций π1, показан на [рис.2](#Рис31)5.

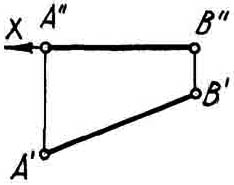


Рис.25

Фронтальная проекция в этой случае совпадает с осью х.

Прямая, перпендикулярная плоскости проекций - проецирующая прямая.

Горизнтально-проецирующая прямая - прямая, перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций lπ1. У такой прямой l' - точка, l" и l''' - прямые ||z ([рис.26 а, б](#Рис32)).

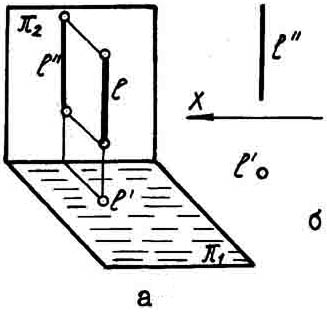


Рис.26

На плоскости π2 и π3 отрезок прямой проецируется без искажения.

Фронтально проецирующая прямая - прямая, перпендикулярная фронтальной плоскости проекций mπ2. У такой прямой m" - точка, m' и m''' - прямые ||y ([рис.27 а, б](#Рис33)).

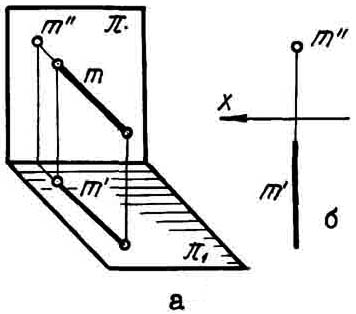


Рис.27

Профильно-проецирующая прямая - прямая, перпендикулярная профильной плоскости проекций nπ3. У такой прямой n''' - точка, n" и n'||x ([рис.28 а, б](#Рис34)).

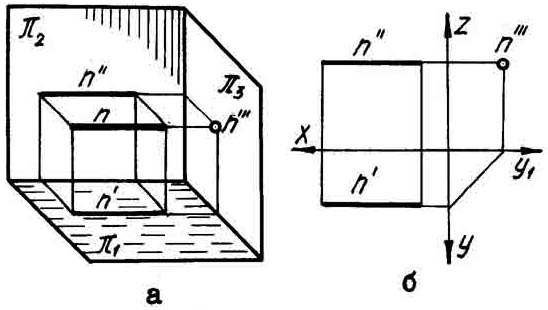


Рис.28

Проиллюстрируем некоторые свойства ортогональных проекций на чертеже прямой линии:

- если точка принадлежит прямой и дана одна из проекций этой точки, то другие проекции точки можно найти на одноименных проекциях прямой, проведя линии связи с заданной проекции точки. Для построения проекции точки на профильной прямой можно воспользоваться профильной проекцией отрезка прямой ([рис.](#Рис35)29).

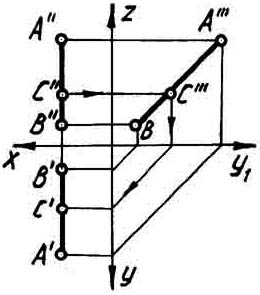


Рис.29

Построение видно из чертежа. Недостающую проекцию точки можно также построить пропорциональным делением проекции отрезка. Так, для построения горизонтальной проекции C' точки С ([рис. 3](#Рис36)0) горизонтальная проекция отрезка разделена в том же отношении, в каком С" делит фронтальную проекцию.

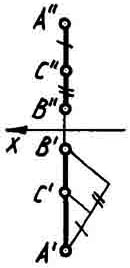


Рис. 30

- Если прямые пересекаются, то их одноименные проекции тоже пересекаются и точки пересечения проекций лежат на одной линии связи ([рис.31 а, б](#Рис37)).

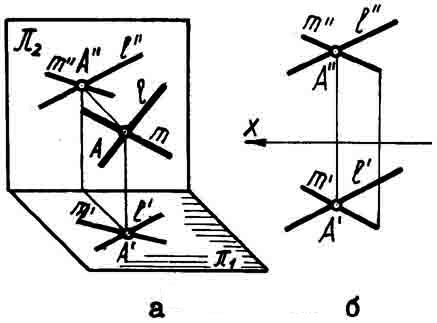


Рис.31

Если А=lm, то А'=l'm', А"=l"m" и т.д.

- Если прямые параллельны, то их одноименные проекция тоже параллельны ([рис.32 а, б](#Рис38)).

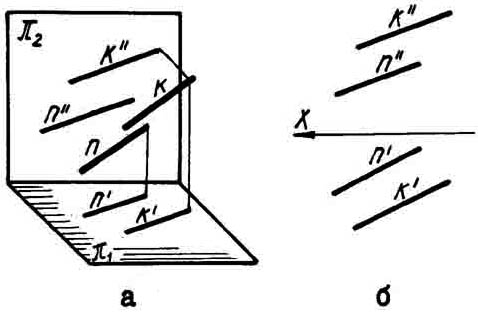


Рис.32

Если k||n, то k'||n' и k"||n" и т.д. В общем случае о параллельности прямых в пространстве можно судить по двум проекциям. Если прямые параллельны одной из плоскостей проекций, например, профильной, то судить о их параллельности в пространстве можно при наличии проекций на эту (профильную) плоскость. На [рис.36 а](#Рис39) профильные прямые параллельны: A'''B'''||C'''D''', на [рис.33 б](#Рис39) - не параллельны, так как A'''B''' не параллельна C'''D'''.

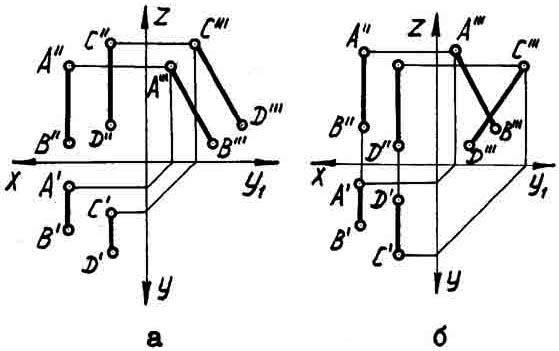


Рис.33

- Чтобы разделить отрезок прямой в заданном отношении, достаточно разделить в этом отношении любую из проекций, а затем найти вторую проекцию точки, делящей отрезок ([рис.](#Рис40)34).

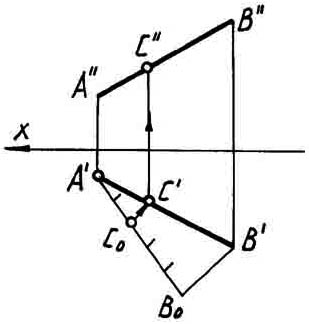


Рис.34

- Чтобы определить действительную длину отрезка АВ и углы наклона его к плоскостям проекций, строят прямоугольный треугольник по двум катетам ([рис.35а, б](#Рис41)).

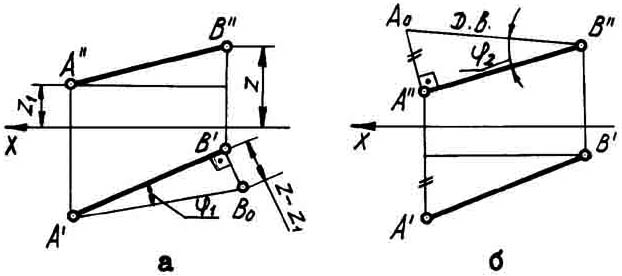


Рис.35

За один катет принимают, например, горизонтальную проекцию (A'B') отрезка, а за другой катет - отрезок, длина которого равна (z-z1). Гипотенуза прямоугольного треугольника - действительная длина отрезка. Тот же результат получим, построив прямоугольный треугольник на фронтальной проекция отрезка. Угол φ1, является углом наклона данной прямой к горизонтальной плоскости проекций; угол φ2 - угол наклона той же прямой к фронтальной плоскости проекций.

- Чтобы определить расстояние от точки С до горизонтальной прямой ([рис.](#Рис42)36), используют свойство 5.

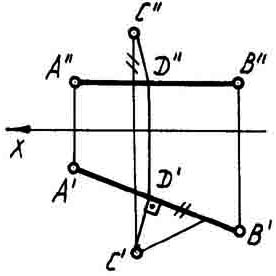


Рис.36

Опускают из точки С (С', С") перпендикуляр на прямую AB (A'B', A"B") и находят его основание D (D', D"). Для решения задачи на чертеже проводят через точку С прямую, перпендикулярную А'В'. Точка D (D', D") - основание перпендикуляра. После этого определяют действительную длину перпендикуляра.

## 2.3 Изображение на чертеже кривых линий

Линия - это траектория перемещающейся точки на плоскости или в пространстве. Линию также рассматривают как непрерывное множество всех принадлежащих ей точек.

Кривые линии разделяются на плоские и пространственные. Все точки плоских кривых линий принадлежат одной плоскости. Точки пространственной кривой линии не лежат в одной плоскости.

Линия считается закономерной, если в своем образовании она подчинена какому-либо закону. Закономерные линии могут быть алгебраические - описываемые алгебраическими уравнениями, и трансцендентные - описываемые трансцендентными уравнениями. Порядок линии определяется порядком ее уравнения.

Геометрически порядок плоской кривой определяется наибольшим числом точек пересечения ее с прямой, лежащей в плоскости кривой, а пространственной кривой - наибольшим числом точек пересечения ее с плоскостью.

Примерами распространенных в технике пространственных кривых линий являются винтовые ([рис.](#Рис44)37), линии взаимного пересечения кривых поверхностей ([рис.](#Рис45)38) и др.

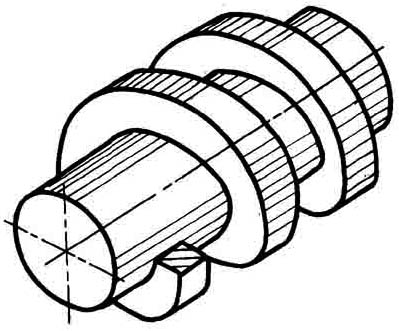


Рис.37

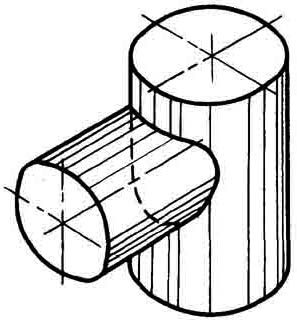


Рис.38

Из плоских кривых линий широко распространены линии, получаемые при сечении прямого кругового конуса плоскостями ([рис.](#Рис46)39).

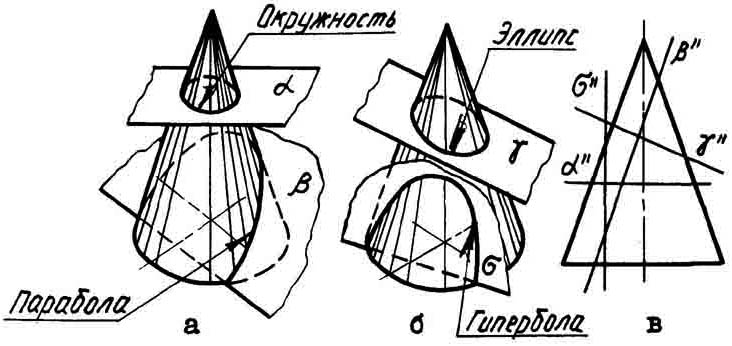


Рис.39

В сечении может быть получена:

- окружность, если секущая конус плоскость α перпендикулярна оси конуса ([рис.39а, в](#Рис46));

- эллипс, если секущая конус плоскость γ пересекает все образующие ([рис.39б, в](#Рис46));

- гипербола, если секущая конус плоскость σ параллельна двум образующим конуса (см. [рис.39 б, в](#Рис46));

- парабола, если секущая конус плоскость β параллельна одной образующей конуса (см. [рис.39 а, в](#Рис46)).

Для построения проекций кривой необходимо построить проекции ряда принадлежащих ей точек. На [рис.](#Рис47)40 дано пространственное изображение плоской кривой в системе π1/π2 и ее чертеж.

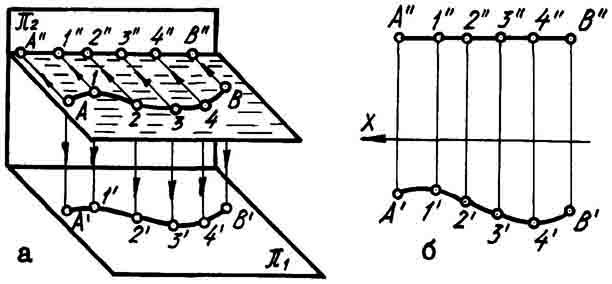


Рис.40

Кривая лежит в плоскости, параллельной плоскости π1.

Изображение пространственной кривой дано на [рис.](#Рис48)41

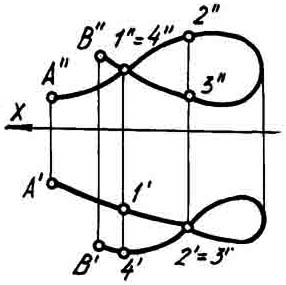


Рис.41

Как видно из рисунков, плоская кривая проецируется в виде плоской кривой или в виде прямой линии, если кривая расположена в плоскости, перпендикулярной плоскости проекций. Пространственная кривая всегда проецируется в виде кривой линии.

Кривая, представляющая собой ортогональную проекцию кривой некоторого порядка, сохраняет тот же порядок или является кривой более низкого порядка. Эллипс и окружность проецируются в эллипс или, в частном случае, в окружность, проекция параболы - парабола, проекция гиперболы - гипербола.

У плоских кривых секущая и касательная к кривой линии проецируется в общем случае в секущую и касательную к ее проекциям.

Бесконечно удаленные точки плоской кривой проецируются в бесконечно удаленные точки ее проекций.

Для определения длины какого-либо участка кривой необходимо вписать в кривую ломаную линию и определить длину каждого ее звена.

На [рис.](#Рис49)42 даны две проекции пространственной кривой l.

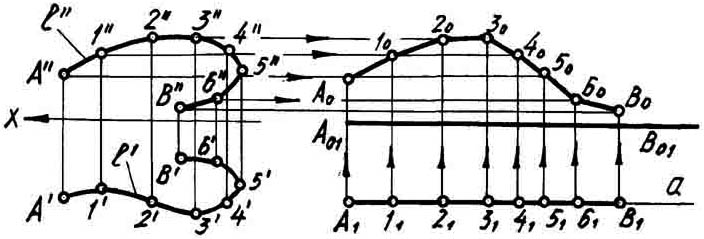


Рис.42

## 2.4 Проекции плоскостей общего и частного положения

Положение плоскости в пространстве определяется ([рис.](#Рис53)43):

- тремя точками, не лежащими на одной прямой;

- прямой и не лежащей на ней точкой;

- двумя пересекающимися прямыми;

- двумя параллельными прямыми;

- плоской фигурой;

- следами.

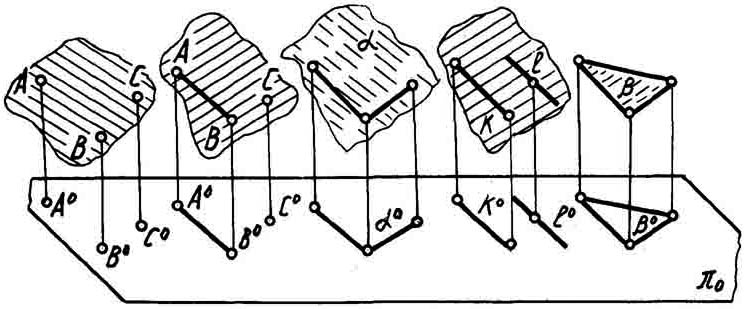


Рис.43

Каждый из перечисленных способов задания плоскости можно свести к любому из остальных. На чертеже плоскость может быть задана проекциями перечисленных элементов ([рис.](#Рис54)44).

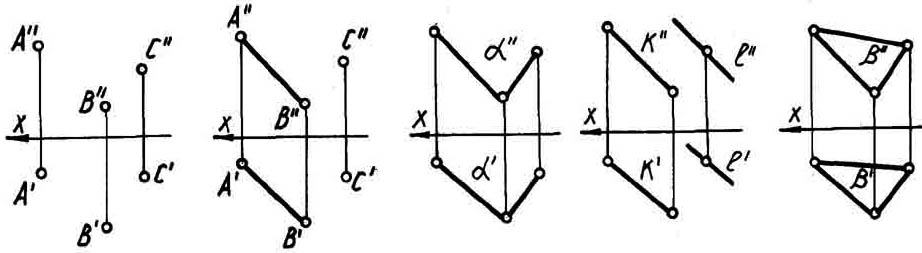


Рис.44

Изображенная на [рис.](#Рис55)44 плоскость занимает общее положение по отношению к плоскостям проекций, так как углы ее наклона к плоскостям проекций произвольные, отличные от 0° и 90°. Такая плоскость называется плоскостью общего положения.

Плоскость может занимать относительно плоскостей проекций частные положения:

- перпендикулярное плоскости проекций;

- параллельное плоскости проекций.

Плоскость, перпендикулярную плоскости проекций, называют проецирующей.

Горизонтально проецирующая плоскость перпендикулярна плоскости проекций π1 ([рис.45a, б](#Рис56), [рис.](#Рис57)46).

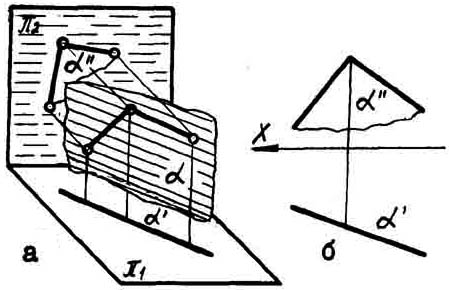


Рис.45

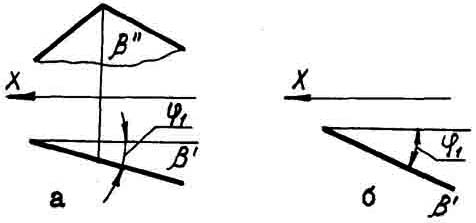


Рис.46

Свойства плоскости на чертеже:

- горизонтальные проекции геометрических фигур, принадлежащих плоскости, вырождаются в прямую линию - горизонтальную проекцию или горизонтальный след плоскости;

- угол между горизонтальной проекцией плоскости и осью x конгруэнтен углу наклона плоскости в пространстве к фронтальной плоскости проекций ([рис.](#Рис57)46).

Плоскость вполне определяется и может быть задана одной горизонтальной проекцией ([рис.46б](#Рис57)).

Фронтально проецирующая плоскость перпендикулярна плоскости проекций π2 ([рис.47a, б](#Рис58), [рис.48а, б](#Рис59)).

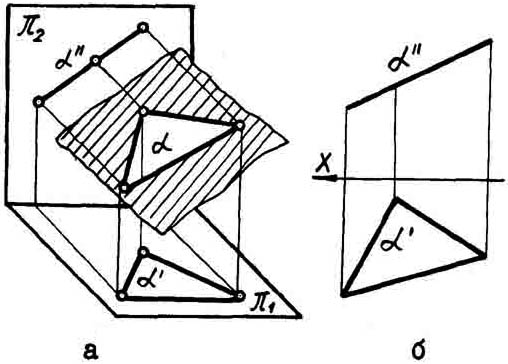


Рис.47

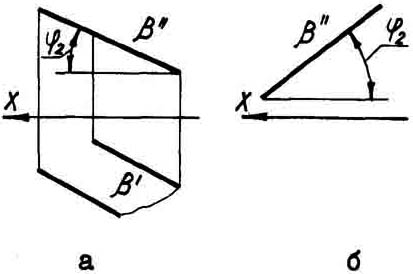


Рис.48

Свойства плоскости на чертеже:

- фронтальные проекции геометрических фигур, принадлежащих плоскости, вырождаются в прямую линию - фронтальную проекцию или фронтальный след плоскости;

- угол между фронтальной проекцией плоскости и осью х конгруэнтен углу наклона плоскости в пространстве к фронтальной плоскости проекций ([рис.](#Рис59)48).

Плоскость вполне определяется и может быть задана одной фронтальной проекцией ([рис.48б](#Рис59)).

Профильно-проецирующая плоскость перпендикулярна плоскости проекций π3 ([рис.49а, б](#Рис60)). Свойства аналогичные.

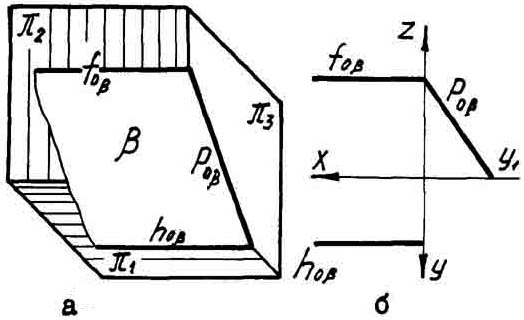


Рис.49

Плоскости, параллельные плоскостям проекций, называют плоскостями уровня.

Горизонтальная плоскость β|| π1 ([рис.](#Рис61)50).

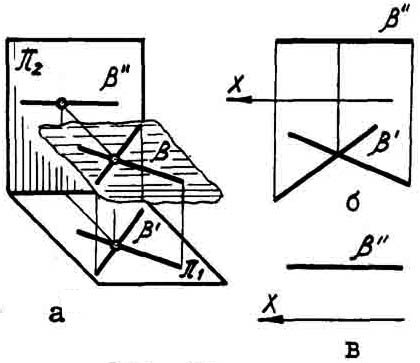


Рис.50

Свойства плоскости на чертеже:

- фронтальная проекция любой геометрической фигуры, принадлежащей этой плоскости, вырождается в прямую линию - фронтальную проекцию плоскости или фронтальный след, причем β"||x;

- на горизонтальную плоскость проекций эта фигура проецируется без искажения.

Плоскость может быть задана только фронтальной проекцией ([рис.50в](#Рис61)).

Фронтальная плоскость γ|| π2 ([рис.](#Рис62)51).

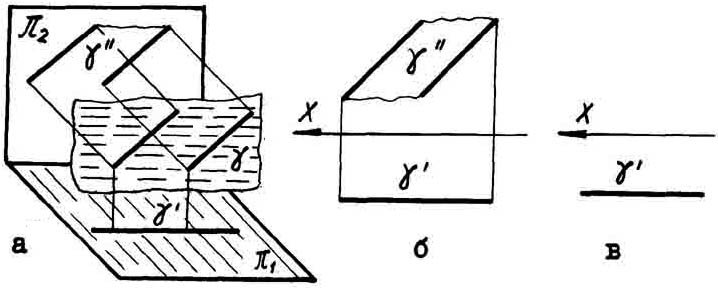


Рис.51

Профильная плоскость α|| π3 ([рис.](#Рис63)52).

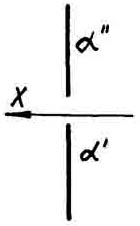


Рис.52

Свойства плоскостей на чертеже аналогичные.

## 2. 5 Изображение поверхностей вращения и многогранников на чертеже

## Поверхности и тела вращения.

Такие поверхности образуются при вращении образующей (прямой линии или плоской кривой) вокруг неподвижной оси. На [рис.](#Рис64)53 изображен чертеж поверхности, полученной вращением образующей АВСД вокруг оси J.

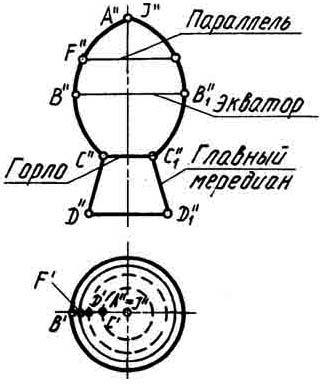


Рис.53

Для удобства изображения на чертеже поверхность вращения показывают с осью, расположенной перпендикулярно одной из плоскостей проекций.

При вращении каждая точка образующей описывает окружность, плоскость которой перпендикулярна оси. Эти окружности называются параллелями. Наибольшую из параллелей называют экватором (на [рис.](#Рис64)53 - параллель В"В"1), наименьшую - горлом (на [рис.](#Рис64)61 - параллель С"С"1). Плоскость, проходящая через ось поверхности вращения, называется меридиональной, а линия пересечения поверхности с этой плоскостью - меридианом. Меридиан, проецирующийся на плоскость проекций без искажения, называют главным меридианом. Поверхность вращения на чертеже принято показывать на одной из плоскостей проекций проекцией главного меридиана, на другой плоскости - проекцией экватора. Ось вращения поверхности показывают штрихпунктирной тонкой линией.

Известные из школьного курса геометрии поверхности: цилиндр вращения и конус вращения являются частными случаями рассматриваемых поверхностей. Для цилиндра и конуса вращения меридианами являются параллельные, или пересекающиеся прямые линии. На чертеже бесконечные прямолинейные образующие ограничивают параллелями (основаниями), т.е. эти поверхности изображают в виде прямого кругового цилиндра и прямого кругового конуса. При этом одно из оснований цилиндра или основание конуса совмещают с плоскостью проекций ([рис.](#Рис65)54).

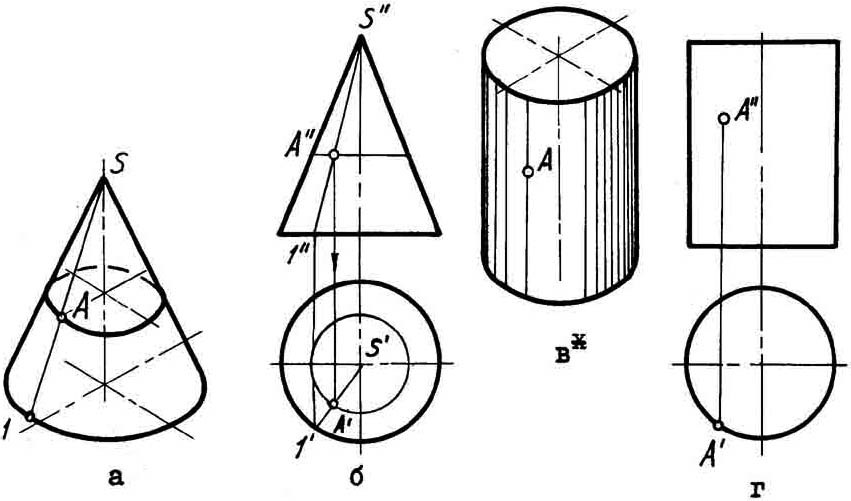


Рис.54

Сферическая поверхность образуется вращением окружности вокруг одного из диаметров. На плоскостях проекций сфера изображается в виде окружностей равного диаметра ([рис.](#Рис66)55).

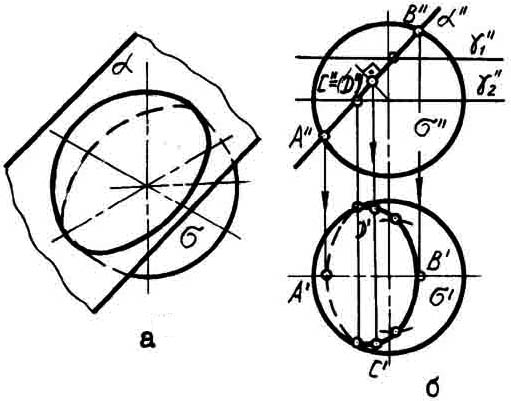


Рис.55

При вращении окружности или дуги окружности вокруг оси, лежащей в плоскости этой окружности, но не проходящей через ее центр, образуется поверхность - тор. На [рис.](#Рис67)56 приведены поверхности: а - открытый тор, б - закрытый тор, в - самопересекающийся тор.

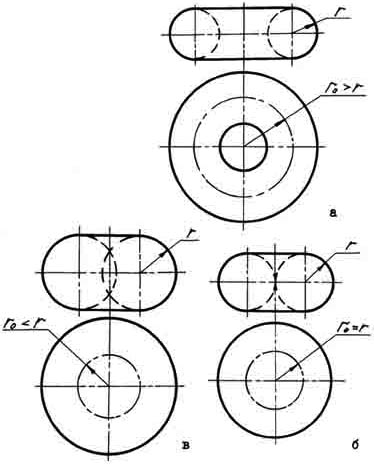


Рис.56

**Многогранники**

Ограничимся рассмотрением призматических и пирамидальных многогранников. Поверхности призмы и пирамиды представляет собой ряд плоских граней, пересекающихся между собой по прямым (ребрам), которые, в свою очередь, пересекаются в точках (вершинах). Т.е. изображение на чертеже многогранника сводится к изображению ряда отрезков прямых и точек ([рис.](#Рис69)57, [рис.](#Рис70)58).

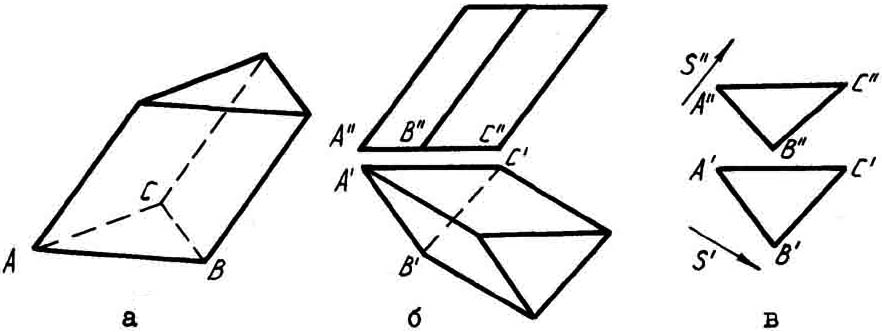


Рис.57

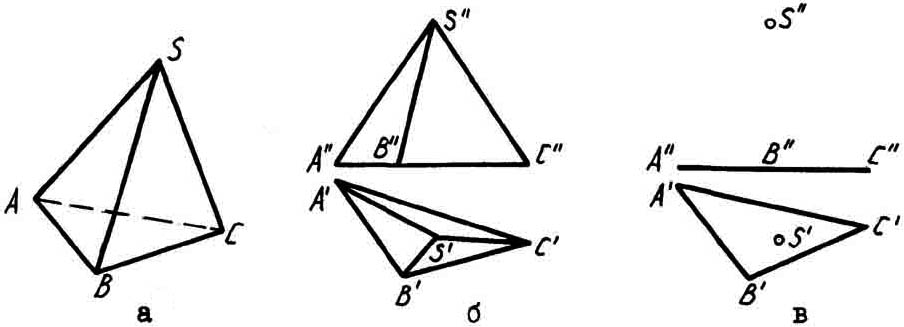


Рис.58

Призматическая поверхность может быть задана на чертеже проекциями фигуры, получающейся при пересечении поверхности плоскостью и проекциями ребер или их направлением.

Пирамидальная поверхность может быть задана также фигурой сечения боковых ребер плоскостью (основанием) и точкой пересечения ребер – вершиной ([рис.58в](#Рис70)).

Чаще на чертеже изображают призму, т.е. часть призматической поверхности, ограниченную двумя параллельными плоскостями, основаниями. Основания призмы целесообразно располагать параллельно плоскости проекций. При изображении пирамиды - ее основание располагают параллельно плоскости проекций или лежащим в этой плоскости ([рис.58б](#Рис70)).