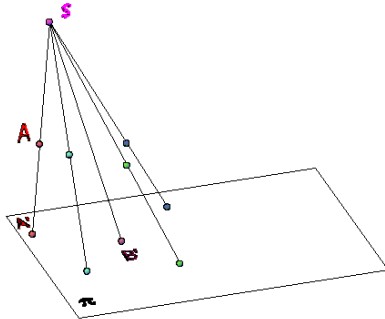


Тема: Метод проекций.

Основным методом начертательной геометрии является метод проекций.

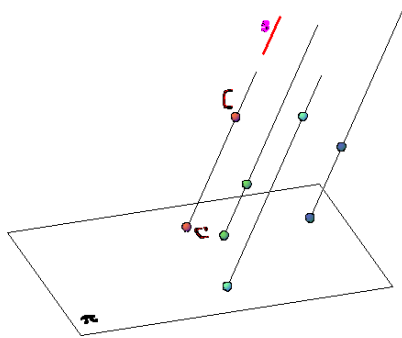
Центральное проецирование

Аппарат проецирования:



π - плоскость проекций,
 S - центр проекций,
 A - элемент пространства,
 $[SA)$ - проецирующий луч,
 A' - центральная проекция точки A .

Параллельное проецирование:

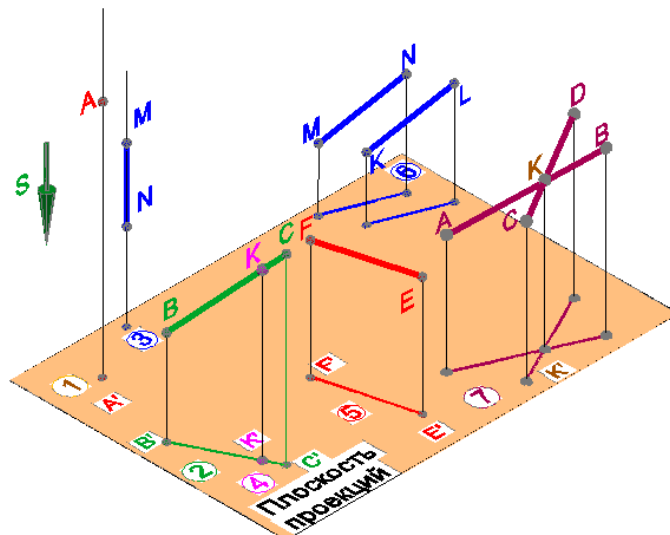


s - направление проецирования,
 A - элемент пространства,
 A' - параллельная проекция точки A .

При параллельном проецировании проецирующие лучи могут быть наклонены к плоскости проекции под произвольным углом. Такое проецирование называется **косоугольным**.

Если угол наклона лучей к плоскости проекций составляет 90° , то такое проецирование называется **прямоугольным (ортогональным)**.

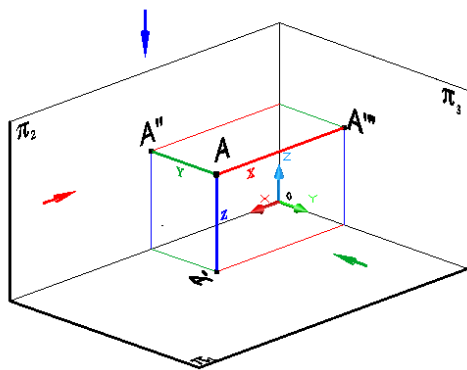
Основные свойства параллельного проецирования



1. Проекция точки - также точка.
2. Проекция прямой также прямая. Для её построения необходимо и достаточно построения проекций двух точек, принадлежащих этой прямой.
3. Проекция прямой параллельной направлению проекции вырождается в точку.

4. Если точка принадлежит прямой, её проекция принадлежит проекции данной прямой.
5. Если прямая параллельна плоскости проекции, она параллельна своей проекции. Отсюда следует: длина отрезка прямой равна длине его проекции.
6. Если прямые в пространстве параллельны или пересекаются, их проекции также параллельны или пересекаются.

Точка в системе трёх взаимно перпендикулярных плоскостей проекции



$\pi_1 \perp \pi_2 \perp \pi_3$ – аппарат проецирования:

π_1 – горизонтальная плоскость проекции,

π_2 – фронтальная плоскость проекции,

π_3 – профильная плоскость проекции.

Ox, Oy, Oz – координатные оси.

A' – горизонтальная проекция точки A,

A'' – фронтальная проекция точки A,

A''' – профильная проекция точки A.

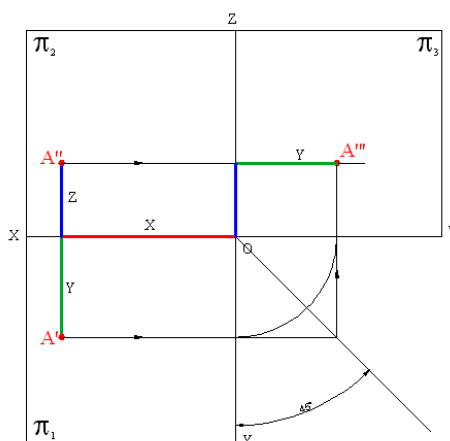
A (A', A'', A''') – проекционный способ задания

точки A.

Координатами точки называются отрезки, определяющие расстояние точки до плоскостей проекции. Как правило, в инженерной графике координаты выражаются в миллиметрах.

A(x, y, z) – координатный способ задания точки A.

Изображение точки на совмещённых плоскостях проекций называется комплексным чертежом, или просто чертежом точки. При этом горизонтальная и профильная плоскости проекций мысленно поворачиваются вокруг оси Ox и Oy соответственно до совмещения с фронтальной плоскостью проекций, которая называется главной.



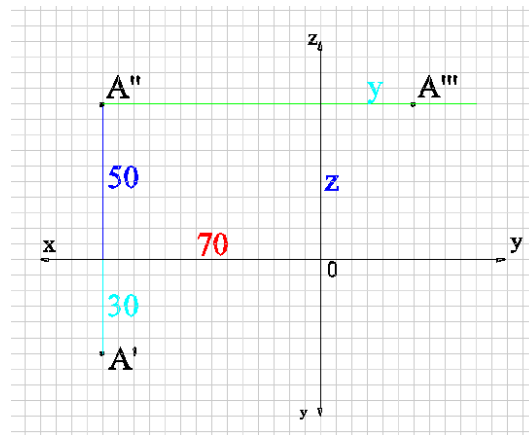
Три положения взаимосвязи проекций точки на чертеже

1. Горизонтальная и фронтальная проекции точки всегда лежат на одной линии связи перпендикулярной оси Ox.
2. Фронтальная и профильная проекции точки всегда лежат на одной линии связи перпендикулярной оси Oz (параллельной оси Ox).
3. Профильная проекция точки лежит на таком расстоянии от Oz, как горизонтальная проекция от оси Ox.

Следует чётко понимать, какие координаты необходимы для построения той или иной проекции точки: A'(x, y); A''(x, z); A'''(y, z).

Пример.

Построить чертёж точки $A(70;30;60)$.



На чертеже изображена точка общего положения, так как ни одна её координата не равна нулю.

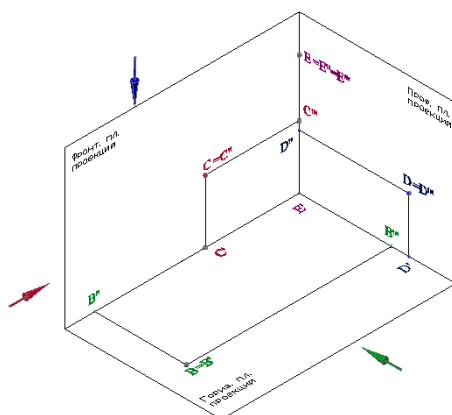
При построении проекций, как на бумаге, так и средствами машинной графики используются понятия о мировой и пользовательской системе координат. Для их обозначения применяется следующая аббревиатура: **МСК** – мировая система координат и **ПСК** – пользовательская система координат, которая создаётся в процессе работы с чертежами.

Декартовы (прямоугольные) координаты x, y, z отсчитываются по координатным осям или параллельно им. Абсолютные координаты отсчитываются от начала координат и выражаются в миллиметрах. Относительные координаты отсчитываются от последней введенной точки. Формат записи относительных координат $@ x, y, z$, где знак $@$ означает относительные координаты.

Положение точки в плоскости может быть определено её расстоянием от начала координат ρ при заданном масштабе изображения и углом поворота ϕ радиус-вектора от оси Ox . Положительное значение угла ϕ читается против часовой стрелки от неподвижной оси Ox . Формат записи абсолютных полярных координат $\rho < \phi$, относительных - $@ \rho < \phi$, где знак $@$ означает, что отсчёт расстояния ρ ведётся от последней построенной точки.

Точки частного положения

Это точки, принадлежащие плоскостям или осям проекции. Как правило, хотя бы одна проекция такой точки принадлежит какой-либо оси проекций.



$$B(x, y, 0) \in \pi_1$$

$$C(x, 0, z) \in \pi_2$$

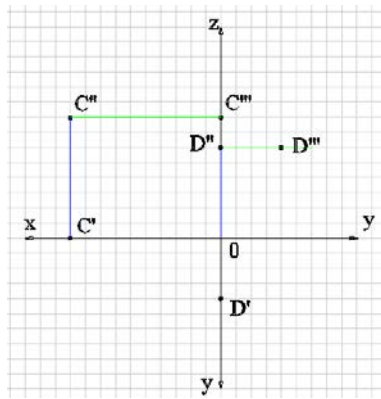
$$D(0, y, z) \in \pi_3$$

$$E(0, 0, z) \in (Oz = (\pi_2 \cap \pi_3))$$

Пример.

Построить чертёж точки $C(50;0;40)$ и $B(0;20;30)$.

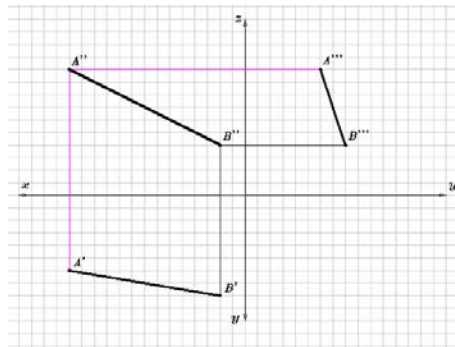
$C \in \pi_2$
 $D \in \pi_3$



Тема: Прямая

Пример.

Построить чертеж отрезка прямой по координатам его концов: $A(70,30,50)$ и $B(10,40,20)$.



Для решения задачи необходимо и достаточно:

1. Построить проекции точки A.
2. Построить проекции точки B.
3. Одноименные проекции точек соединить отрезками прямых.

На чертеже изображен отрезок прямой общего положения. На это указывает положение его проекций: ни одна проекция не параллельна координатным осям.

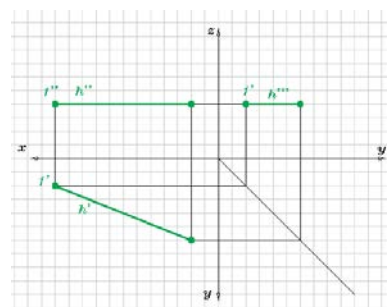
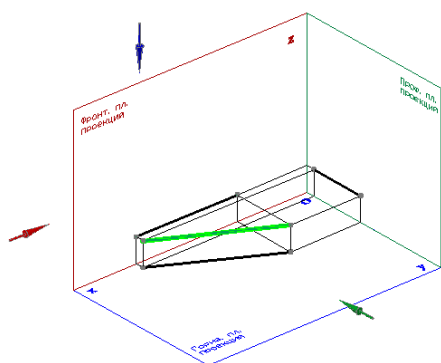
Положение прямых в системе плоскостей проекций.

Чертежи прямых линий частного положения

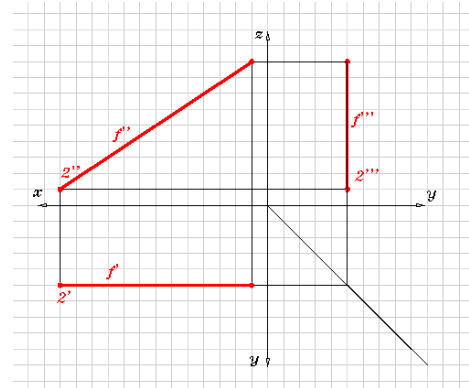
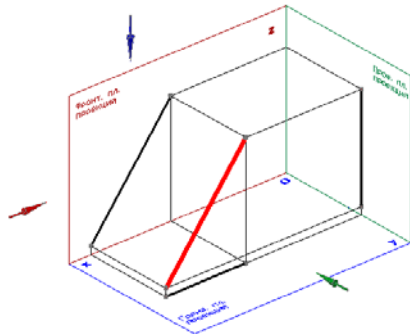
1. **Прямые общего положения** не параллельны и не перпендикулярны ни одной из плоскостей проекции.

2. **Прямые уровня** параллельны одной из плоскостей проекции. Среди них различают горизонтالي, фронтالي и профильные прямые.

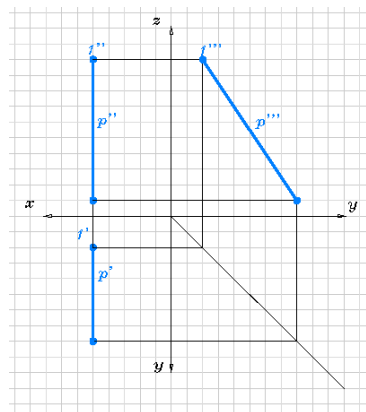
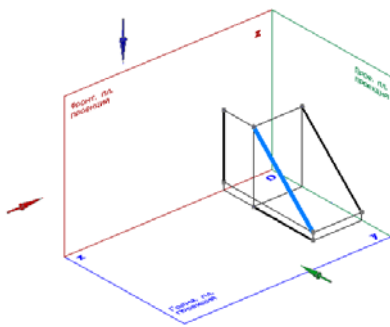
- **Горизонтальная прямая** (горизонталь) параллельна горизонтальной плоскости проекций π_1 . На чертежах горизонтали обозначаются h (h' , h'' , h''') $\parallel \pi_1$. Фронтальная проекция горизонтали всегда перпендикулярна оси Oz (параллельна оси Ox), так как координата z любой горизонтали есть величина постоянная.



- **Фронтальная прямая** (фронталь) параллельна фронтальной плоскости проекций π_2 . На чертежах фронтели обозначаются $f (f', f'', f''')$ $\parallel \pi_2$. Горизонтальная проекция фронтели всегда перпендикулярна оси Oy (параллельна оси Ox), так как координата y любой фронтели есть величина постоянная.



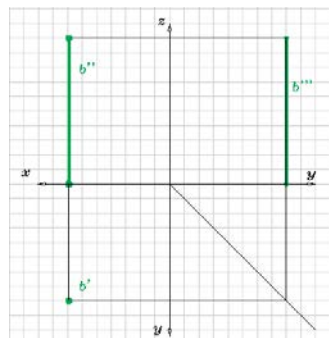
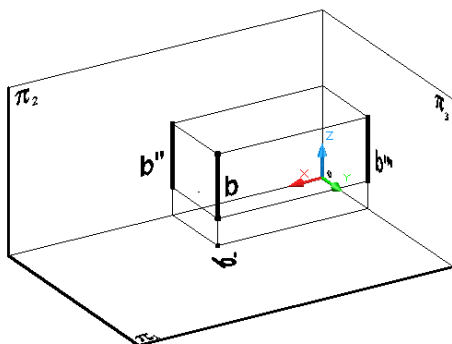
- **Профильная прямая** параллельна профильной плоскости проекции π_3 . На чертежах проекции профильной прямой обозначаются $p (p', p'', p''')$ $\parallel \pi_3$. Горизонтальная и фронтальная проекция профильной прямой всегда перпендикулярны оси Ox , так как координата x для любой профильной прямой есть величина постоянная.



3. **Проецирующие прямые** перпендикулярны одной из плоскостей проекции и параллельны двум другим. Одна из проекций таких прямых вырождается в точку на той плоскости проекций, которой данная прямая перпендикулярна. На две другие плоскости отрезки проецирующих прямых отображаются в действительную величину.

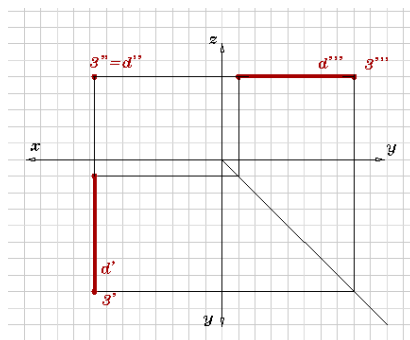
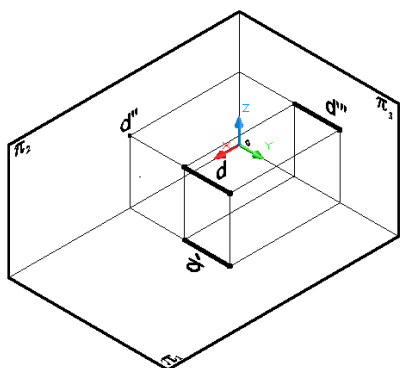
- **Горизонтально-проецирующая прямая** перпендикулярна π_1 и параллельна Oz ($\pi_2 \cap \pi_3$).

$b (b', b'', b''') \perp \pi_1 (\parallel Oz (\pi_2 \cap \pi_3))$.



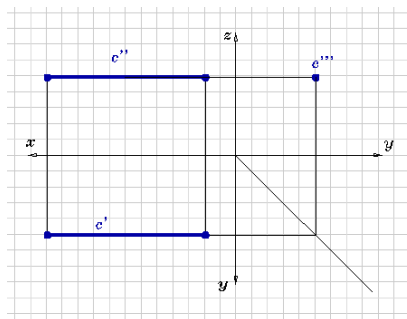
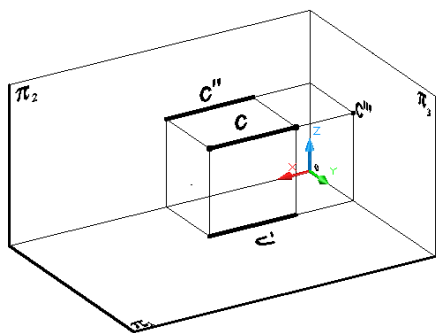
- **Фронтально-проецирующая прямая** перпендикулярна π_2 и параллельна Oy ($\pi_1 \cap \pi_3$).

$d(d', d'', d''') \perp \pi_2$ ($\parallel Oy$ ($\pi_1 \cap \pi_3$)).

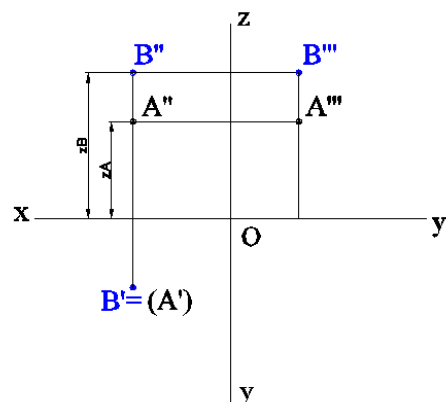
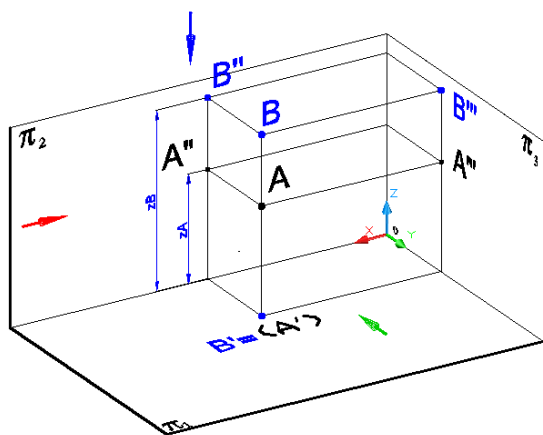


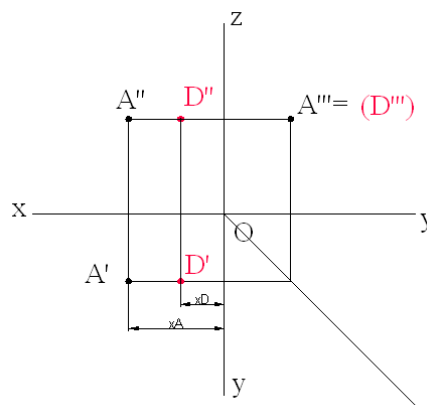
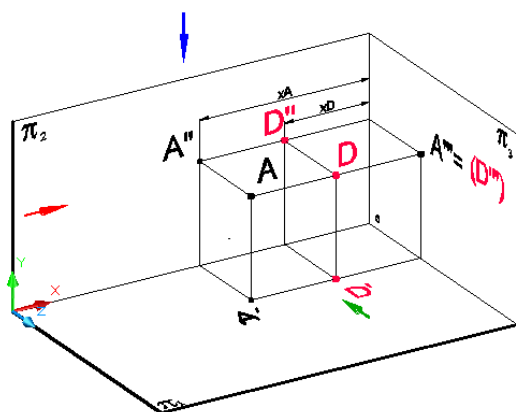
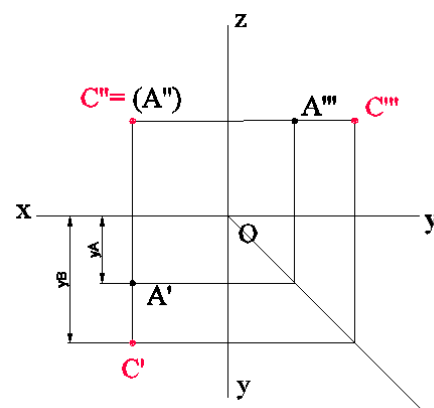
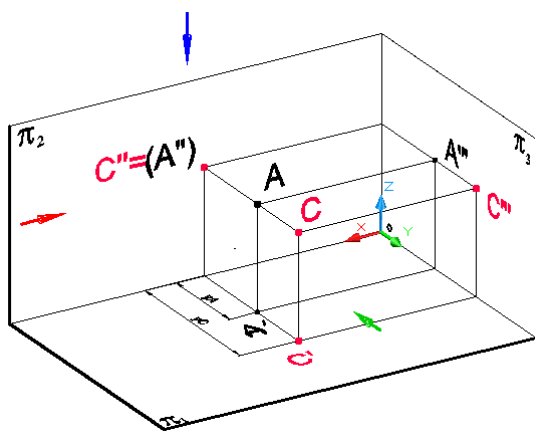
- **Профильно-проецирующая прямая** перпендикулярна π_3 и параллельна Ox ($\pi_1 \cap \pi_2$).

$c(c', c'', c''') \perp \pi_3$ ($\parallel Ox$ ($\pi_1 \cap \pi_2$)).



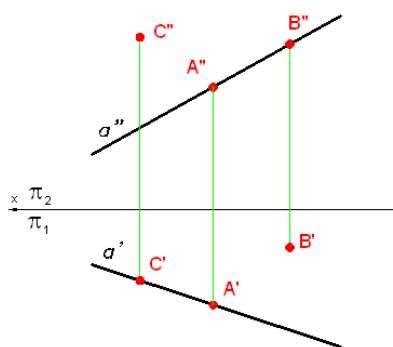
Конкурирующими называются точки, принадлежащие одному проецирующему лучу. Они используются для определения (оформления) видимости в проекциях. Если точки принадлежат горизонтально-проецирующему лучу, совпадают их горизонтальные проекции, то есть, эти точки конкурируют относительно горизонтальной плоскости проекций. Необходимо сравнить высоту этих точек, то есть их удаленность от горизонтальной плоскости проекций. Высота точки определяется координатой z , которая читается на фронтальной и профильной плоскости проекций. Видима горизонтальная проекция той точки, которая более удалена от горизонтальной плоскости проекций. На рисунке и чертеже точки A и B конкурируют относительно горизонтальной плоскости проекций, точки A и C – относительно фронтальной плоскости проекций, а точки A и D – относительно профильной плоскости проекций. У точек A и C сравниваются координаты y , у точек A и D – координаты x , которые определяют удалённость этих точек от фронтальной и профильной плоскости проекций соответственно.





Принадлежность точки и прямой

Точка принадлежит прямой, если проекции точки принадлежат одноименным проекциям прямой.

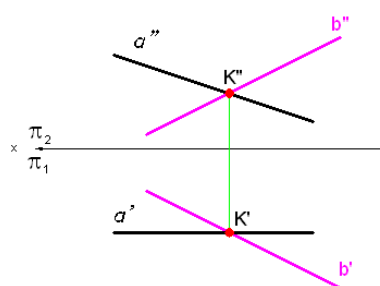


Точка **A** принадлежит прямой **a**, так как. проекции точки принадлежат одноименным проекциям прямой **a**. Точка **B** не принадлежит прямой **a**, так как горизонтальная проекция точки не принадлежит горизонтальной проекции прямой.

Точка **C** не принадлежит прямой **a**, так как фронтальная проекция точки не принадлежит фронтальной проекции прямой.

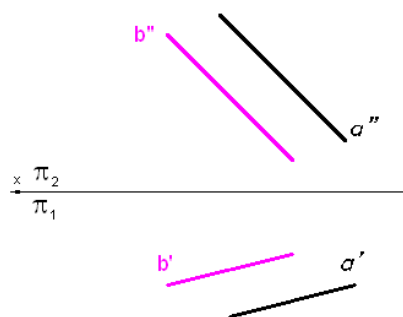
Взаимное положение прямых линий

Пересекающиеся прямые: если прямые в пространстве пересекаются, на чертеже

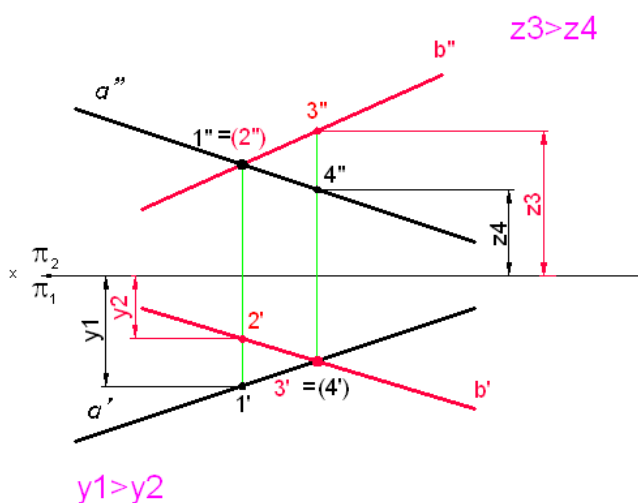


их одноименные проекции также пересекаются и точки пересечения проекций всегда лежат на одной линии связи, как проекции одной и той же точки пространства: $a \cap b = K$.

Параллельные прямые: на чертеже одноименные проекции параллельных прямых всегда параллельны: $a \parallel b$.



Скрещивающиеся прямые не параллельны и не пересекаются между собой. На чертежах их проекции располагаются произвольно. В отличие от пересекающихся и параллельных прямых скрещивающиеся прямые не принадлежат одной плоскости.



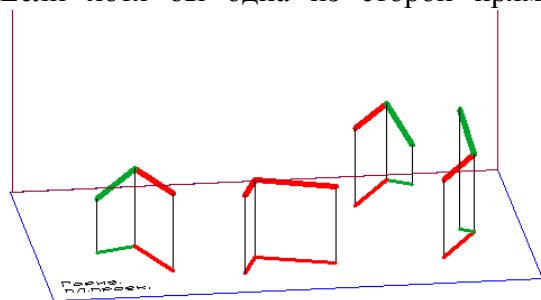
На примере скрещивающихся прямых можно показать использование конкурирующих точек. Точки 1 и 2 лежат на фронтально-проецирующем луче, так как совпадают их фронтальные проекции, т.е. они конкурируют относительно фронтальной плоскости проекции.

Координата Y_1 больше координаты Y_2 , следовательно, точка 1, а вместе с ней и прямая a в данной окрестности более удалена от фронтальной плоскости проекции, поэтому фронтальная проекция точки 1 закрывает фронтальную проекцию точки 2.

Точки 3 и 4 принадлежат горизонтальному проецирующему лучу, так как совпадают их горизонтальные проекции, т.е. они конкурируют относительно горизонтальной плоскости проекции. Так как Z_3 больше Z_4 , точка 3 располагается выше точки 4, поэтому горизонтальная проекция точки 3 считается видимой, а точки 4 – нет.

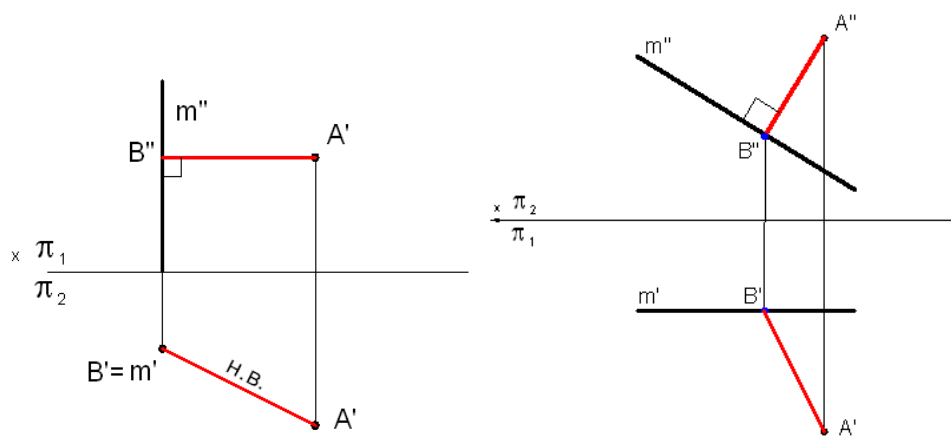
Частный случай проецирования прямого плоского угла.

Если хотя бы одна из сторон прямого плоского угла параллельна какой-либо плоскости проекции, прямой угол на данную плоскость проецируется без искажения.



Пример.

Из точки A опустить перпендикуляр на прямую m .

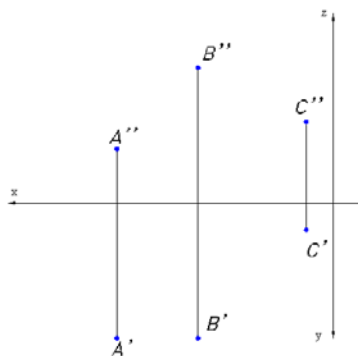


Построение следует начинать с фронтальной проекции перпендикуляра: $A''B'' \perp m''$. Прямая m параллельна фронтальной плоскости проекций, поэтому прямой угол отобразится без искажения именно на эту плоскость проекций. Затем строится горизонтальная проекция точки B по условию принадлежности этой точки прямой m и горизонтальная проекция $A'B'$ перпендикуляра AB .

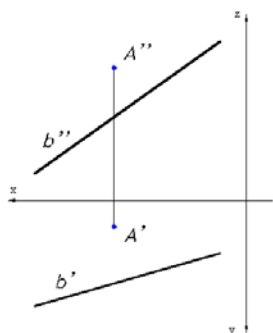
Тема: Плоскость.

Способы задания плоскости:

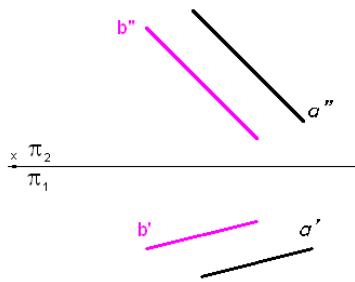
- тремя нетождественными точками - $\alpha (A, B, C)$



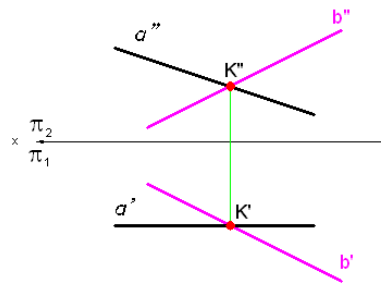
- точкой и прямой - $\beta (A, b)$



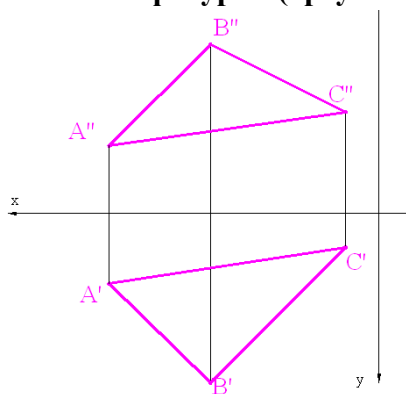
- двумя параллельными прямыми - $\gamma (a \parallel b)$



- двумя пересекающимися прямыми - $\delta (a \cap b)$



- плоской фигурой (треугольником) $\alpha(ABC)$

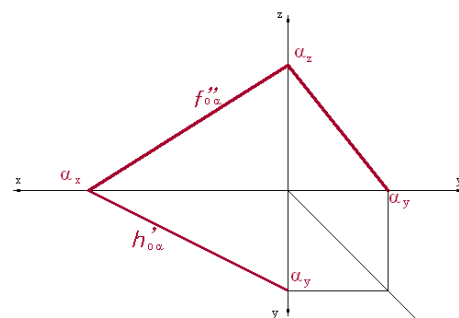
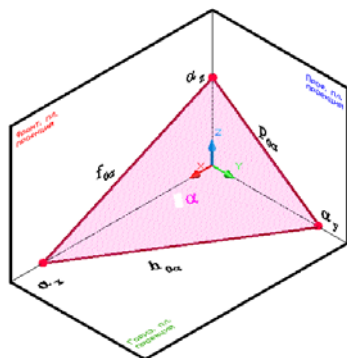


- следами α ($fo\alpha$, $ho\alpha$)

Следами плоскости называются линии пересечения плоскости с плоскостями проекций.

$ho\alpha$, $fo\alpha$, $po\alpha$ - горизонтальный, фронтальный и профильный следы плоскости α .

α_x , α_y , α_z - точки схода следов.



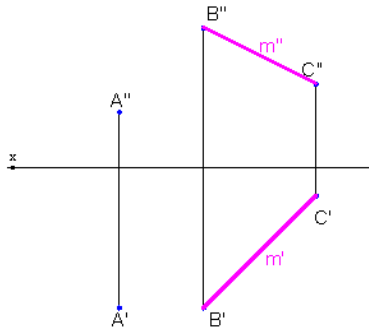
Принадлежность точки, прямой и плоскости

Точка принадлежит плоскости, если она лежит на прямой, принадлежащей плоскости.

Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки плоскости (инцидентна плоскости).

Пример.

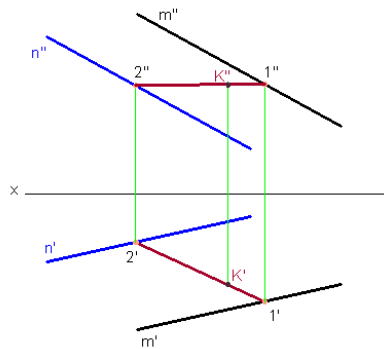
В плоскости α (A,B,C) построить проекции произвольной прямой m .



$m \in \alpha$ (A,B,C), так как прямая m проходит через две точки – В и С – плоскости α .

Пример.

В плоскости $\delta(\mathbf{m} \parallel \mathbf{n})$ построить недостающую проекцию точки $\mathbf{K}$.



Решение:

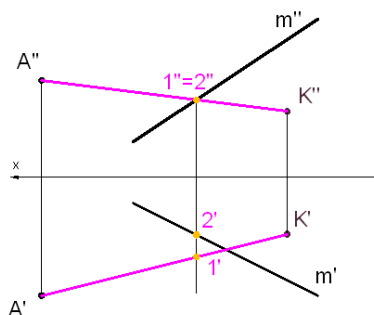
1. Через имеющуюся проекцию точки **К** проводим вспомогательную прямую **(1-2)**, принадлежащую плоскости $\delta(\mathbf{m} \parallel \mathbf{n})$.
2. Строим недостающую проекцию прямой линии **(1-2)**.
3. С помощью вертикальной линии связи строим недостающую проекцию точки **К** на построенной проекции вспомогательной линии **(1-2)**.

При решении этой задачи не имеет значение, какая проекция точки является исходной.

Решение задачи можно кратко записать таким образом: $(1-2) \in \delta$, $K \in (1-2) \Rightarrow K \in \delta$ ($m \parallel n$).

Пример.

Определить, принадлежит ли точка **K** плоскости γ (**A**, **m**).

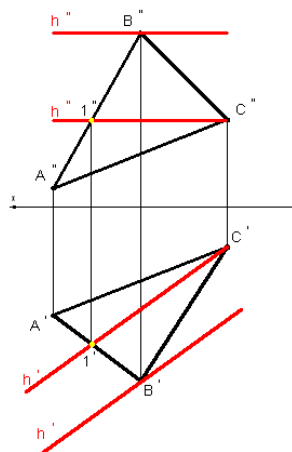


Для решения задачи необходимо построить вспомогательную прямую, например, **АК**. Так как построенная прямая **АК** и прямая **mn** плоскости γ не пересекаются, а скрещиваются, делаем следующий вывод: точка **К** не принадлежит плоскости γ , так как скрещивающиеся прямые не лежат в одной плоскости.

Главные линии плоскости

Линиями уровня плоскости называются прямые, принадлежащие плоскости и параллельные одной из плоскостей проекции. Такими линиями являются горизонтали, фронтالي, профильные прямые плоскости и линии наибольшего наклона плоскости к плоскостям проекций.

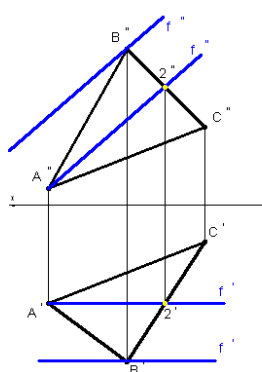
Горизонталью плоскости называется прямая, принадлежащая плоскости и



параллельная горизонтальной плоскости проекций Π_1 . Построение горизонтали всегда начинается с её фронтальной проекции, которая всегда параллельна оси Ox (перпендикулярна оси Oz).

В любой плоскости можно построить множество горизонталей. Все они между собой параллельны, следовательно, параллельны их одноименные проекции.

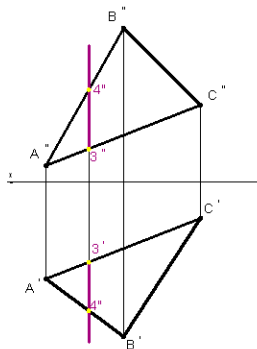
Фронталью плоскости называется прямая, принадлежащая плоскости и



параллельная фронтальной плоскости проекций Π_2 . Построение фронтали всегда начинается с её горизонтальной проекции, которая всегда параллельна оси Ox (перпендикулярна оси Oy).

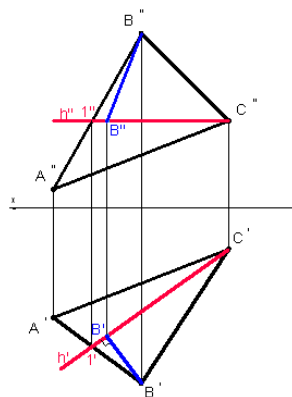
В любой плоскости можно построить множество фронталей. Все они между собой параллельны, следовательно, параллельны их одноименные проекции.

Профильной прямой плоскости называется прямая, принадлежащая плоскости и



параллельная профильной плоскости проекций Π_3 .

Линия ската плоскости — это прямая, принадлежащая плоскости и



перпендикулярная горизонтали плоскости. Она составляет угол наибольшего наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций. Её называют линией наибольшего ската, так как шарик, пущенный по наклонной плоскости, скатывается именно по этой линии.

Положение плоскости в системе плоскостей проекций.

Классификация плоскостей

1. **Плоскость общего положения** не параллельна и не перпендикулярна ни одной из плоскостей проекций. Все выше изображённые плоскости есть плоскости общего положения.

2. **Проецирующие плоскости** перпендикулярны одной из плоскостей проекций. На соответствующую плоскость проекций эти плоскости проецируются в прямую линию.

- **Горизонтально-проецирующая плоскость** перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций π_1 .

- **Фронтально-проецирующая плоскость** перпендикулярна фронтальной плоскости проекции π_2 .

- **Профильно-проецирующая плоскость** перпендикулярна профильной плоскости проекций π_3 .

3. **Плоскости уровня** параллельны одной из плоскостей проекций и перпендикулярны двум другим. Наименование плоскости уровня соответствует наименованию той плоскости проекций, которой она параллельна.

- **горизонтальная плоскость уровня** $\parallel \pi_1 (\perp \pi_2, \pi_3)$;

- **фронтальная плоскость уровня** $\parallel \pi_2 (\perp \pi_1, \pi_3)$;

- **профильная плоскость уровня** $\parallel \pi_3 (\perp \pi_1, \pi_2)$.

Свойства плоскостей частного положения

Если плоскость перпендикулярна хотя бы одной из плоскостей проекций, любая геометрическая фигура, принадлежащая такой плоскости, располагает свою проекцию на той проекции плоскости, к которой данная плоскость перпендикулярна. Такое свойство плоскости называют **собирательным**.

Если геометрическая фигура принадлежит плоскости уровня, то она проецируется в действительную величину на одноименную плоскость проекций.

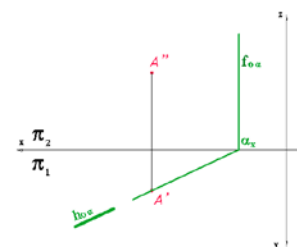
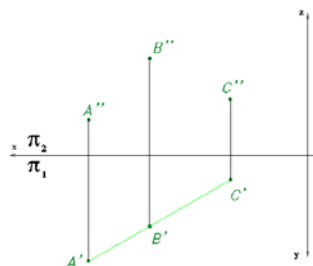
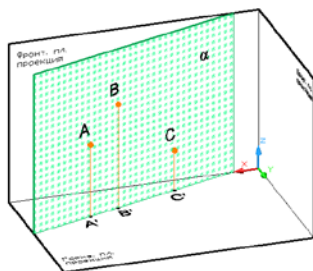
Изображение плоскостей частного положения:

1. Горизонтально-проецирующая плоскость

$$\alpha (A, B, C) \perp \pi_1$$

$$\alpha (fo\alpha \cap ho\alpha) \perp \pi_1$$

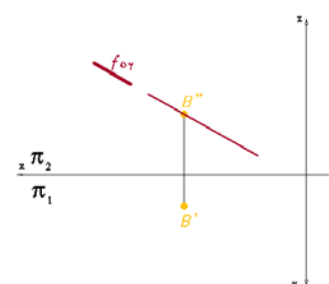
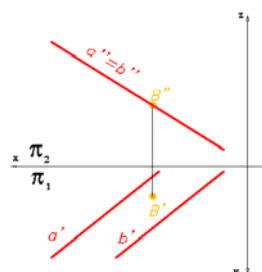
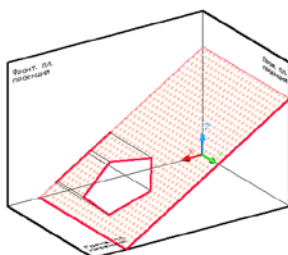
$$A \in \alpha$$



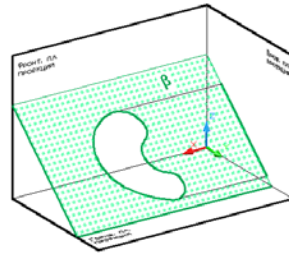
2. Фронтально-проецирующая плоскость

$$\gamma (a \parallel b) \perp \pi_2$$

$$B \in \gamma$$



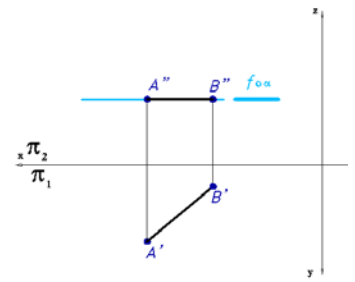
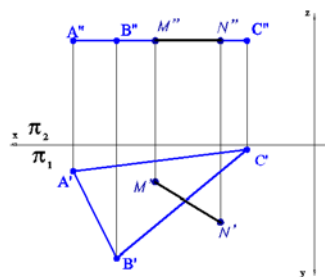
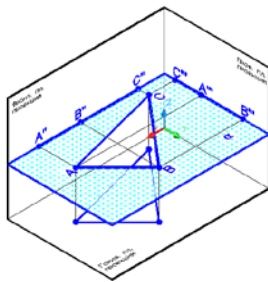
3. Профильно-проецирующая плоскость



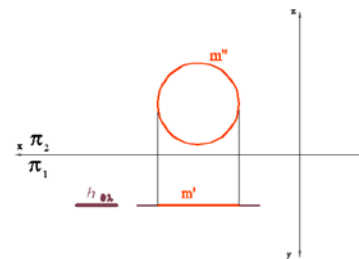
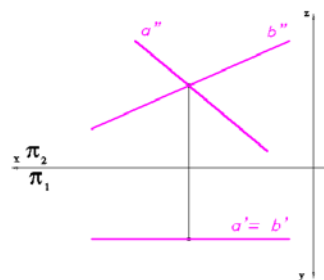
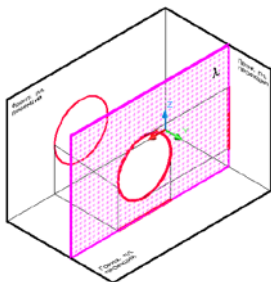
4. Горизонтальная плоскость уровня.

$$\alpha(ABC) \parallel \pi_1 (\perp \pi_2, \pi_3)$$

$$MN \in \alpha$$

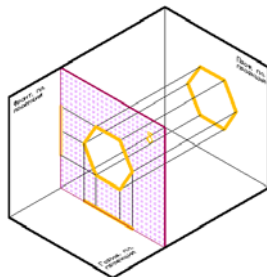


5. Фронтальная плоскость уровня.



$$\lambda(a \cap b) \parallel \pi_2 (\perp \pi_1, \pi_3)$$

6. Профильная плоскость уровня.



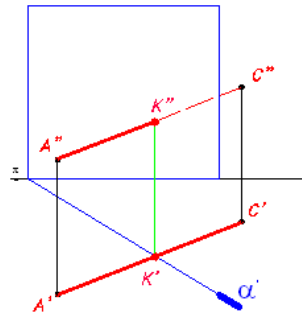
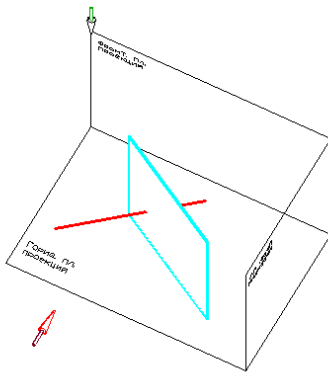
Тема: Вспомогательные позиционные задачи.

Позиционными называются задачи на определение взаимного положения геометрических фигур.

Прямая и плоскость или две плоскости могут пересекаться или быть параллельными между собой.

Задача 1.

Построить точку пересечения прямой общего положения AC и горизонтально-проецирующей плоскости α .

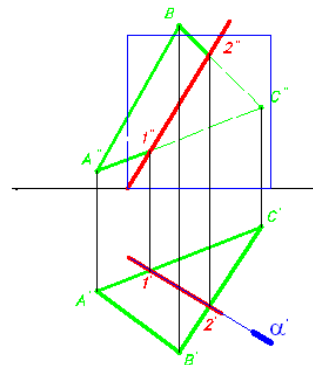
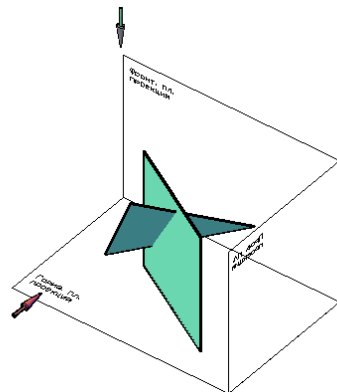


Решение:

Так как плоскость α перпендикулярна Π_1 , горизонтальная проекция точки пересечения находится на пересечении горизонтальной проекции плоскости α' и горизонтальной проекции прямой AC : $\alpha' \cap (A'C') = K'$. Фронтальная проекция K'' точки K строится с помощью вертикальной линии связи на фронтальной проекции $A''C''$ прямой AC .

Задача 2.

Построить линию пересечения плоскости общего положения $\beta(ADC)$ и горизонтально-проецирующей плоскости α .



$\alpha \cap \beta (ABC) = (1-2)$. $\beta (ABC)$ – плоскость общего положения, α – перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций.

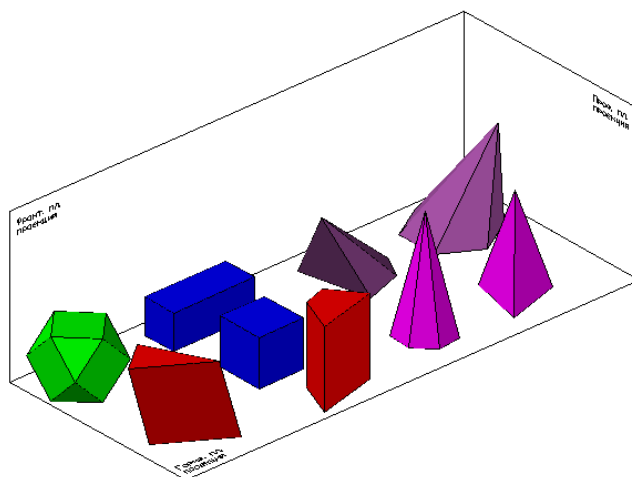
Результатом пересечения двух плоскостей является прямая линия, определяемая двумя точками 1 и 2. Так как плоскость α перпендикулярна Π_1 , горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с горизонтальной проекцией α' плоскости α . Фронтальные проекции точек 1 и 2 строятся по условию их принадлежности прямым AC и BC плоскости β . Кратко решение можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} (1-2) \in \alpha &\Rightarrow (1'-2') \in \alpha'; \\ 1 \in (AC) &\Rightarrow 1' \in (A'C') \Rightarrow; \\ 1'' &\in (A''C''); \\ 2 \in (BC) &\Rightarrow 2' \in (B'C') \Rightarrow; \\ 2'' &\in (B''C''). \end{aligned}$$

Прямая $(1-2)$ есть искомая линия пересечения плоскостей α и β .

Тема: Многогранники.

Многогранник – замкнутая часть пространства, ограниченная плоскими многоугольниками, которые называются **гранями**. Линии пересечения смежных граней называются **ребрами**. Точки пересечения ребер называются **вершинами** многогранника. Форму многогранников имеют многие детали машин и механизмов, станков и инструментов. При конструировании различных инженерных сооружений сложные кривые поверхности часто **аппроксимируют** (заменяют) близкими по форме гранными поверхностями.



Из множества многогранников наибольший практический интерес представляют **призмы** и **пирамиды**.

Многогранник называется правильным, если его грани правильные и равные многоугольники. Существует пять типов правильных выпуклых многогранников. **Тетраэдр** - правильная трёхгранная пирамида – ограничен четырьмя равносторонними треугольниками. **Гексаэдр** - куб – ограничен шестью квадратами. **Октаэдр** ограничен восемью равносторонними треугольниками. **Додекаэдр** ограничен двенадцатью правильными пятиугольниками. **Икосаэдр** ограничивают двадцать равносторонних треугольников. Их называют правильными телами Платона – древнегреческого философа-идеалиста, который описал их свойства.

Элементы многогранников есть неопределяемые понятия геометрии: вершины – точки, ребра – отрезки прямых, грани – отсеки плоскостей. Следовательно, изображение многогранников сводится к изображению точек, отрезков прямых и отсеков плоскостей. Иными словами, многогранники на чертежах изображаются пересекающимися, параллельными и скрещивающимися прямыми.

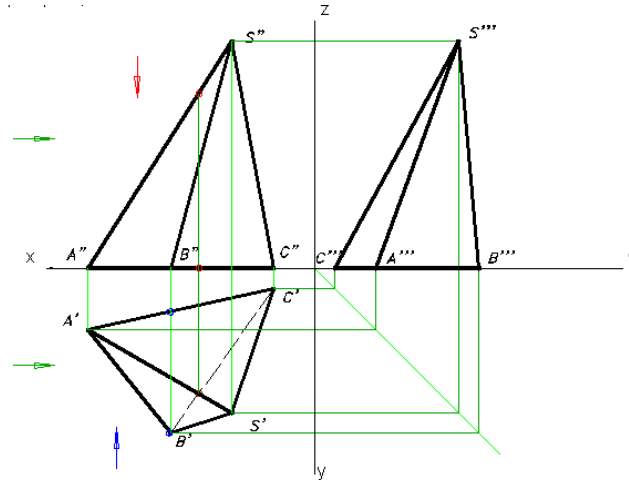
В начертательной геометрии рассматриваются чертежи призм и пирамид. Основанием пирамиды и призмы может являться любой многоугольник. В соответствии с этим, в зависимости от числа вершин основания пирамиды и призмы называются треугольными, четырёхугольными и т.д. У пирамиды боковые ребра всегда пересекаются в точке, называемой вершиной пирамиды, а у призмы боковые ребра всегда параллельны между собой. Если боковые ребра призмы перпендикулярны основанию, она называется прямой. Если ребра призмы перпендикулярны какой-либо плоскости проекций, её грани обладают свойствами проецирующих плоскостей, что во многом упрощает решение задач позиционного характера.

Построение изображений многогранников. Определение видимости.

Построение точек и линий на поверхности многогранников.

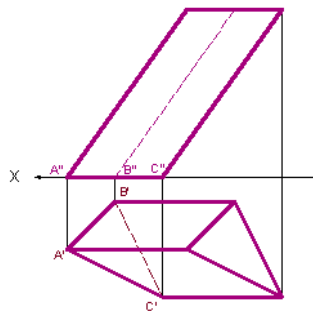
Для построения проекций пирамиды необходимо:

1. Построить проекции основания (любой плоский выпуклый многоугольник).
2. Построить проекции вершины.
3. Построить проекции боковых рёбер, соединив проекции вершины с одноименными проекциями вершин основания.
4. Оформить видимость проекций рёбер и граней пирамиды.



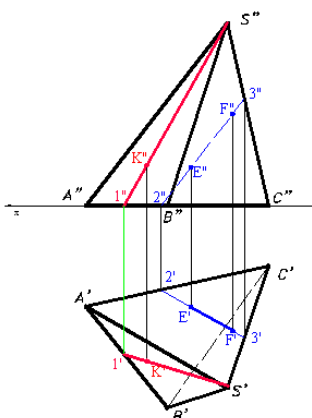
Для построения проекций призмы необходимо:

1. Построить проекции одного из оснований призмы.
2. Построить проекции направления боковых рёбер.
3. Построить проекции второго основания призмы параллельно первому.
4. Оформить видимость проекций рёбер и граней призмы.



Очерком многогранника называется замкнутый многоугольник, ограничивающий наружный контур той или иной проекции. Очерк есть граница видимости на чертеже. Это утверждение относится не только к многограннику, а к любой поверхности.

Очерк всегда виден. Видимость рёбер внутри очерка определяется по направлению взгляда на ту или иную плоскость проекций, т.е. рассматривается удаленность рёбер от соответствующих плоскостей проекций. Допускается в затруднительных случаях использовать конкурирующие точки.



Чтобы построить точку **К** на грани многогранника, необходимо построить прямую линию, например **S1**, принадлежащую грани многогранника. Используется положение о принадлежности точки и прямой плоскости. На построенной прямой строятся проекции точки **К**.

Чтобы построить прямую **EF** на грани многогранника, необходимо провести её через две точки **2** и **3**, принадлежащие этой грани. Проекция грани **SAB** видима на горизонтальной и фронтальной плоскостях проекций, поэтому и одноименные проекции точки **К** также видимы. У

отрезка EF фронтальная проекция $E'F'$ невидима, так как фронтальная проекция $S''A''C''$ грани SAC невидима.

Построение сечения многогранников проецирующими плоскостями.

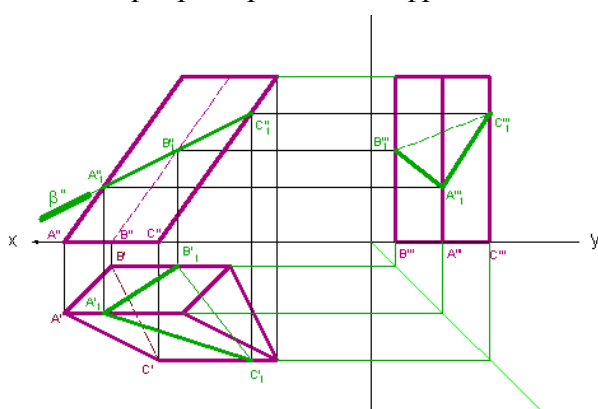
Плоскость пересекает многогранник по замкнутому многоугольнику, вершины которого находятся на рёбрах многогранника, а стороны на гранях. Для построения фигуры сечения необходимо:

1. Построить точки пересечения рёбер многогранника с секущей плоскостью.
2. Построенные точки последовательно соединить отрезками прямых линий с учётом видимости граней.

Пример.

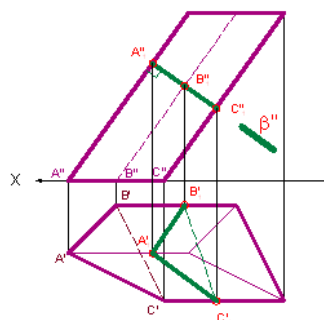
Построить сечение трёхгранной наклонной призмы фронтально-проецирующей плоскостью.

Нижнее основание призмы находится на горизонтальной плоскости проекций, боковые рёбра параллельны фронтальной плоскости проекций.



Так как плоскость β перпендикулярна фронтальной плоскости проекций, фронтальная проекция сечения $A_1B_1C_1$ совпадает с фронтальной проекцией β'' плоскости β . Горизонтальные проекции точек пересечения плоскости β с боковыми рёбрами призмы строятся с помощью вертикальных линий связи на горизонтальных проекциях соответствующих рёбер. Построенные точки последовательно соединяются. При этом обязательно учитывается видимость граней

призмы, которым принадлежат отрезки линии сечения.



Примечание: последовательность соединения подразумевает попарное соединение точек, принадлежащих одной грани многогранника

Плоскость, перпендикулярная боковым рёбрам призмы, даёт нормальное сечение многогранника. Этот вид сечения будет использоваться при построении развёрток призмы и цилиндра способом нормального сечения.

Тема: Поверхности.

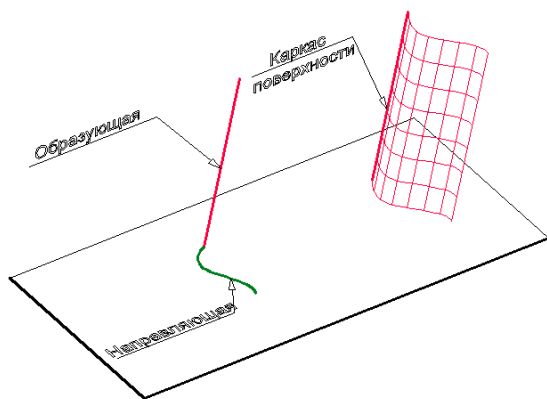
Поверхность есть непрерывное множество последовательных положений перемещающейся в пространстве линии. Перемещающаяся в пространстве линия называется **образующей** поверхности. Закон перемещения образующей называется **направляющей** (направляющими) поверхности. Во многих случаях образующие и направляющие взаимозаменяемы. Такой способ образования поверхности в начертательной геометрии принято называть кинематическим.

Поверхность, которая может быть образована прямолинейной образующей, называется **линейчатой**. Образующими **нелинейчатых** поверхностей являются кривые линии.

Отдельные линейчатые поверхности, если им придать физические свойства гибкости и нерастяжимости, могут быть односторонне развёрнуты до совмещения с плоскостью без

образования разрывов и складок. Такие поверхности называются **развертываемыми**, а остальные – **неразвертываемыми**.

Каркас поверхности - это множество однопараметрических линий поверхности, имеющих единый закон образования и связанных между собой определённой зависимостью. Понятие о каркасе поверхности связано с решением задач геометрического характера с поверхностями: построение точек и линий на поверхности, сечение поверхностей плоскостями, взаимное пересечение поверхностей и т. д.

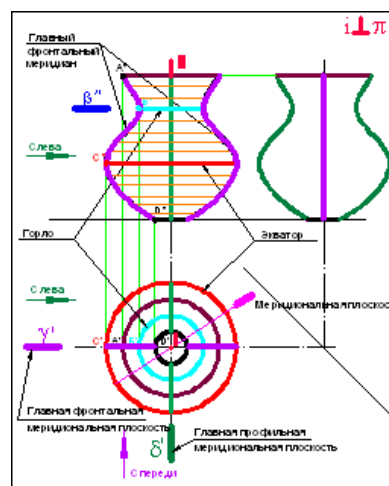
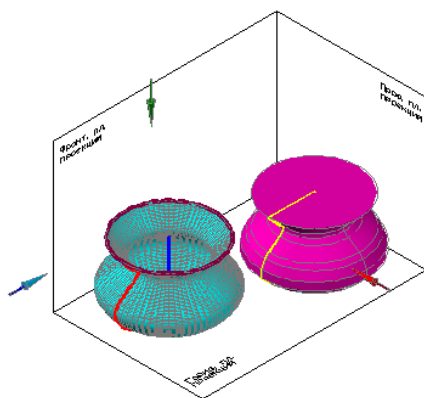


Поверхность считается заданной, если можно построить проекции любой точки, принадлежащей поверхности.

Наибольшее применение в технике находят поверхности вращения, которые образуются вращением некоторой линии – прямой или кривой – вокруг неподвижной оси. Ось вращения может занимать любое положение в системе плоскостей проекций – частное или общее.

Основные понятия и определения.

Изображение поверхности вращения на чертежах



Все точки образующей движутся по окружностям, плоскости которых перпендикулярны оси вращения и параллельны той плоскости проекций, которой перпендикулярна ось вращения. Все указанные окружности называются параллелями поверхностей вращения.

Параллель максимального радиуса называется **экватором** поверхности вращения, а минимального – **горлом**.

Плоскость, перпендикулярная оси вращения поверхности, всегда пересекает её по окружности-параллели.

Плоскости, инцидентные оси вращения (проходящие вдоль оси), пересекают поверхность вращения по линиям, которые называются **меридианами** поверхностей вращения. Все меридианы поверхностей вращения конгруэнтны. Это значит, все меридианы одной поверхности едины по форме и равны между собой.

Если меридиональная плоскость параллельна какой-либо плоскости проекций, меридиан на указанную плоскость проецируется в действительную величину и является очерком поверхности.

Плоскость γ инцидентна оси j и параллельна фронтальной плоскости проекций π_2 , следовательно, фронтальный очерк является главным фронтальным меридианом.

Плоскость γ условно делит поверхность вращения на переднюю и заднюю половины. У точек, расположенных в передней половине поверхности, будут видны их фронтальные проекции, в задней части поверхности - не видны.

Плоскость δ параллельна профильной плоскости проекций π_3 и условно делит поверхность вращения на левую и правую половины. Плоскость δ является главной профильной меридиональной плоскостью. У точек, расположенных в левой половине поверхности, будут видны их профильные проекции, в правой части - не видны.

Построение точек и линий на поверхности вращения

Точка принадлежит поверхности, если она лежит на линии, принадлежащей поверхности.

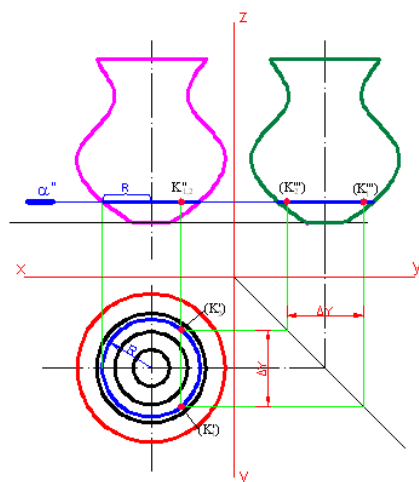
Линия принадлежит поверхности, если всё множество точек этой линии принадлежит поверхности.

Алгоритм построения на поверхности недостающей проекции точки:

1. Вводится вспомогательная секущая плоскость, проходящая через заданную проекцию точки.
2. Строятся проекции линии пересечения вспомогательной плоскости и поверхности.
3. Строятся недостающие проекции точки на соответствующих проекциях построенной линии пересечения. Оформляется видимость в проекциях.

Примечание:

Вспомогательные секущие плоскости следует выбирать таким образом, чтобы в сечении получались простые для построения линии - окружности или отрезки прямых линий.



Для построения недостающей проекции точки $K(K'')$ проведена плоскость α , перпендикулярная оси вращения поверхности.

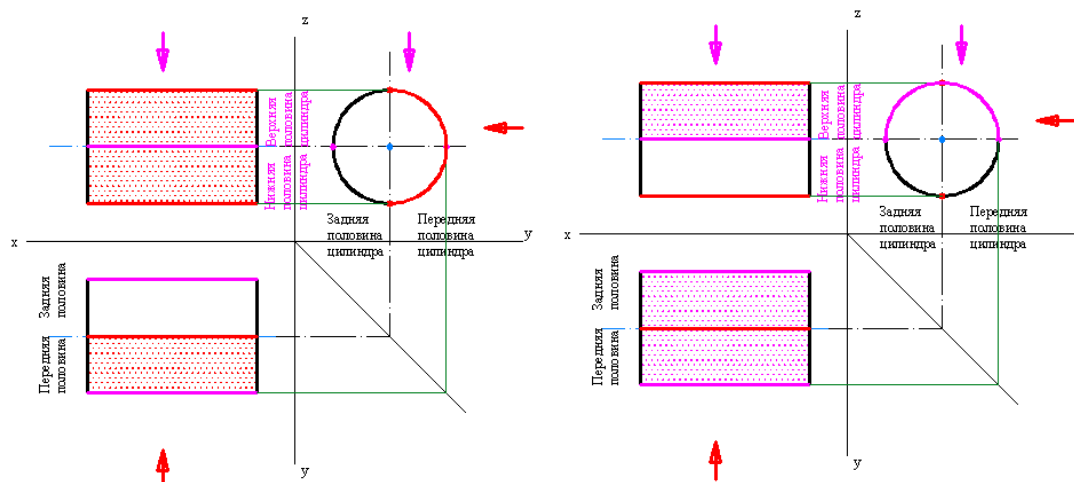
Плоскость α вращения пересекает поверхность по окружности-параллели, радиус R которой определяется как расстояние от оси вращения до крайней точки окружности по следу секущей плоскости. Горизонтальная проекция сечения есть окружность указанного радиуса. Недостающие проекции - горизонтальная и профильная - строятся с помощью линий связи.

Для построения кривых линий, принадлежащих поверхности, необходимо на исходной проекции выделить множество точек и построить их недостающие проекции. В первую очередь необходимо построить характерные и особые точки линии. Это начальная и конечная точки линии; точки, наиболее удалённые и близкие к плоскостям проекций (экстремальные точки); точки смены видимости, которые принадлежат очеркам поверхности и др. К этим точкам относятся вершины гиперболы и параболы, точки большой и малой осей эллипса, точки излома и пр.

Цилиндр вращения. Образование и изображение на чертеже

Цилиндрическая поверхность вращения образуется вращением прямолинейной образующей вокруг неподвижной оси. При этом образующая во всех положениях параллельна оси вращения. Часть цилиндрической поверхности, ограниченная двумя параллельными основаниями, называется цилиндром.

Если образующие цилиндра перпендикулярны основаниям, цилиндр называется прямым. Если ось вращения цилиндра перпендикулярна какой-либо плоскости проекций,



поверхность цилиндра называется проецирующей и обладает собирательным свойством проецирующих плоскостей, которая считается частным случаем поверхности.

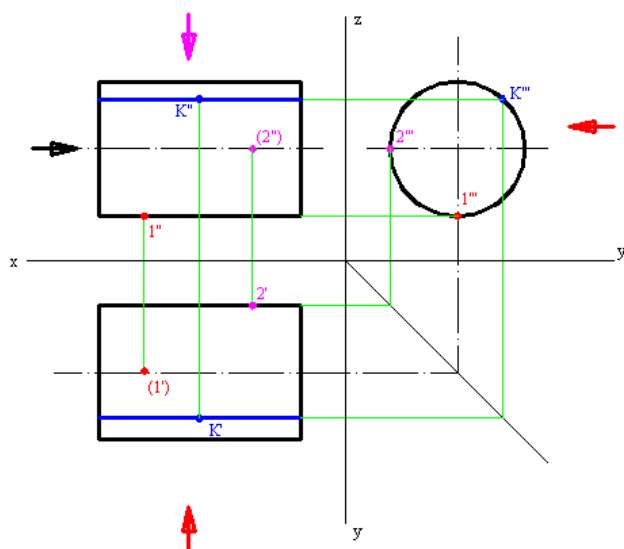
Условное деление цилиндра на верхнюю и нижнюю, переднюю и заднюю половины цилиндра, а также использование стрелок, указывающих направление взгляда на ту или иную плоскость проекций, помогает в оформлении видимости на чертеже.

В данном случае ось вращения цилиндра j перпендикулярна профильной плоскости проекций π_3 . Поэтому поверхность цилиндра является профильно-проецирующей.

Следовательно, все точки и линии, принадлежащие поверхности этого цилиндра, располагают свои проекции на профильном очерке цилиндра, то есть окружности.

Недостающие проекции точек **1** и **2** построены по условию их принадлежности очерковым образующим цилиндра.

Проекция промежуточной точки **К** построены с помощью прямолинейной образующей, которая на профильную плоскость проекций проецируются в точку.



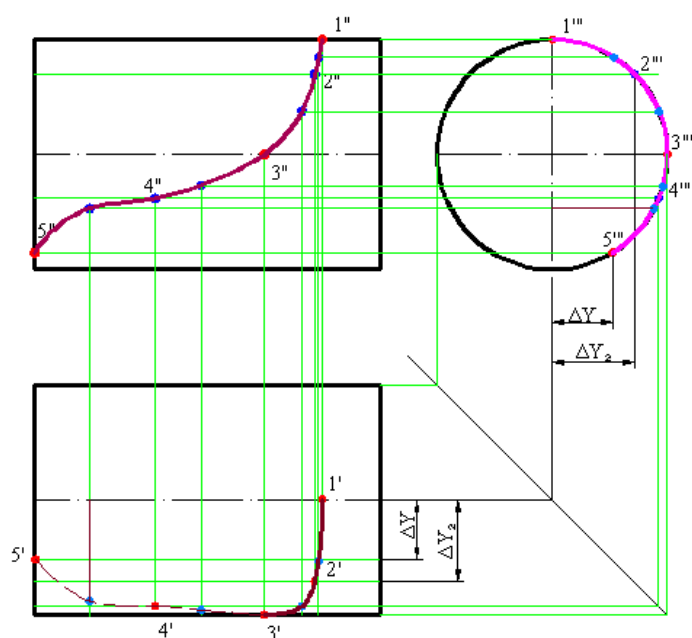
Построение линии на поверхности цилиндра

Чтобы построить проекции линии, принадлежащей поверхности, выделяем множество точек на этой линии, строим недостающие проекции точек и соединяем их плавными кривыми линиями с учётом видимости в проекциях.

В первую очередь необходимо строить точки, характерные для кривой. Это начало и конец линии, точки смены видимости, экстремальные точки (наиболее удаленные и близкие к плоскостям проекций).

Число промежуточных точек должно быть достаточным для выявления формы кривой.

Если цилиндр занимает проецирующее положение, то построение упрощается. В данном случае известна профильная проекция линии, которая располагается на



окружности, то есть профильной проекции цилиндра. Недостающие проекции точек строятся с помощью вертикальных и горизонтальных линий связи.

В данном случае точки 1 и 5 – начало и конец линии, точка 3 – точка смены видимости на горизонтальной плоскости проекции, точка 1 – самая высокая точка на кривой линии, точка 3 – самая удаленная от фронтальной плоскости проекций π_2 , точки 2, 4 и другие – промежуточные точки линии.

Горизонтальная проекция (1'-2'-3') части линии (1-2-3) видима, так как расположена в верхней половине цилиндра.

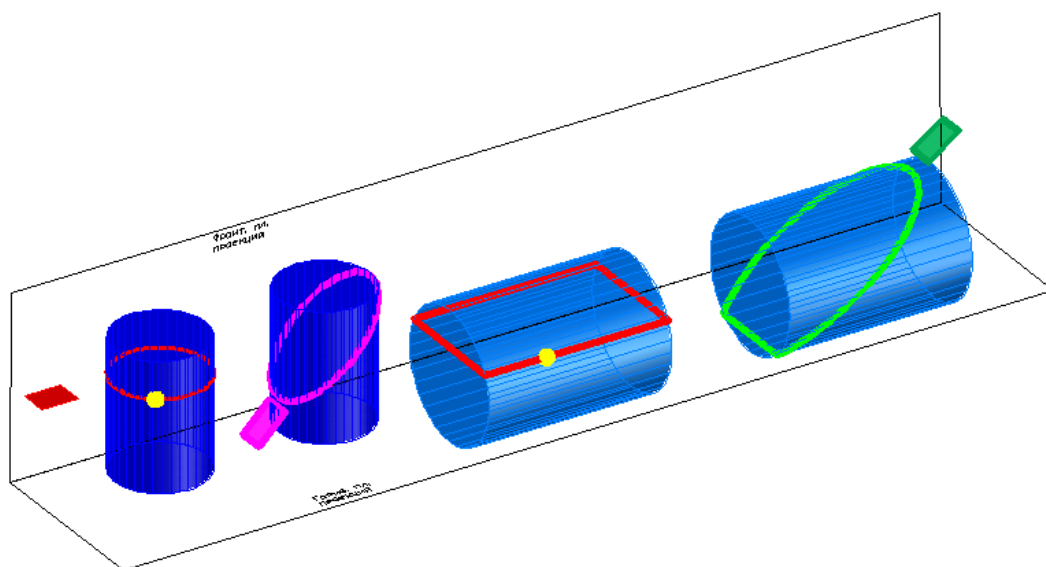
Сечение цилиндра плоскостями частного положения

Плоскость, перпендикулярная оси вращения цилиндра, пересекает его по окружности.

Плоскость, параллельная оси вращения цилиндра, пересекает его по прямоугольнику.

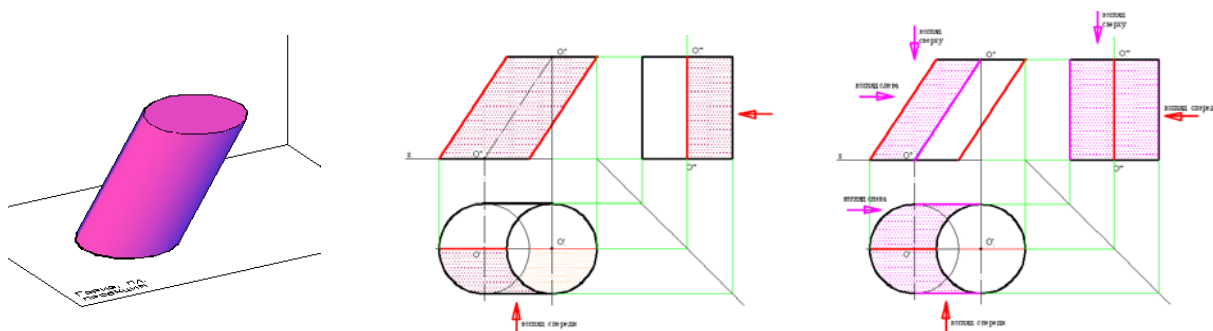
Плоскость, не параллельная и не перпендикулярная оси вращения цилиндра, пересекает его по эллипсу или части эллипса, если данная плоскость пересекает основание цилиндра.

Если необходимо построить сечение цилиндра проецирующей плоскостью, не параллельной и не перпендикулярной его оси вращения, следует на следе секущей плоскости, то есть известной проекции сечения, выделить множество точек. Затем построить недостающие проекции точек так же, как и при построении кривой линии. Построение следует начинать с определения концов большой и малой осей эллипса. Как правило, эти точки принадлежат очерковым образующим цилиндра. Следовательно, они



являются и точками смены видимости на чертеже. Промежуточных точек должно быть достаточно для выявления формы проекций эллипса.

Наклонный цилиндр. Точки и линии на поверхности наклонного цилиндра

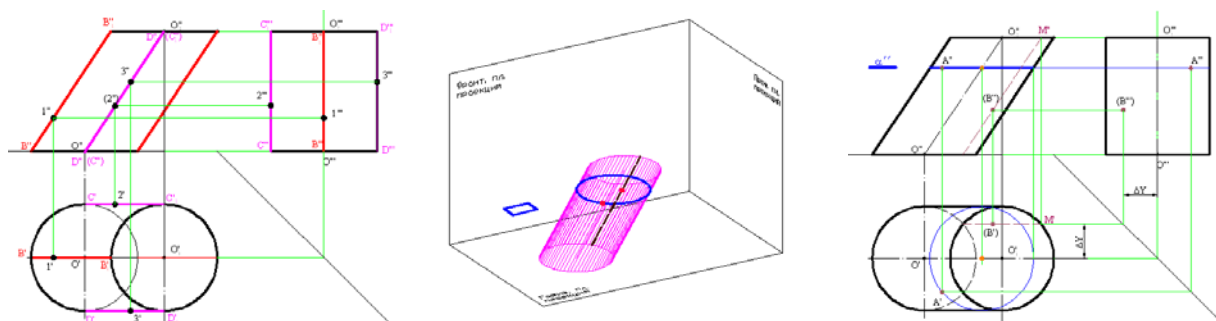


Точки, принадлежащие передней половине цилиндра, будут видимы на плоскости π_2 . Точки, расположенные в верхней части цилиндра, будут видны на плоскости π_1 , а принадлежащие левой половине цилиндра – на плоскости π_3 .

Точка **1** построена по условию принадлежности очерковой образующей **BB₁**, точка **2** – очерковой образующей **CC₁**, точка **3** – очерковой образующей **DD₁**.

Промежуточные точки на поверхности наклонного цилиндра могут быть построены:

- с помощью секущих плоскостей, параллельных основанию цилиндра. Такие плоскости пересекают цилиндр по окружностям, центр которых находятся на осевой линии цилиндра, а радиусы окружностей равны радиусу основания цилиндра.
- с помощью образующих, концы которых находятся на основаниях цилиндра. Все



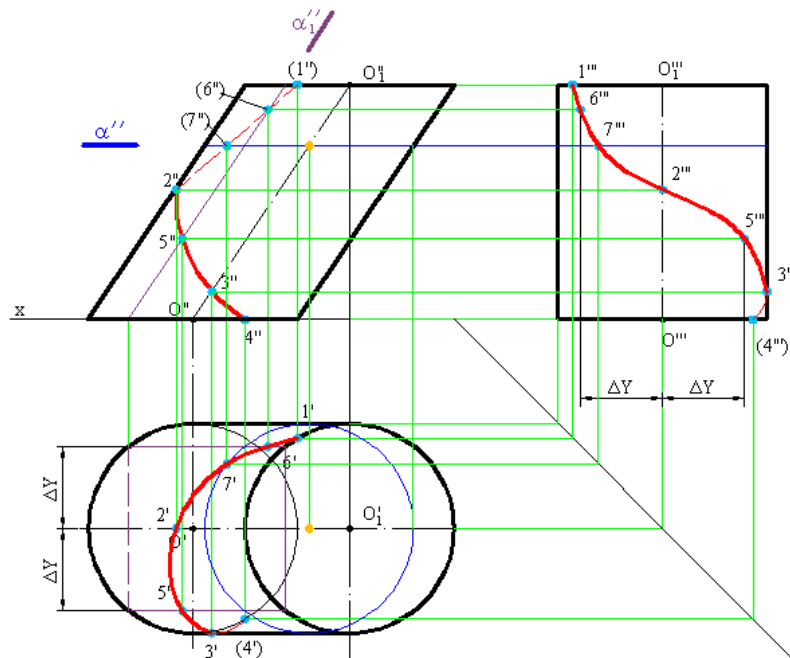
образующие цилиндра параллельны между собой. Их направление определяется осевой линией цилиндра.

Например, точка **A** построена с помощью плоскости α , параллельной основанию цилиндра. Точка **B** построена с помощью образующей, точки **M** которой находится на верхнем основании цилиндра.

Если на поверхности наклонного цилиндра требуется построить какую-либо линию или сечение проецирующей плоскостью, подход к решению задачи такой же, как и для прямого кругового цилиндра.

В качестве примера использована исходная фронтальная проекция кривой, принадлежащей цилиндрической поверхности. На исходной проекции выделены точки, недостающие проекции которых построены с помощью образующих – точки **2, 3, 5** и **6**. Точка **7** построена с помощью окружности, плоскость которой α параллельна основанию цилиндра. Точки **1** и **4** построены по условию принадлежности основаниям цилиндра.

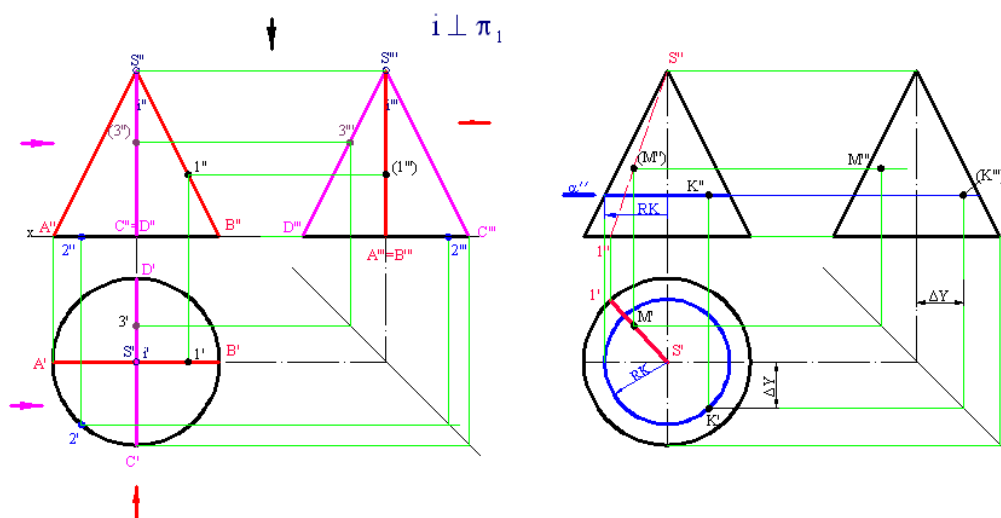
Как и для многогранников, плоскость нормального сечения перпендикулярна образующим цилиндра.



Конус вращения.

Конус вращения образуется вращением прямолинейной образующей вокруг неподвижной оси, при этом образующие во всех положениях пересекают ось вращения в точке, называемой вершиной конической поверхности.

Изображение конуса вращения. Построение точек и линий на поверхности конуса.



Образующие SA и SB условно делят поверхность конуса на переднюю и заднюю половины. Та часть конуса, которая находится перед этой образующей (см. горизонтальную и профильную проекции) будет видима на фронтальной плоскости проекции.

Проекции образующих S'''C''' и S'''D''' – профильный очерк конуса - условно делят поверхность конуса на левую и правую половины. Точки, расположенные левее этих образующих (см. горизонтальную и фронтальную проекции), видимы на профильной плоскости проекции.

Точки на поверхности конуса строятся с помощью прямолинейных образующих или окружностей-параллелей, плоскости которых перпендикулярны оси вращения конуса.

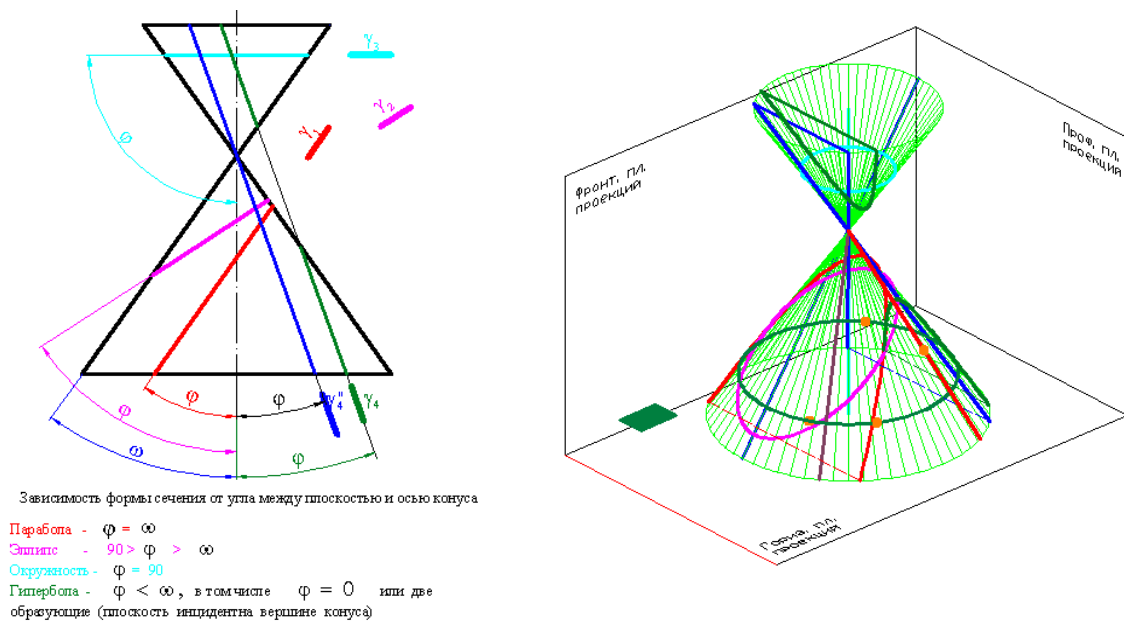
Алгоритм построения недостающей проекции точки

1. Вводится вспомогательная секущая плоскость, проходящая через заданную проекцию точки.
2. Строится линия пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью.
3. С помощью линии связи выстраиваются недостающие проекции точек на построенной линии сечения.

Точка 1 построена по условию принадлежности очерковой образующей SB , точка 2 принадлежит основанию конуса, а точка 3 – очерковой образующей SD .

Промежуточные точки на поверхности конуса построены следующим образом. Точка K построена с помощью горизонтальной плоскости α , пересекающей конус по окружности-параллели. Точка M построена с помощью образующей $S1$, где S – вершина конуса, а точка 1 принадлежит его основанию.

Конические сечения



Обозначим угол наклона образующей к оси вращения конуса ω , а угол наклона секущей плоскости к оси вращения – φ . В зависимости от угла наклона секущей плоскости форма сечения может быть различной.

Если $\varphi = \omega$, в сечении получается парабола. В этом случае секущая плоскость параллельна одной образующей конуса.

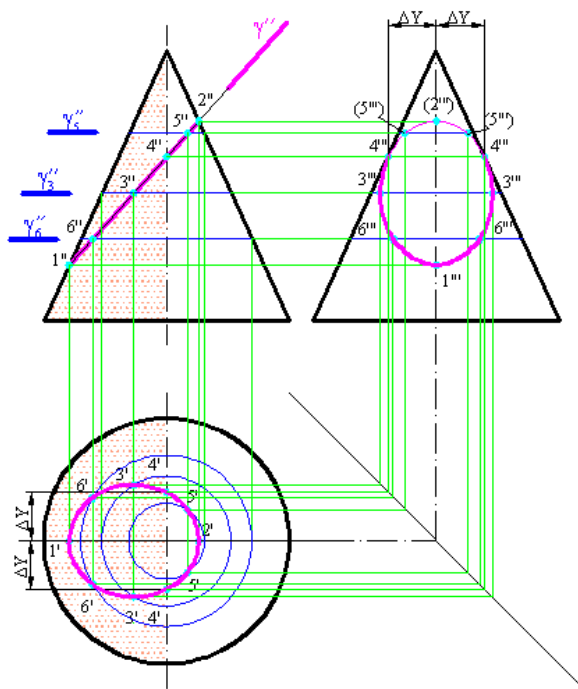
Если $90^\circ > \varphi > \omega$, в сечении получается эллипс. В этом случае плоскость пересекает все образующие конуса.

Плоскость, проходящая через вершину пересечения конуса, пересекает конус по треугольнику (по двум образующим).

Если $\varphi < \omega$, плоскость пересекает конус по гиперболе. В этом случае плоскость параллельна двум образующим конуса.

Построение сечения конуса проецирующей плоскостью

Если плоскость занимает проецирующее положение, проекция фигуры сечения совпадает со следом секущей плоскости. В данном случае плоскость γ – фронтально-проецирующая, поэтому фронтальная проекция фигуры сечения известна, так как совпадает с фронтальной проекцией плоскости. Проанализировав положение плоскости, приходим к выводу, что в сечении получается эллипс.



Параметры эллипса определяет большая и малая ось, которые взаимно перпендикулярны и точкой пересечения делятся пополам. Построение следует начинать с опорных и характерных точек сечения.

Точки 1 и 2 определяют большую ось эллипса.

Точки 3 и 3 определяют малую ось эллипса.

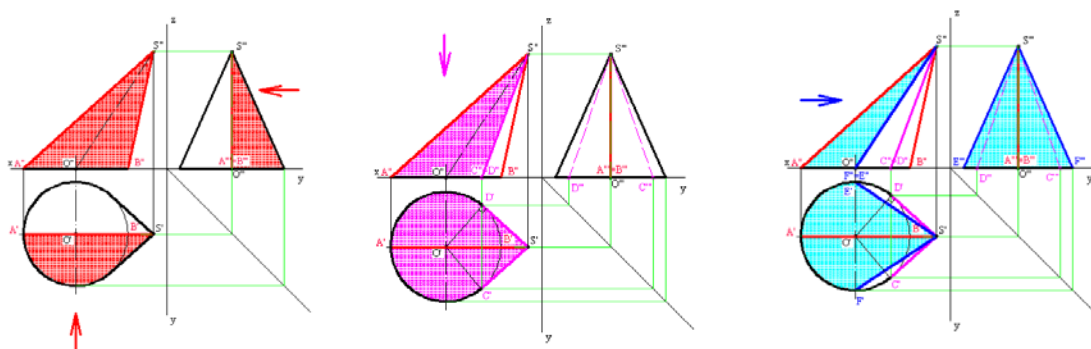
Точки 4 и 4 принадлежат профильному очерку конуса.

Точки 5 и 5, 6 и 6 – промежуточные точки.

Точки 1 и 2 построены по условию принадлежности очерковым образующим конуса, остальные точки построены с помощью горизонтальных плоскостей уровня, которые пересекают конус по окружностям-параллелям.

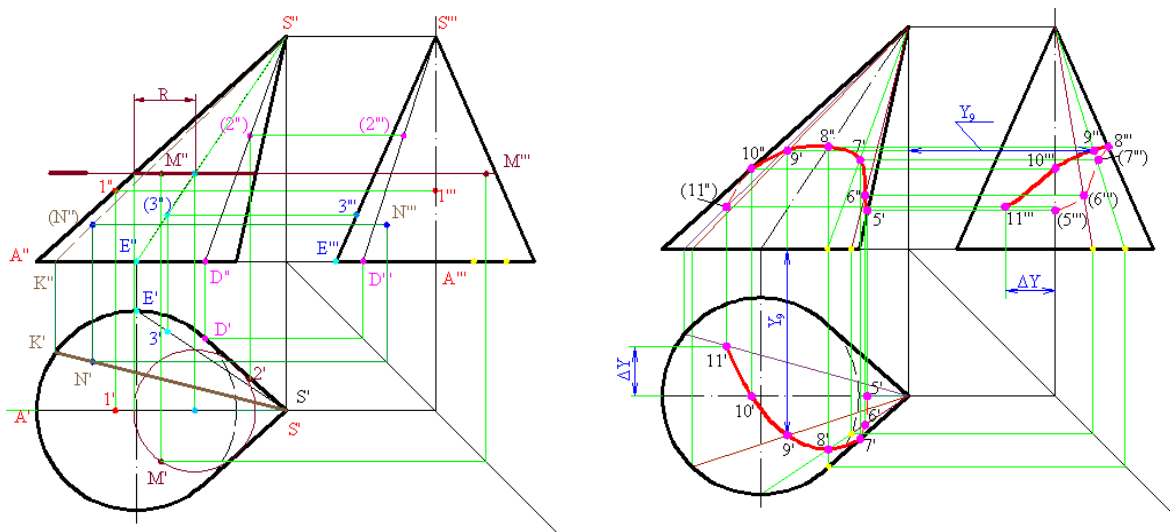
Построенные точки соединены плавной кривой линией с учётом видимости в проекциях.

Наклонный конус. Построение очерка. Точки и линии на поверхности конуса



Образующие **SA** и **SB** (фронтальный очерк) делят условно конус на переднюю и заднюю половины. Точки, расположенные перед **SA** и **SB**, будут видимы на плоскости π_2 . Образующие **SF** и **SE** (профильный очерк) условно делят конус на левую и правую половины. Точки, расположенные левее этих образующих, будут видимы на плоскости π_3 .

Образующие **SC** и **SD** (горизонтальный очерк) условно делят поверхность конуса на части, с помощью которых определяется видимость на плоскости π_1 . Точки, расположенные выше этих образующих (см. фронтальную проекцию), будут видимы на π_1 .



Точка на поверхности наклонного конуса может быть построена с помощью образующей, которая проходит через вершину конуса и пересекает основание. Например, точка **N** построена с помощью образующей **SK**, где **S** – вершина конуса, а точка **K** принадлежит его основанию.

Точка может быть построена также с помощью окружности, плоскость которой параллельна основанию конуса. Например, точка **M** построена с помощью горизонтальной плоскости, пересекающей конус по окружности. Радиус окружности определяется по следу секущей плоскости от осевой линии конуса до левой или правой его образующей. Центр окружности находится на осевой линии наклонного конуса.

При построении линии, принадлежащей поверхности наклонного конуса или его сечения какой-либо проецирующей плоскостью, необходимо построить множество точек принадлежащих этой линии или линии сечения.

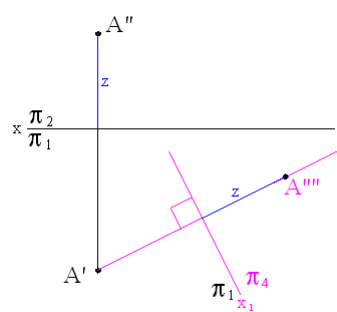
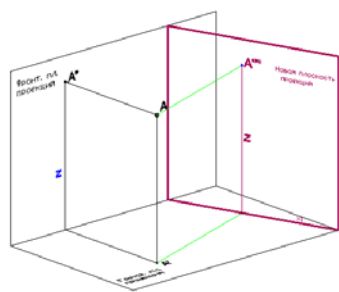
Построение следует начинать с характерных, опорных точек:

- начало и конец линии;
- экстремальные точки (наиболее удаленные и близкие к плоскостям проекций);
- точки, принадлежащие очерковым образующим конуса (точки смены видимости в проекциях).

Методы преобразования на чертеже. Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа заключается в том, что система плоскостей проекций $\pi_1 \perp \pi_2$ дополняется плоскостями π_4 , π_5 , которые образуют с плоскостями π_2 или π_1 или между собою новую систему взаимно перпендикулярных плоскостей проекций. При этом геометрические фигуры остаются в пространстве неподвижными.

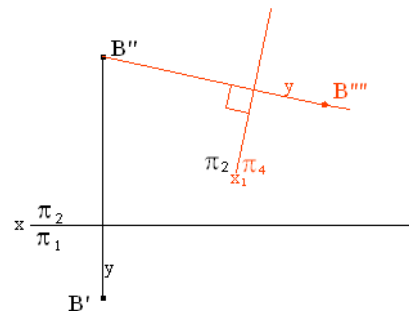
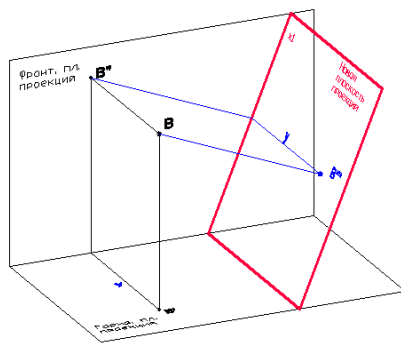
Замена фронтальной плоскости π_2 на π_4 .



Плоскость π_1 и точка **A** остаются неизменными, поэтому будут неизменными расстояние точки до горизонтальной плоскости проекций, то есть координата **Z**, и горизонтальная проекция точки. Для построения новой проекции точки на плоскости π_4 необходимо с неизменной горизонтальной проекции точки провести линию связи, перпендикулярную новой оси **Ox**, на которой необходимо отложить длину неизменной координаты **Z**. **A''''** – новая проекция точки **A**.

Замена горизонтальной плоскости проекций

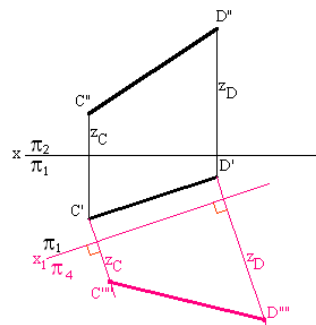
При замене горизонтальной плоскости π_1 на новую плоскость проекций π_4 перпендикулярную π_2 остается неизменной фронтальная плоскость проекций π_2 и точка **B**. Следовательно, неизменной будет фронтальная проекция точки и расстояние точки до фронтальной плоскости проекций π_2 , то есть координата **Y**. Поэтому для построения новой проекции точки необходимо из неизменной фронтальной проекции провести линию связи перпендикулярную новой оси **Ox** и на ней отложить неизменную координату **Y**.



Определение действительной величины отрезка

$$\begin{array}{c} x \pi_2 \\ \pi_1 \end{array} \quad \begin{array}{c} [CD] \parallel \pi_4 \\ C'D' \parallel \pi_1 \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} x \pi_4 \\ \pi_1 \end{array} \quad (\pi_1 \perp \pi_4)$$

Чтобы определить действительную величину отрезка, необходимо ввести новую плоскость π_4 параллельную отрезку.



Определение действительной величины плоской фигуры

Так как четырёхугольник **ABCD** занимает горизонтально-проецирующее положение, новая плоскость проекций параллельная четырёхугольнику будет перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций π_1 .

$$\begin{array}{ccc} x \pi_2 & \pi_4 \parallel \mathbf{ABCD} & \rightarrow x_1 \pi_4 \\ \pi_1 & \mathbf{A'B'C'D'} \parallel x_1 & \pi_1 \end{array} \quad (\pi_1 \perp \pi_4)$$

Новая проекция **A''''B''''C''''D''''** на плоскости π_4 есть действительная величина четырёхугольника **ABCD**.

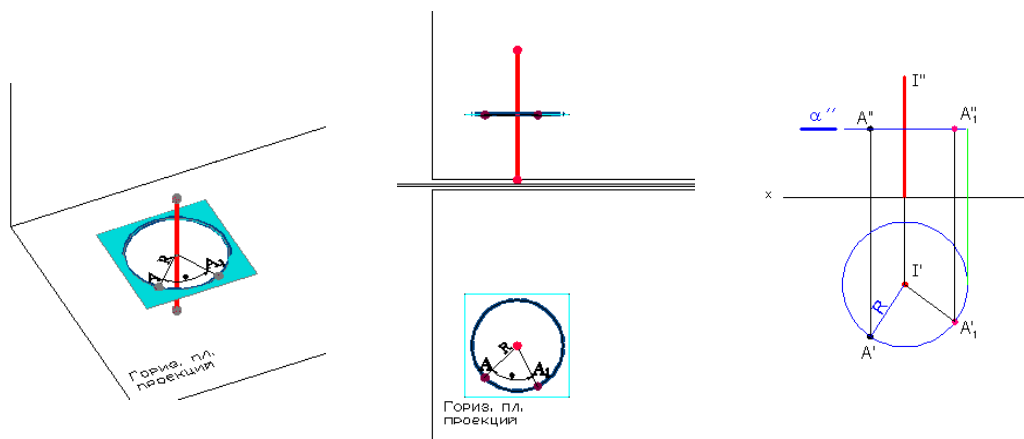
Способ вращения

Сущность данного способа заключается в том, что плоскости проекций остаются неподвижными, а геометрические фигуры вращаются вокруг неподвижных осей до положения параллельного или перпендикулярного той или иной плоскости проекций, то есть до положения, удобного для решения задач позиционного или метрического содержания.

Вращение вокруг горизонтально-проецирующей оси

При вращении вокруг оси i перпендикулярной π_1 точка движется по окружности, плоскость которой перпендикулярна оси вращения.

Следовательно, горизонтальная проекция точки перемещается по окружности, радиус которой есть расстояние от точки до оси вращения. Фронтальная проекция точки



перемещается по прямой перпендикулярной фронтальной проекции оси вращения - это след плоскости, в которой перемещается точка. Новое положение точки после поворота определяется двумя проекциями - горизонтальной на окружности и фронтальной на прямой, по которой перемещается фронтальная проекция точки:

$i (i'', i') \perp \pi_1$;

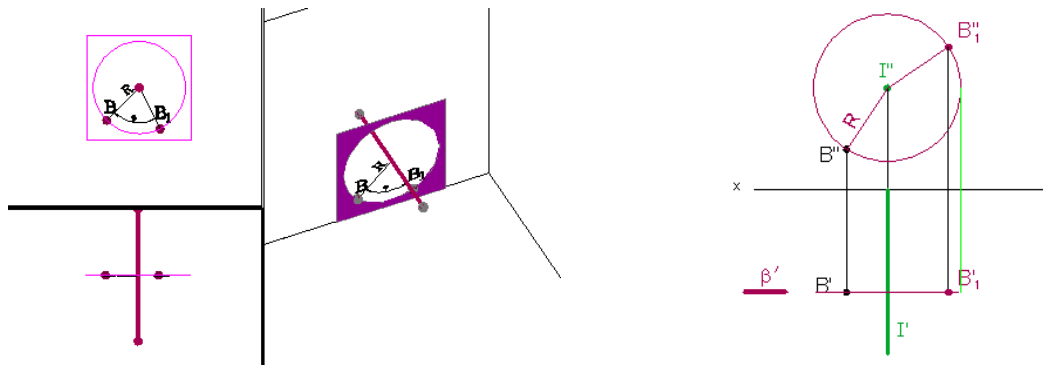
R – радиус окружности;

α – плоскость, в которой перемещается точка;

$A (A', A'')$ – исходное положение точки;

$A_1 (A_1', A_1'')$ – новое положение точки после поворота.

Вращение точки вокруг фронтально-проецирующей оси



При вращении вокруг фронтально-проецирующей оси точка движется по окружности, плоскость которой перпендикулярна оси вращения i . Ось i перпендикулярна плоскости π_2 , следовательно, фронтальная проекция точки перемещается по окружности, а горизонтальная – по прямой, перпендикулярной горизонтальной проекции оси вращения. Это след плоскости окружности, по которой перемещается точка.

$i(i', i'') \perp \pi_2$;

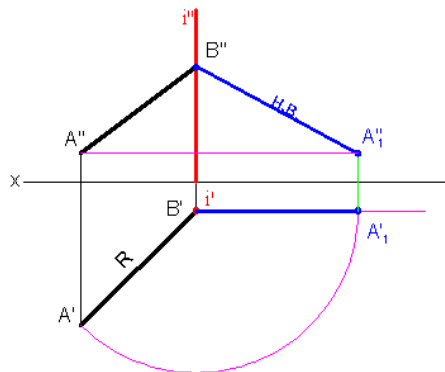
R – радиус вращения;

β – фронтальная плоскость, в которой перемещается точка;

$B(B', B'')$ – исходное положение точки;

$B_1(B'_1, B''_1)$ – новое положение точки после поворота.

Пример: определить действительную величину отрезка способом вращения.

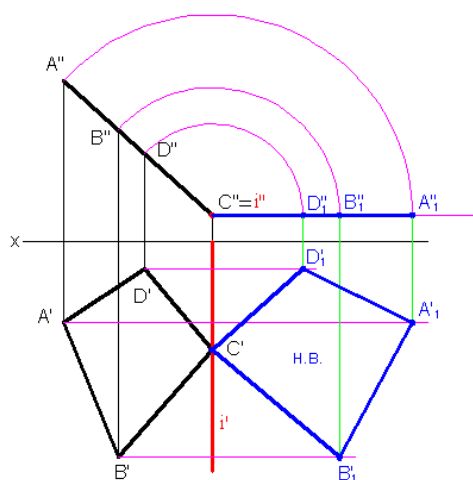


Для решения задачи необходимо повернуть отрезок до положения параллельного плоскости π_1 или π_2 . Для этого задается ось вращения, перпендикулярная π_2 или π_1 . Для упрощения решения рекомендуется ось вращения проводить через один из концов отрезка. В этом случае этот конец отрезка остается неподвижным, а вращается только второй конец отрезка.

В данном случае выбрана ось i перпендикулярная плоскости π_1 и проходящая через точку B – один из концов отрезка. Точка A перемещается по окружности, которая на плоскость π_1 проецируется в окружность, а на плоскость π_2 – в прямую линию, перпендикулярную фронтальной проекции оси вращения i .

$B'A_1' \parallel O_x$ – новое положение горизонтальной проекции отрезка после поворота;
 $B''A_1''$ – новое положение фронтальной проекции, которая является действительной величиной отрезка.

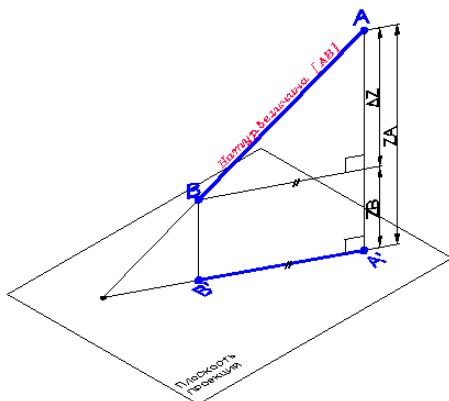
Пример: определить действительную величину четырёхугольника $ABCD$ способом вращения.



Так как четырёхугольник $ABCD$ перпендикулярен плоскости π_2 , выбирается ось вращения также перпендикулярная π_2 . Для упрощения решения ось вращения i проводим через одну из вершин четырёхугольника, например, через точку C . Новая фронтальная проекция $ABCD$ после поворота займет положение параллельное оси Ox . Горизонтальные проекции вершин четырёхугольника строятся с помощью вертикальных и горизонтальных линий связи.

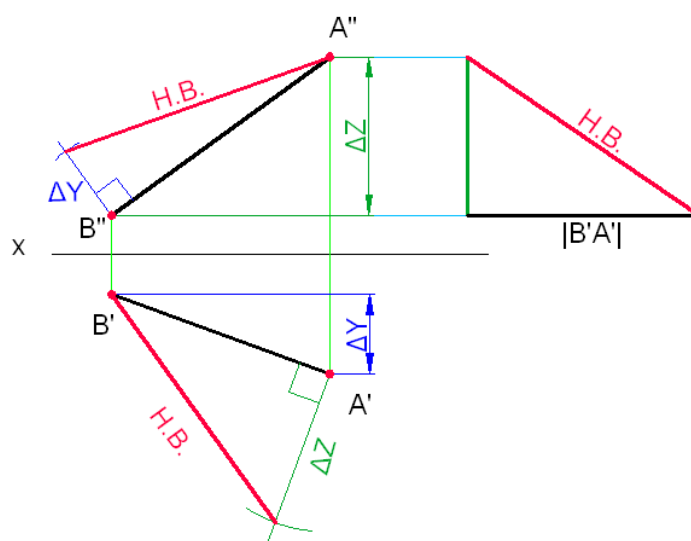
Способ прямоугольного треугольника

Действительная величина отрезка есть гипотенуза прямоугольного треугольника, у которого один катет есть горизонтальная (или фронтальная) проекция отрезка, а второй катет – разность координат концов отрезка до горизонтальной Δz (или фронтальной Δy) плоскости проекций.



Пример: определить действительную величину отрезка AB способом прямоугольного треугольника.

Для решения задачи прямоугольный треугольник можно построить на горизонтальной или фронтальной проекции с использованием разности координат Δz или Δy , а также на свободном поле чертежа.



Тема: Развёртки

Плоская фигура, полученная в результате одностороннего совмещения некоторой поверхности всеми своими точками с плоскостью развертывания, называется разверткой поверхности. При этом поверхность представляется как гибкая, но нерастяжимая и несжимаемая пленка. Поверхность и её развертка являются точечными множествами, между которыми устанавливается взаимно однозначное соответствие, т.е. каждой точке и каждой линии поверхности отвечают точка и линия на развертке.

Те поверхности, у которых прямолинейные образующие пересекаются или параллельны между собой, относятся к развертывающимся. К ним относятся конические, цилиндрические, гранные и другие поверхности. Развертки таких поверхностей можно получить без разрывов и складок. Остальные поверхности относятся к неразвертывающимся.

Различают развертки точные, приближенные и условные.

Полная развертка состоит, как правило, из разверток боковой поверхности и оснований геометрического тела.

Достаточно точно графически строятся развертки гранных поверхностей. Общим методом построения разверток развертывающихся и неразвертывающихся кривых поверхностей является предварительная аппроксимация их многогранными поверхностями, т.е. в данную кривую поверхность вписывается многогранная поверхность и развертка строится по типу развертки многогранной поверхности.

Используются следующие способы построения разверток поверхностей:

- способ триангуляции (треугольников);
- способ нормального сечения;
- способ раскатки.

Способ триангуляции (треугольников)

Сущность способа заключается в следующем:

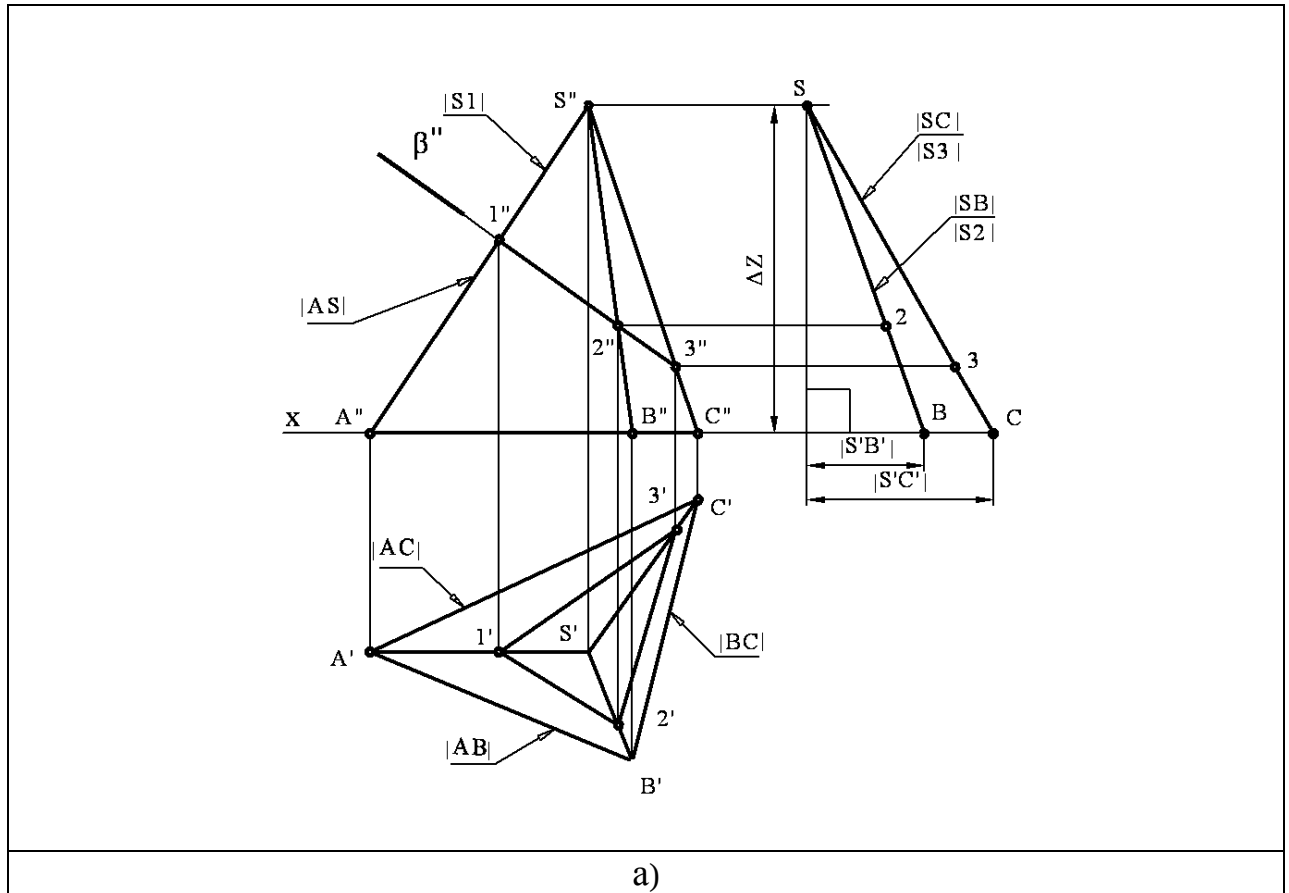
1. Исходная поверхность разбивается на n треугольников.
2. Определяется действительная величина каждого треугольника любым из известных способов решения метрических задач.
3. Развертка поверхности составляется из действительных величин треугольников, которые последовательно присоединяются друг к другу по смежным сторонам.

Способ триангуляции является наиболее универсальным способом, так как позволяет построить развертку любой из поверхностей. Наиболее часто этот способ используют для построения разверток пирамидальных и конических поверхностей.

Пример.

Построить полную развертку поверхности пирамиды $SABC$ и линии сечения пирамиды плоскостью β .

На рисунке 1 приводится пример построения развертки пирамиды $SABC$. Боковые грани пирамиды представляют собой треугольники SAB , SBC и SAC . Вместе с треугольником основания ABC поверхность пирамиды, а, следовательно, и её развертка состоит из четырех треугольников. Если основанием пирамиды является четырехугольник, пятиугольник и т.д., основание с помощью диагоналей разбивается на соответствующее число треугольников.



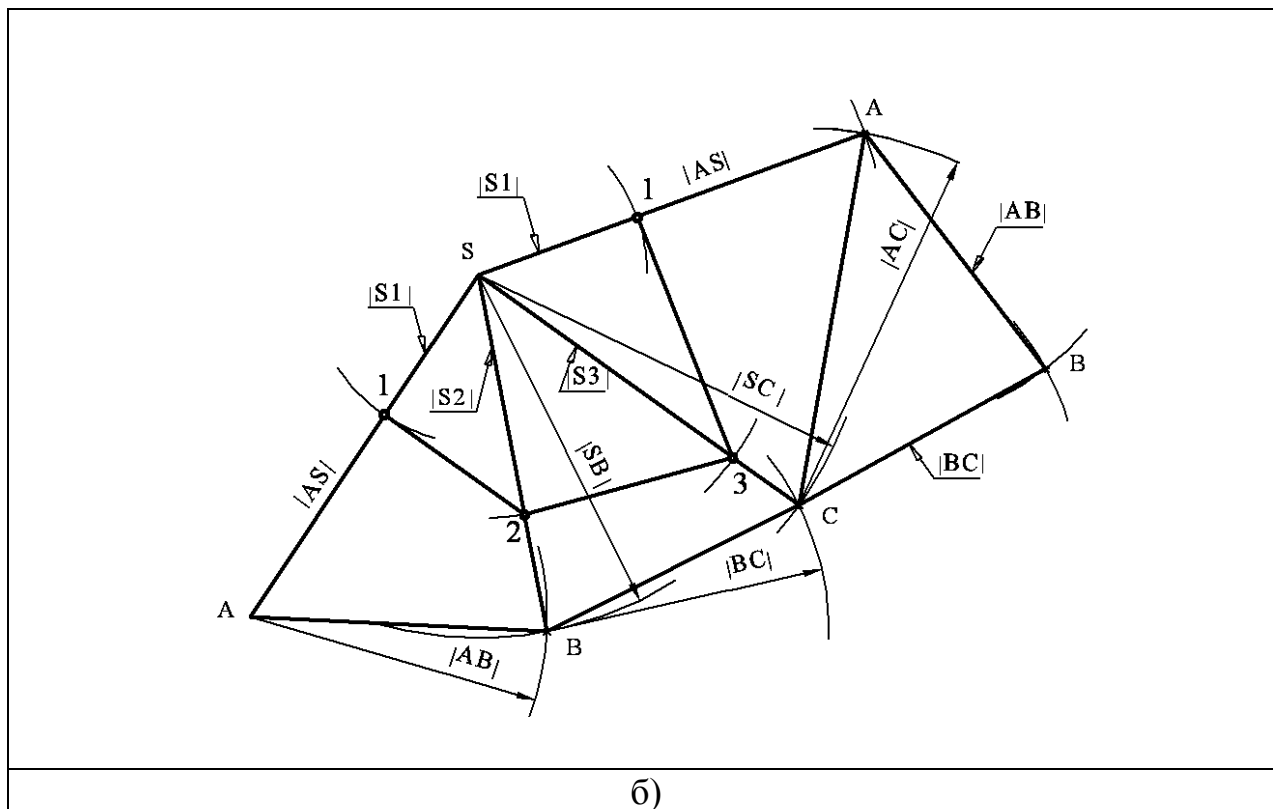


Рисунок 13

Следующий этап построения (рисунок 1а) – определение действительной величины сторон треугольников (рёбер пирамиды). Действительная величина каждого треугольника может быть построена с помощью действительных величин его сторон.

Анализируя чертёж, приходим к выводу, что фронтальная проекция бокового ребра SA есть его действительная величина, так как ребро параллельно фронтальной плоскости проекций.

Горизонтальная проекция основания ABC есть его действительная величина, так как основание пирамиды располагается на горизонтальной плоскости проекций. Следовательно, известны также действительные величины рёбер основания AB, BC и AC: это горизонтальные проекции этих рёбер.

Для определения действительной величины боковых рёбер SB и SC в данном случае использован способ прямоугольного треугольника. Это связано с тем, что разность координат $Z - \Delta Z$ – для обоих рёбер одинакова. Она используется как один из катетов прямоугольного треугольника. Второй катет прямоугольного треугольника есть величина горизонтальной проекции $S'B'$ и $S'C'$ рёбер SB и SC соответственно. Гипотенузы построенных треугольников – это действительные величины рёбер SB и SC.

Секущая плоскость β пересекает пирамиду по треугольнику, вершины которого обозначены точками 1, 2 и 3. Так как по условию РГР №2 необходимо построить и развертку линии сечения, следует при построении действительной величины боковых рёбер SB и SC определить действительную величину отрезков S2 и S3. В этом случае достаточно провести горизонтальные линии связи из фронтальных проекций $2''$ и $3''$ точек 2 и 3 до пересечения с действительными величинами рёбер SB и SC. Таким способом определяется разность координат Z точек S и 2, S и 3. Длина отрезка S1 читается на фронтальной проекции ребра SA.

Перед началом построения развертки (рисунок 1б) следует решить вопрос о том, по какому ребру будет условно разрезана боковая поверхность пирамиды. Предположим, что это будет ребро SA. Далее на плоскости разворачивания выбирается произвольное положение вершины S, через которую проводится прямая, задающая направление ребра SA. Затем от точки S откладывается (лучше с помощью циркуля) действительная длина ребра SA.

Для построения развертки треугольника SAB необходимо построить развертку точки В. Это можно сделать с помощью двух дуг окружностей, радиусы которых равны действительной величине ребер SB и AB: центр дуги SB – точка S, дуги AB – точка A. Развертка вершины В находится на пересечении этих дуг.

Для построения развертки грани SBC должна быть построена развертка вершины С. Для решения этой задачи используется действительная длина ребер SC и BC. Построение аналогично построению развертки точки В. Далее к треугольнику SBC по ребру SC присоединяется развертка грани SCA. Для этого строится развертка вершины А с использованием действительной величины ребер SA и CA.

Присоединив действительную величину основания ABC в данном случае к ребру AC, получаем полную развертку поверхности пирамиды SABС.

Для построения развертки линии сечения используются действительные величины отрезков S1, S2 и S3. Развертки точек 1, 2 и 3 соединяются отрезками прямых. Ломаная линия 1-2-3-1 есть развертка линии сечения пирамиды плоскостью β .

Пример.

Построить полную развертку поверхности наклонного конуса.

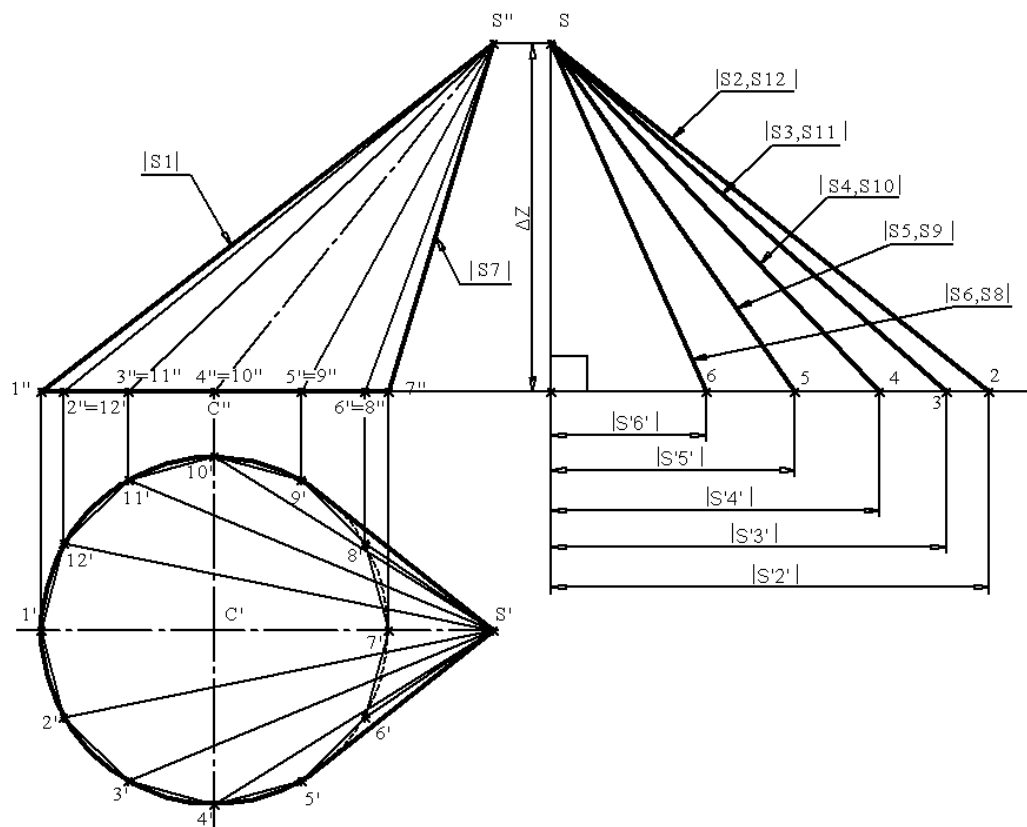
Развертка конической поверхности строится как развертка пирамидальной поверхности, описанной или вписанной в исходную поверхность. Развертку поверхности строят как сумму разверток треугольных граней гранной поверхности, аппроксимирующей коническую поверхность.

На рисунке 2 показано построение полной развертки поверхности наклонного конуса. Предварительно поверхность конуса аппроксимируется поверхностью двенадцатигранной наклонной пирамиды (рисунок 2а). С этой целью окружность основания конуса с помощью циркуля разбивается на двенадцать равных частей. Чем больше число делений, тем точнее получается развертка конической поверхности.

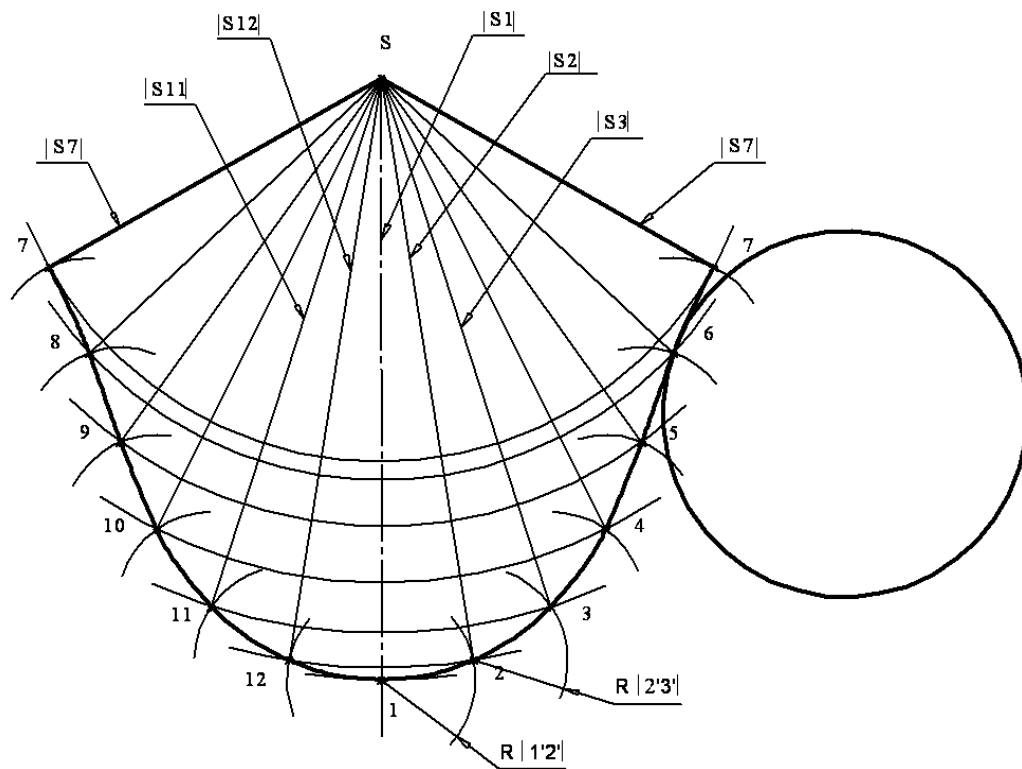
Точки деления окружности соединяются с вершиной конуса S и между собой. В результате будет строиться развертка пирамиды с боковыми гранями S-1-2, S-2-3, S-3-4,...S-12-1. Как и в предыдущем примере, действительная величина боковых ребер пирамиды (образующих конуса) S2, S3 и т.д. определена построением прямоугольных треугольников, у которых один из катетов – разность координат Z – одинакова для всех ребер пирамиды (образующих конуса). Второй катет прямоугольника есть длина горизонтальных проекций S'2', S'3' и т.д. ребер пирамиды, а гипотенуза – действительная величина этих ребер. Ребра S1 и S7 параллельны фронтальной плоскости проекций, поэтому S''1'' и S''7'' есть их действительная величина.

Основание конуса располагается на горизонтальной плоскости проекций, поэтому горизонтальные проекции отрезков 1-2, 2-3, 3-4 и т.д. есть их действительные величины. Кроме того, по построению они равны между собой.

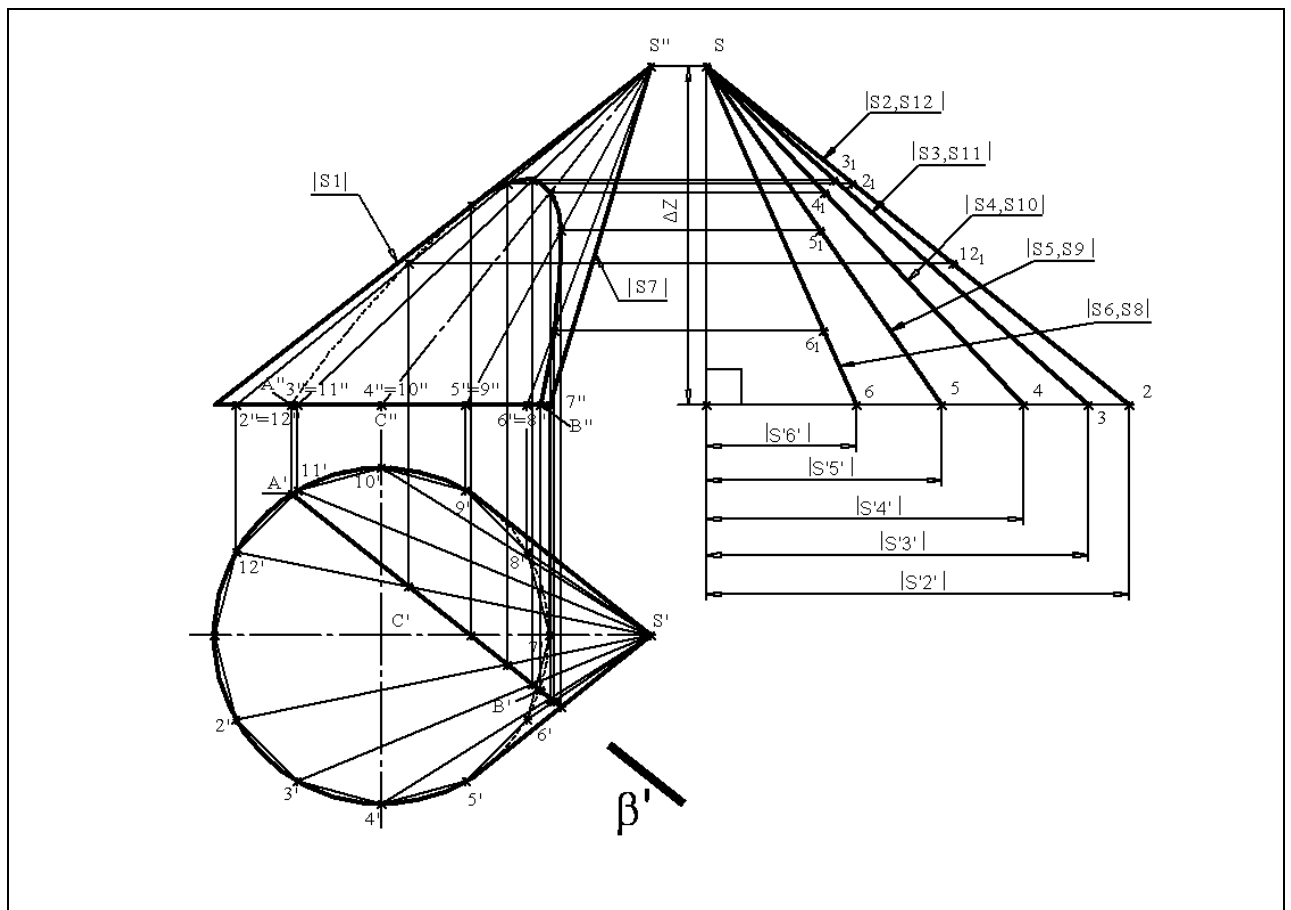
На рисунке 14б построена полная развертка конуса как развертка пирамиды. Условно пирамида (конус) разрезана по ребру (образующей) S7. Образующие S1 и S7 лежат в плоскости, которая является плоскостью симметрии поверхности конуса. Поэтому построение развертки рекомендуется начинать с определения положения вершины S на развертке и направления образующей S1, относительно которой развертка конуса будет симметрична. Далее следует одновременно строить развертки треугольников S-1-2 и S-1-12, так как длина ребер (образующих) S2 и S12 одинаковы по величине. Одинакова также длина отрезков 1-2 и 1-12. Затем к треугольникам S-1-2 и S-1-12 присоединяются треугольники S-2-3 и S-12-11: длина ребер (образующих) S3 и S11 также одинакова. Завершается построение боковой развертки треугольниками S-6-7 и S-8-7.



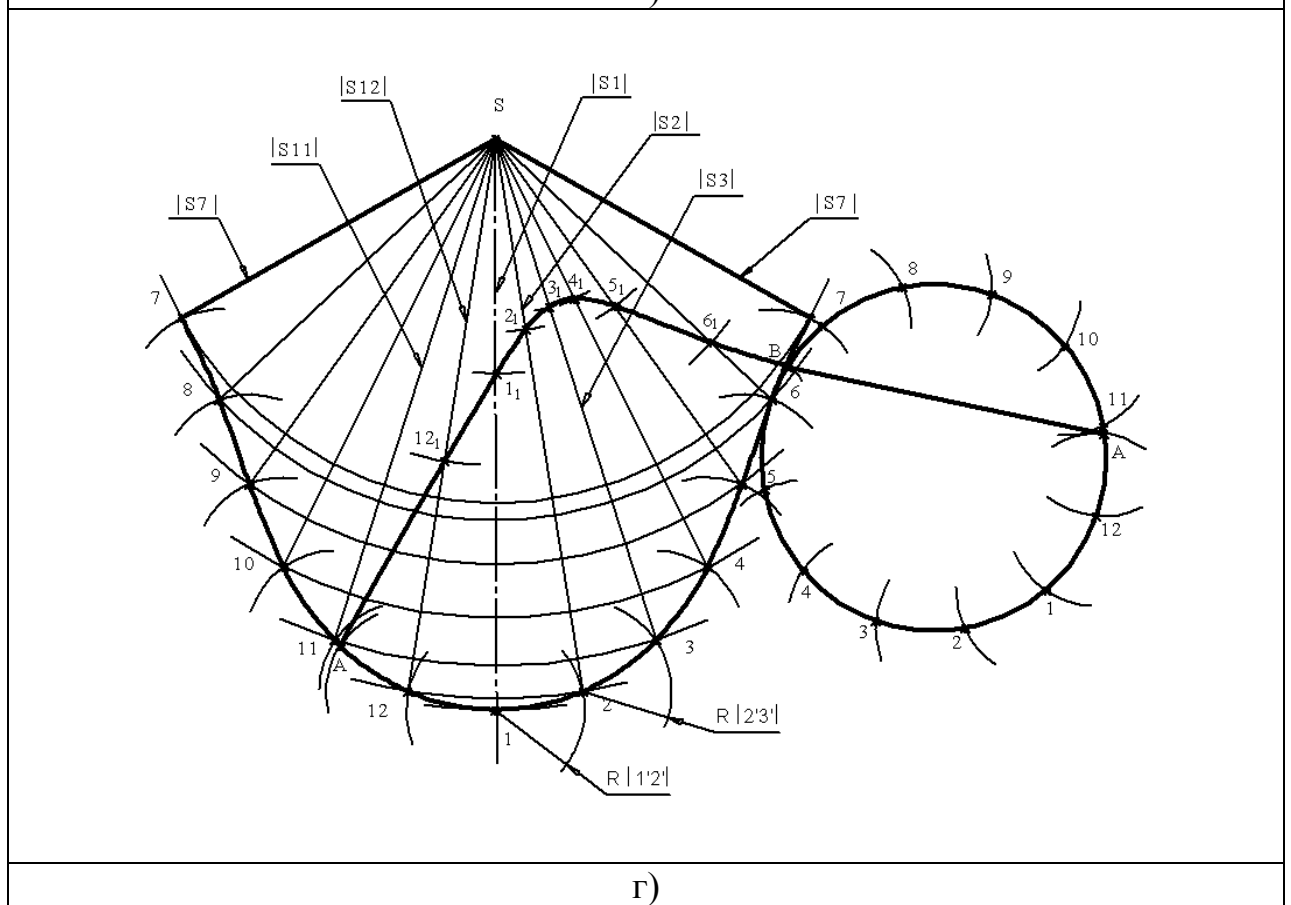
a)



b)



B)



Г)

Рисунок 2

Точки 7, 8, 9, 10, 11, 12, 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 соединяются плавной кривой линией, которая представляет собой развертку окружности – основания конуса. Для получения полной развертки следует присоединить к боковой развертке основание конуса. Его можно расположить касательно к развертке окружности в любой точке, но с учетом рациональной компоновки чертежа.

Если необходимо развернуть линию сечения конуса какой-либо плоскостью, следует руководствоваться соответствующими построениями в примере с наклонной пирамидой.

Развертка конуса вращения строится таким же образом, как и наклонного конуса. Отличие заключается в том, что все образующие конуса вращения имеют одинаковую длину, что упрощает построения.

Кроме того, развертка конуса вращения может быть построена как сектор окружности, радиус которой равен длине образующей конуса, а центральный угол сектора определяется по формуле, которая приводится на рисунке 3:

α – центральный угол сектора развертки;

L – длина образующей конуса вращения;

R – радиус окружности основания конуса.

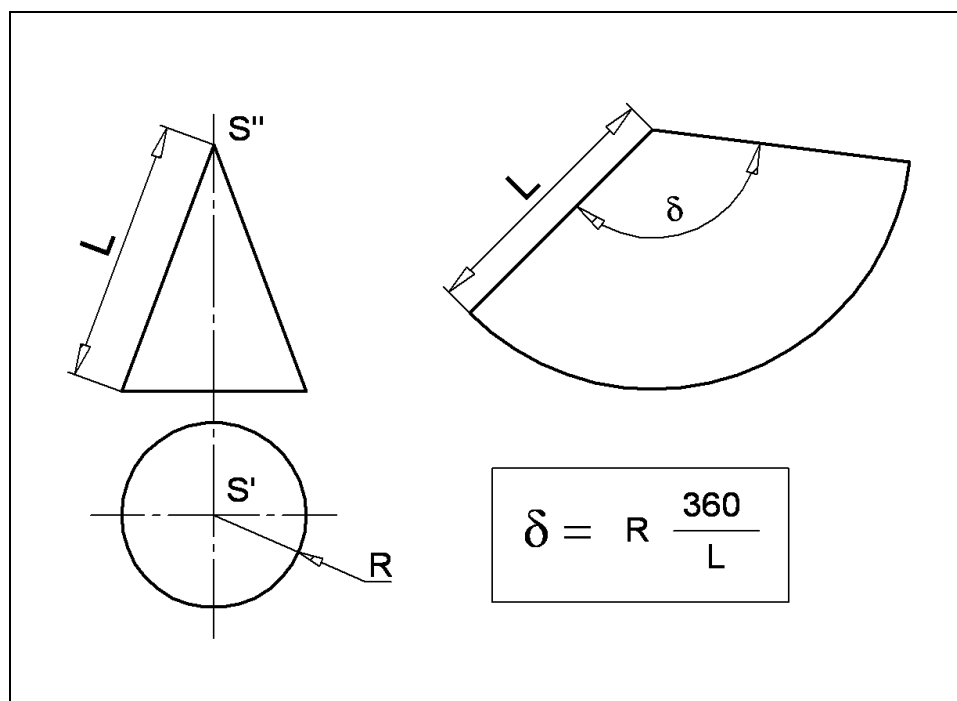


Рисунок 3

Графический способ менее точен, чем математический, но более удобен при построении развертки линии сечения конуса какой-либо плоскостью.

Способ нормального сечения

Нормальным называется сечение поверхности плоскостью перпендикулярной её рёбрам или образующим в зависимости от вида поверхности. Для построения такой плоскости необходимо иметь положение образующих или боковых рёбер параллельное какой-либо плоскости проекций. Если образующие или ребра занимают общее положение, необходимо, используя способы преобразования чертежа, привести их в указанное положение. Это необходимо также для определения действительной величины образующих или рёбер, что будет использовано при построении развертки соответствующей поверхности.

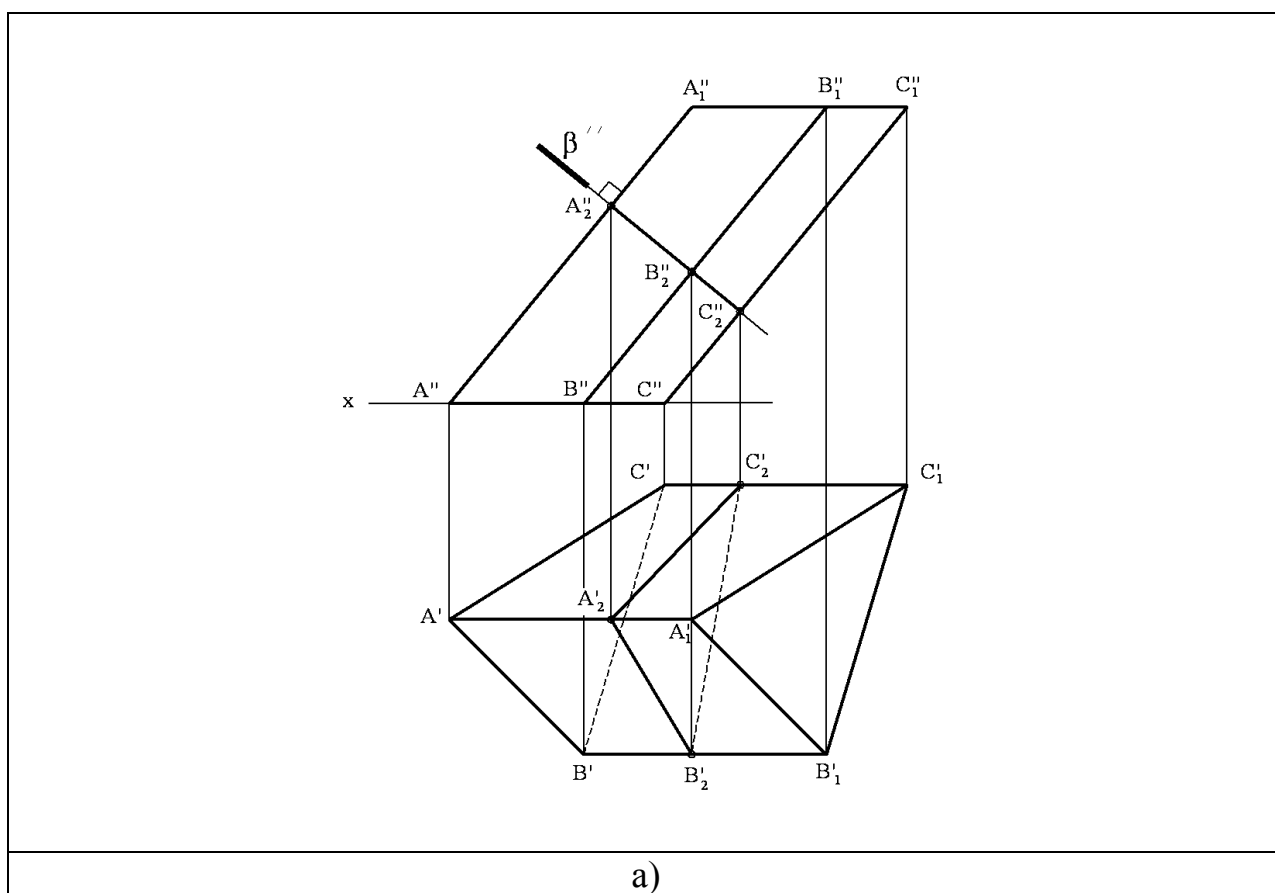
Сущность способа нормального сечения заключается в следующем

1. Исходная поверхность пересекается плоскостью перпендикулярной её образующим или рёбрам.
2. Определяется действительная величина линии (контура) нормального сечения.
3. На плоскости развёртывания намечается линия нормального сечения и на ней строится развёртка действительной величины сечения.
4. Строятся развёртки образующих или рёбер перпендикулярных линии нормального сечения. Линия нормального сечения принимается за базу отсчета при построении действительной длины образующих или рёбер на развёртке.
5. Концы образующих соединяются плавными кривыми линиями, а рёбра – отрезками прямых в зависимости от вида исходной поверхности.

Этот способ используется, как правило, для построения разверток цилиндрических и призматических поверхностей.

Пример.

Построить полную развёртку наклонной призмы $ABC-A_1B_1C_1$ (рисунок 4).



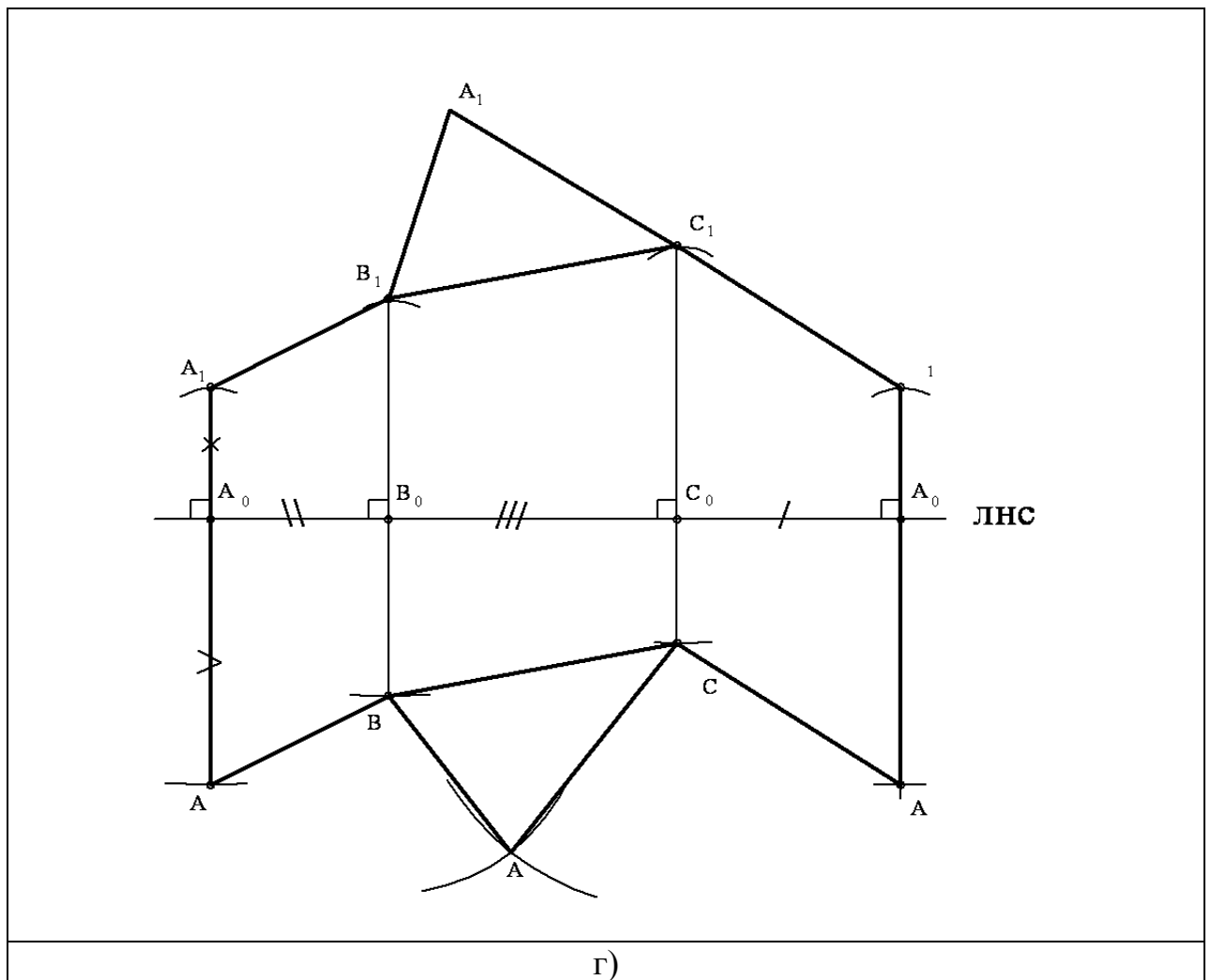


Рисунок 4

Следуя сущности способа нормального сечения, решение начинаем с построения плоскости β , перпендикулярной боковым ребрам призмы. Анализируя чертеж, приходим к выводу, что боковые ребра призмы параллельны фронтальной плоскости проекций. Поэтому плоскость нормального сечения β будет перпендикулярна фронтальной плоскости проекций. На чертеже она изображена своей фронтальной проекцией β'' . Плоскость β пересекает призму по треугольнику $A_2B_2C_2$ (рисунок 4а).

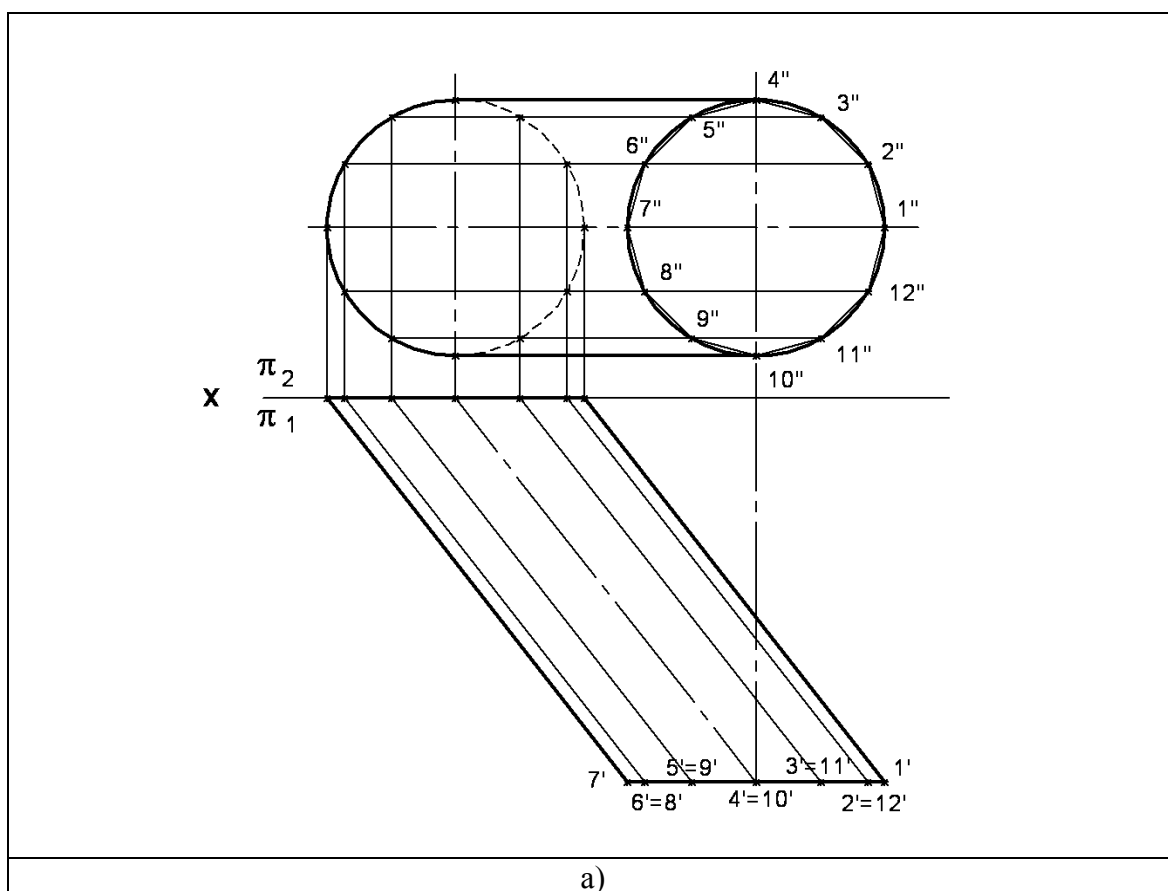
На рисунке 16б определена действительная величина сечения, для чего использован способ вращения вокруг фронтально-проецирующей оси $i(i', i'')$. Треугольник $A_2B_2C_2$ повернут до положения параллельного горизонтальной плоскости проекций: об этом свидетельствует новая фронтальная проекция $A_0''B_0''C_0''$, занимающая горизонтальное положение после поворота вокруг оси i . Горизонтальная проекция $A_0'B_0'C_0'$ есть действительная величина нормального сечения призмы.

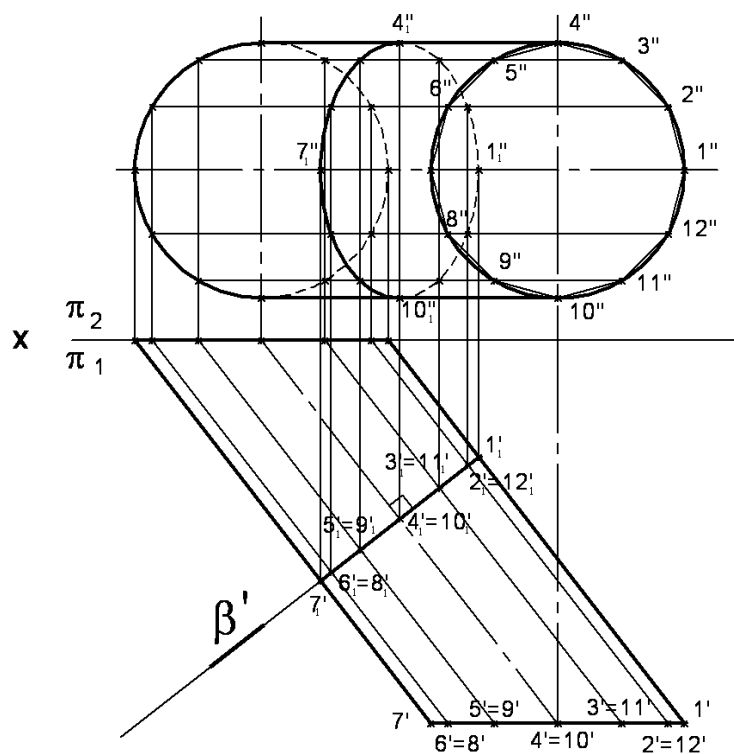
Далее на плоскости разворачивания (рисунок 4в) проведена линия нормального сечения (лнс), в данном случае горизонтально. Условно разрежем призму по боковому ребру AA_1 . От произвольной точки A_0 , взятой на линии нормального сечения, строим развертку $A_0B_0C_0A_0$ действительной величины нормального сечения поверхности призмы. Через полученные точки проводятся перпендикуляры к линии нормального сечения и на них откладываются длины соответствующих боковых ребер призмы. Действительная длина ребер призмы в данном случае читается на фронтальной проекции призмы, так как ребра параллельны фронтальной плоскости проекций. Отсчет длины ведется от линии нормального сечения, как на фронтальной проекции, так и на развертке призмы. Для примера ребро AA_1 отмечено засечками на отрезках AA_2 и A_2A_1 , длина которых используется для построения развертки ребра AA_1 . Развертки ребер BB_1 и CC_1 строятся аналогично.

Чтобы получить полную развертку, необходимо к боковой развертке призмы оединить развертки оснований ABC и $A_1B_1C_1$. В данном случае действительная величина ваний читается на горизонтальной плоскости проекций. На рисунке 4г полная развертка онной призмы показана в законченном виде.

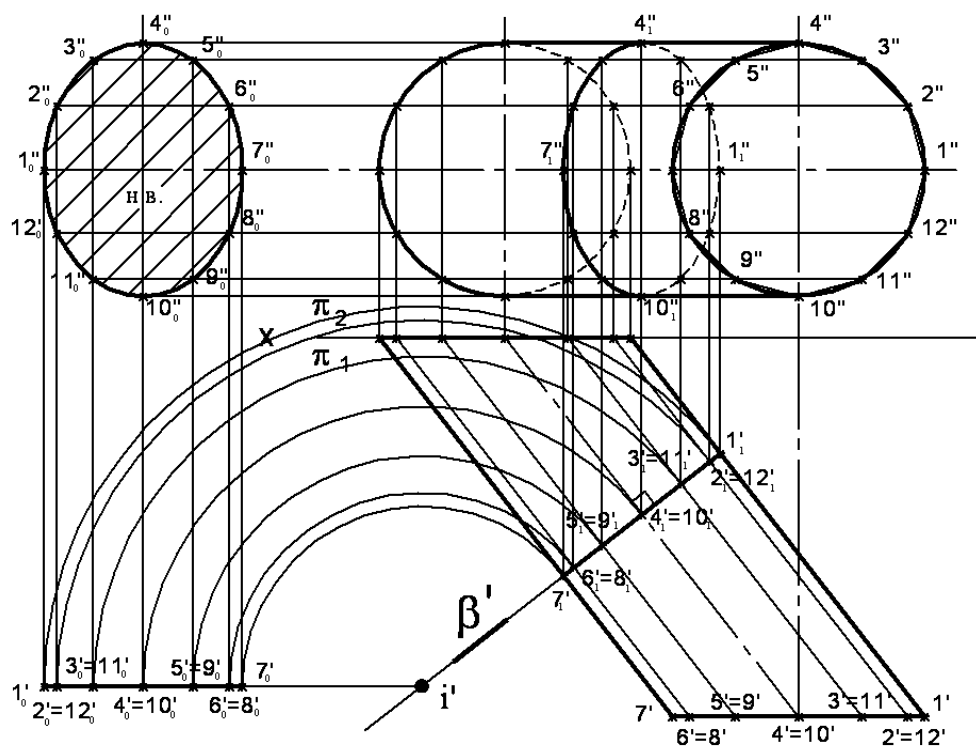
Пример.

Построить полную развертку поверхности и линии сечения наклонного цилиндра плоскостью α (рисунок 5).

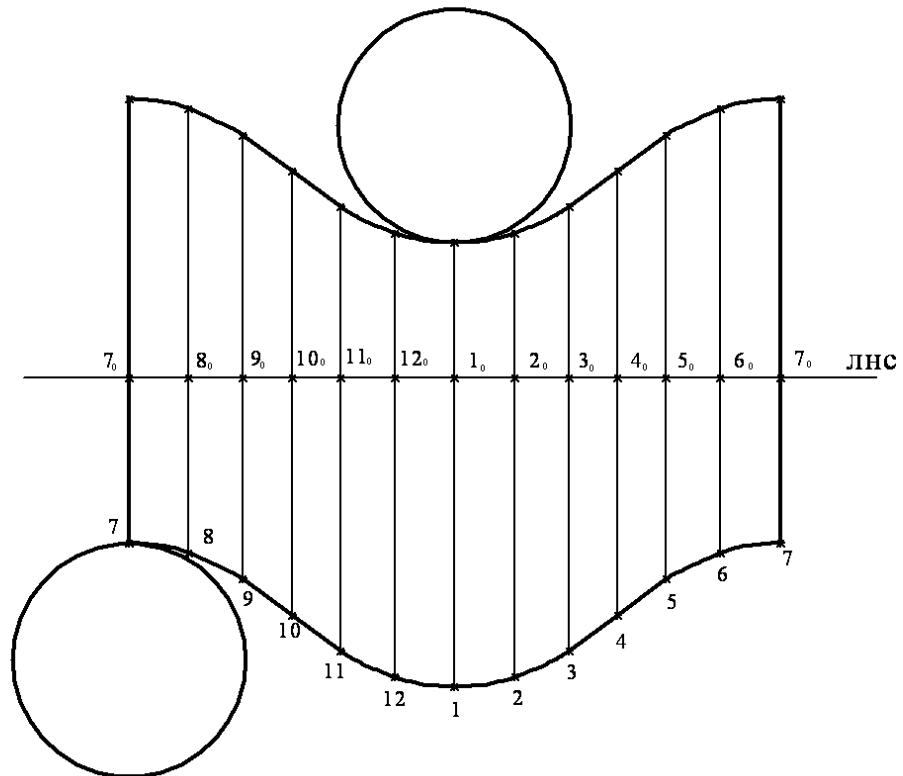




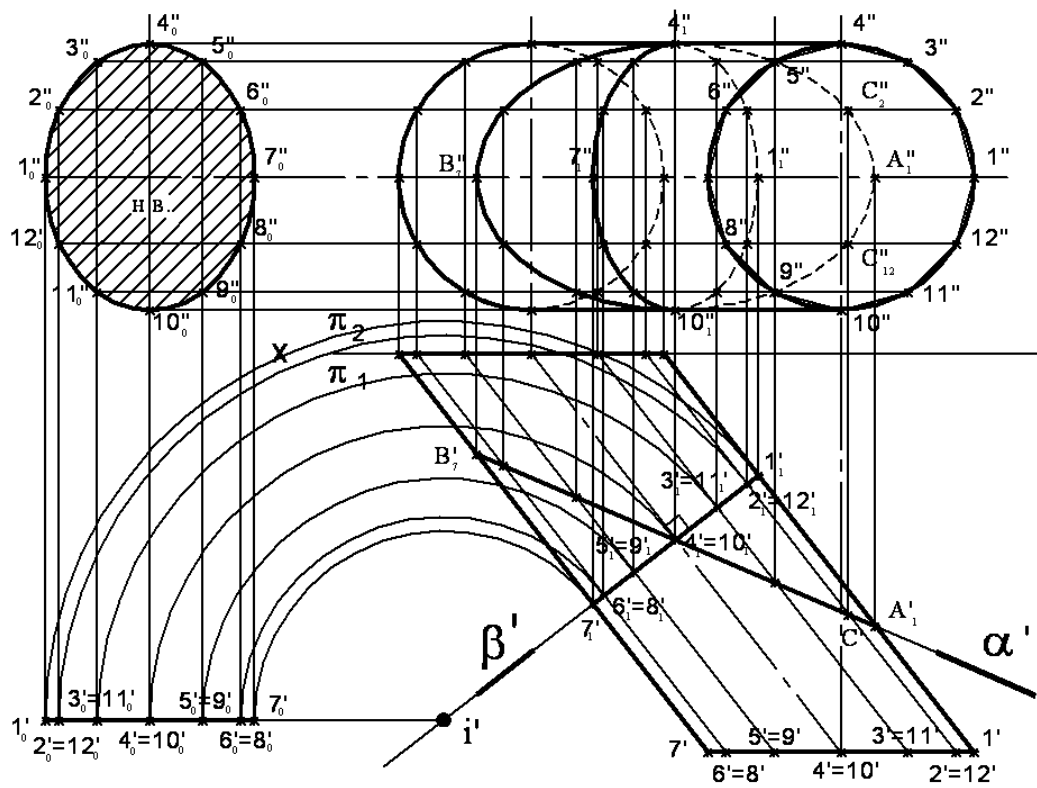
б)



в)



Г)



Д)

на горизонтальной проекции цилиндра. Измерение ведется от линии нормального сечения, как на исходной горизонтальной проекции, так и на плоскости развертывания. Концы разверток образующих соединены плавными кривыми линиями, являющимися развертками окружностей оснований цилиндра.

На рисунке 5д показан пример построения проекций сечения цилиндра некоторой плоскостью α . На рисунке 5е построена развертка линии сечения этой же плоскостью. Для примера обозначены проекции и развертки точек A_1 , B_7 , C_2 и C_{12} , принадлежащие соответственно образующим 1, 7, 2 и 12.

Для прямого кругового цилиндра нормальным сечением является его основание, что упрощает построение развертки его поверхности. Длина линии нормального сечения может быть определена как длина окружности по известной формуле $L=\pi \cdot D$ или $L=2\pi \cdot R$, где D – диаметр, а R – радиус основания цилиндра. Боковая развертка такого цилиндра представляет собой прямоугольник, у которого длина одной из сторон равна длине окружности основания, а длина другой – длине H образующей цилиндра. На рисунке 6 показан пример построения развертки прямого кругового цилиндра и развертки линии сечения плоскостью β . Характерные точки сечения обозначены цифрами 1 и 7, 4 и 10.

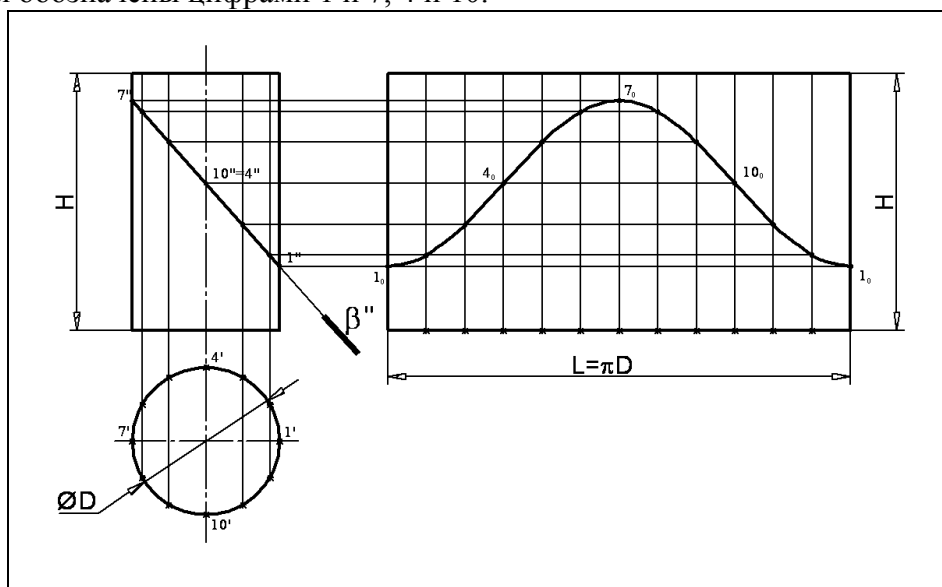


Рисунок 6

Графический способ построения разверток менее точен, чем математический, но более удобен при построении развертки линии сечения цилиндрической поверхности какой-либо плоскостью.

Способ раскатки

В основе способа раскатки лежит вращение геометрических фигур – отрезков, отсеков плоскостей – вокруг линий уровня. При этом геометрические фигуры поворачиваются до положения параллельного какой-либо плоскости проекций, то есть, происходит их совмещение с плоскостью развертывания. Если вращение осуществляется вокруг горизонтали, плоскость развертывания параллельна горизонтальной плоскости проекций, а если вокруг фронтالي – параллельна фронтальной плоскости проекций. При этом точки вращаемой геометрической фигуры движутся в плоскостях перпендикулярных горизонтали в первом случае или перпендикулярных фронтالي во втором.

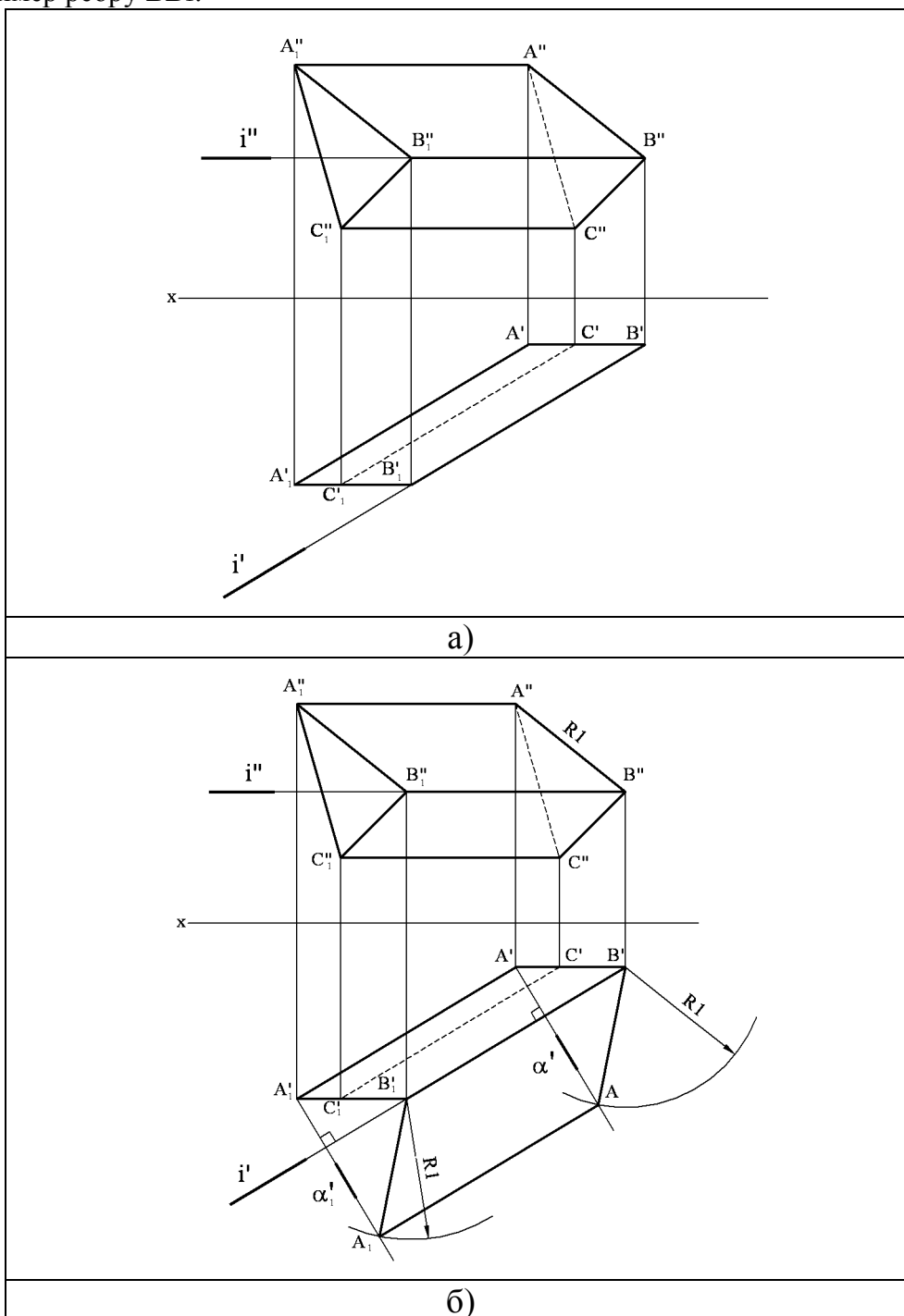
Чаще всего способ раскатки используется для построения развертки поверхности призмы или цилиндра. При этом ребра призмы или образующие цилиндра должны занимать положение параллельное какой-либо плоскости проекций. Только в этом случае они могут быть использованы в способе раскатки в качестве осей вращения. Следует также обратить внимание

на положение оснований призмы и цилиндра в системе плоскостей проекций. Иными словами, должна быть известна действительная величина оснований до начала построения развертки указанным способом. Способы определения действительных величин геометрических фигур рассматривались выше.

Пример.

Построить развертку поверхности наклонной призмы $ABC-A_1B_1C_1$ способом раскатки.

На рисунке 6а заданы фронтальная и горизонтальная проекция призмы. Анализируя исходное условие, приходим к выводу, что боковые ребра призмы параллельны горизонтальной плоскости проекций. Следовательно, ось вращения i параллельна горизонтальной плоскости проекций. Её следует выбрать таким образом, чтобы она была инцидентна одному из боковых ребер, например ребру BB_1 .



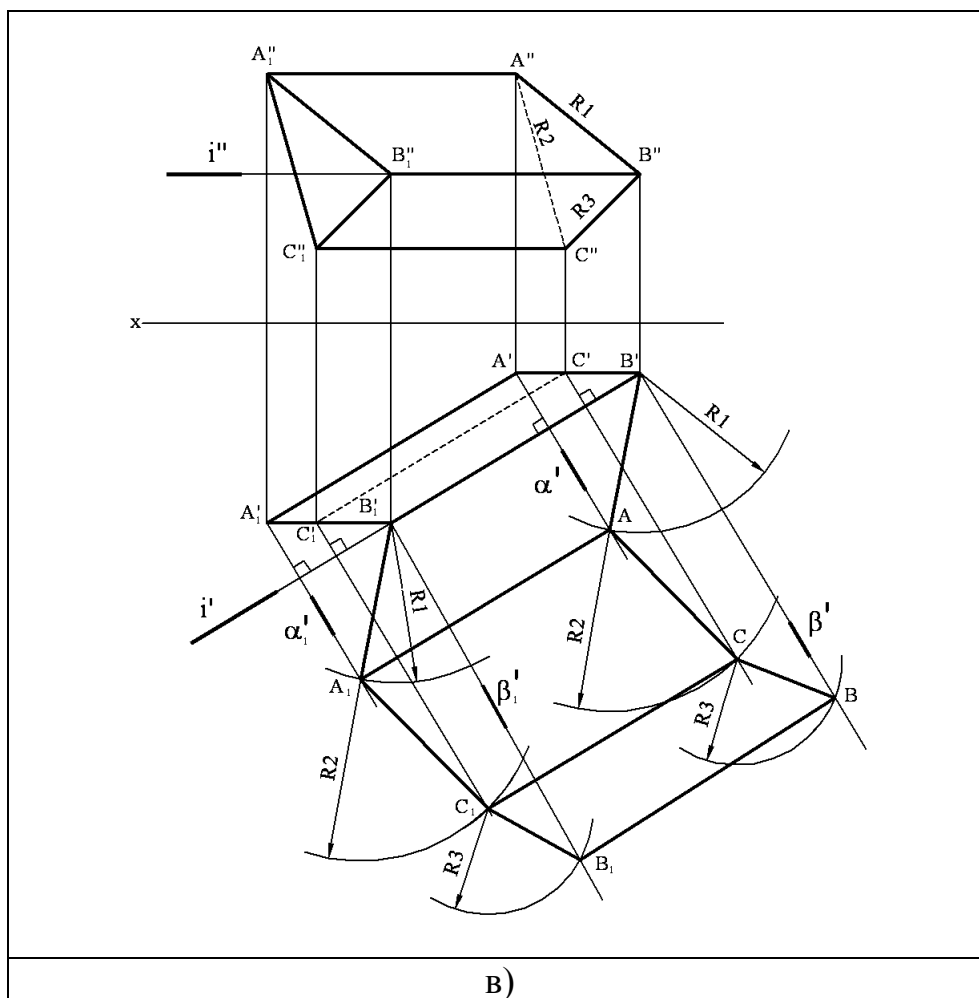


Рисунок 6

Кроме того, горизонтальные проекции боковых ребер есть их действительная величина. Действительная величина оснований ABC и $A_1B_1C_1$ – их фронтальные проекции, так как оба основания параллельны фронтальной плоскости проекций.

Для совмещения какой-либо грани с плоскостью разворачивания необходимо повернуть её вокруг горизонтальной оси вращения i до положения параллельного горизонтальной плоскости проекций. Иными словами, следует построить действительную величину грани. В данном случае ось вращения i инцидентна ребру BB_1 . При вращении грани ABB_1A_1 вокруг оси i ребро BB_1 остаётся неподвижным, а точки A и A_1 ребра AA_1 перемещаются в плоскостях α и α_1 перпендикулярных оси i . На чертеже 6б горизонтальные проекции точек перемещаются по прямым перпендикулярным горизонтальной проекции i' оси i . Для построения разверток точек A и A_1 необходимо использовать действительную длину ребер основания AB и A_1B_1 . Построение выполнено с помощью дуг окружностей радиуса $R_1 = A''B''$, так как $A''B''$ есть действительная величина и ребра AB и ребра A_1B_1 .

Далее с плоскостью разворачивания совмещается грань ACC_1A_1 (рисунок 6в). В этом случае точки C и C_1 ребра CC_1 совмещаются с плоскостью разворачивания, для чего через их горизонтальные проекции проводятся прямые перпендикулярные i' и с помощью дуг окружностей радиуса $R_2 = A''C''$ фиксируется положение точек C и C_1 на развертке.

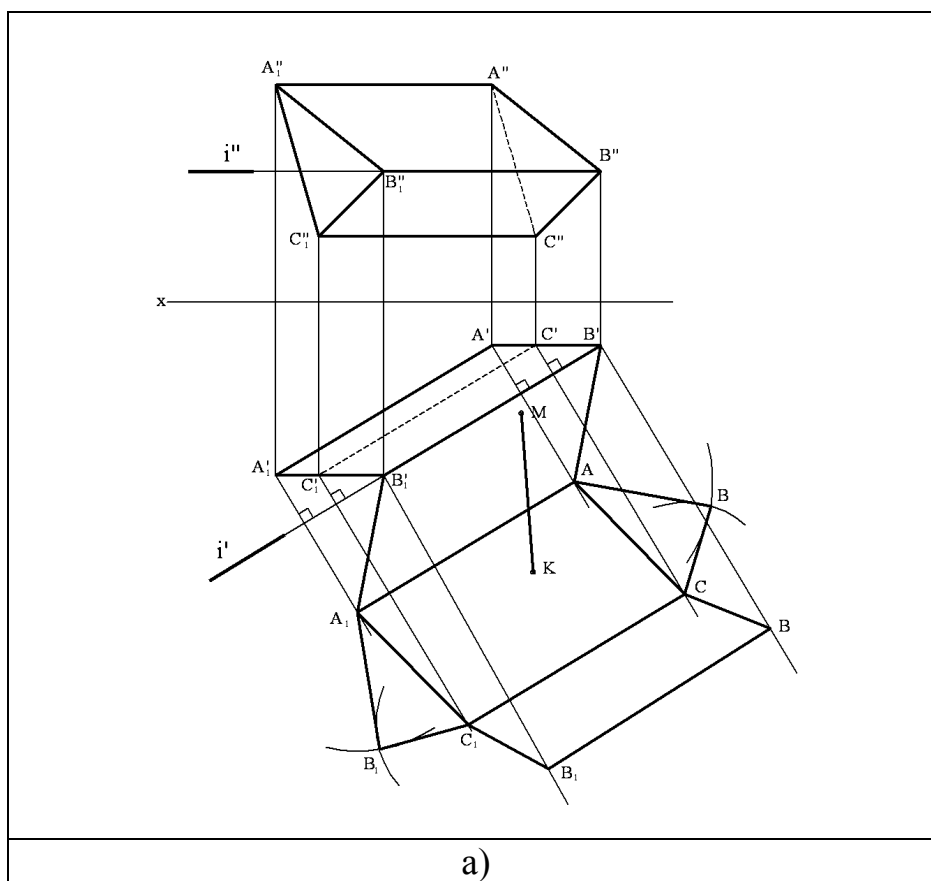
Грань BCC_1B_1 совмещена с плоскостью разворачивания аналогично граням ACC_1A_1 и ABB_1A_1 .

Для построения полной развертки необходимо к боковой развертке поверхности призмы присоединить развертки оснований ABC и $A_1B_1C_1$.

На рисунке 7а изображена полная развертка поверхности наклонной призмы и прямая линия KM . Если на поверхности геометрического тела выделить две кратчайшие точки, то

расстояние между ними определяется по некоторой линии, развертка которой есть отрезок прямой. Такая линия называется геодезической. В данном случае отрезок линии КМ представляет собой развертку геодезической линии на поверхности наклонной призмы $ABC-A_1B_1C_1$.

Для построения исходных проекций этой линии использованы обратные траектории перемещения точек при их вращении вокруг оси i . Проекция точки N излома линии на ребре AA_1 построены по условию её принадлежности указанному ребру. Для построения проекций точек К и М использованы вспомогательные прямые, проходящие через указанные точки. Для упрощения построений вспомогательные прямые проведены параллельно боковым ребрам призмы на развертке. Точки 1 и 2 – концы этих прямых – отмечены на развертках ребер A_1C_1 и A_1B_1 основания $A_1B_1C_1$. Обратным вращением строятся горизонтальные и фронтальные проекции точек 1 и 2, затем проекции вспомогательных прямых, проходящих через эти точки, параллельно боковым ребрам призмы. Проекция точек К и М построены на соответствующих проекциях вспомогательных прямых. $K'N'M'$ и $K''N''M''$ – горизонтальная и фронтальная проекции геодезической линии КМ на поверхности наклонной призмы $ABC-A_1B_1C_1$ (рисунок 76).



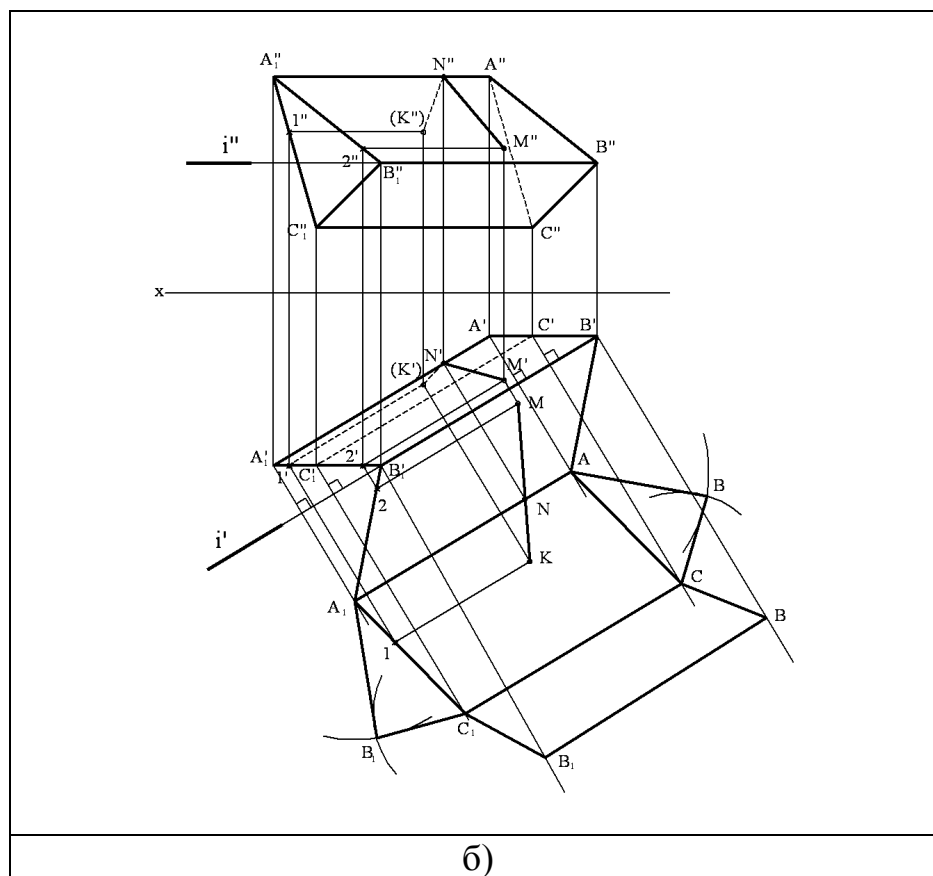


Рисунок 7

Для построения развертки цилиндра его необходимо аппроксимировать многоугольной призмой. При этом должна быть известна действительная величина образующих и оснований цилиндра. Если образующие цилиндра занимают общее положение, следует так преобразовать чертеж, чтобы они стали параллельны какой-либо плоскости проекций. Только в этом случае можно использовать способ раскатки.

Пример.

Построить развертку наклонного цилиндра способом раскатки (рисунок 8).

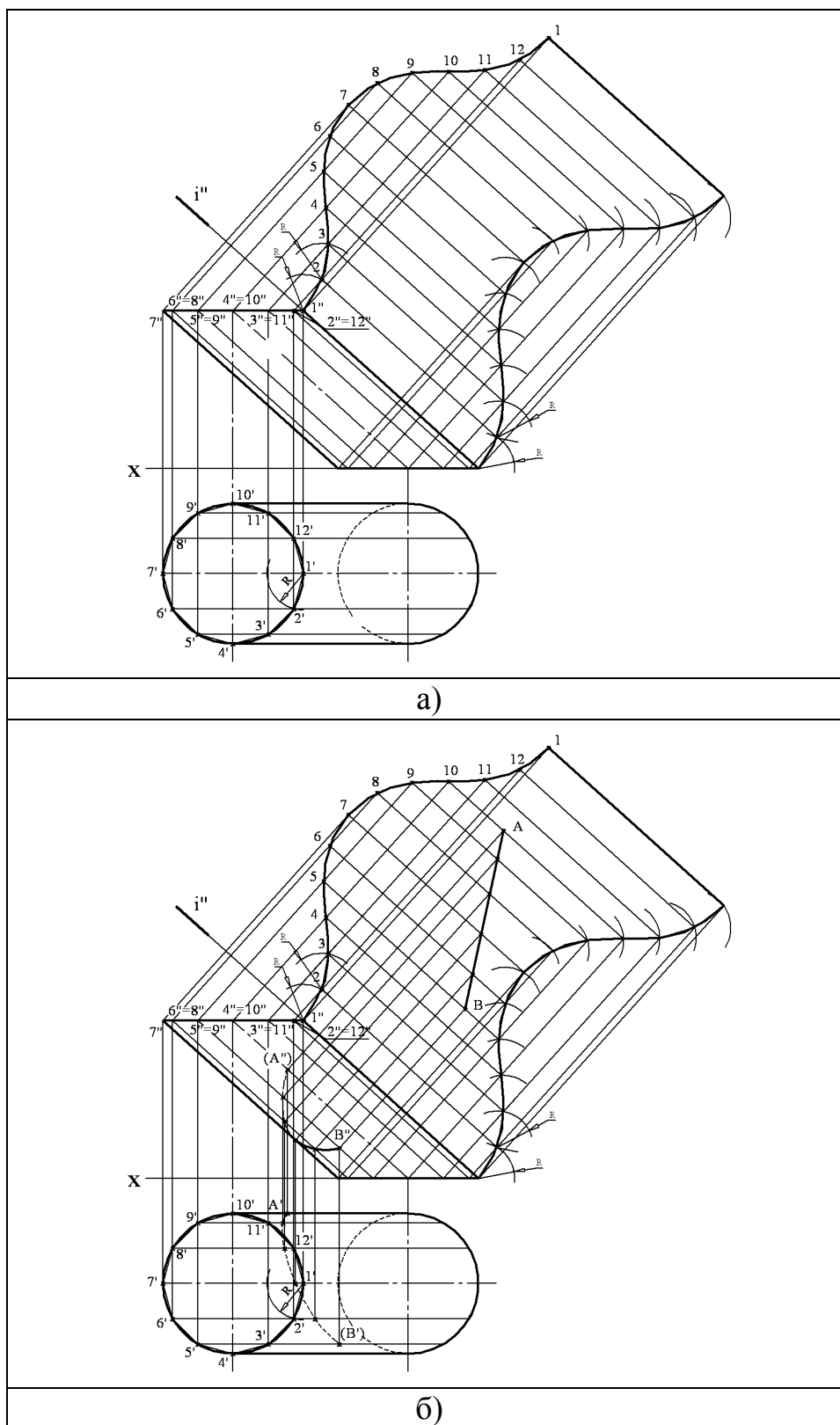


Рисунок 8

В данном примере образующие цилиндра параллельны фронтальной плоскости проекций, поэтому и ось вращения параллельна этой же плоскости проекций.

Основание цилиндра разделено на 12 равных частей (рисунок 8а). Через точки деления проведены образующие цилиндра, которые условно считаются ребрами призмы, вписанной в цилиндр. Грань призмы, вершины которой обозначены точками 1 и 2, вращается вокруг оси i , до совмещения с плоскостью развертывания, которая в данном случае параллельна фронтальной плоскости проекций. Точка 1 при вращении остается неподвижной, так как

принадлежит оси вращения i . Положение точки 2 на развертке определено с помощью дуги окружности радиуса R на траектории перемещения фронтальной проекции $2''$ точки 2. В данном случае траектория перемещения перпендикулярна оси вращения, а радиус дуги равен $1/12$ части окружности основания цилиндра. Развертка каждой последующей точки, как одного, так и второго основания строится аналогично. Построенные точки соединяются плавными кривыми линиями. Развертки образующих, соединяющие одноименные точки разверток оснований, параллельны между собой.

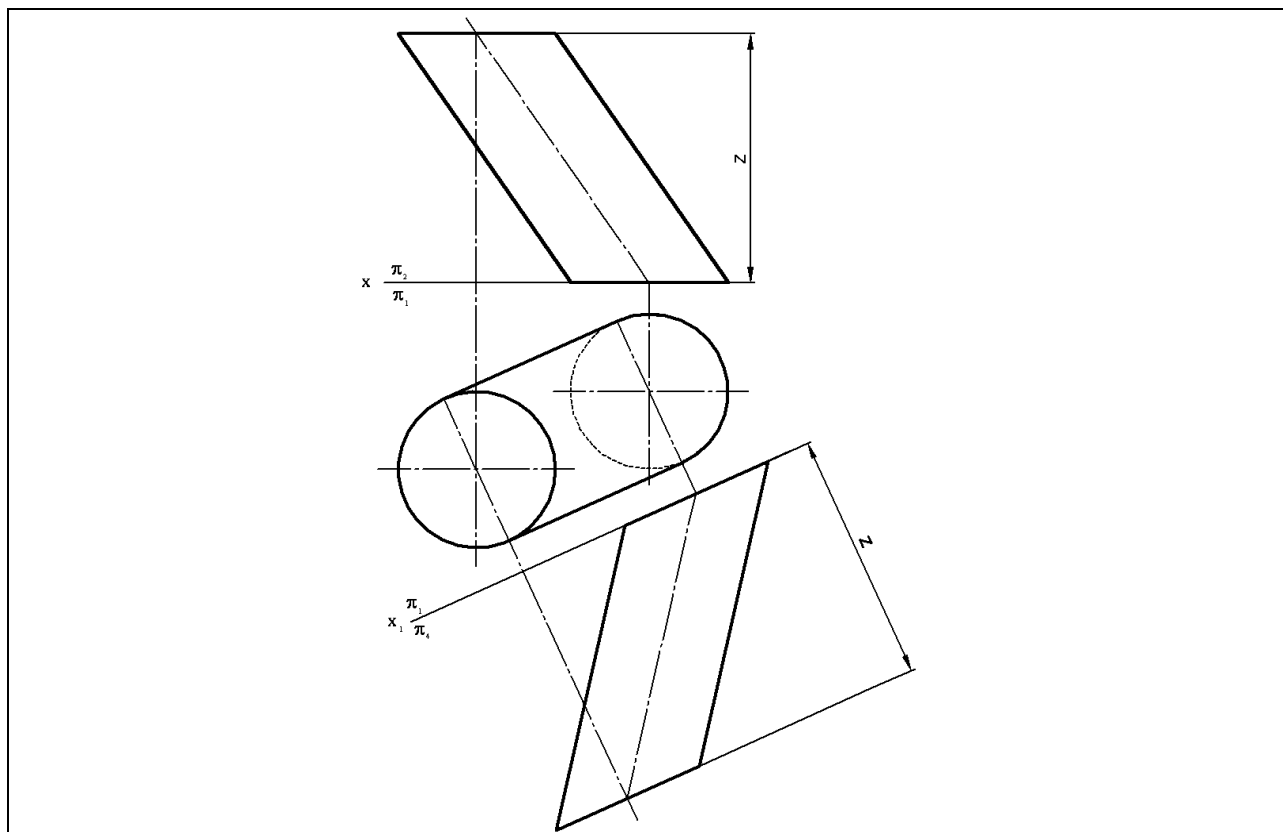
На рисунке 8б показано построение горизонтальной и фронтальной проекций геодезической линии, для которых исходной является её развертка в виде отрезка АВ. Для построения использованы промежуточные точки, принадлежащие образующим цилиндра. Фронтальные и горизонтальные проекции точек соединены плавными кривыми линиями.

Пример.

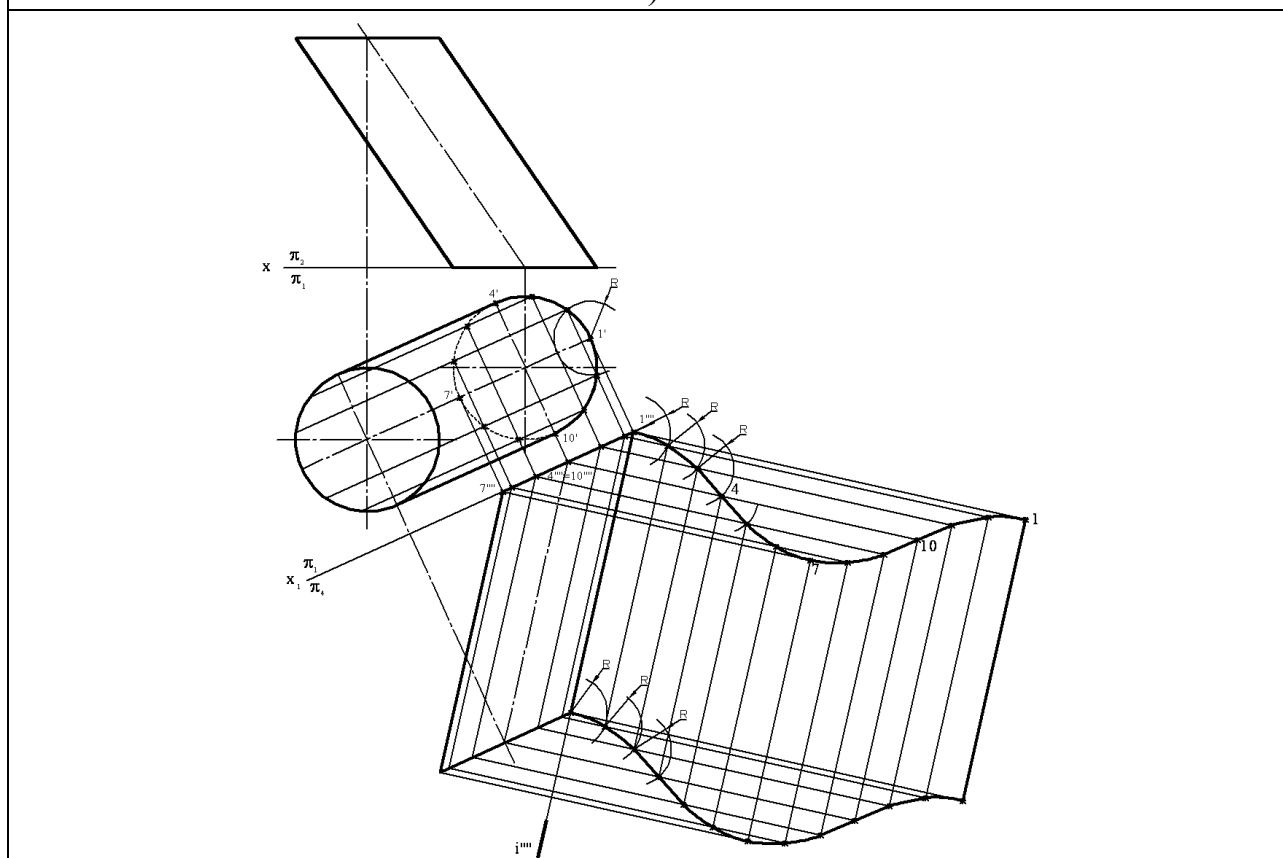
Построить развертку поверхности наклонного цилиндра, образующие которого занимают общее положение, способом раскатки (рисунок 9).

Как отмечалось выше, способ раскатки возможен, когда образующие цилиндра или боковые ребра призмы занимают положение параллельное какой-либо плоскости проекций. Чтобы достичь такого положения, в данном примере использован способ замены плоскостей проекций. Введена новая плоскость проекций π_4 , которая параллельна образующим цилиндра и перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций π_1 . Положение новой системы плоскостей $\pi_4 \perp \pi_1$ определено положением новой оси x_1 . Новая проекция верхнего основания цилиндра, параллельная оси x_1 , построена с использованием координаты Z (рисунок 9а). Координата Z нижнего основания равна 0, поэтому его новая проекция располагается на оси x_1 . Образующие цилиндра на плоскость π_4 отображаются в действительную величину.

Дальнейшие действия по построению развертки аналогичны построениям в предыдущем примере (рисунок 8). Начальные точки 1 или 7 для деления окружности основания на равное число частей рекомендуется взять на осевой линии цилиндра, которая параллельна новой оси x_1 . Ось вращения i (i') инцидентна образующей, проходящей через точку 1 нижнего основания цилиндра. Поверхность цилиндра совмещается с плоскостью разворачивания, которая параллельна новой плоскости проекций π_4 .



a)



б)

Рисунок 9

Раздел «Инженерная графика»

Правила оформления чертежей

При оформлении пояснительных записок, эскизов, чертежей и схем необходимо строго соблюдать правила и требования, установленные стандартами ЕСКД на масштабы, форматы листов, основные надписи, чертежный шрифт. Стандарты ЕСКД, принятые в 1968 г., разделяются по классификационным группам. Группа 1 – «Основные положения», группа 3 – «Общие правила выполнения чертежей» и т.п.

В структуру обозначения номера ГОСТа включаются следующие параметры: ГОСТ 2.315-68 обозначает: 2 - номер, присвоенный всему комплексу стандартов ЕСКД; 3 - номер группы стандартов по присвоенной классификации; 15 - порядковый номер, начиная с 01, в пределах данной группы; 68 - год утверждения стандарта. Следует иметь в виду, что многие стандарты периодически уточняются и в них вносятся соответствующие изменения и дополнения. Несоблюдение стандарта преследуется по закону.

Перечень стандартов ЕСКД, изучаемых в курсе «Инженерная графика»

Основные положения. Общие положения: ГОСТ 2.001-70. Виды изделий: ГОСТ 2.101-68. Стадии разработки: ГОСТ 2.103-68. Основные надписи: ГОСТ 2.104-68. Основные требования к текстовым документам: ГОСТ 2.105-68. Основные требования к рабочим чертежам: ГОСТ 2.107-68. Спецификация: ГОСТ 2.108-68. Правила выполнения чертежей деталей, сборочных, общих видов, габаритных и монтажных: ГОСТ 2.109-68. Технические условия. Правила построения, изложения и оформления: ГОСТ 2.114-70.

Общие правила выполнения чертежей. Форматы: ГОСТ 2.301-68. Масштабы: ГОСТ 2.302-68. Линии: ГОСТ 2.303-68. Шрифты чертежные: ГОСТ 2.304-81. Изображения - виды, разрезы, сечения: ГОСТ 2.305-68. Обозначение графических материалов и правила их нанесения на чертежах: ГОСТ 2.306-68. Нанесение и указание размеров и предельных отклонений: ГОСТ 2.307-68, ГОСТ 2.308-68. Нанесение на чертежах обозначений шероховатости поверхностей: ГОСТ 2.309-68. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки: ГОСТ 2.310-68. Изображение резьбы: ГОСТ 2.311-68. Условное изображение и обозначение швов сварных соединений: ГОСТ 2.312-68. Условное изображение и обозначение швов неразъемных соединений: ГОСТ 2.313-68. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей: ГОСТ 2.315-68. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц: ГОСТ 2.316-68. Аксонометрические проекции: ГОСТ 2.317-69.

Правила выполнения чертежей различных изделий (пружин, зубчатых колес, реек, червяков, звездочек цепных передач, подшипников и т.п.) ГОСТ 2.401-68 ГОСТ 2.421-70.

Правила выполнения схем и условные графические обозначения (общие требования, схемы электрические, кинематические, машины электрические и их

элементы, гидравлические насосы и двигатели, трубопроводы и их элементы) ГОСТ 2.701-68 ГОСТ 2.786-70.

ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

ГОСТ 2.301-68 «Форматы»

Форматами называются листы чертежей и других конструкторских документов, размеры которых установлены **ГОСТ 2.301-68** для всех отраслей промышленности и строительства.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий (рис. 2.1).

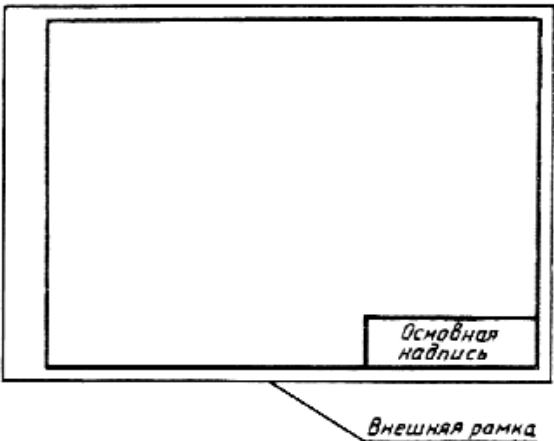


Рисунок 2.1

Формат с размерами сторон 1189 × 841 мм, площадь которого равна 1 м², и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные.

Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в табл. 1. При необходимости допускается применять формат А5 с размерами сторон 148 × 210 мм.

Таблица 1

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

Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Размеры производных форматов, как правило, следует выбирать из табл. 2.

Таблица 2

Кратность	Формат, мм				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189 × 1682	-	-	-	-
3	1189 × 2523	841 × 1783	594 × 1261	420 × 891	297 × 630
4	-	841 × 2378	594 × 1682	420 × 1189	297 × 841

5	-	-	594 × 2102	420 × 1486	297 × 1051
6	-	-	-	420 × 1783	297 × 1261
7	-	-	-	420 × 2080	291 × 1471
8	-	-	-	-	297 × 1682
9	-	-	-	-	297 × 1892

Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности согласно табл. 2, например, A0 × 2, A4 × 8 и т.д.

ГОСТ 2.302-68 «Масштаб»

Масштабом называют отношение линейных размеров изображения предмета на чертеже к его действительным размерам. При выполнении чертежа обязательно применение масштаба. Для всех отраслей промышленности и строительства **ГОСТ 2.302-68** предусматривает следующие масштабы табл. 4.

Таблица 4

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, 1:200, 1:400, 1:500, 1:800, 1:1000
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1, 2,5:1, 4:1, 5:1, 10:1, 20:1, 40:1, 50:1, 100:1

Масштаб чертежа (масштаб главного изображения) указывается в соответствующей графе основной надписи чертежа и обозначается по типу **1:1; 1:2; 2:1** и т.д.

Если масштаб какого-либо изображения отличается от масштаба, указанного в основной надписи, то, согласно ГОСТ 2.316-68 «Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц», непосредственно после надписи относящейся к изображению масштаб обозначается в скобках, например: **А-А (2:1); Б (1:5), А (1:1)**. При выполнении чертежей предпочтительным является масштаб **1:1**.

Можно сформулировать следующие правила применения масштабов:

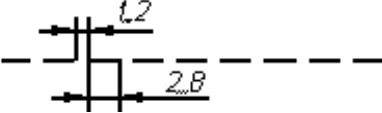
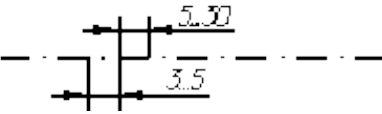
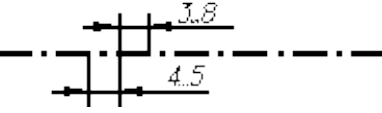
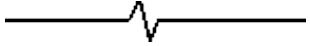
- 1) Масштабы увеличения и уменьшения применяются лишь тогда, когда изображение не может быть выполнено в натуральную величину по объективным причинам.
- 2) Масштаб увеличения применяется в том случае, если изделие имеет сложную конструкцию и незначительные размеры. Масштаб увеличения помогает достоверно передать форму мелких элементов и их размеры.
- 3) Следует избегать применения масштаба увеличения для всех изображений на чертеже, если можно обойтись увеличением одного или нескольких. Главное изображение предпочтительно оставлять выполненным в натуральную величину.
- 4) Крупные предметы простой формы допускается выполнять в масштабе уменьшения, если при этом не теряется ясность чтения чертежа.

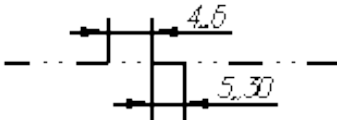
ГОСТ 2.303-68 «Линии»

Для выполнения чертежей применяют несколько различных условных линий. Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии и

основные назначения линий установлены **ГОСТ 2.303-68** и должны соответствовать указанным в табл. 5. Примеры применения линий показаны на рис. 2.2 – рис. 2.9.

Таблица 5

№ п.п.	Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1	Сплошная основная (толстая)		S	Линия видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2	Сплошная тонкая		От S/3 до S/2	Линия контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии - выноски Полки линий - выносок Линии для изображения пограничных деталей ("обстановки") Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода воображаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
3	Сплошная волнистая		От S/3 до S/2	Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
4	Штриховая		От S/3 до S/2	Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
5	Штрих - пунктирная тонкая		От S/3 до S/2	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
6	Штрих - пунктирная утолщенная		От S/2 до 2S/3	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью ("наложенная проекция")
7	Разомкнутая		От S до 1,5 S	Линии сечений
8	Сплошная тонкая с изломами		От S/3 до S/2	Длинные линии обрыва

9	Штрих - пунктирная с двумя точками тонкая		От S/3 до S/2	Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделия в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развертки совмещенной с видом
---	--	---	---------------	---

1) Толщина **сплошной основной линии S** должна быть в пределах от **0,5** до **1,4 мм** в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Толщина линий **S/3** допускается для чертежей, выполненных тушью, если **S** меньше **0,9 мм**.

2) Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

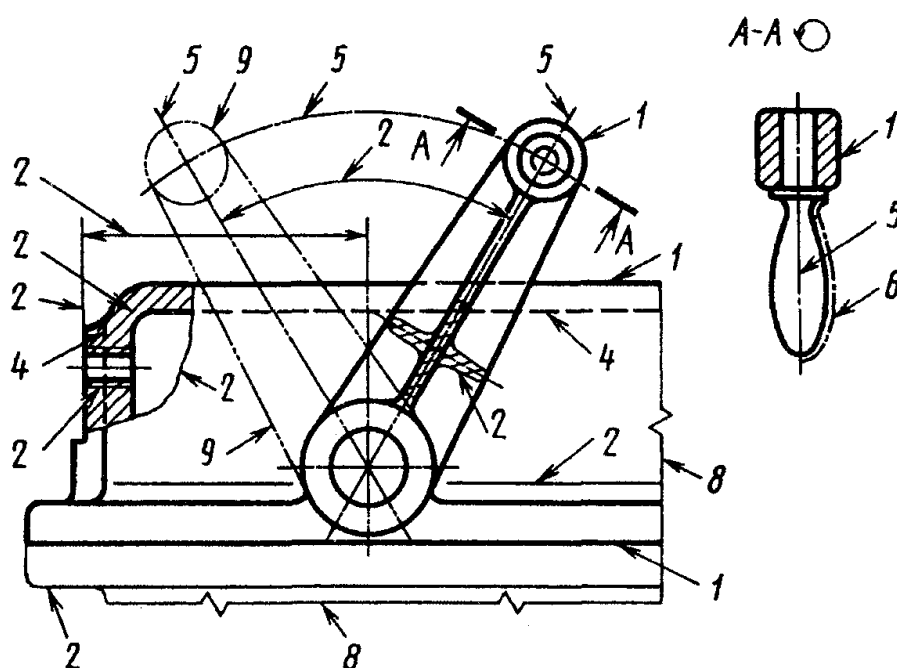


Рисунок 2.2

4) Для сложных разрезов и сечений допускается концы разомкнутой линии соединить штрихпунктирной тонкой линией.



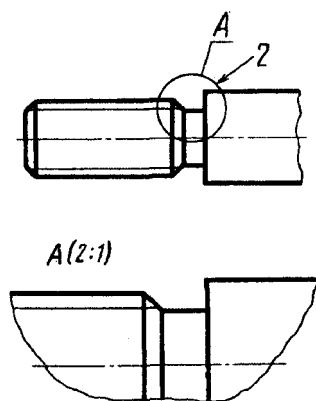


Рисунок 2.3

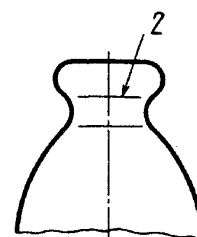


Рисунок 2.4

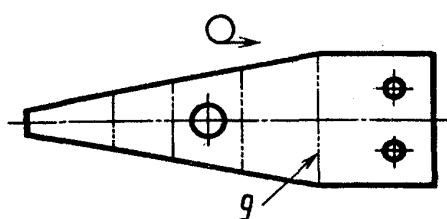


Рисунок 2.5

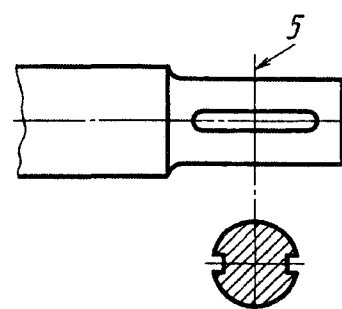


Рисунок 2.6

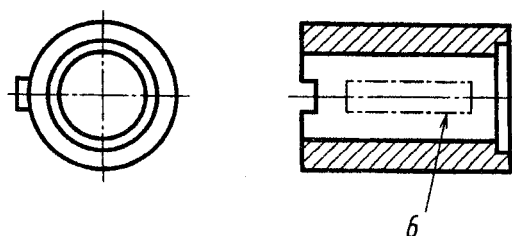


Рисунок 2.7

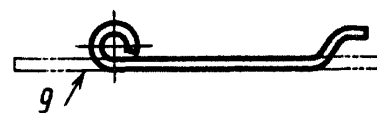


Рисунок 2.8

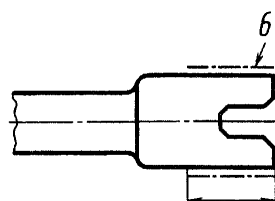


Рисунок 2.9

5) Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения.

6) Штрихи в линии должны быть приблизительно одинаковой длины.

7) Штриховая линия должна начинаться и заканчиваться на линии контура штрихами, а не пробелами.

- 8) Промежутки между штрихами в линии должны быть приблизительно одинаковой длины.
- 9) Штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться длинными штрихами.
- 10) Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм (рис. 2.10).

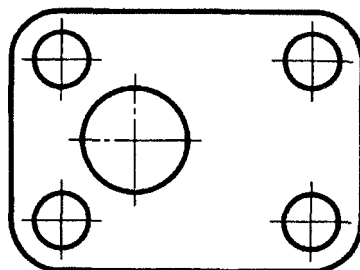


Рисунок 2.10

2.4 ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные»

Надписи на чертежах и других конструкторских документах, выполненных от руки должны соответствовать **ГОСТ 2.304-81**.

Устанавливаются следующие размеры шрифта: **1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40**. Наиболее употребительны размеры шрифта от **3,5 до 14**.

Размер шрифта определяется **высотой** прописных (заглавных) букв в миллиметрах.

Высота прописных букв h - измеряется перпендикулярно к основанию строки.

Высота строчных букв c - определяется из соотношения их высоты к размеру шрифта **h** , например, **$c = 7/10h$** (рис. 2.11).

Ширина буквы g – наибольшая ширина буквы, измеренная в соответствии с рис. 2.11, определяется по отношению к толщине шрифта **d** , например **$g = 6d$** .

Толщина линии шрифта d – толщина, определяемая в зависимости от типа и высоты шрифта.

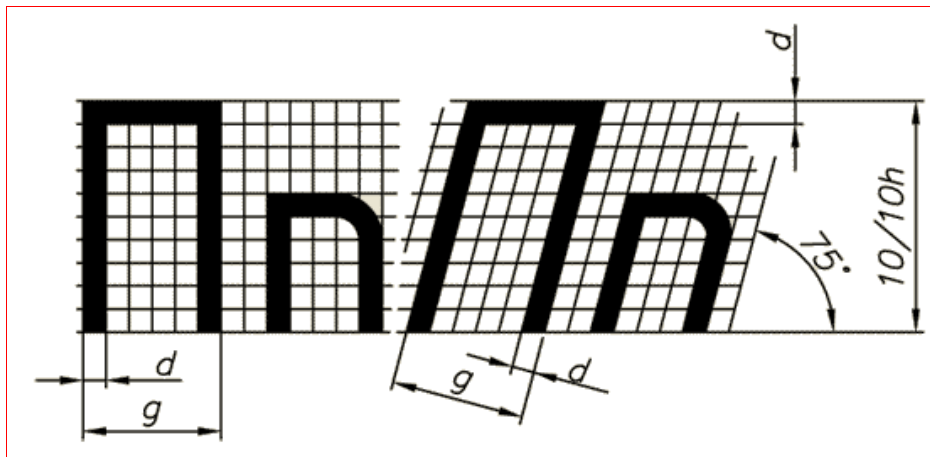


Рисунок 2.11. Шрифт без наклона (слева) и шрифт с наклоном (тип шрифтов - Б)

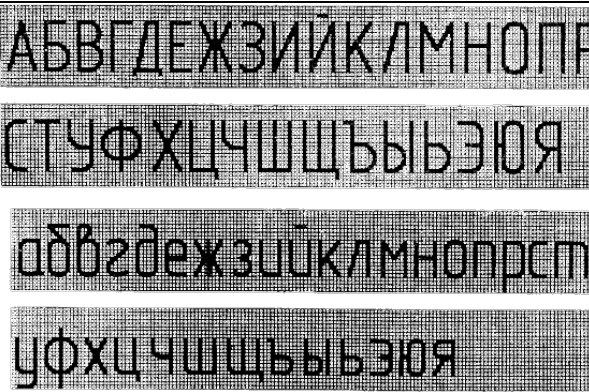
ГОСТ 2.304-81 устанавливает четыре типа шрифта:

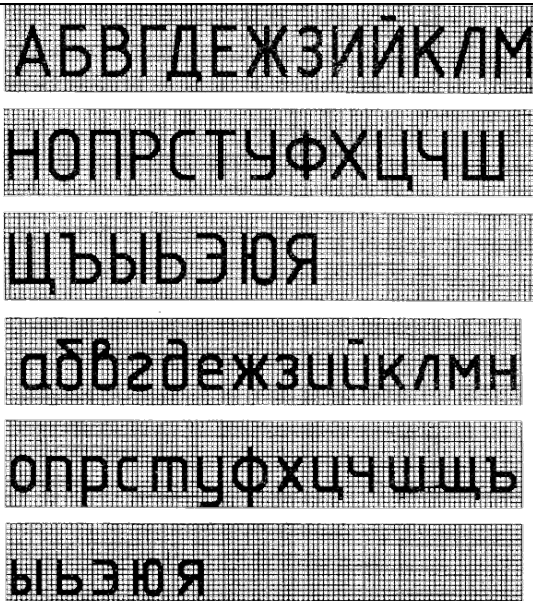
- 1) **Тип А** без наклона ($d=h/14$);
- 2) **Тип А** с наклоном около 75° ($d=h/14$);
- 3) **Тип Б** без наклона ($d=h/10$);
- 4) **Тип Б** с наклоном около 75° ($d=h/10$).

Тип определяется параметрами шрифта: расстояниями между буквами, минимальный шаг строк, минимальное расстояние между словами и толщина линий шрифта. для типа Б.

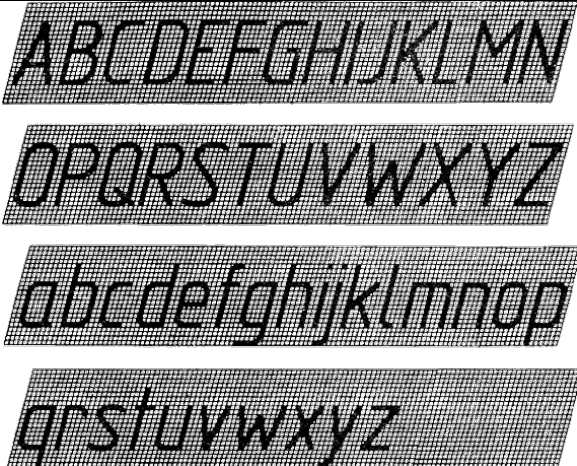
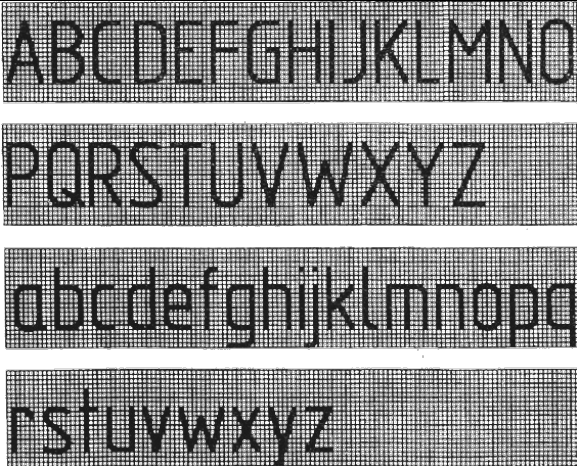
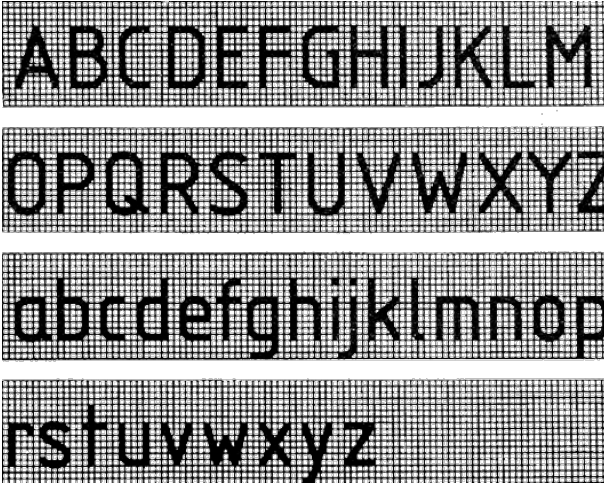
Кроме того, стандартом (ГОСТ 2.304-81) предусматривается форма прописных и строчных букв русского (рис. 2.12 - рис. 2.15), латинского (рис. 2.16 - рис. 2.19) и греческого алфавита (рис. 2.21 - рис. 2.25), арабских и римских цифр (рис. 2.20 – рис. 2.21), различных знаков (рис. 2.26 – рис. 2.29) и правила написания дробей, показателей, индексов и предельных отклонений.

2.4.1 Русский алфавит (кириллица)

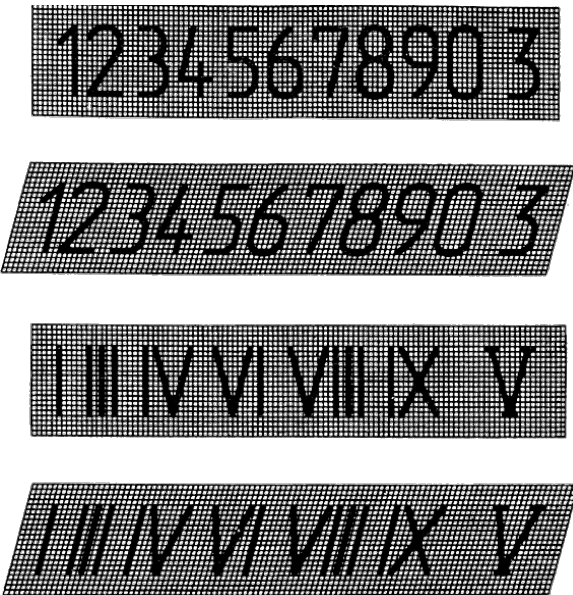
	
Рисунок 2.12. Шрифт типа А с наклоном	Рисунок 2.13. Шрифт типа А без наклона

	
Рисунок 2.14. Шрифт типа Б с наклоном	Рисунок 2.15. Шрифт типа Б без наклона

2.4.2 Латинский алфавит

 ABCDEF GHIJKLMN OPQRST UVWXYZ abcdef ghijklmnop qrstuv wxyz	 ABCDEF GHIJKLMNO PQRSTU VWXYZ abcdef ghijklmnopq rstuv wxyz
Рисунок 2.16. Шрифт типа А с наклоном	Рисунок 2.17. Шрифт типа А без наклона
 ABCDEF GHIJKLM OPQRST UVWXYZ abcdef ghijklmnop qrstuv wxyz	 ABCDEF GHIJKLM OPQRST UVWXYZ abcdef ghijklmnop rstuv wxyz
Рисунок 2.18. Шрифт типа Б с наклоном	Рисунок 2.19. Шрифт типа Б без наклона

2.4.3 Арабские и римские цифры

	
Рисунок 2.20. Шрифт типа А	Рисунок 2.21. Шрифт типа Б

2.4.4 Греческий алфавит

	
Рисунок 2.22 Шрифт типа А с наклоном	Рисунок 2.23 Шрифт типа А без наклона

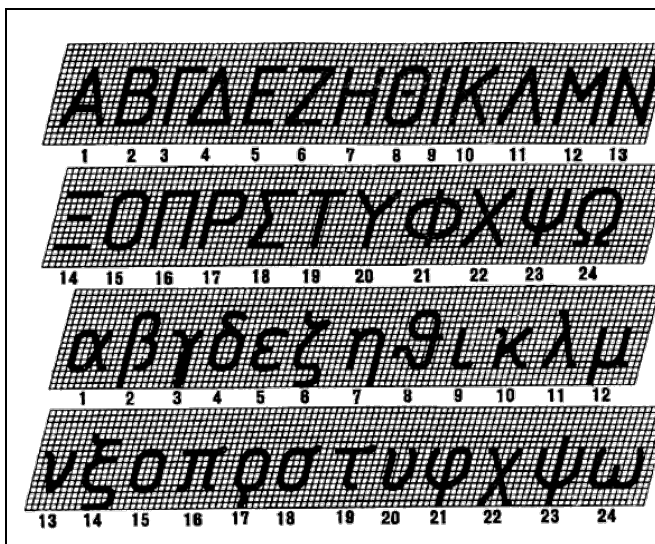


Рисунок 2.24 Шрифт типа Б с наклоном

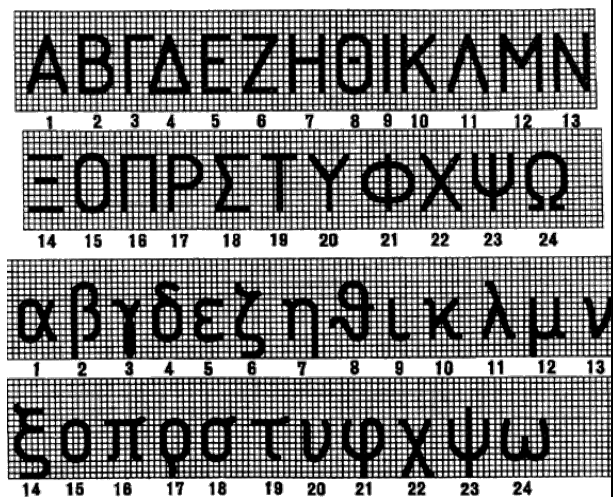


Рисунок 2.25 Шрифт типа Б без наклона

2.4.5 Знаки

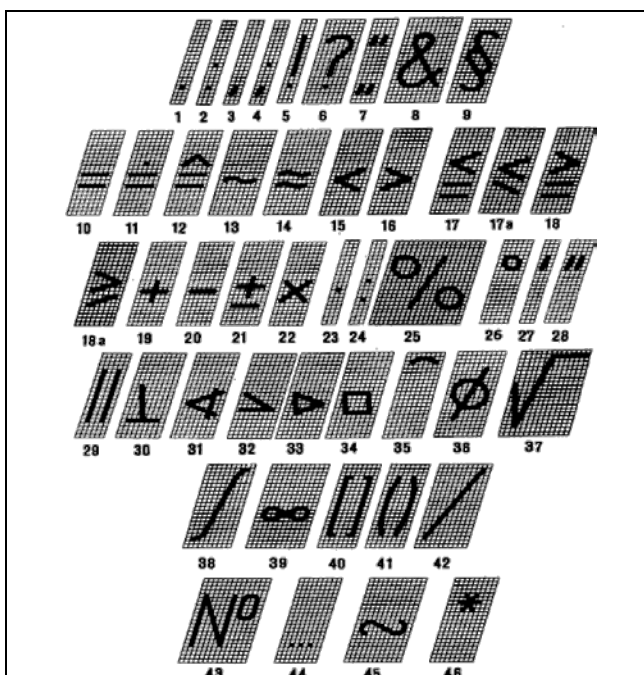


Рисунок 2.26. Шрифт типа А с наклоном

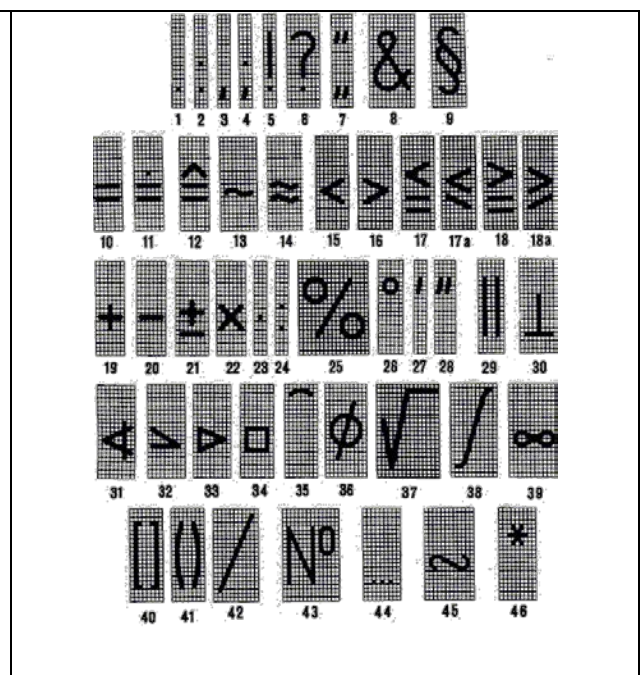


Рисунок 2.27. Шрифт типа А без наклона

ГОСТ 2.305-68 «ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ»

ВИДЫ

Правила построения изображения изделий, сооружений и их элементов на чертежах устанавливает **ГОСТ 2.305-68**.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. Изображения предметов выполняются по методу прямоугольного проецирования, при этом предмет располагают между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (рис. 1).

2. За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба. Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы главное изображение давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

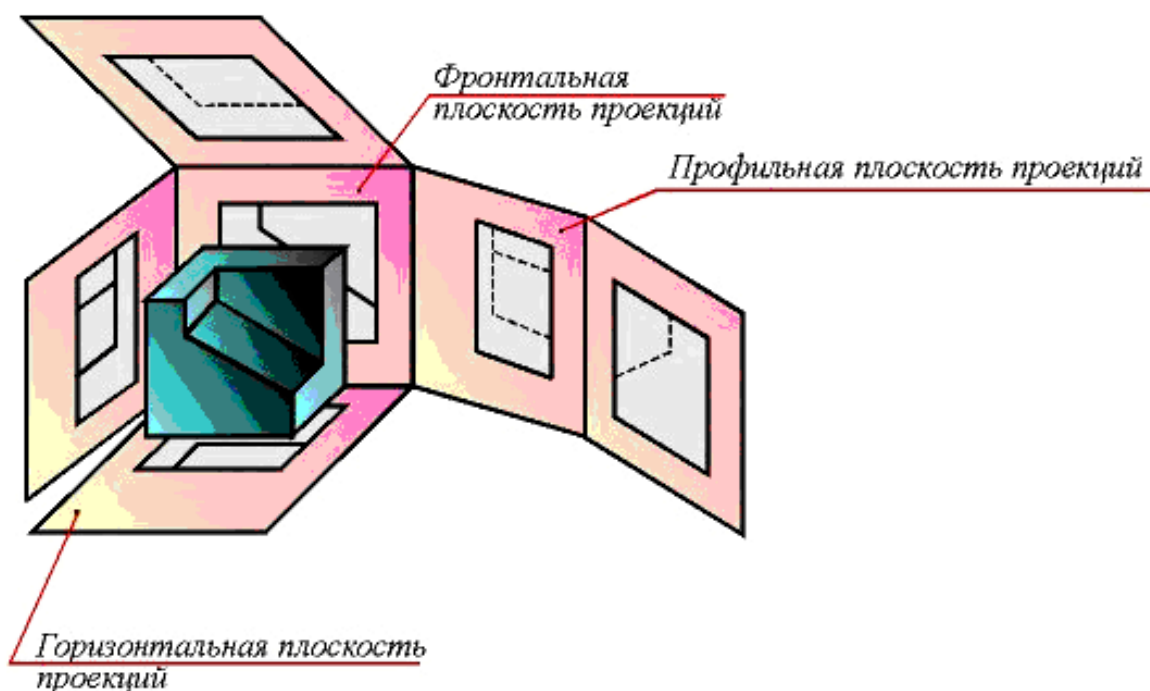


Рисунок 1

3. **Изображения** на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на **виды, разрезы, сечения**.

4. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о форме и размерах предмета при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

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

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ

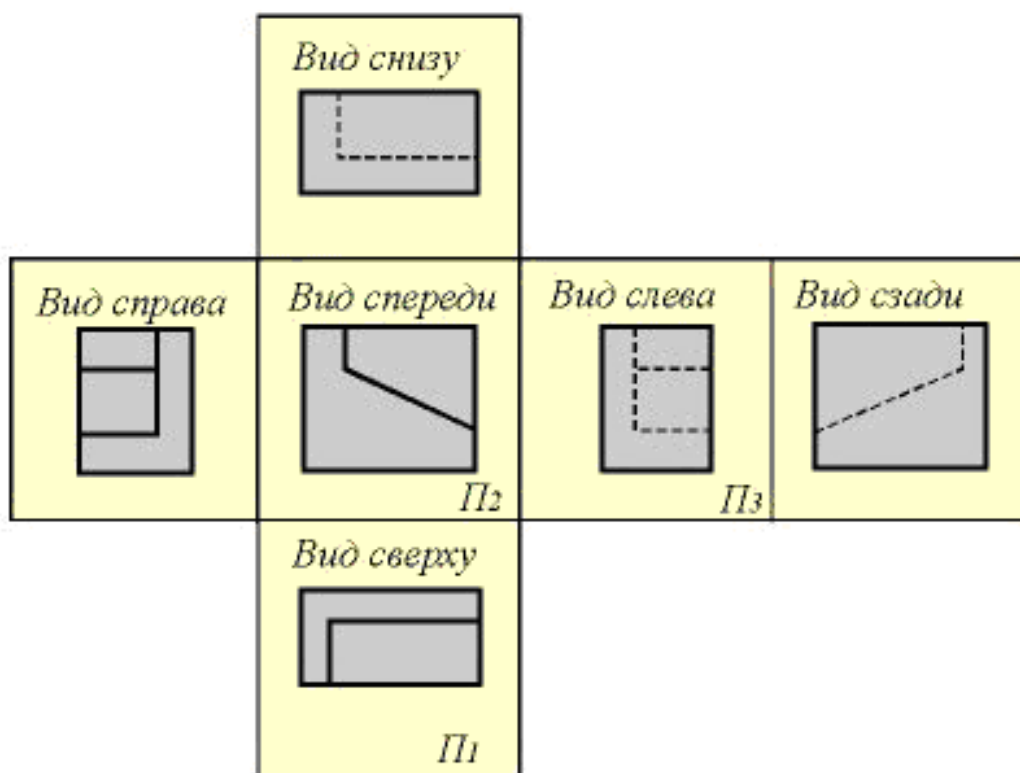


Рисунок 2

Устанавливаются следующие названия видов (Рис. 2), получаемых на основных плоскостях проекций:

1. Вид спереди (главный вид);
2. Вид сверху;
3. Вид слева;
4. Вид справа;
5. Вид снизу;
6. Вид сзади.

Виды предметов (изделий) следует располагать таким образом, чтобы главный вид давал наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Названия видов на чертежах не надписывают, если они находятся в непосредственной проекционной связи с главным видом (видом спереди), не отделены от него другими изображениями и расположены на одном с ним листе.

При нарушении проекционной связи, направление проецирования (взгляда) должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву кириллицы (например, А на рис. 3). Такое оформление вида принято называть «**вид по стрелке**».

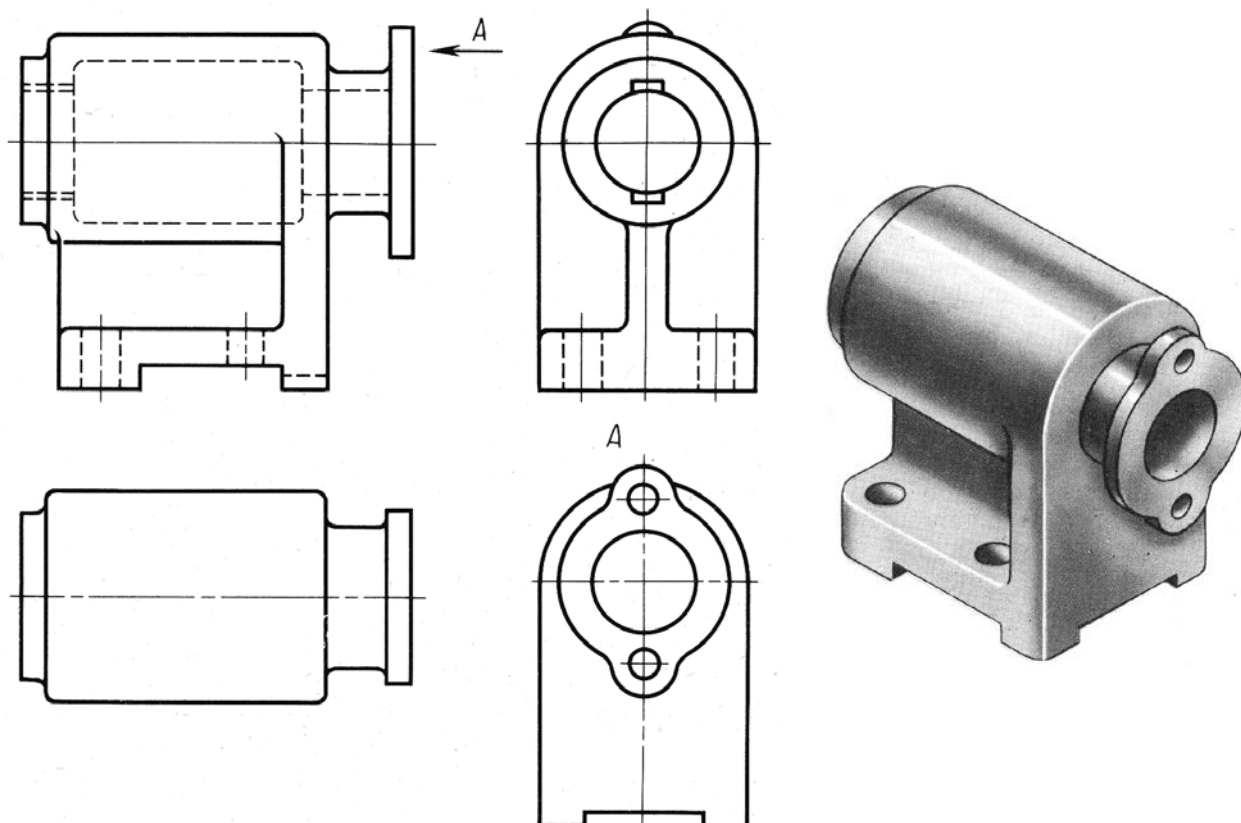


Рисунок 3

Чертежи оформляют так же, если перечисленные виды отделены от главного изображения другими изображениями, находятся не в проекционной связи или расположены не на одном листе с главным изображением.

МЕСТНЫЕ ВИДЫ

Местный вид – изображение отдельного, узко ограниченного места поверхности предмета. Местный вид может быть ограничен линией обрыва, осью симметрии или не ограничен ничем.

Местный вид применяется в тех случаях, когда из всего вида только часть его необходима для уточнения формы предмета, остальная же часть вида не дает дополнительных сведений о предмете.

Если изображение имеет ось симметрии, то при недостатке места на чертеже допускается показывать половину вида (Б на рис. 4).

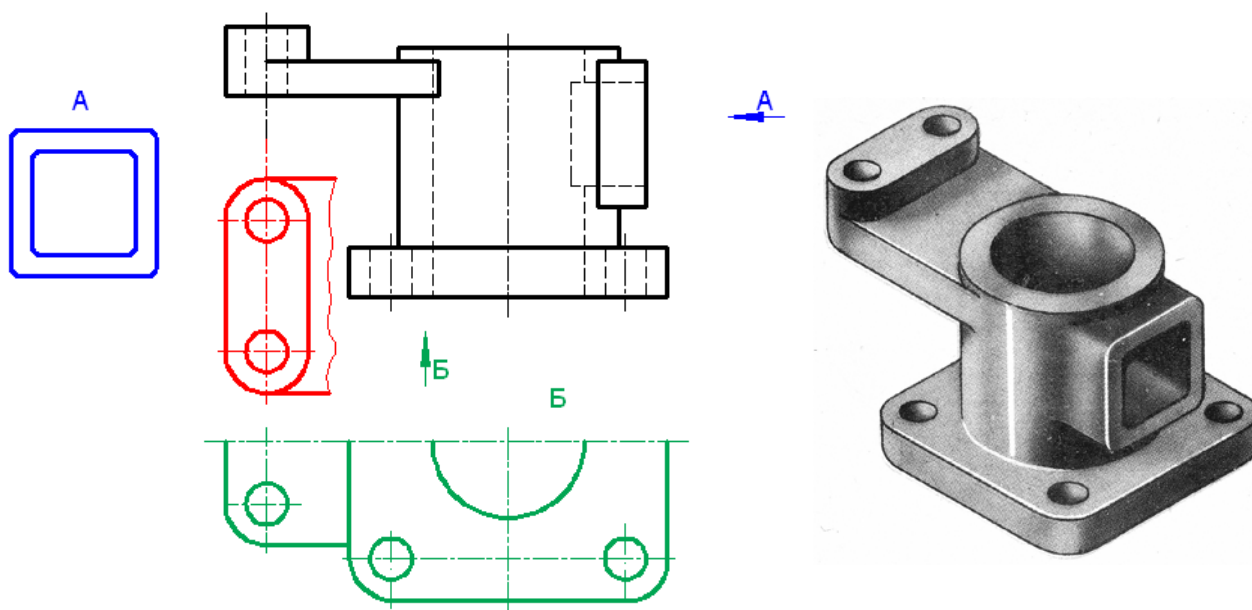


Рисунок 4

Если местный вид выполняется строго в проекционной связи по направлению взгляда, то стрелку и буквенное обозначение местного вида не наносят.

Местный вид может быть не ограничен линией обрыва (А на рис.4).

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВИДЫ

Дополнительный вид получается проецированием предмета на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций.

Дополнительные виды применяются в случаях (рис. 5), когда изображение предмета или его элемента невозможно показать без искажения формы и размеров на основных плоскостях проекций.

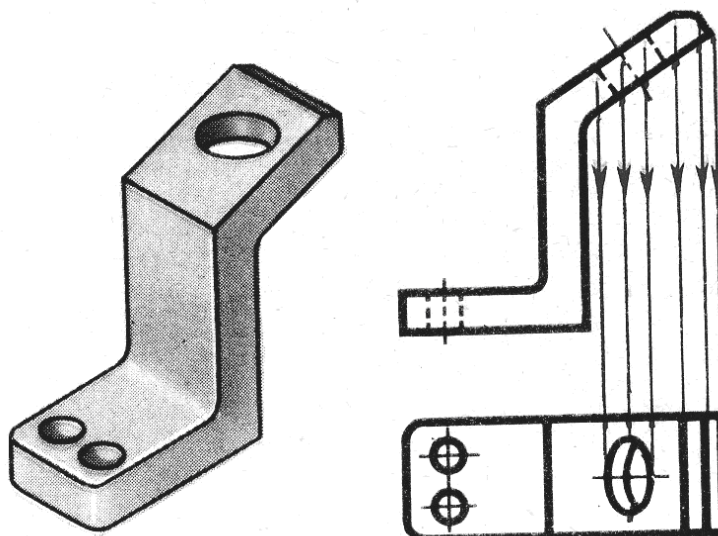


Рис. 5

Дополнительный вид отмечают на чертеже прописной буквой кириллицы (например, А на рис. 6), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть изображена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением.

Если дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и буквенное обозначение вида допускается не наносить (рис. 7).

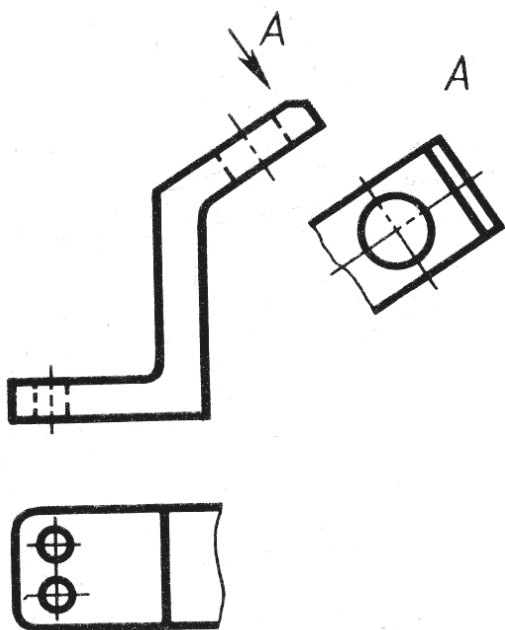


Рис. 6

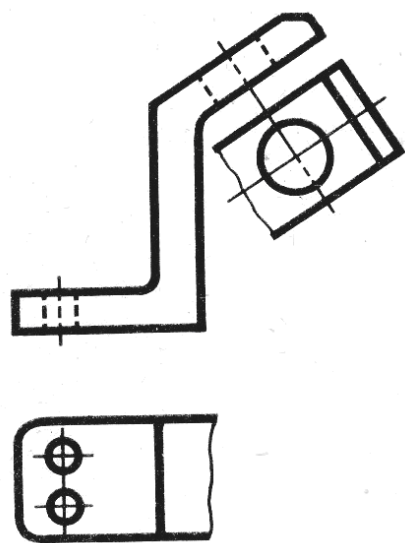


Рис. 7

Дополнительные виды допускается поворачивать, но с сохранением положения, принятого для данного предмета на главном изображении. При этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим знаком , что означает «повернуто» (рис. 8). При необходимости также указывают угол поворота изображения дополнительного вида в градусах после знака «повернуто» (рис. 9).

Дополнительный вид, на котором изображена только часть предмета, можно считать местным, поэтому на рис. 6, 7, 8 дополнительные виды ограничены тонкой волнистой линией.

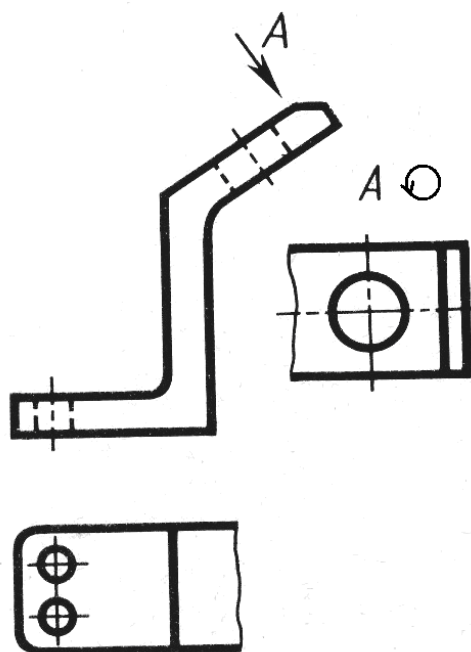


Рисунок 8

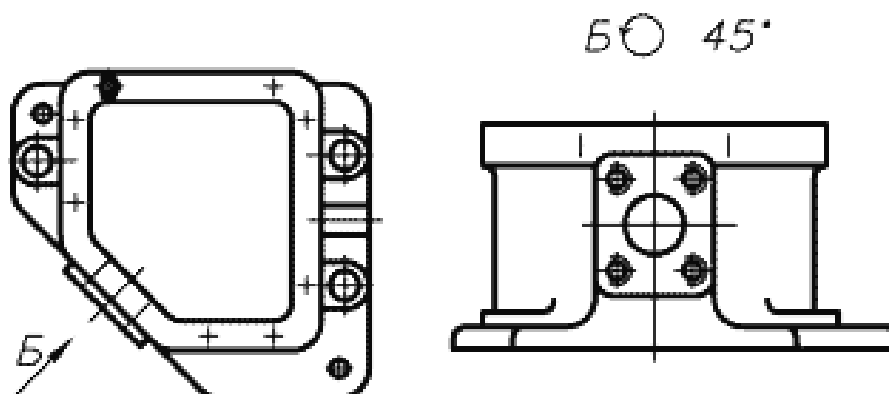
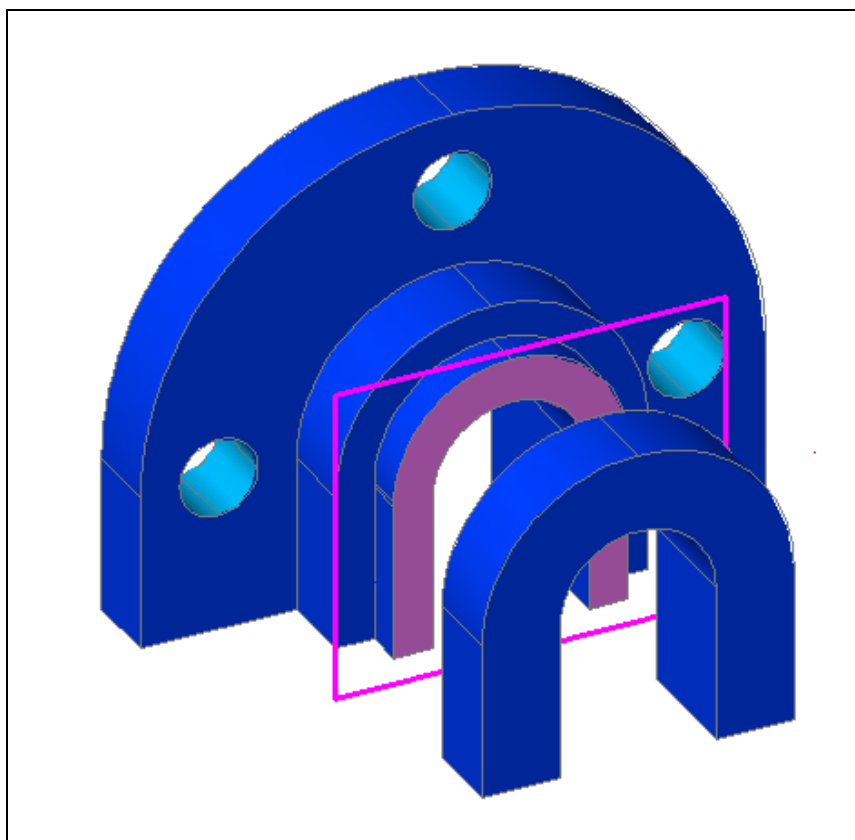


Рисунок 9

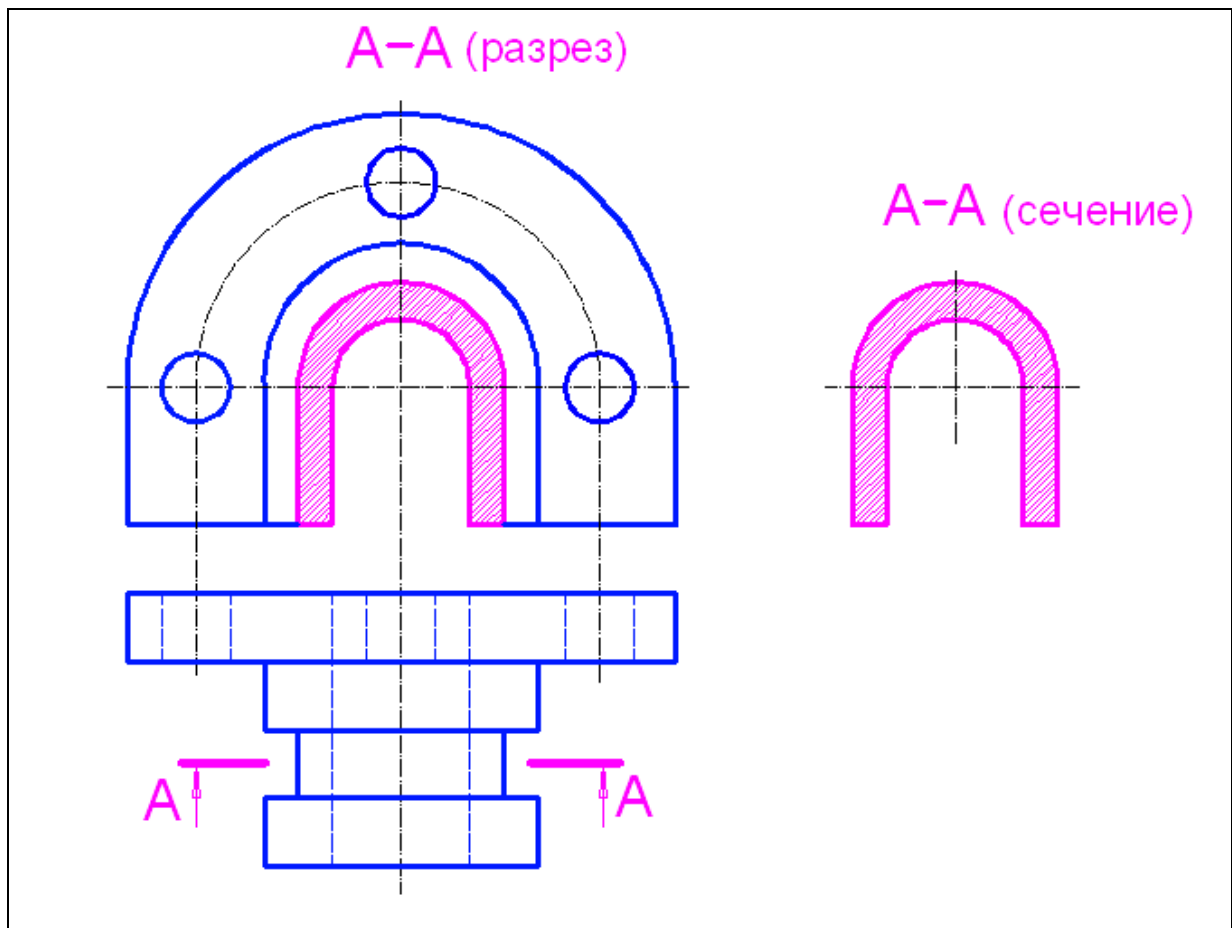
ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ И СЕЧЕНИЙ

Разрез — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. При выполнении разрезов условно отбрасывается часть предмета, находящаяся между наблюдателем и секущей плоскостью. Эта условность не меняет форму предмета в целом, а относится только к данному конкретному разрезу. На рисунке показана сущность выполнения разреза одной секущей плоскостью. В данном случае предполагается, что наблюдатель находится

перед предметом и плоскостью, поэтому следует мысленно отбросить переднюю (меньшую) часть предмета.



Следует четко различать разницу между разрезом и сечением. В сечении, как правило, показывается только то, что попало в секущую плоскость. А в разрезе изображается то, что попало в секущую плоскость и то, что находится (видно) за секущей плоскостью. Это значит, что сечение входит в состав разреза. Часть предмета, попавшая в секущую плоскость, заштриховывается.



КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗРЕЗОВ

Разрезы подразделяются по положению секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций, на:

- *вертикальные* – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (например, разрезы А-А, Б-Б, рис. 1, рис. 2);
- *горизонтальные* – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (рис. 3);
- *наклонные* – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого угла (рис. 4).

Вертикальный разрез называется *фронтальным*, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (например, разрез Б-Б: рис. 1, 2, 6). *Профильный разрез* образуется секущей плоскостью параллельной профильной плоскости проекций (например, разрез А-А, рис. 1, 2).

В зависимости *от числа секущих плоскостей различают разрезы*:

- *простые* – образуются одной секущей плоскостью (рис. 1 – рис. 6);
- *сложные* – несколько секущих плоскостей (рис. 7 – рис. 11).

Сложные разрезы в свою очередь подразделяются на:

- **ступенчатые** – если секущие плоскости параллельны между собой (например, ступенчатый фронтальный разрез А-А, рис. 7, рис. 8).
- **ломаные** – если секущие плоскости пересекаются между собой (рис. 9 – рис. 11).

Разрезы называются **продольными**, если секущие плоскости направлены вдоль длины (оси) или высоты предмета (рис. 14), и **поперечными**, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета (например, разрезы А-А и Б-Б, рис. 13).

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета в отдельном, узко ограниченном месте, называется **местным**.

Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (рис. 12) или сплошной тонкой линией с изломом. Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

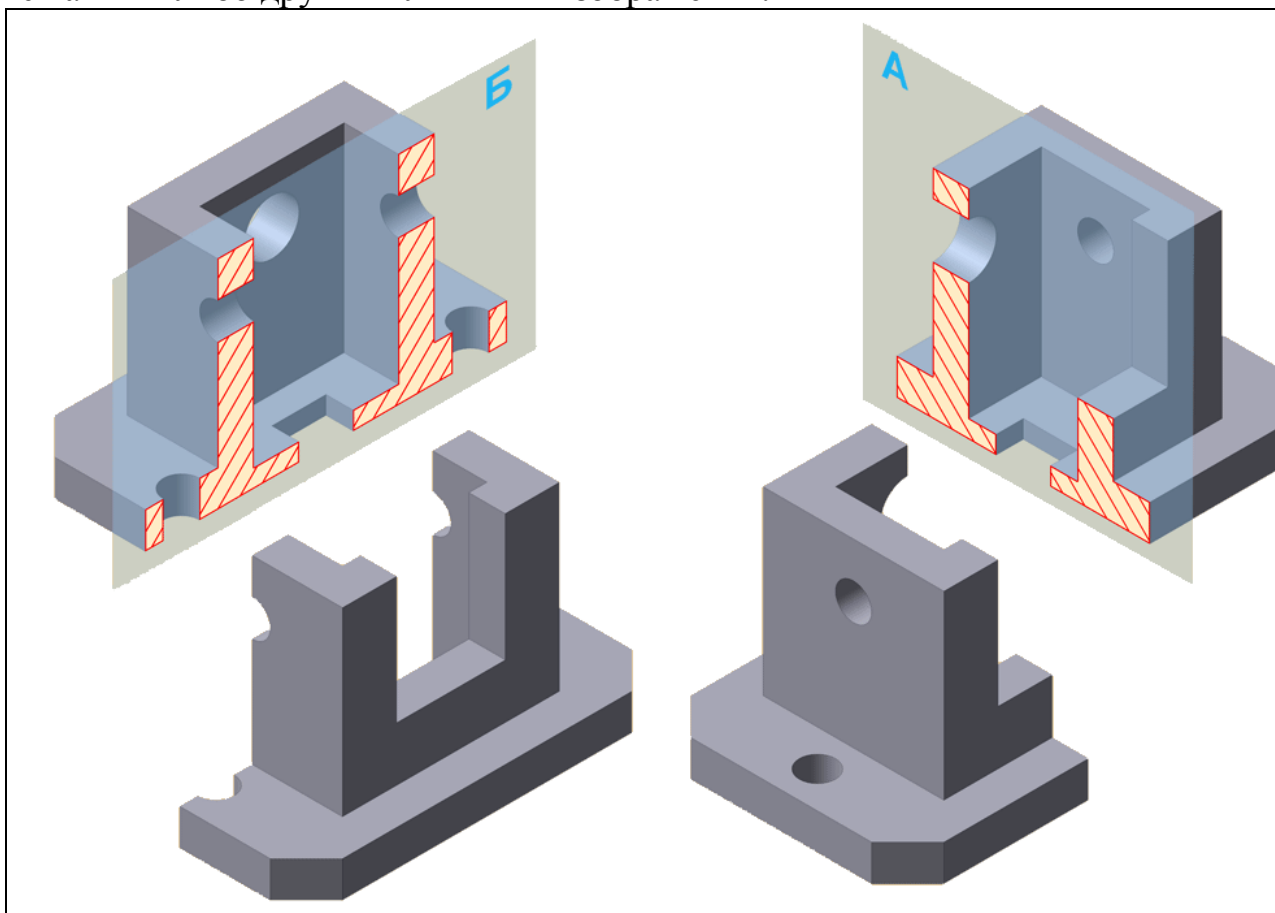


Рисунок 1. Положение секущих плоскостей простых вертикальных разрезов

При выполнении разрезов и сечений положение секущей плоскости изображается разомкнутой линией, длина штрихов которой равна 8...20 мм, а толщина примерно в 1,5 раза больше толщины основной линии. У начала и конца штрихов разомкнутой линии (на расстоянии 2...3 мм от начала и конца) изображаются стрелки, перпендикулярные штрихам. Стрелки показывают направление взгляда наблюдателя, что важно для определения той части предмета, которая условно отбрасывается при выполнении разреза.

Для обозначения разрезов и сечений, как и для видов, используются заглавные буквы кириллицы, высота которых должна быть в 1,5...2 раза выше размерных чисел чертежа. Заглавные буквы кириллицы наносятся у начала и конца штрихов разомкнутой линии (снаружи стрелок). Над изображением разреза или сечения наносится их обозначение: формат записи А-А, Б-Б и т.д.

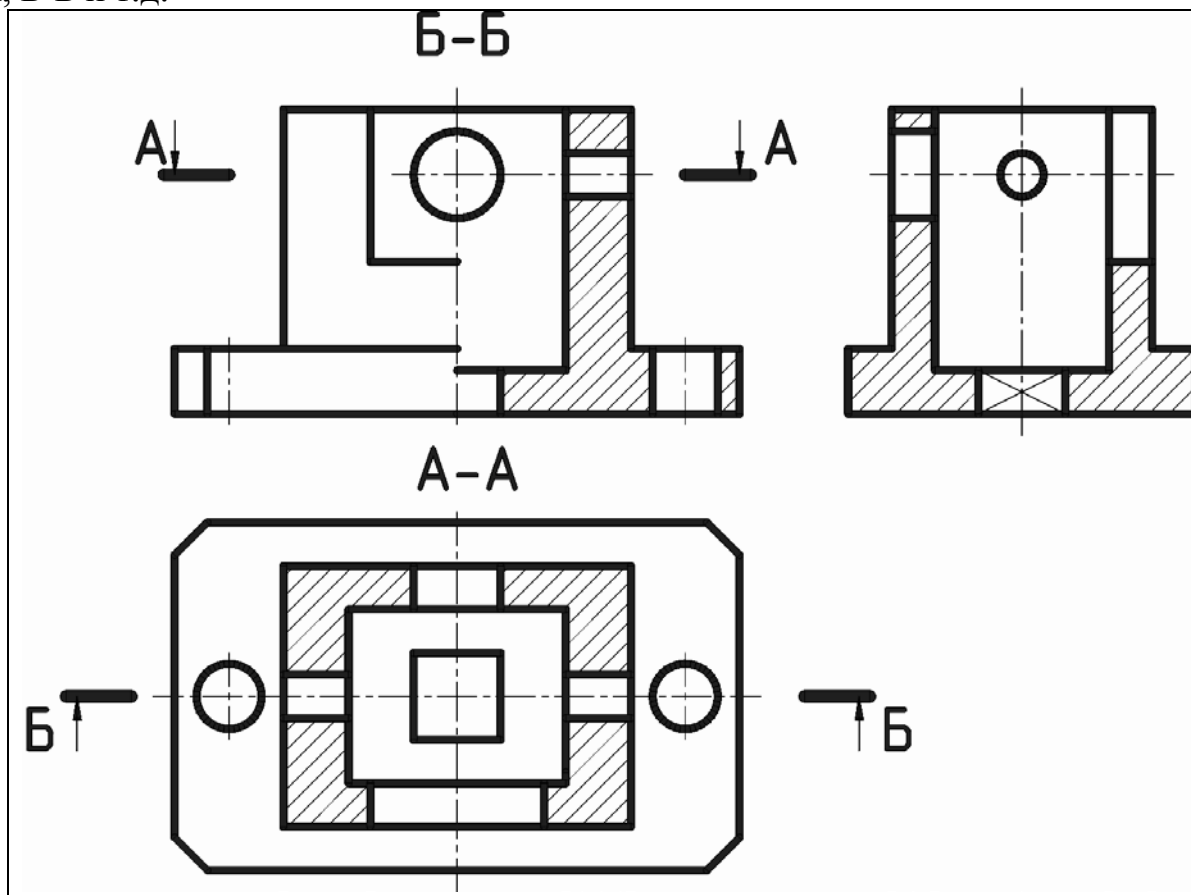


Рисунок 2. Обозначение простых разрезов на чертеже

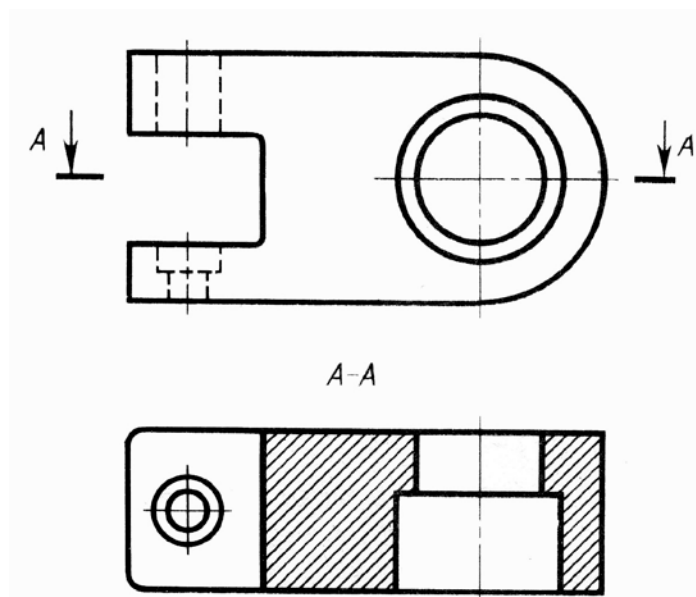
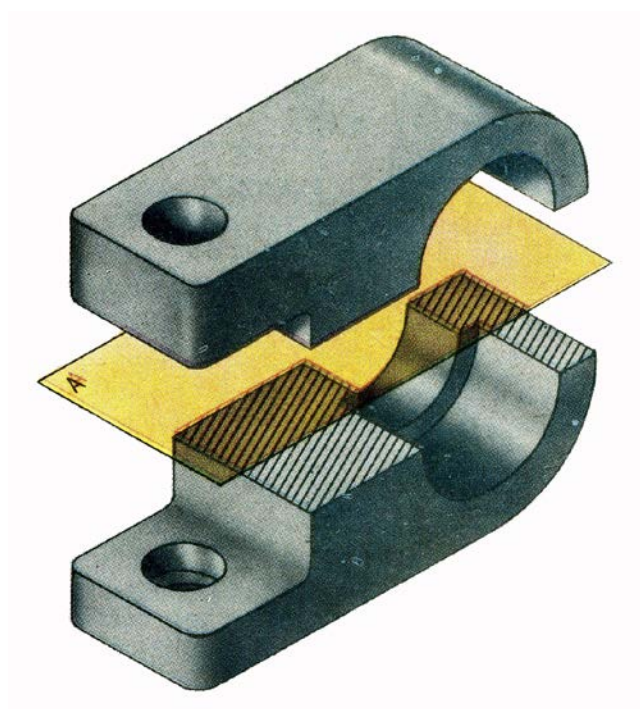


Рисунок 3. Простой горизонтальный разрез

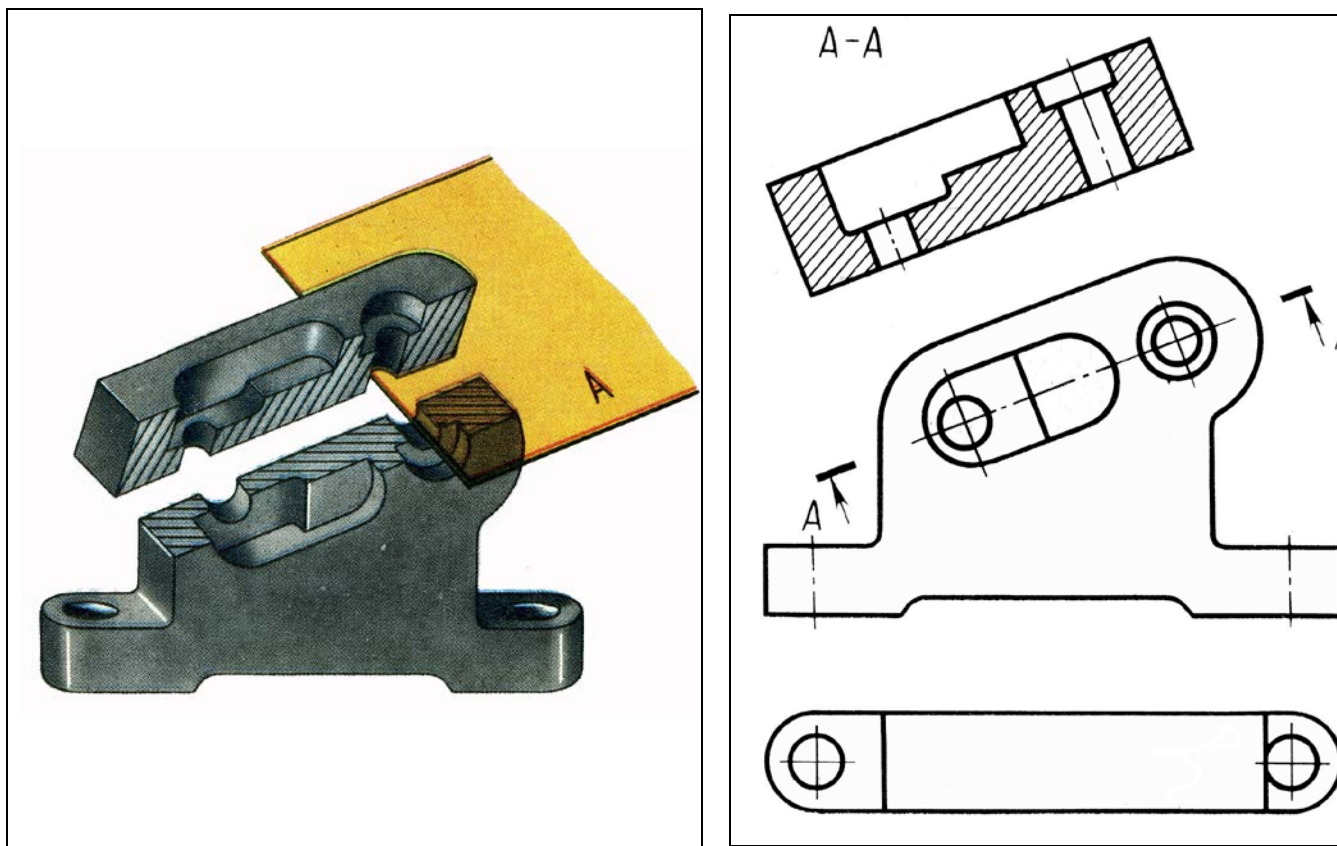


Рисунок 4. Простой наклонный разрез (в проекционной связи)

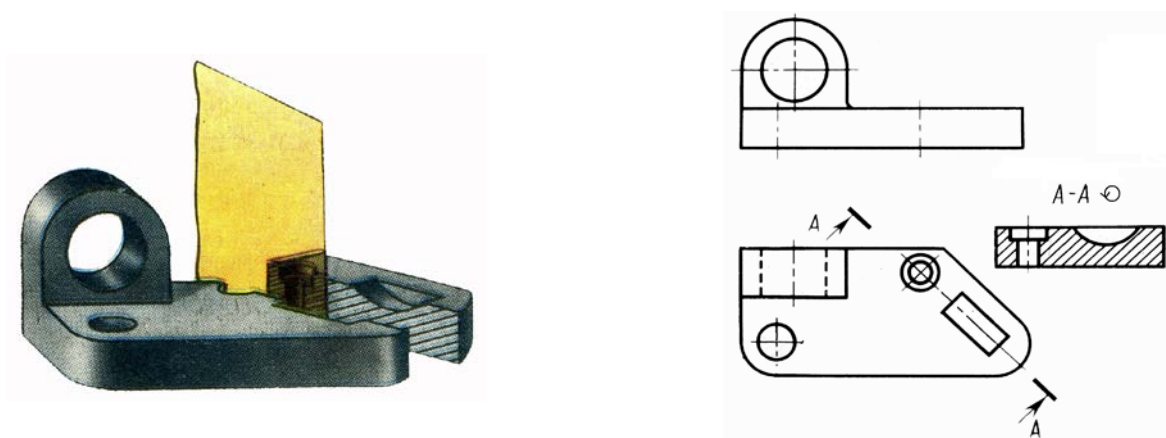


Рисунок 5. Простой вертикальный разрез (изображение разреза повернуто)

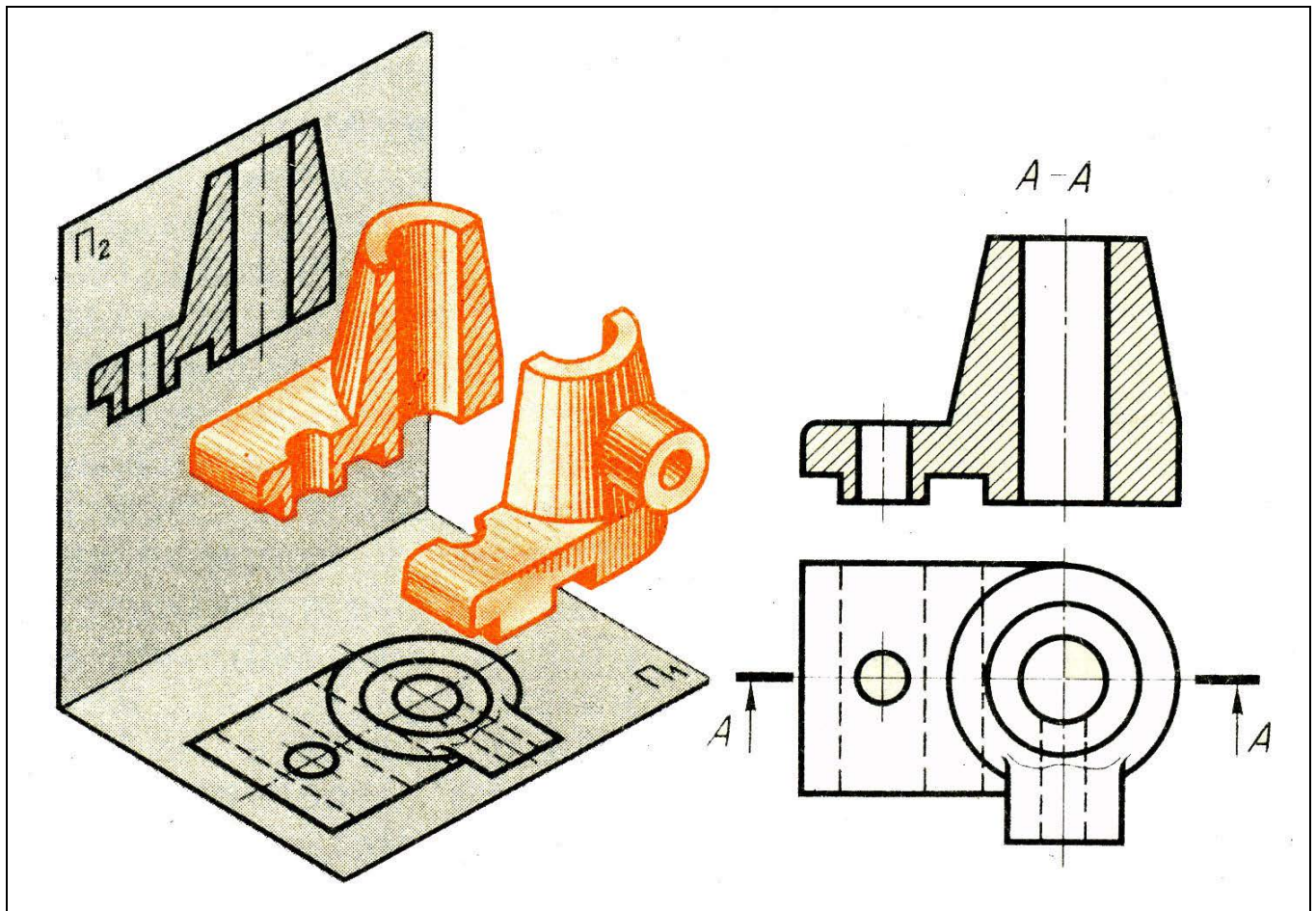


Рисунок 6. Простой фронтальный разрез

К сложным относятся разрезам ступенчатые, ломаные, радиальные и комбинированные. **Ступенчатые разрез** выполняются **несколькими плоскостями, параллельными друг другу**. В ступенчатом разрезе секущие плоскости условно совмещают в одну плоскость. Изображение строится так, как если бы все данные сечения принадлежали одной секущей плоскости. Линия сечения для сложных разрезов состоит из начального и конечного штрихов разомкнутой линии и перегибов в местах перехода (смены) плоскостей. На рис.7 и рис.8 показаны примеры выполнения ступенчатых разрезов.

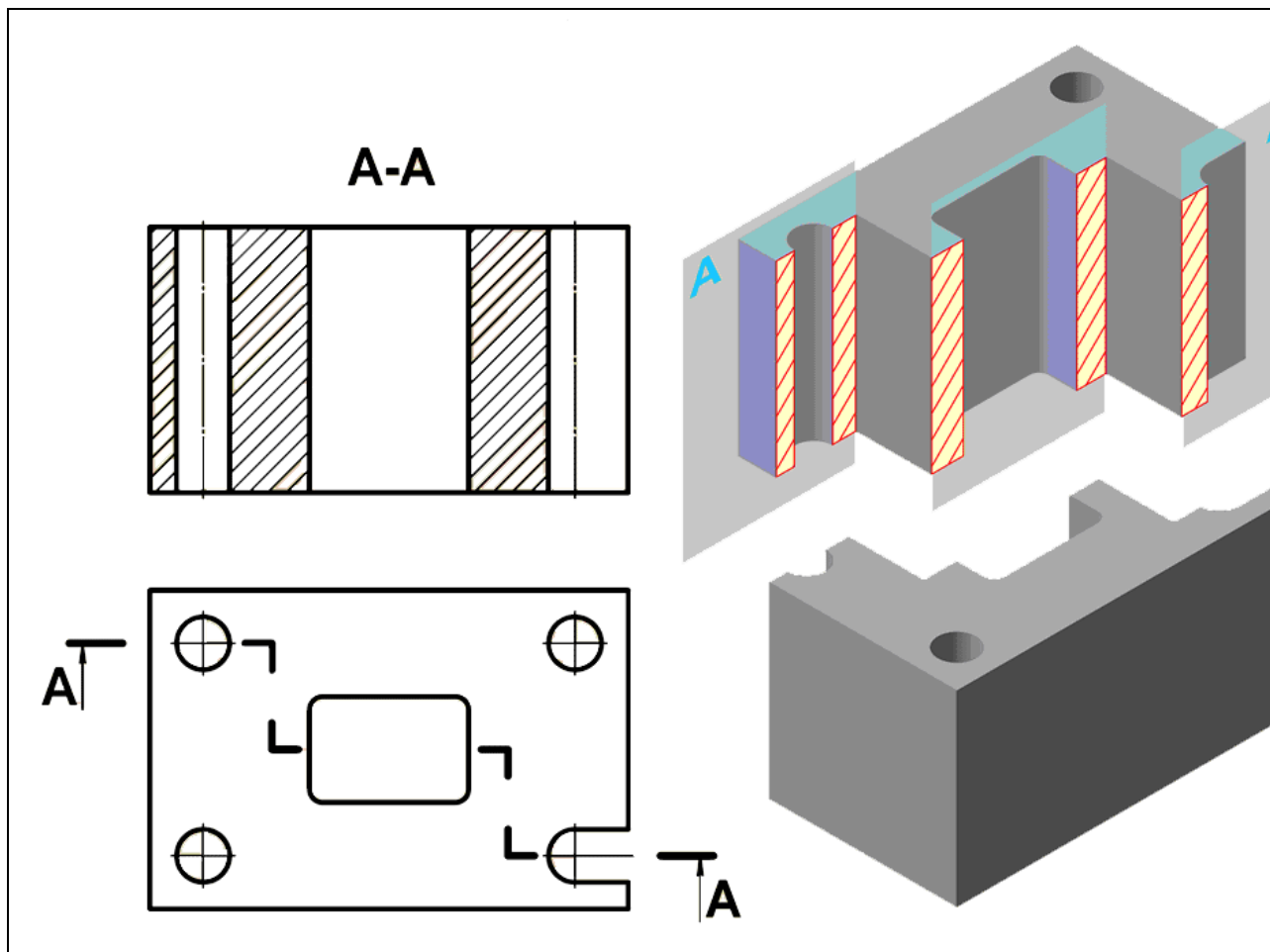


Рисунок 7. Сложный ступенчатый разрез

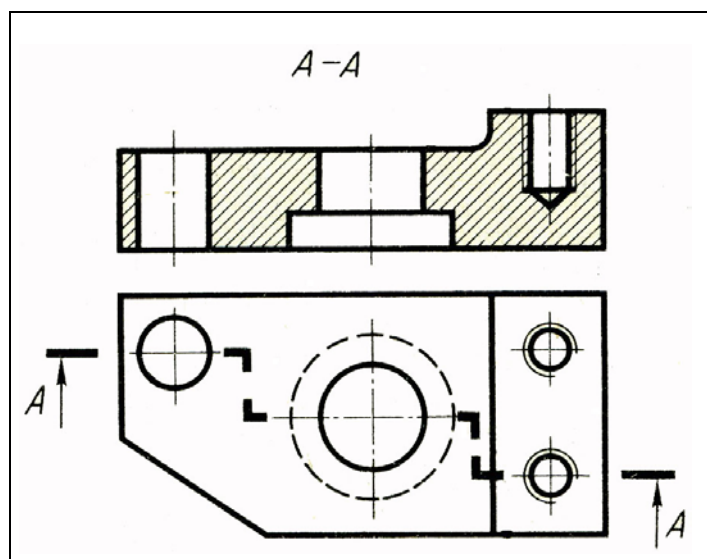
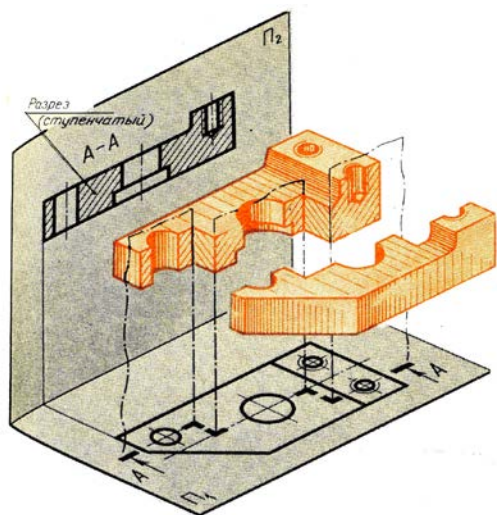
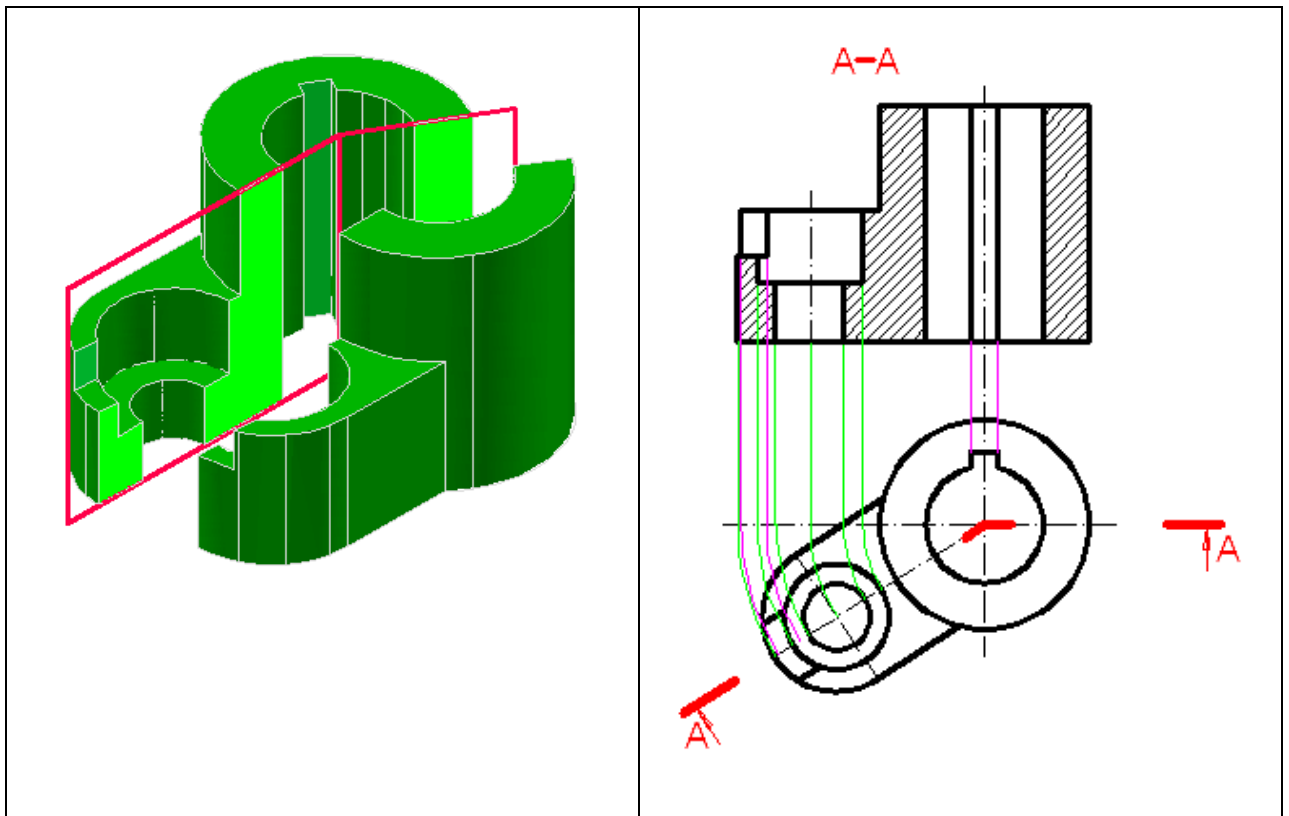


Рисунок 8. Положение и обозначение секущих плоскостей ступенчатого разреза

Ломаные разрезы образуются пересекающимися плоскостями. В таких разрезах наклонные плоскости условно поворачиваются до совмещения с той плоскостью, которая параллельна какой-либо плоскости проекций. В этом случае ломаный разрез помещается на месте соответствующего вида. В некоторых случаях изображение ломаного разреза может отличаться длиной или высотой от действительного размера предмета. На рисунках 9, 10, 11 показаны примеры выполнения ломаных разрезов. Следует обратить внимание на то, что изображение сложного разреза выполняется как единое целое, без каких-либо пограничных линий между секущими плоскостями. Исключение составляют штрихпунктирные осевые линии.

При повороте секущей плоскости элементы предмета, не лежащие непосредственно в поворачиваемой плоскости, а расположенные за ней, не должны смещаться на угол поворота, то есть они проецируются как при обычных разрезах. Те элементы, которые не лежат в поворачиваемой плоскости, но базируются на ней, следует поворачивать вместе с этой плоскостью. Например, на рисунке ниже шпоночный паз не смещен на угол поворота и проецируется, как при обычном фронтальном разрезе, так как он расположен за секущей плоскостью. В то же время прямоугольный паз ушка детали, базирующийся на секущей плоскости, развернут (условно) вместе с ней.



Сложный ломаный разрез

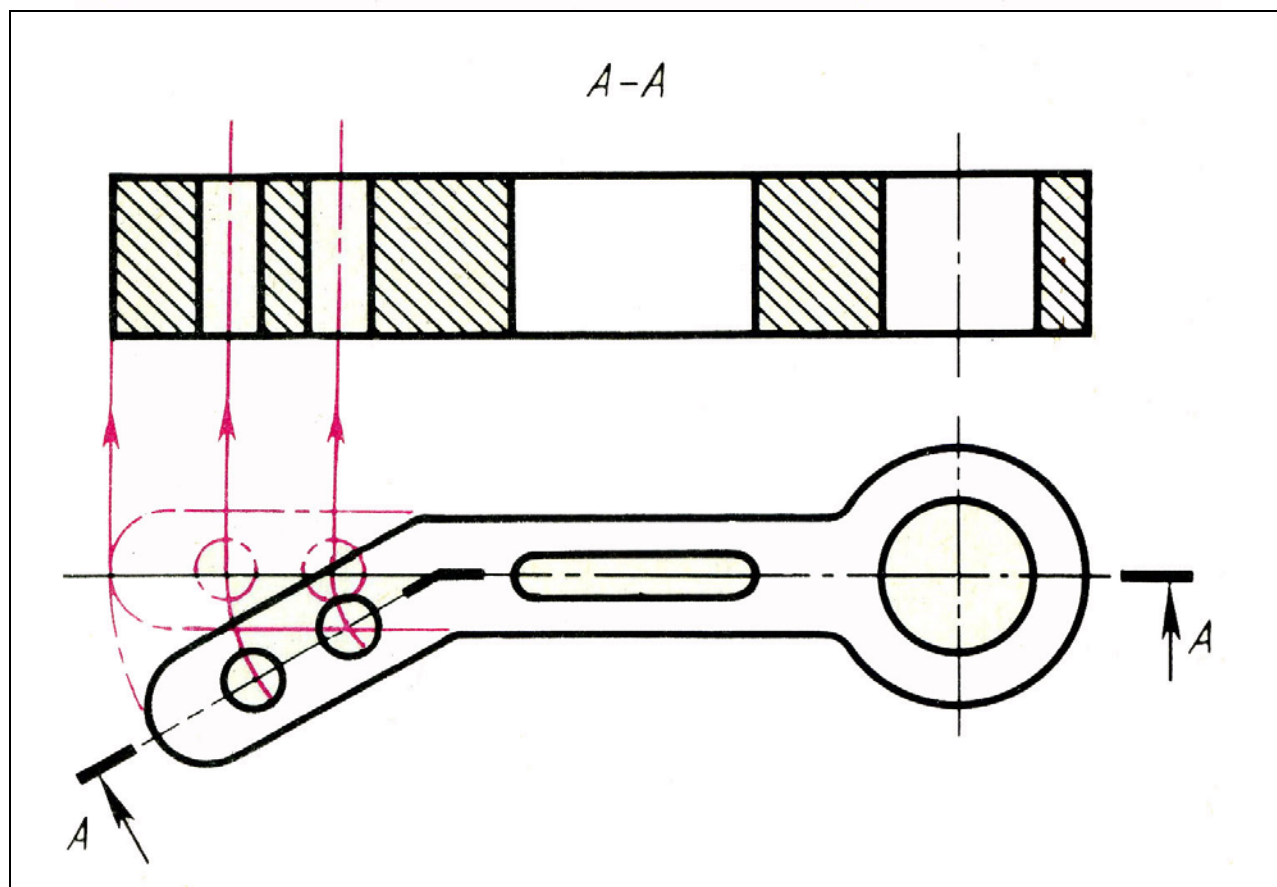
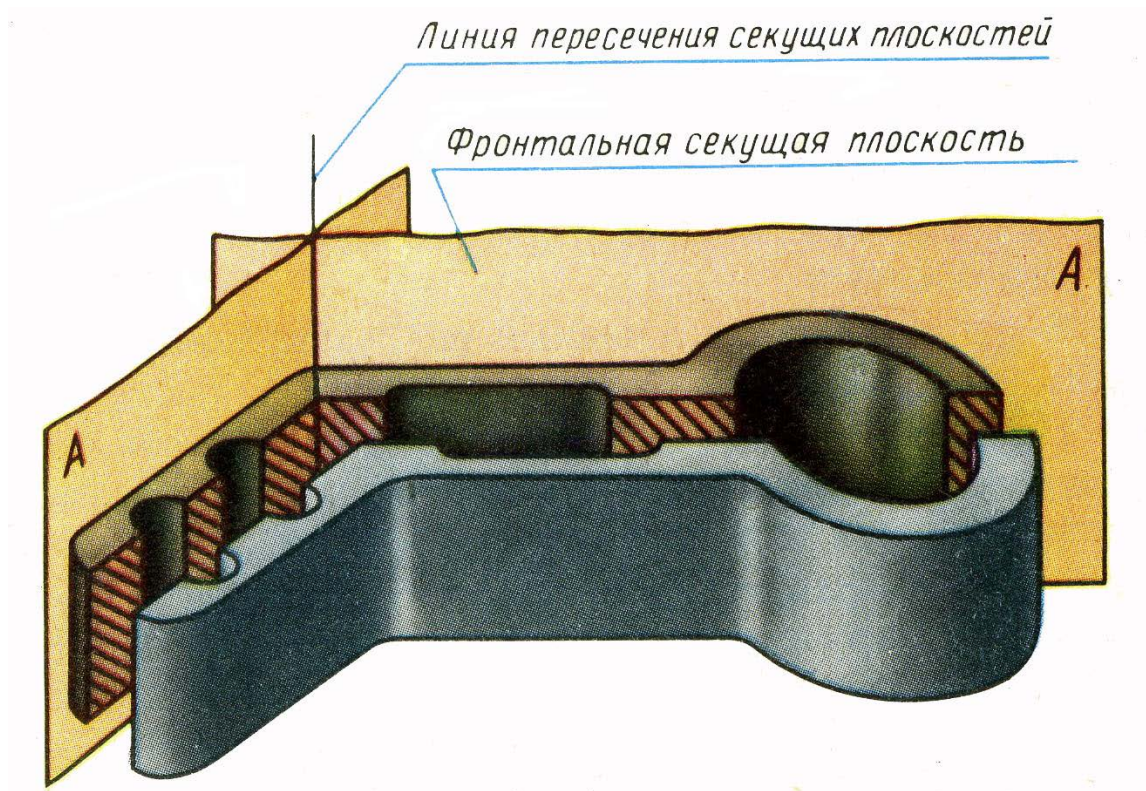
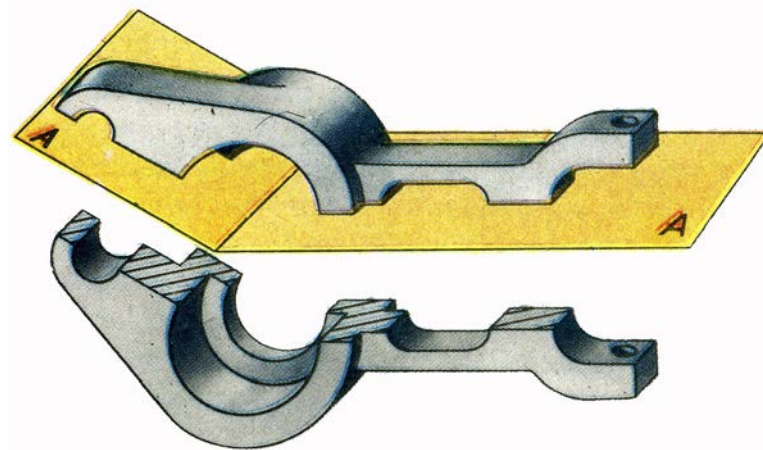
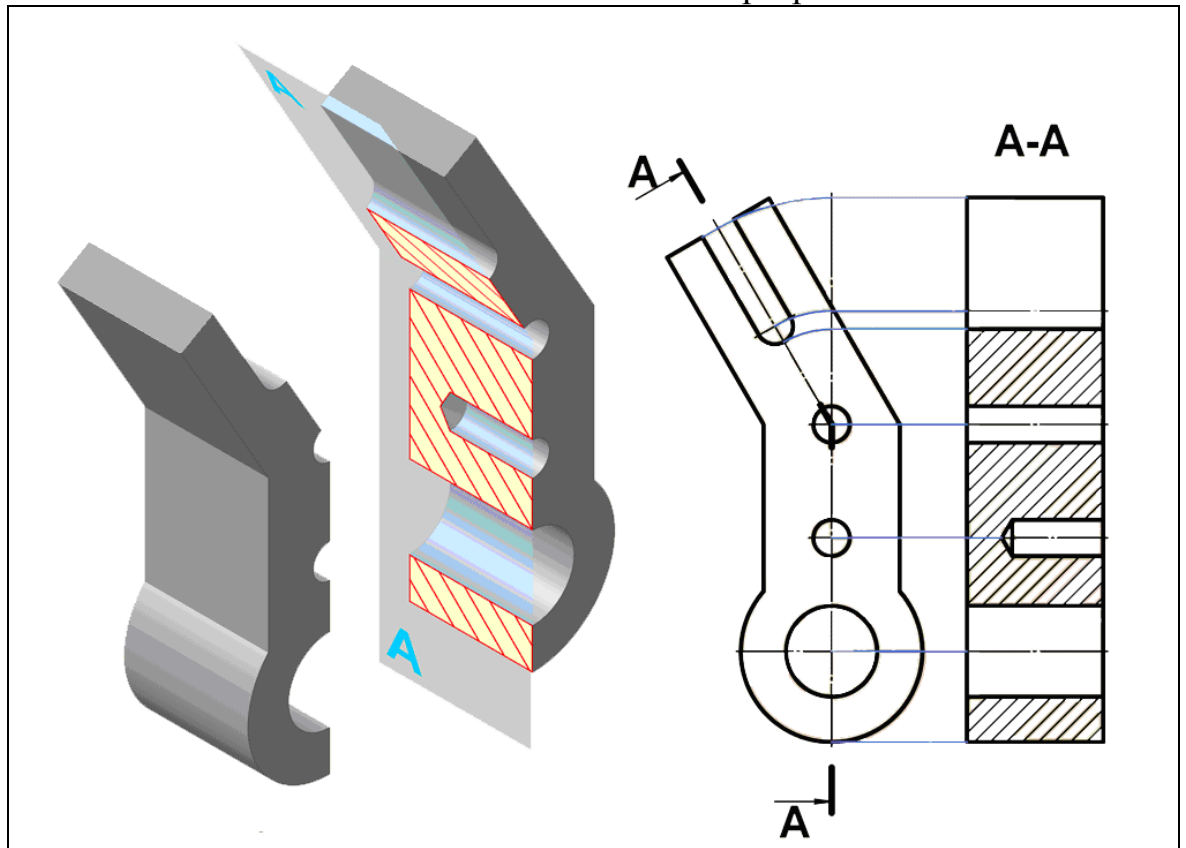


Рисунок 9. Изображение и обозначение на чертежах секущих плоскостей сложного ломаного разреза



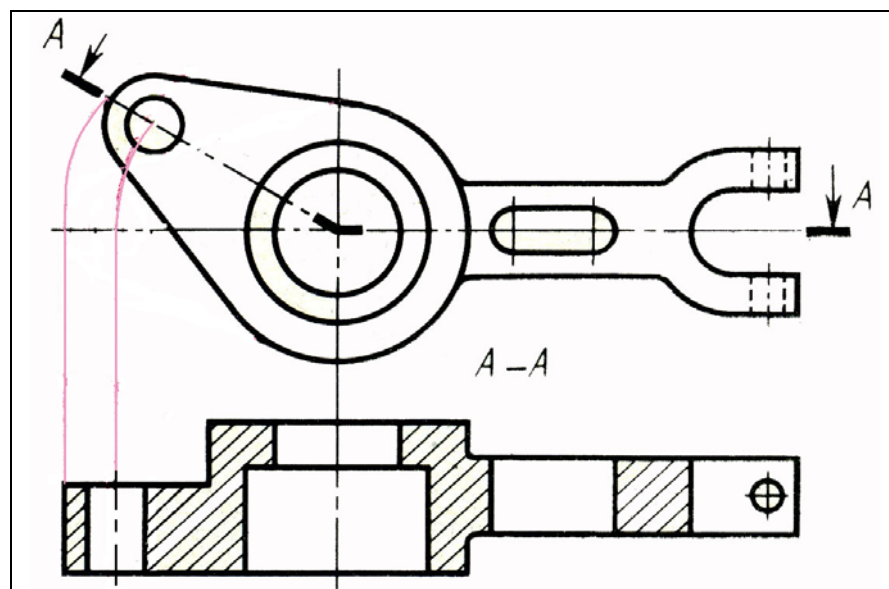
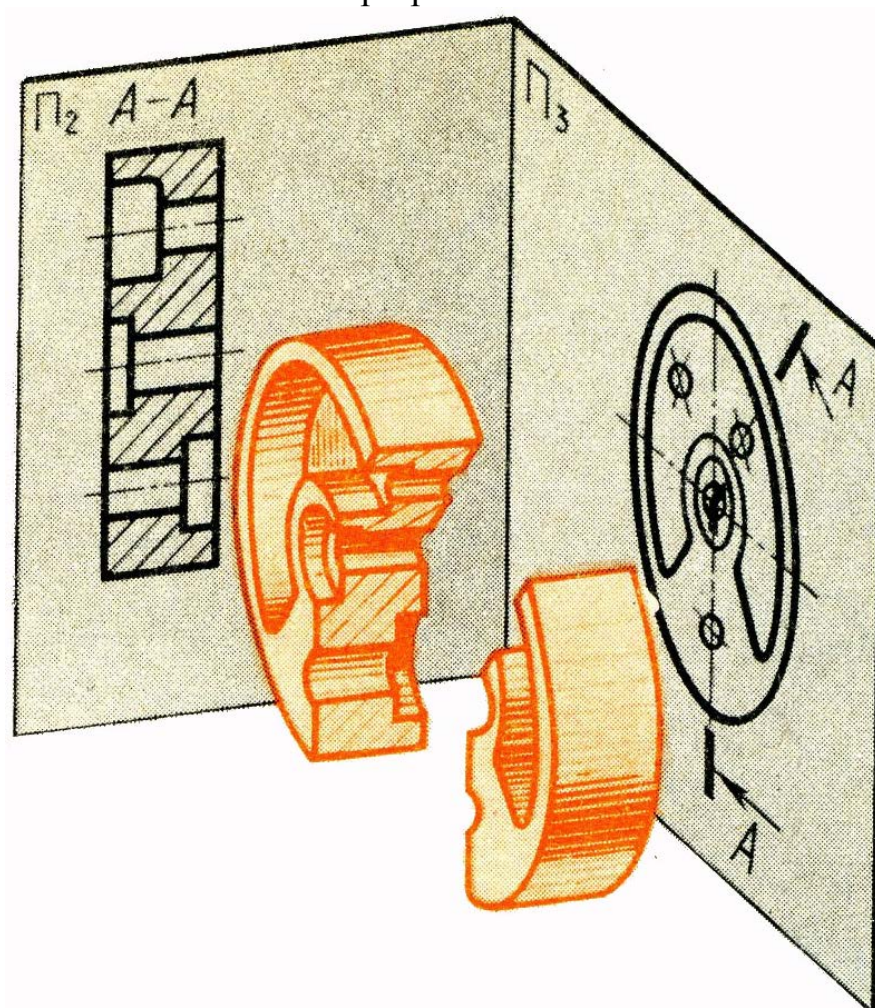


Рисунок 10. Разновидности положения и обозначение секущих плоскостей сложного ломаного разреза



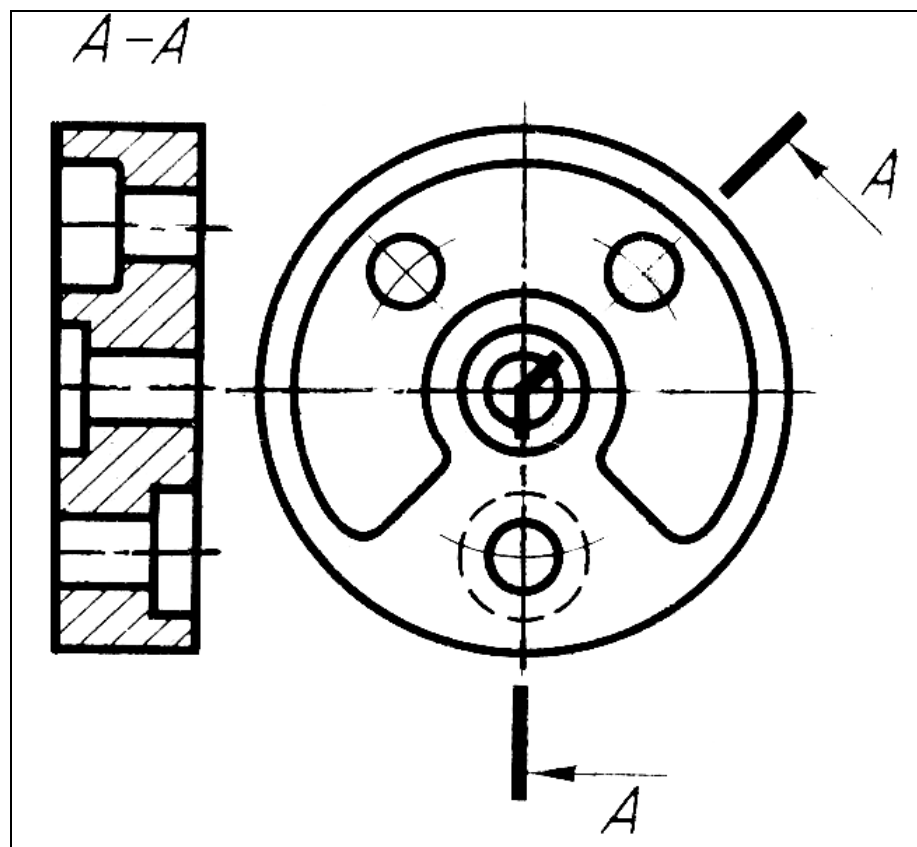


Рисунок 11. Наглядное изображение ломаного разреза относительно плоскостей проекций

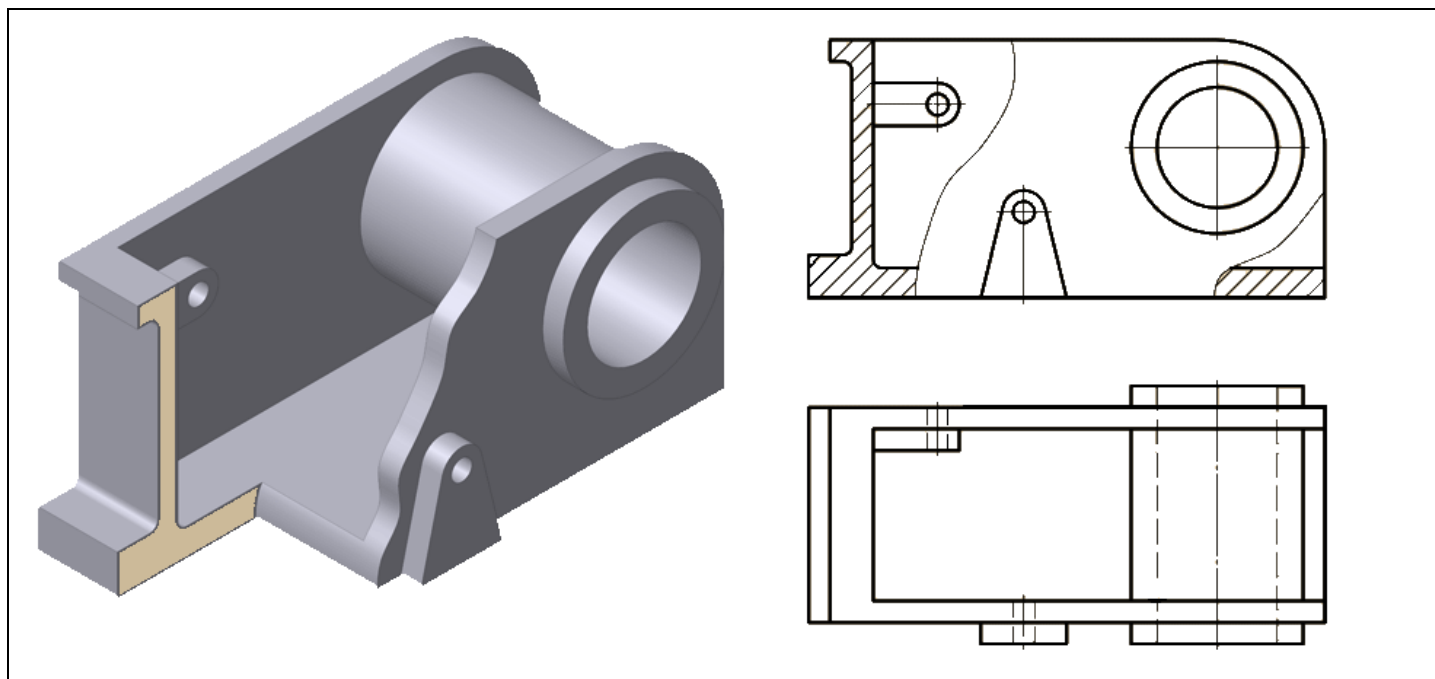


Рисунок 12. Местный разрез, ограниченный сплошной волнистой линией

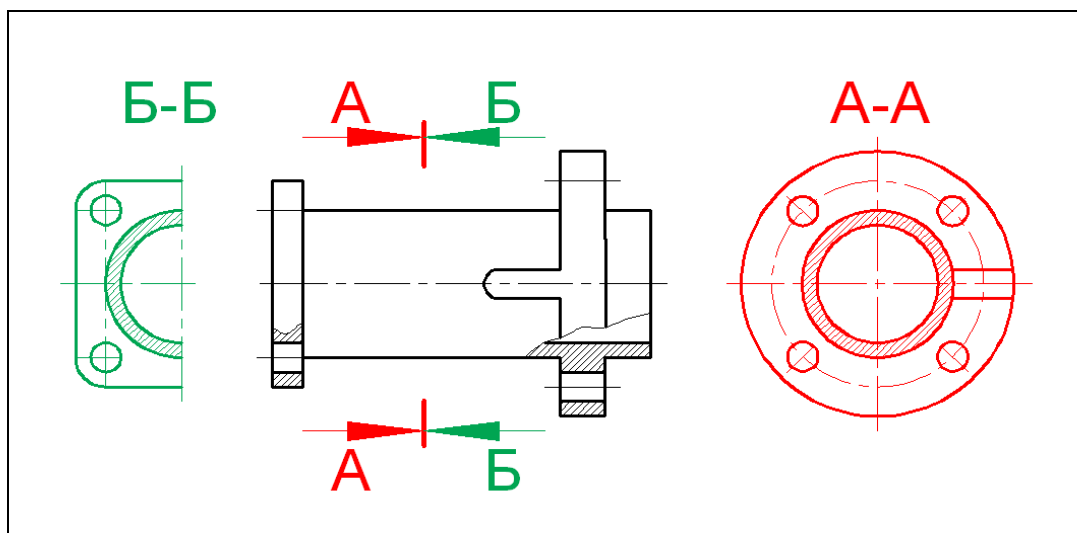


Рисунок 13. Поперечные разрезы (А-А, Б-Б) детали

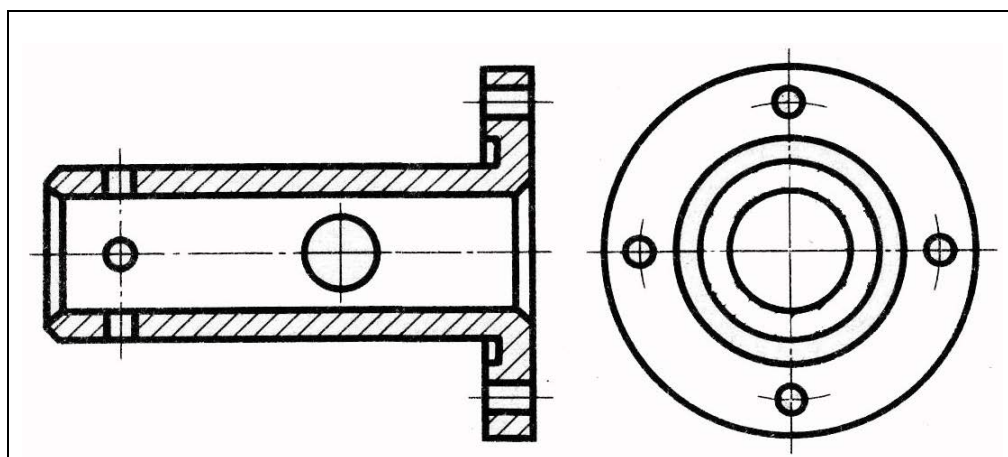


Рисунок 14. Продольный (фронтальный) разрез детали

УСЛОВНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ВИДОВ И РАЗРЕЗОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

Для простых фронтальных, горизонтальных и профильных разрезов допускается соединение в одном изображении половины вида с половиной соответствующего разреза при условии, что секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета, то есть предмет представляет собой симметричную фигуру. Если изображение разреза выполняется строго в проекционной связи с положением секущей плоскости - фронтальный разрез выполняется на месте вида спереди (или сзади), горизонтальный – на месте вида сверху (или снизу), профильный – вида слева (или справа), секущую плоскость допускается не изображать и разрез не именовать. На границе между видом и разрезом проводится штрихпунктирная осевая линия. Как правило, разрез располагается справа, а соответствующий вид – слева от осевой линии (рис. 18).

Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией или сплошной тонкой линией с изломом (рис. 15, 16, 17).

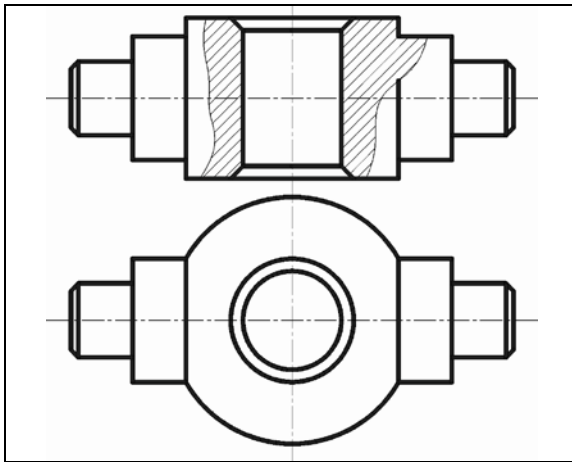


Рисунок 15. Совмещение на изображении части вида и разреза

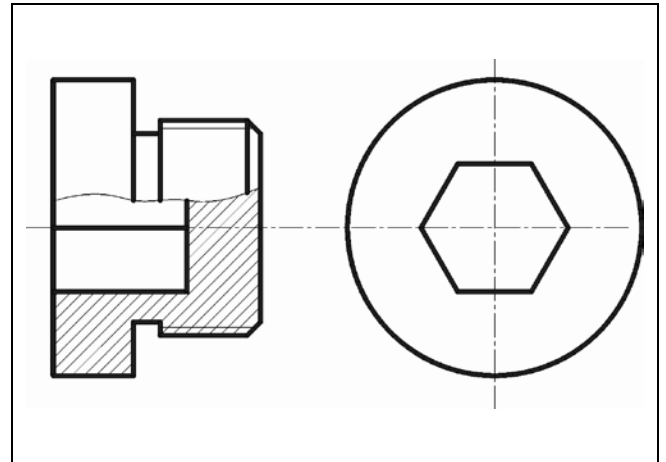


Рисунок 16. Совмещение на изображении части вида и разреза

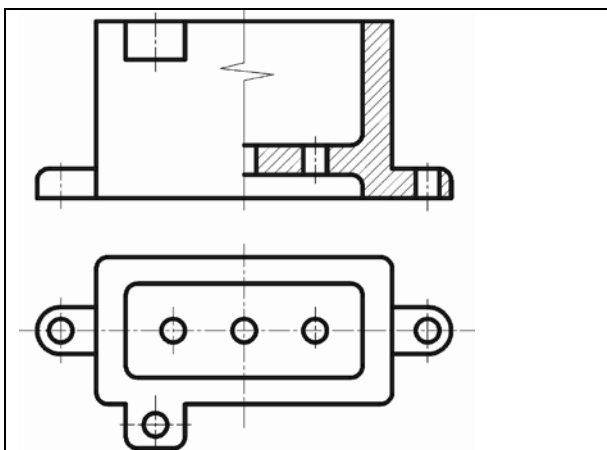


Рисунок 17. Совмещение на изображении части вида и разреза

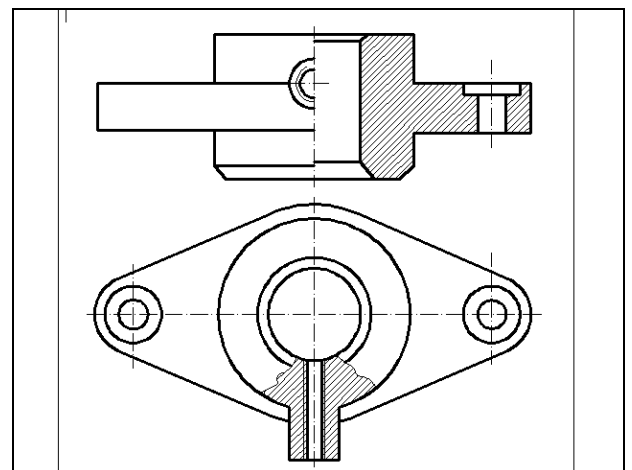


Рисунок 18. Совмещение на изображении части вида и разреза

Если в симметричной детали ось симметрии совпадает с линией контура, границу вида и разреза смещают от осевой линии в сторону вида или разреза и изображают волнистой линией, как показано на рис. 16.

Допускается также разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией (рис. 19), совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет собой тело вращения. При этом поверхность вращения должна быть ограничивающей частью предмета.

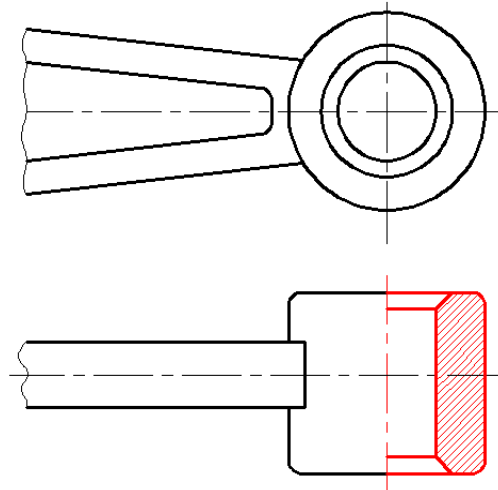


Рисунок 19. Совмещение на изображении части вида и разреза

Допускается соединять четверть вида и четверти трех разрезов: четверть вида, четверть одного разреза и половину другого и т. п. при условии, что каждое из этих изображений в отдельности симметрично.

Если секущая плоскость направлена вдоль оси, вдоль длины, вдоль толщины сплошных не пустотелых элементов или предметов (ребер жесткости, валов, осей, спиц и т.д.), названные элементы или предметы при продольных разрезах условно не заштриховываются. При построении ортогонального чертежа предмета (рис.21) тонкие стенки (ребра жесткости) в продольном разрезе условно не заштрихованы, так как секущая плоскость направлена вдоль их толщины. При поперечном разрезе такие элементы режутся по общему правилу, то есть заштриховываются. Эта условность относится также ко всем стандартным крепежным деталям – болтам, винтам, штифтам, гайкам, шайбам и т.д. Эта условность не применяется в аксонометрических (наглядных) изображениях предметов (рис.20).

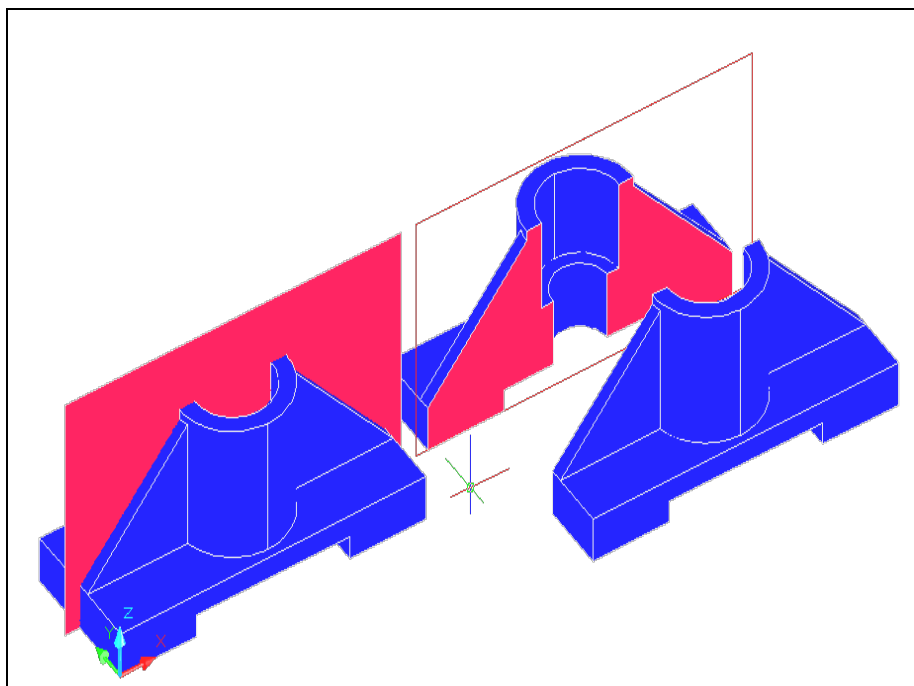


Рисунок 20. Аксонометрическое изображение предмета с ребрами жесткости (тонкими стенками)

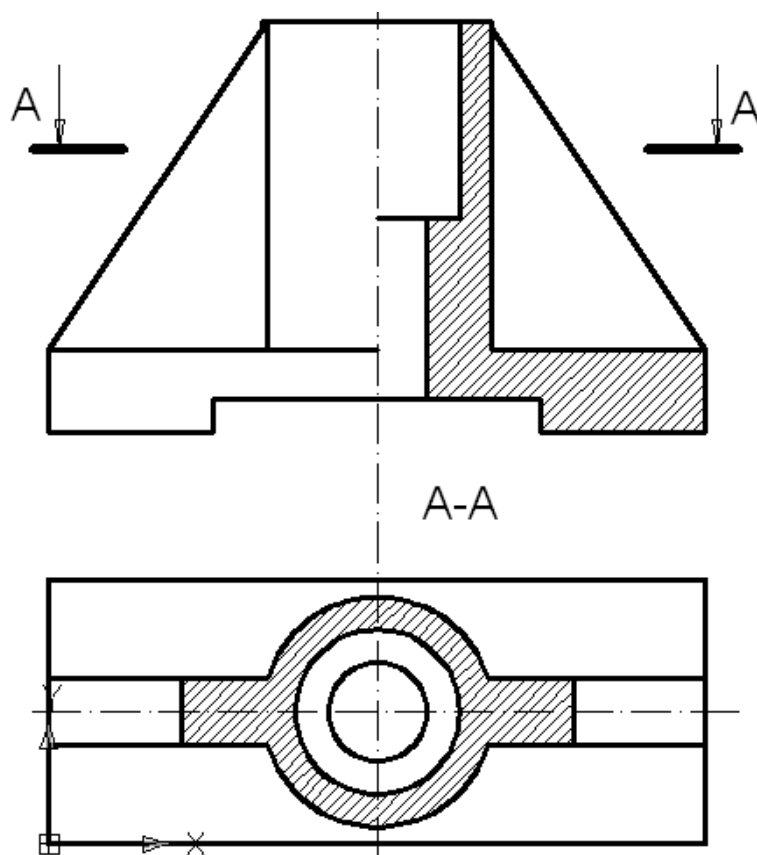


Рисунок 21. Изображение продольного фронтального и поперечного горизонтального разрезов

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, например, отверстий, то рекомендуется полностью вычерчивать один-два таких элемента, а положение остальных показать условно, например, пересечением центровых линий (рис.22).

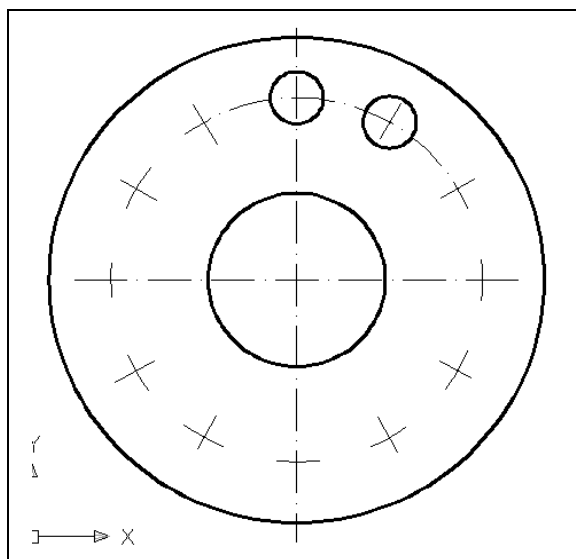


Рисунок 22

При необходимости выделения на чертеже плоских поверхностей предмета на них проводят диагонали сплошными тонкими линиями (рис.23).

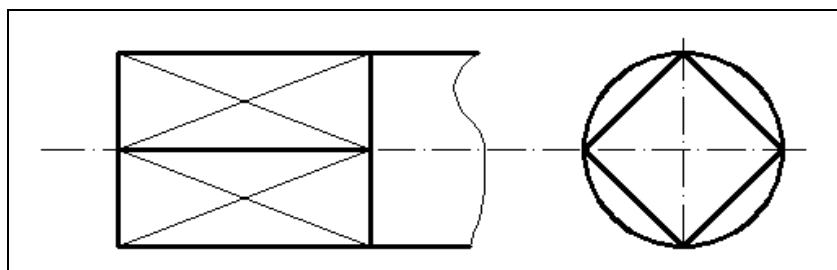


Рисунок 23

При изображении предметов, имеющих значительную длину или высоту, допускается, с целью экономии места на чертеже, изображать такие предметы с разрывом в средней части. При этом предполагается, что форма предмета по длине или высоте не меняется или изменяется равномерно. Разрыв ограничивается волнистыми линиями. Размеры предмета указываются действительные (разрыв размерной линии не допускается) (рис.24).

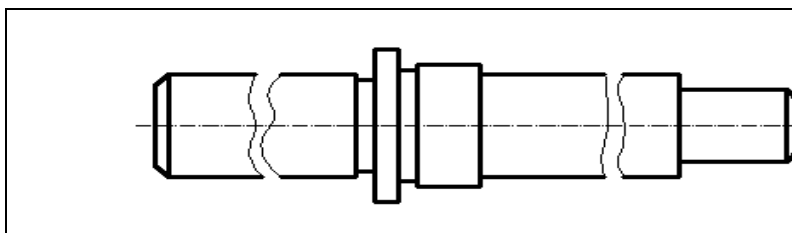


Рисунок 24

При изображении предметов, имеющих сплошную сетку, рифление и т.д., допускается изображать эти элементы лишь частично с возможными упрощениями. Например, рифление деталей на чертежах изображают сплошными тонкими линиями: прямое – параллельными, сетчатое – пересекающимися прямыми линиями под углом 30° . Условное обозначение рифления записывают в соответствии со стандартом на полке линии-выноски (рис.25).

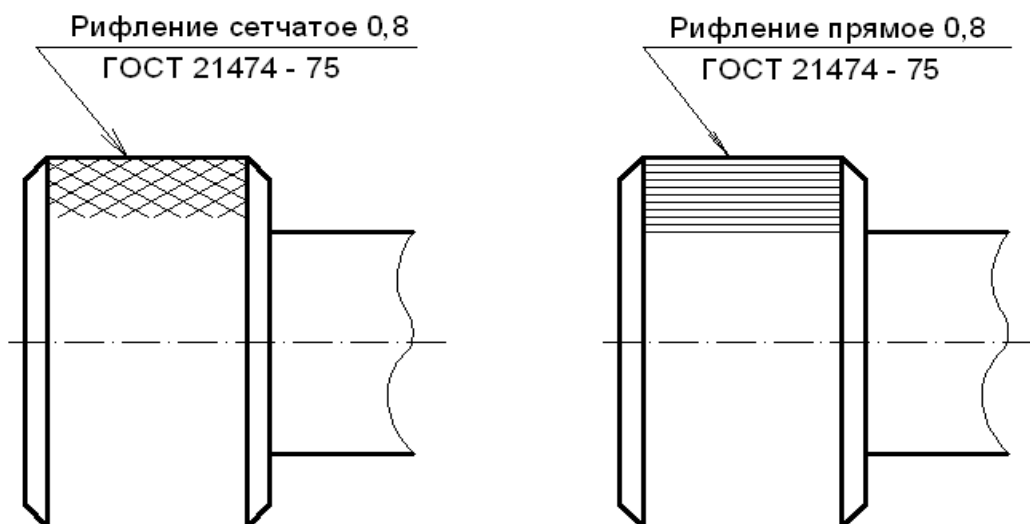


Рисунок 25

СЕЧЕНИЯ

Сечение - изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (рис. 26). На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

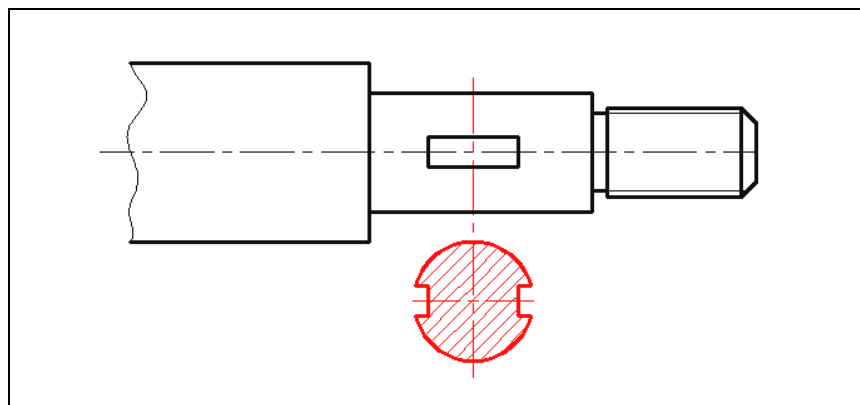


Рисунок 26. Оформление вынесенного сечения

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, разворачиваемую затем в плоскость (рис. 27).

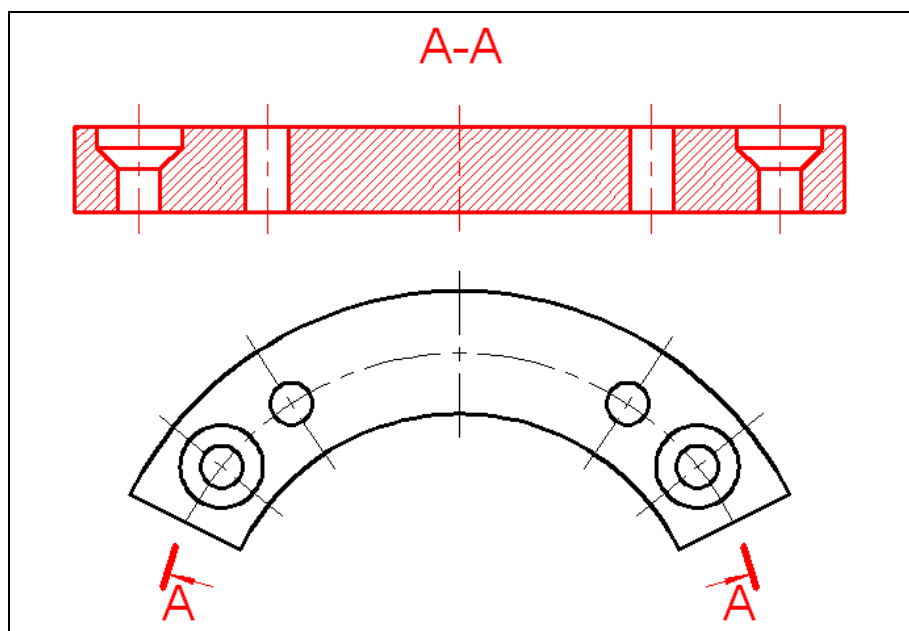
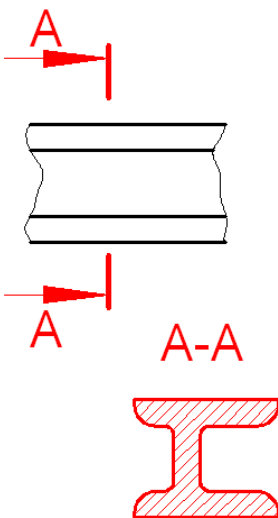
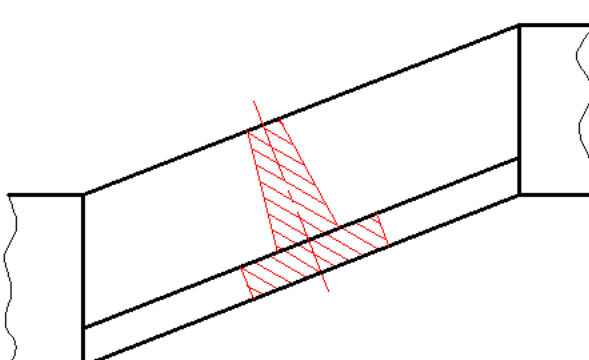


Рисунок 7. Использование цилиндрической поверхности в качестве секущей

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на:

- **вынесенные** (рис.26, 28);
- **наложенные** (рис.29).

	
Рис.28. Оформление вынесенного сечения	Рис.29. Оформление наложенного сечения

Вынесенные сечения являются более предпочтительными. Допускается располагать сечение в разрыве между частями одного и того же вида (рис.30).

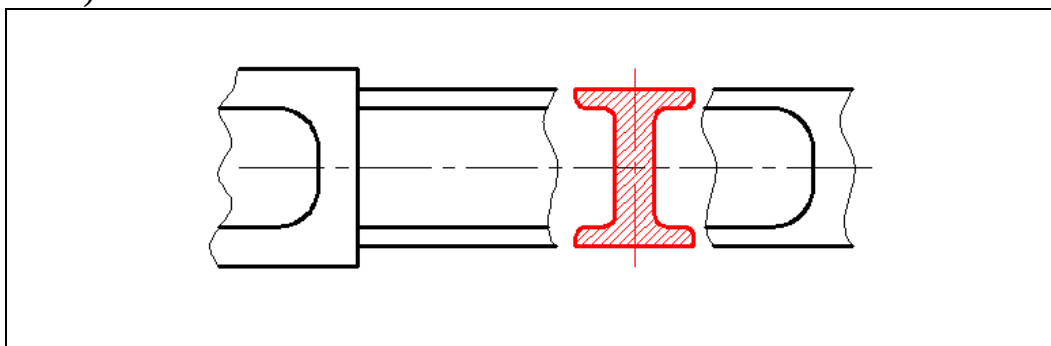


Рисунок 30. Образец оформления сечения в разрыве

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения – сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения (рис. 26, 29) указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

В случаях, подобных изображенным на рисунке 29, при симметричной фигуре сечения линию сечения не проводят.

Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают её одинаковыми прописными буквами кириллицы. Сечение сопровождают надписью по типу «А-А» (рис. 28). В строительных чертежах допускается надписывать название сечения.

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (рис. 27) или наложенных (рис. 28), направление взгляда указывают стрелками, но буквы не наносят.

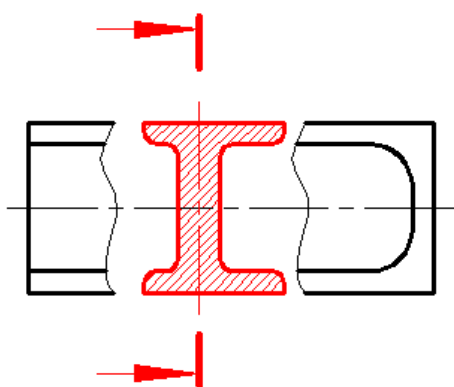


Рисунок 31. Обозначение несимметричного сечения в разрыве

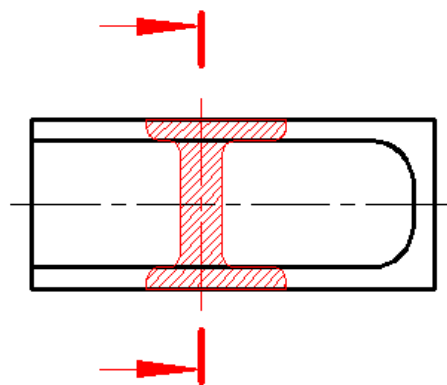


Рисунок 32. Обозначение несимметричного наложенного сечения

Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (рис. 28). Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением условного графического обозначения

Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение (рис. 33).

Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения.

Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами (рис. 30), то условное графическое обозначение

Когда расположение одинаковых сечений точно определено изображением или размерами, допускается наносить одну линию сечения, а над изображением сечения указывать количество сечений.

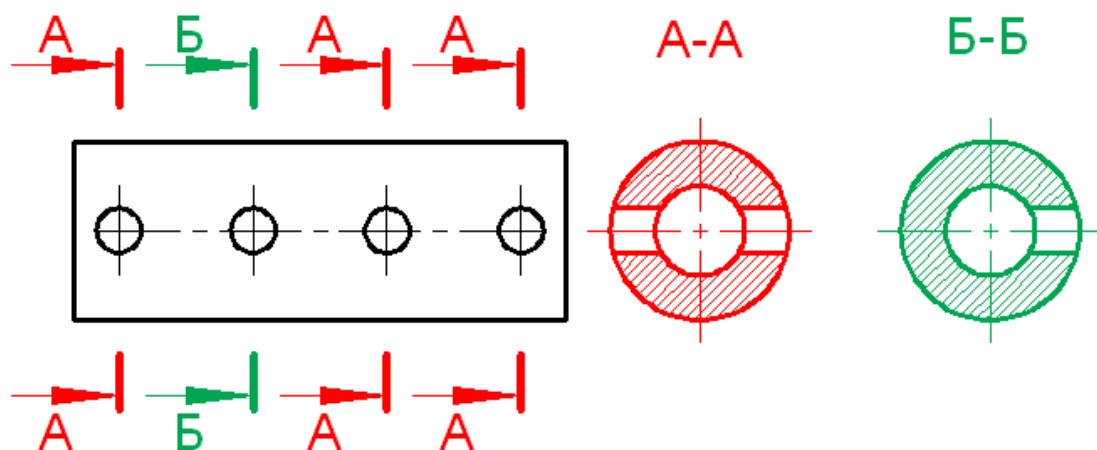


Рисунок 33. Оформление нескольких одинаковых сечений

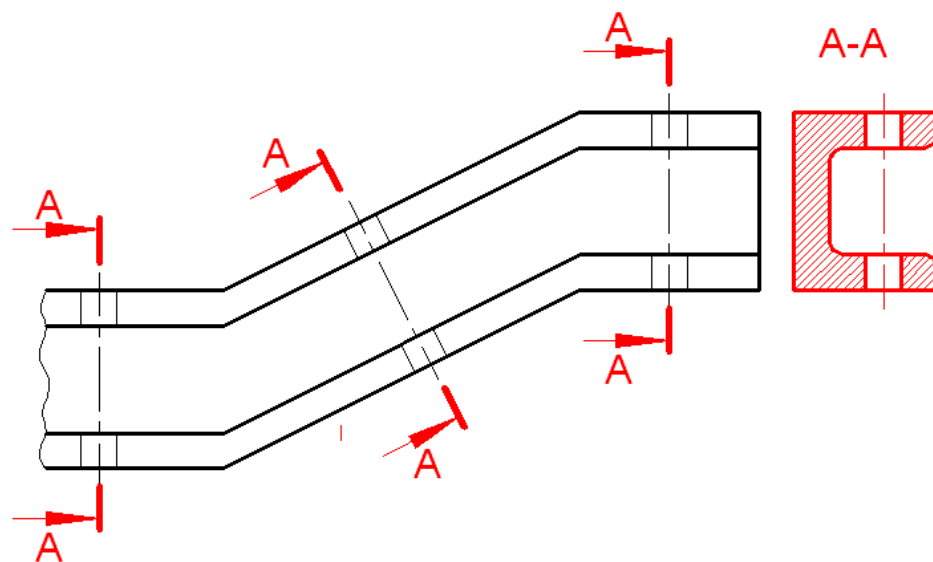


Рисунок 34. Оформление нескольких одинаковых сечений

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис. 35).

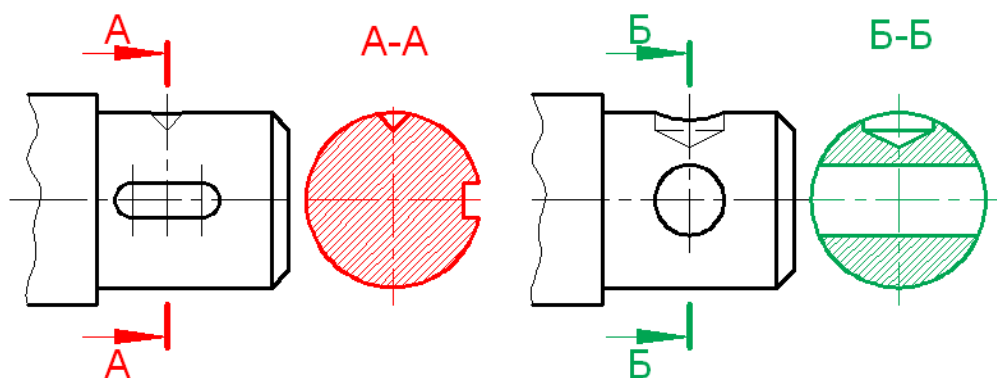


Рисунок 35. Оформление сечения, проходящего через ось поверхности вращения

1.4. ВЫНОСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Выносной элемент – это дополнительное отдельное, как правило, увеличенное изображение какой-либо части предмета, требующей пояснения в отношении формы, размеров и других данных. Выносные элементы вычерчиваются с подробностями, которые могут отсутствовать на основном изображении предмета. Выносной элемент может отличаться и по содержанию, то есть исходное изображение может быть видом, а выносной элемент – разрезом.

Для оформления выносного элемента необходимо соответствующее место на основном изображении обвести тонкой волнистой линией или окружностью. На полке линии-выноски указывают заглавную букву кириллицы. Над изображением выносного элемента указывают ту же букву, а в скобках – масштаб, в котором выполнен выносной элемент (рис.35).

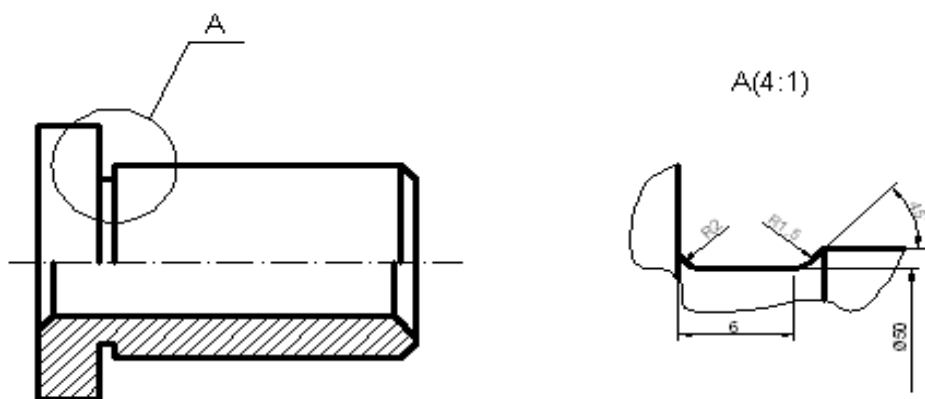


Рисунок 35

ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ

Основные требования

Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже.

Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, называются справочными. К ним относятся один из размеров замкнутой цепи, габаритные размеры на сборочном чертеже и другие. Такие размеры

отмечают знаком «*», а в технических требованиях записывают: «*Размеры для справок».

Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, за исключением строительных чертежей.

На чертежах различают размеры **линейные** и **угловые**.

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах, без обозначения единицы измерения.

Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах с обязательным обозначением единицы измерения, например: 30° ; $41^\circ 30'$ и т.д.

Размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, проставляют, как правило, от единой базы с учетом возможностей выполнения и контроля этих размеров.

Базой называется сочетание поверхностей, линий или точек, определяющих положение детали в механизме или при обработке. Различают **конструкторские** и **технологические базы**.

Конструкторской базой называется сочетание поверхностей, линий или точек, определяющих положение детали в механизме.

Технологической базой называется сочетание поверхностей, линий или точек, определяющих положение детали при обработке или измерении.

Деталь может иметь не одну, а несколько или конструкторских или технологических баз (рис.1).

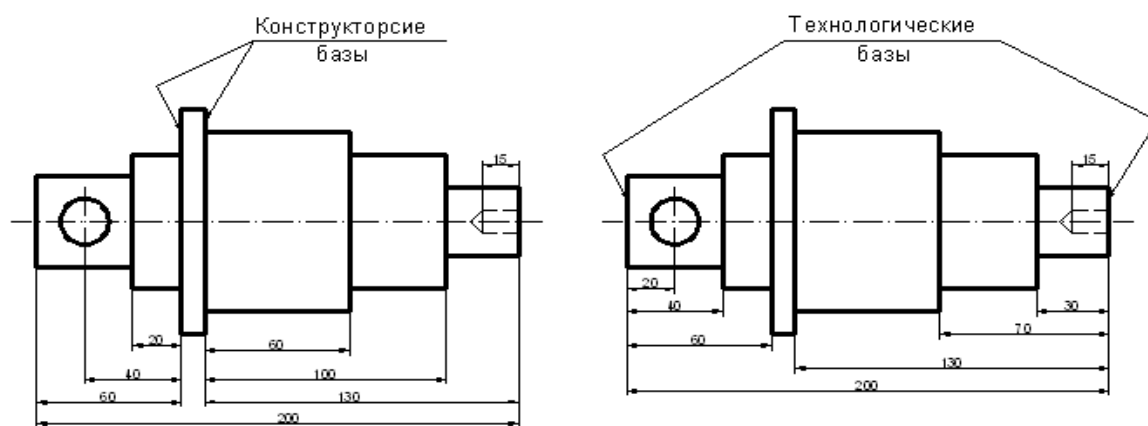


Рисунок 1

При расположении элементов предмета (отверстий, пазов и т.д.) на одной оси или окружности размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующим образом:

- от общей базы – **базовые размеры** (рис.2а);
- задание размеров между смежными элементами – **цепочкой (продолженные)** (рис.2б).

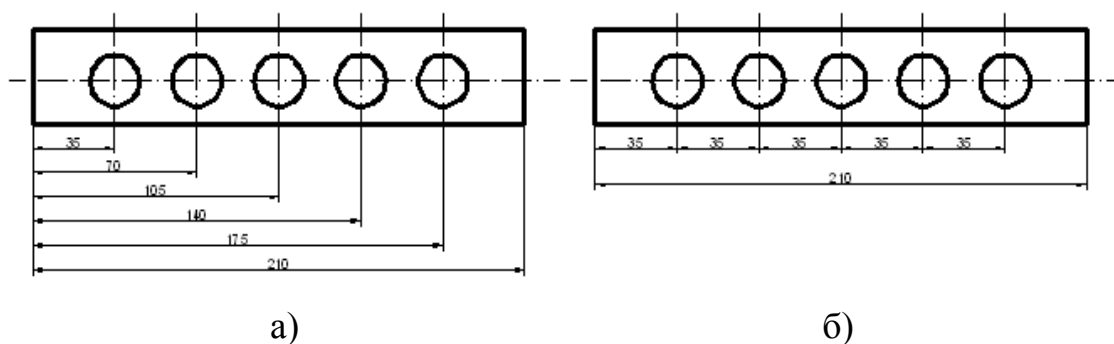


Рисунок 2

Размеры на чертежах **не допускается** наносить **замкнутой цепочкой**, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный.

Размеры, определяющие положение симметрично расположенных поверхностей у симметричных изделий, наносят, как показано на рис.3а, б. Здесь присутствуют **скрытые базы** отсчета, которыми являются **центровые (осевые) линии** отверстия, расположенного по центру изделия.

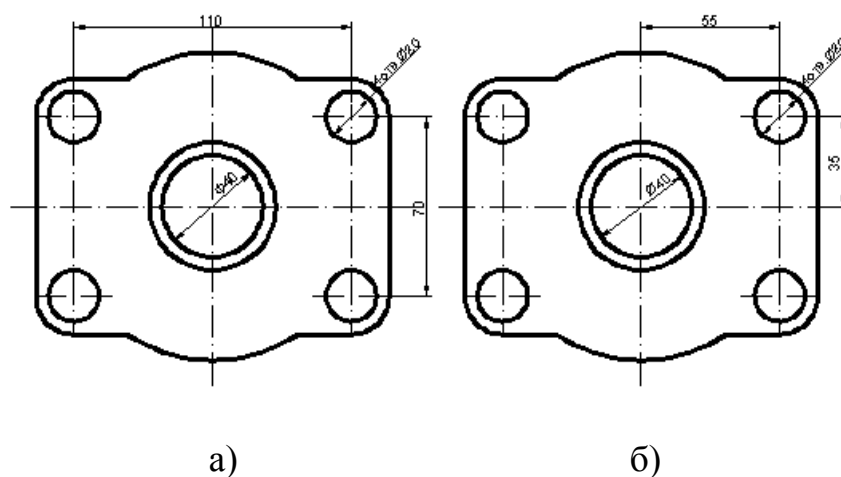


Рисунок 3

Нанесение размеров

Размеры на чертежах указывают **размерными числами** и **размерными линиями**. При нанесении размеров следует руководствоваться требованиями, рекомендациями и допущениями **ГОСТ 2.307 – 68**.

Размерные и выносные линии

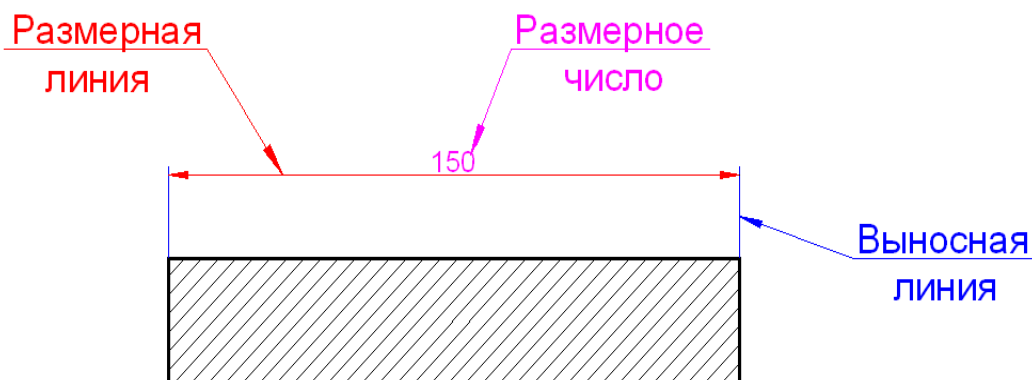


Рисунок 2. Составляющие элемента размера

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии – перпендикулярно размерной линии (рис.2). Размерная линия заканчивается стрелками.

При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в вершине этого угла, а выносные линии – радиально (рис.3).

Размерную линию для указания диаметра окружности проводят или вне окружности, или через ее центр (рис.4).

Размерную линию радиуса дуги проводят между дугой (или ее продолжением) и центром дуги (рис.5).

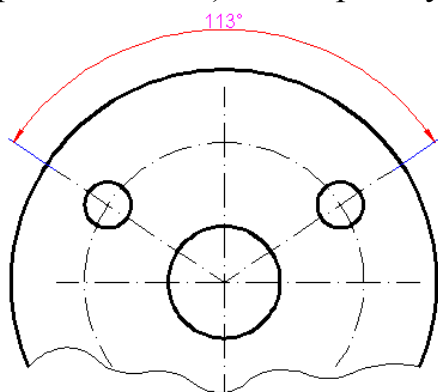


Рисунок 3

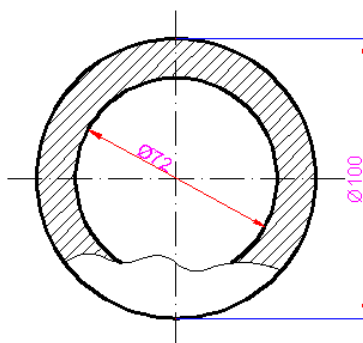


Рисунок 4

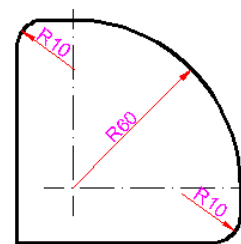


Рисунок 5

Размерные линии не должны являться продолжением каких-либо линий чертежа. Как правило, размерные линии наносят вне контура изображения.

Следует избегать взаимного пересечения размерных и выносных линий. С этой целью размеры наносят по принципу «от меньшего к большему». Это значит, что меньший размер располагается ближе к контуру изображения.

Не допускается пересечение размерных линий между собой.

Первая размерная линия от контура изображения наносится на расстоянии не менее 10 мм. Расстояние между параллельными размерными линиями составляет 7...10 мм. Выносная линия должна выступать за размерную линию на расстояние в 2...5 мм.

Если предмет изображен с разрывом, размерная линия не прерывается (рис.6).

Размерные линии для внутренних и наружных размеров рекомендуется располагать по разные стороны изображения (рис.7).

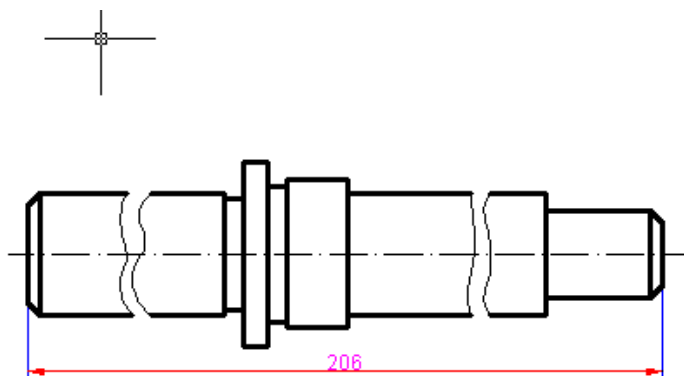


Рисунок 6

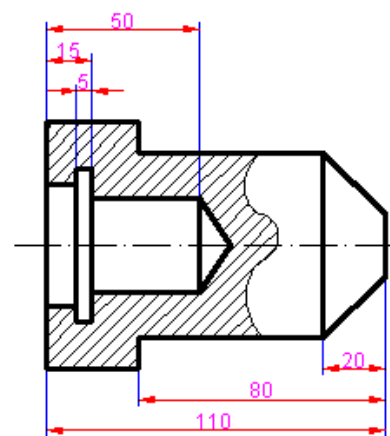


Рисунок 7

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, отверстию, выступу и т.д.) рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, где геометрическая форма элемента показана наиболее полно (рис.8).

Если вид или разрез симметричного предмета изображают частично, только до оси симметрии или чуть больше, то размерные линии таких элементов проводят с обрывом, и обрыв размерной линии делают несколько дальше осевой линии или линии обрыва (рис.9).

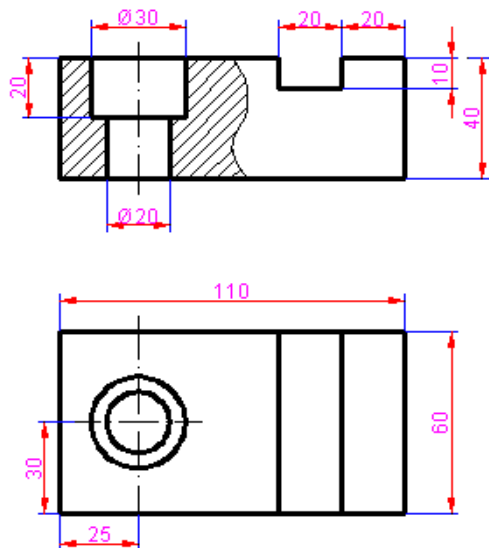


Рисунок 8

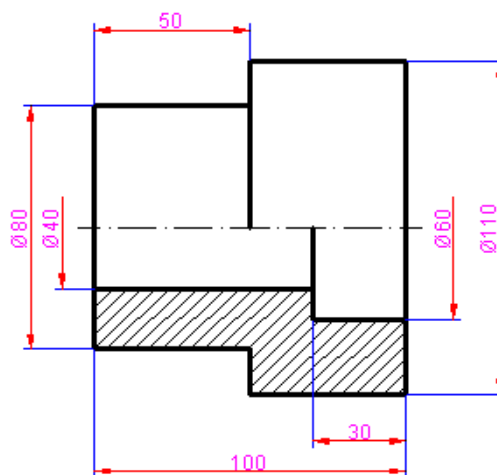


Рисунок 9

В случаях, показанных на рисунках 10 и 11, размерную линию и выносные линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовывали параллелограмм (выносные линии обязательно должны быть параллельны между собой).

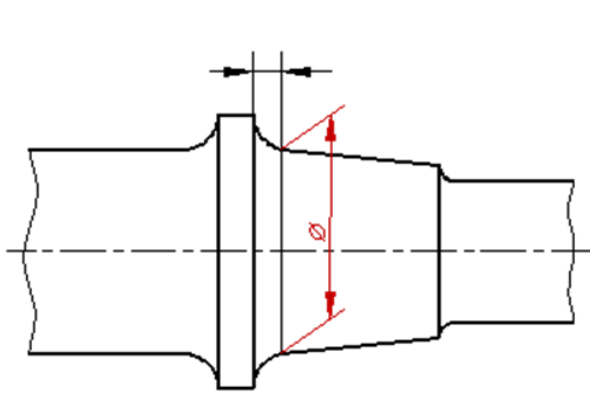


Рисунок 10

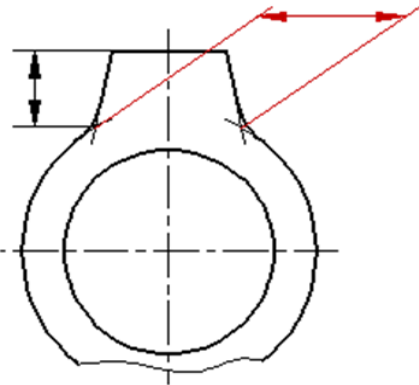


Рисунок 11

Размерные стрелки

Размерные линии с обоих концов ограничиваются стрелками, упирающимися в выносные линии.

Стрелки размерных линий имеют вид острых углов. Величину стрелок выбирают в зависимости от толщины s линий видимого контура. Рекомендуется длину стрелок брать в пределах 4...6 мм. Форма стрелки и примерное соотношение элементов показано на рис.12.

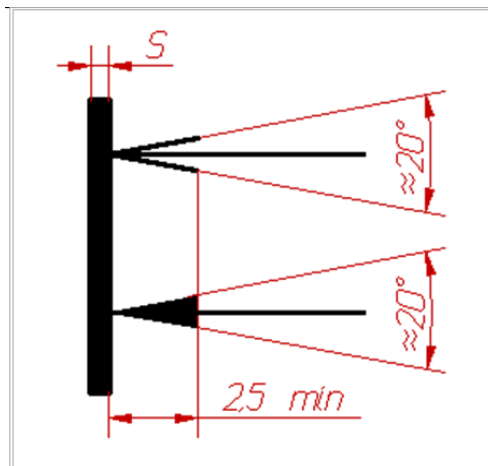


Рисунок 12

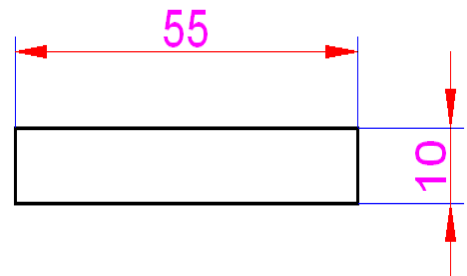


Рисунок 13

Если стрелки не вмещаются в пределах размерной линии, их наносят за выносными линиями на продолжениях размерной линии (на рис.13 вертикальный размер 10).

При нанесении размеров цепочкой при недостатке места для промежуточных стрелок в пределах размерных линий допускается вместо них использовать засечки под углом 45° или четко наносимые точки (рис 14).

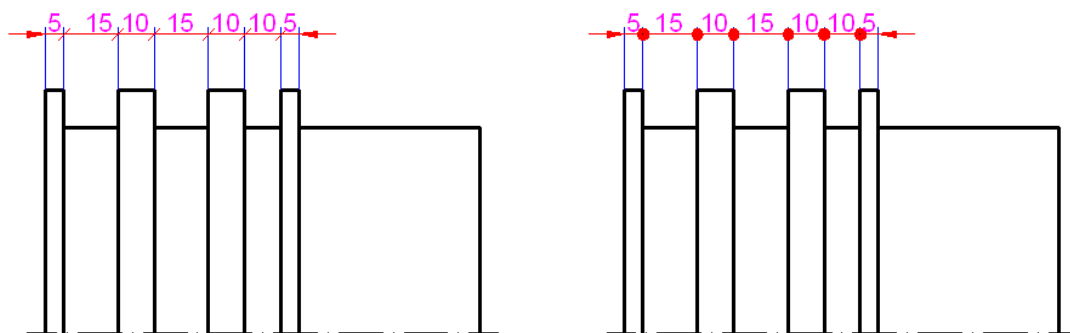


Рисунок 14

При недостатке места для стрелок из-за близко расположенных линий видимого контура последние необходимо прерывать в местах расположения стрелок (рис.15).

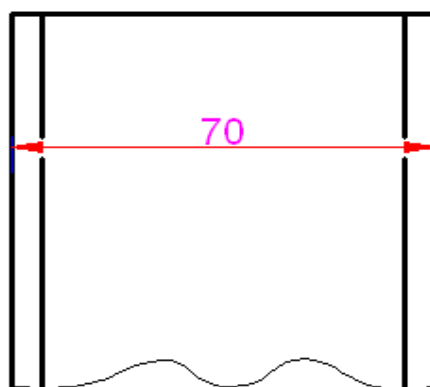
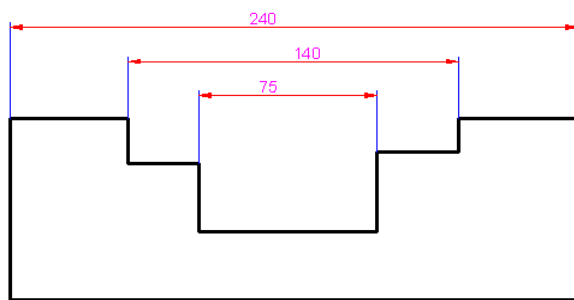


Рисунок 15

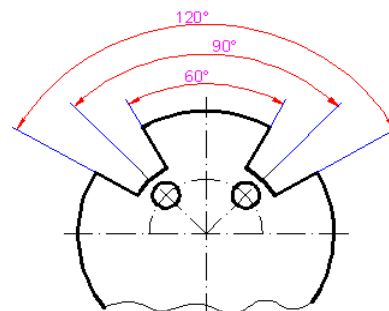
Размерные числа

Размерные числа наносят над размерной линией, параллельно ей и возможно ближе к середине (рис.13, 14, 15).

При нанесении нескольких параллельных размеров на небольшом расстоянии друг от друга следует располагать размерные числа в «шахматном порядке» (рис.16 а, б).



а)



б)

Рисунок 16

При различных наклонах размерных линий размерные числа располагают, как показано на рис.17.

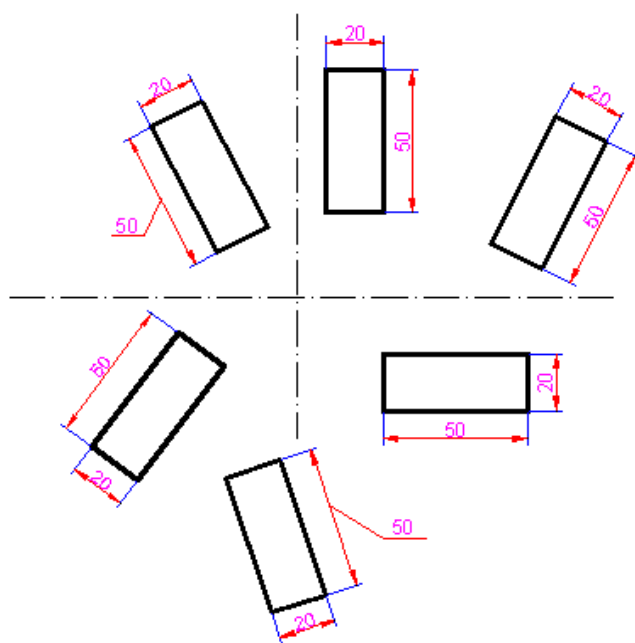


Рисунок 17

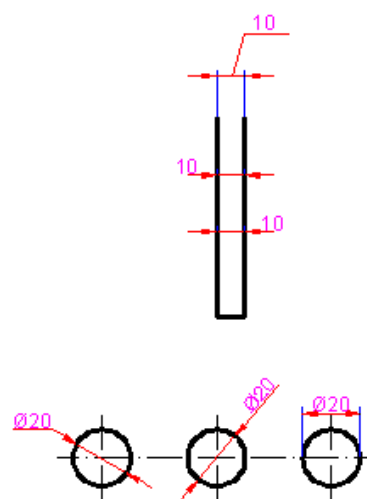


Рисунок 18

Если при нанесении размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят на ее продолжении или на полке линии-выноски (рис.18).

При нанесении угловых размеров (рис.19) в зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерной дугой со стороны выпуклости; в зоне, расположенной ниже горизонтальной линии, - со стороны вогнутости размерной дуги. Не рекомендуется наносить размерные числа в зоне заштрихованного угла 30° . В случае необходимости размерные числа наносятся на полках линий-выносок (размеры 10° и 33°).

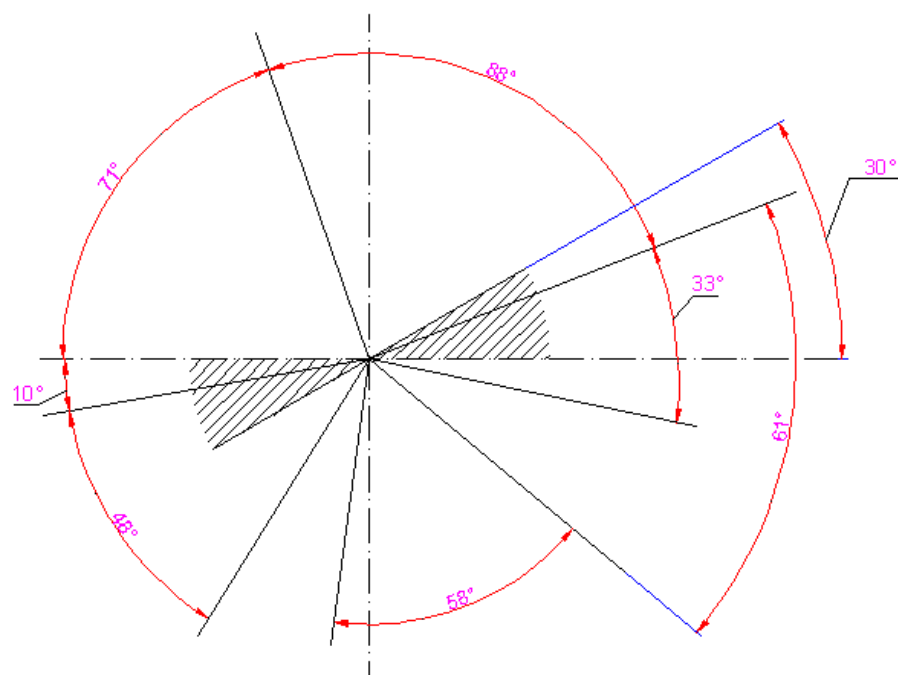


Рисунок 19

Размеры радиусов и диаметров

Если дуга окружности, изображающая поверхность вращения детали, имеет угол больше 180° , то на чертеже всегда наносят диаметр. Для дуги окружности с углом, меньшим 180° , наносят радиус. При нанесении размера радиуса перед размерным числом всегда указывают прописную букву **R**. Размерную линию оканчивают одной размерной стрелкой, указывающей на дугу окружности (рис.5, 20, 21).

При указании размера диаметра во всех случаях перед размерным числом наносят знак « $\varnothing$ ». Общая высота знака должна быть равна высоте размерного числа (рис.4, 8, 9, 18, 23).

Центр окружности всегда отмечается пересечением центровых линий. Для дуги окружности центровые линии наносятся в том случае, если необходимо указывать координаты центра.

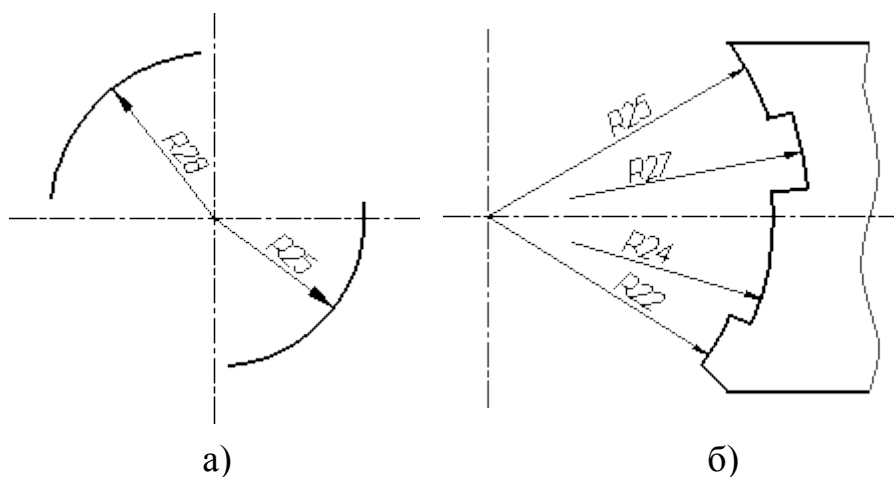
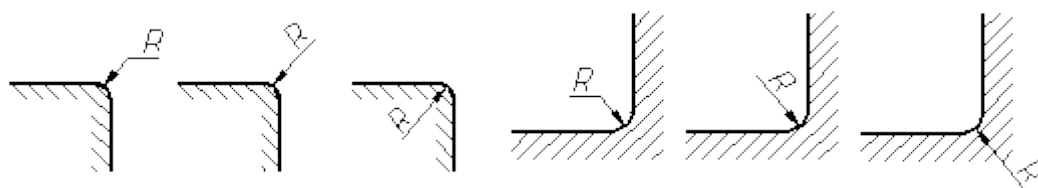


Рисунок 20 Нанесение размеров радиусов из одного центра



а)

б)

Рисунок 21. Нанесение размеров радиусов наружных (а) и внутренних (б) скруглений

Если при большой величине радиуса центр не может быть указан в пределах чертежа, но необходимо показать координаты его положения, то допускается проводить размерную линию с изломом под углом 90° (рис.22).

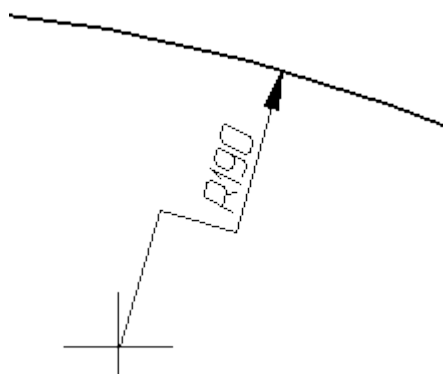


Рисунок 22

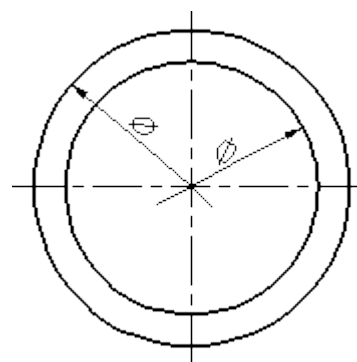
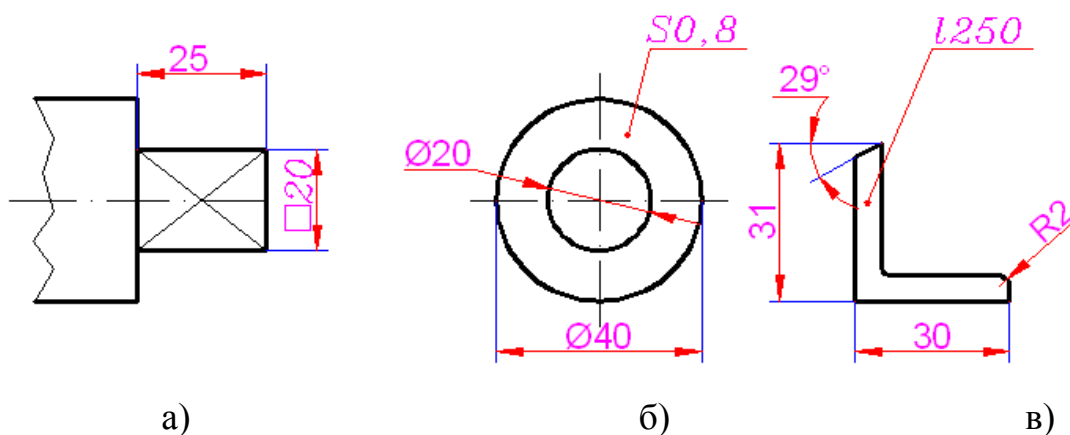


Рисунок 23. Нанесение размеров диаметров окружностей

Другие условные знаки и надписи

Для указания размера детали с квадратным сечением перед размерным числом указывают знак квадрата « $\square$ » (рис.24а). При изображении детали в одной проекции для обозначения толщины используется прописная буква **S** (рис.24б), а длины – строчная буква **l** (рис.24в).



а)

б)

в)

Рисунок 24

Размеры фасок

Фаска есть коническое притупление угла между цилиндрической поверхностью детали и торцевой плоскостью.

Если фаска выполнена под углом 45° , то ее размер указывают в виде произведения высоты конуса фаски на величину угла наклона образующей конуса к оси детали (рис.25). Если угол фаски отличен от 45° , то размеры указывают по общим правилам, то есть отдельно наносятся линейный и угловой размеры или два линейных размера (рис.26).

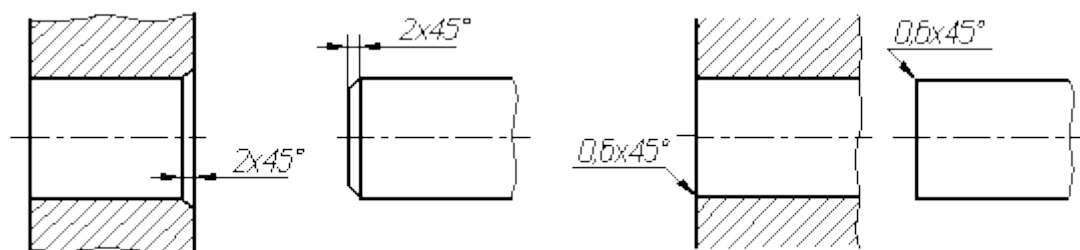


Рисунок 25

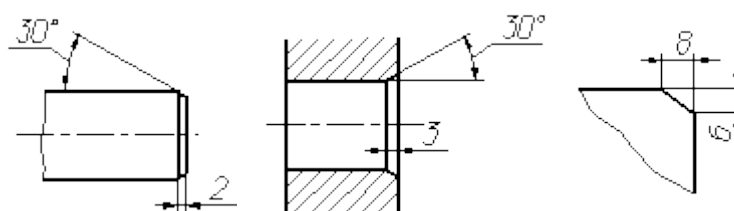


Рисунок 26

Нанесение размеров нескольких одинаковых и симметрично расположенных элементов детали

Вместо многократного повторения размеров одинаковых элементов (например, отверстий, пазов, фасок и т.д.) рекомендуется наносить размеры одного элемента с указанием на первом месте количества этих элементов (рис.27). Допускается количество элементов указывать под размерной линией.

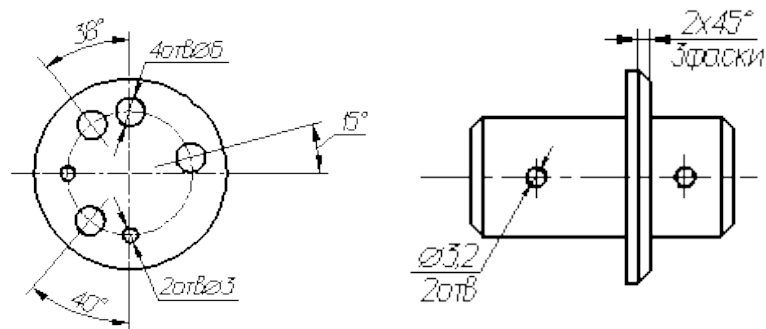


Рисунок 27

При нанесении размеров элементов, расположенных равномерно по дуге окружности изделия, вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, например, отверстий, указывают их количество и диаметр осевой окружности (рис.28).

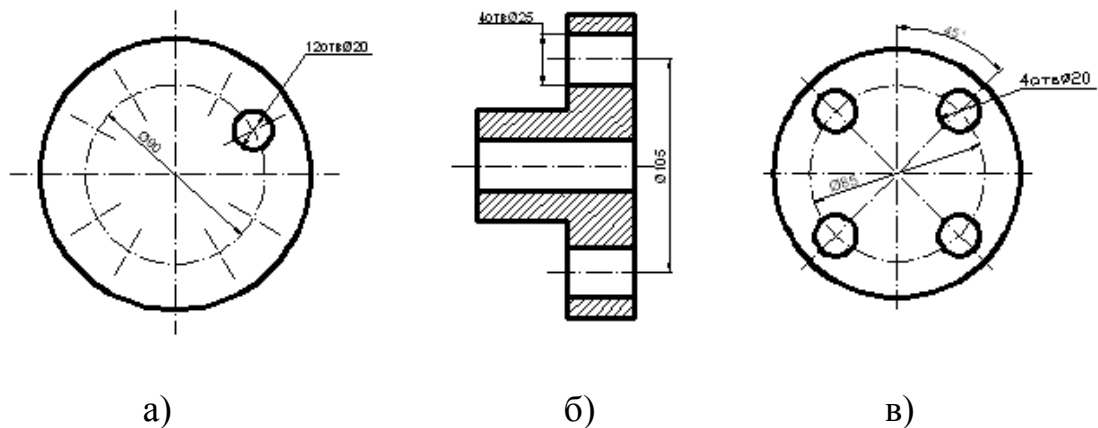


Рисунок 28

При нанесении размеров, определяющих расстояния между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия, рекомендуется вместо размерных цепей нанести размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (рис.29).

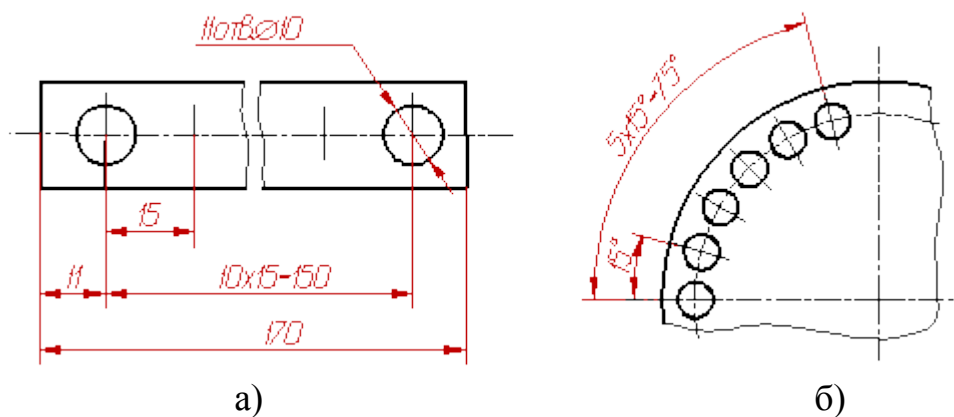
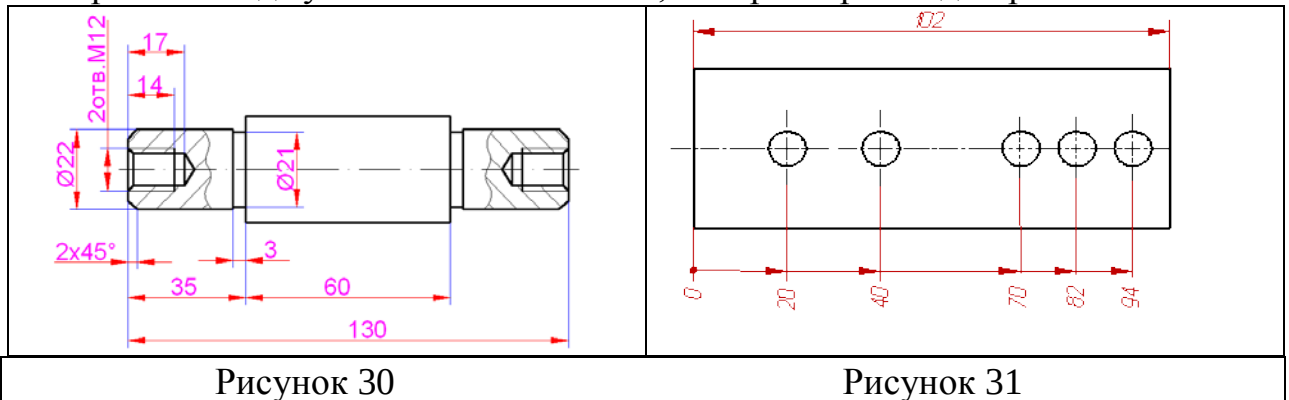


Рисунок 29

Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий) наносят только один раз без указания их количества, группируя, как правило, все размеры в одном месте (рис.30). Количество одинаковых отверстий всегда указывают полностью, а их размеры – один раз.



При большом количестве размеров, нанесенных от общей базы, допускается наносить линейные и угловые размеры, как показано на рис.32. При этом проводят общую размерную линию от отметки «0» и размерные числа наносят в направлении выносных линий у их концов.

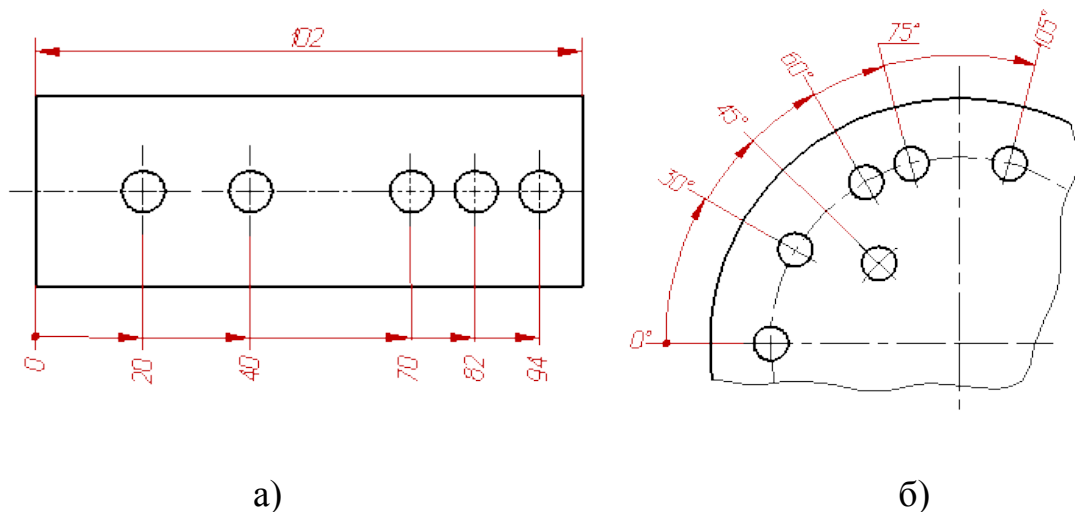
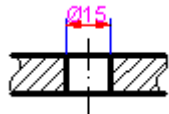
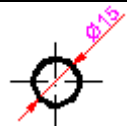


Рисунок 32

Если отсутствует изображение отверстия в разрезе (сечении) вдоль оси, то размеры отверстия записывают так, как это показано на рис.33.

Изображение отверстий и нанесение размеров	
в разрезе	на виде (при отсутствии разреза)
	

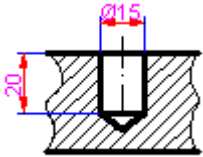
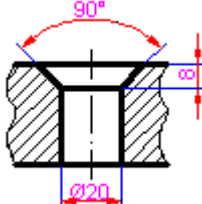
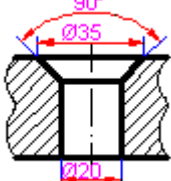
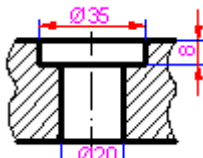
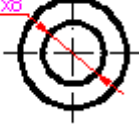
 Technical drawing showing a cross-section of a hole in a material. The hole has a diameter of $\varnothing 15$ and a depth of 20. The hole is tapered, with a 90-degree angle indicated by a red arc.	 Technical drawing showing the end view of a hole. The hole has a diameter of $\varnothing 15$ and a depth of $h20$. The hole is tapered, with a 90-degree angle indicated by a red arc.
 Technical drawing showing a cross-section of a hole in a material. The hole has a diameter of $\varnothing 20$ and a depth of 20. The hole is tapered, with a 90-degree angle indicated by a red arc.	 Technical drawing showing the end view of a hole. The hole has a diameter of $\varnothing 20$, a depth of $h8$, and a 90-degree angle indicated by a red arc.
 Technical drawing showing a cross-section of a hole in a material. The hole has a diameter of $\varnothing 35$ and a depth of 20. The hole is tapered, with a 90-degree angle indicated by a red arc.	 Technical drawing showing the end view of a hole. The hole has diameters of $\varnothing 20$ and $\varnothing 35$, a depth of $h8$, and a 90-degree angle indicated by a red arc.
 Technical drawing showing a cross-section of a hole in a material. The hole has a diameter of $\varnothing 35$ and a depth of 20. The hole is tapered, with a 90-degree angle indicated by a red arc.	 Technical drawing showing the end view of a hole. The hole has diameters of $\varnothing 20$ and $\varnothing 35$, a depth of $h8$, and a 90-degree angle indicated by a red arc.

Рисунок 33