

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ (МИИТ)**

Институт пути, строительства и сооружений

Кафедра «Начертательная геометрия и черчение»

Ю.Г. САФИУЛИНА, Н.П. ГОРБАЧЕВА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Часть I

**Разделы: проекционное черчение,
аксонометрические проекции**

Методическое пособие

Москва - 2010

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ (МИИТ)**

Институт пути, строительства и сооружений

Кафедра «Начертательная геометрия и черчение»

Ю.Г. САФИУЛИНА, Н.П. ГОРБАЧЕВА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Часть I

**Разделы: проекционное черчение,
аксонометрические проекции**

**Рекомендовано редакционно-издательским
Советом университета в качестве методического
пособия для студентов ИПСС**

Москва - 2010

УДК 774
С12

Ю.Г.Сафиулина, Н.П.Горбачева. Инженерная графика. Часть 1.
Разделы: проекционное черчение, аксонометрические проекции.
Методическое пособие. –М.: МИИТ,
2010. -58с.

Методическое пособие содержит основные сведения по разделам "Проекционное черчение" и «Аксонометрические проекции» и предназначено для студентов первого курса всех специальностей, изучающих графические дисциплины.

В данном методическом пособии изложены: метод ортогонального (прямоугольного) проецирования на три взаимно перпендикулярные плоскости проекций (метод, который лежит в основе получения изображения на рабочих чертежах) и метод параллельного аксонометрического проецирования. Аксонометрические изображения широко применяются благодаря хорошей наглядности и простоте построений.

В пособии приведены сведения, узаконенные в стандартах ЕСКД (Единой системы конструкторской документации)

Рецензенты:

При выполнении чертежей принимают различные способы изображения, такие как перспектива, аксонометрия или ортогональные проекции. Как правило, изучение инженерной графики в ВУЗе начинается с работы «Проекционное черчение», которая посвящена изучению метода ортогонального проецирования.

Любую техническую деталь можно мысленно расчленить на простейшие геометрические тела. При составлении чертежа и его чтении необходимо не только иметь представление о геометрических формах, но и свободно владеть и оперировать ими.

Построению простейших геометрических тел посвящена учебная работа "Проекционное черчение». В работе семь задач:

- в первой задаче требуется: по наглядному (аксонометрическому) изображению построить три ортогональные проекции детали;

- в задачах со второй по шестую представлены в одной или двух проекциях простейшие геометрические тела в форме: призмы, пирамиды, цилиндра, конуса, шара. В этих телах имеются вырезы и сквозные отверстия. Необходимо построить вид слева (в некоторых задачах и достроить вид сверху, а для шара полностью построить вид сверху) и выполнить разрезы;

- седьмая задача - это уже реальная деталь, которая задана в двух проекциях. Требуется построить вид слева и выполнить необходимые разрезы.

Работа по проекционному черчению плавно переходит в следующую: построение наглядного изображения реальной детали.

Каждая задача выполняется на чертежной бумаге в карандаше на отдельном формате А3 (297 x 420 мм). Примеры построения задач будут рассмотрены ниже.

Перед тем как приступить к выполнению работы необходимо вспомнить ряд основных положений, связанных с выполнением технических чертежей.

ОРТОГОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ

Сущность метода ортогонального проецирования, заключается в том, что предмет проецируется на две или несколько взаимно перпендикулярные плоскости параллельными лучами направленными перпендикулярно (ортогонально) к этим плоскостям.

На примере параллелепипеда рассмотрим указанный метод проецирования.

На рис. 1 изображен в аксонометрии трехгранный угол, образованный тремя взаимно перпендикулярными плоскостями проекций:

- горизонтальной – Π_1
- фронтальной - Π_2
- профильной - Π_3

Линии пересечения Ox , Oy , Oz этих плоскостей образуют в пространстве прямоугольную систему координат. Внутри этого угла помещен параллелепипед таким образом, что его грани параллельны плоскостям проекций. Спроецируем параллелепипед на каждую из плоскостей проекций, получим три проекции тела: фронтальную (вид спереди или главный вид), горизонтальную (вид сверху), профильную (вид слева).

В соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) необходимо различать 3 типа изображений: вид, разрез и сечение (ГОСТ 2.305 - 68). Первый из них стандарт определяет следующим образом: **видом называется изображение (ортогональная проекция) обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.**

Основных видов по стандарту шесть: вид спереди (главный вид), вид сверху, вид слева, вид справа, вид снизу и вид сзади. В работе «Проекционное черчение» задачи рассматриваются в трех проекциях, на которых мы с Вами и остановимся.

Продолжим рассмотрение примера (рис.1).

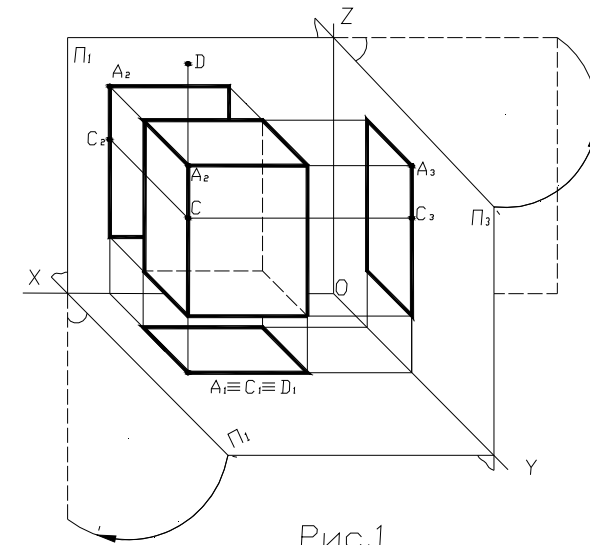


Рис.1

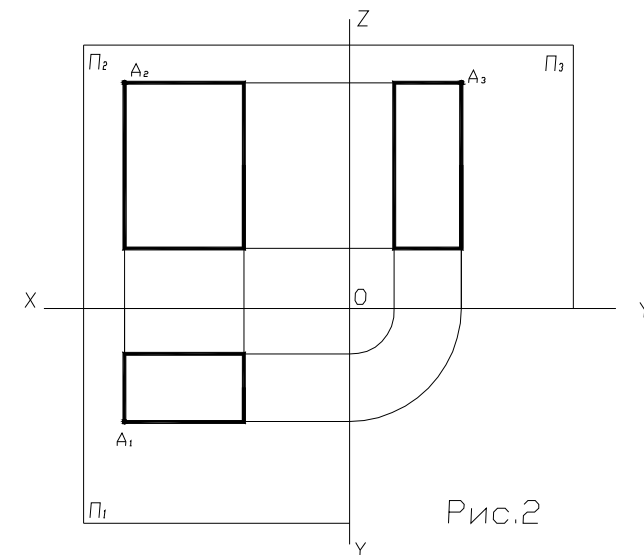


Рис.2

Повернем плоскость Π_1 вместе с горизонтальной проекцией параллелепипеда вокруг оси Ox , а плоскость Π_3 , вместе с профильной проекцией – вокруг оси Oz до совмещения соответственно Π_1 – с нижней полуплоскостью Π_2 , Π_3 – с правой полуплоскостью Π_3 .

Полученный после совмещения плоскостей чертеж, состоящий из двух, трех (рис. 2) или более связанных между собой проекций изображаемого предмета, называется комплексным чертежом или эпюром (франц. epure – чертеж) предмета.

Рассмотрим вершину параллелепипеда A (рис. 1) и три ее проекции (рис. 1 и рис. 2). Горизонтальная проекция точки - A_1 - определяется координатами X_A (абсцисса) и Y_A (ордината). Фронтальная проекция - A_2 - определяется координатами X_A и Z_A (аппликата). Профильная проекция – A_3 определяется координатами Y_A и Z_A . Из рис. 2 видно, что проекции точки связаны между собой линиями перпендикулярными к соответствующим осям проекций.

Эти линии называются линиями проекционной связи. Так A_1 A_2 лежат на одной линии, перпендикулярной оси X ; A_2 A_3 - оси Z ; A_1 A_3 - оси Y .

Каждая проекция задается двумя координатами. Любые две проекции содержат все три координаты (X , Y , Z), которые однозначно определяют точку в трехмерном пространстве.

Нельзя ли обойтись одной проекцией?

Рассмотрим этот вариант на примере точки C (см. рис. 1), которая принадлежит ребру параллелепипеда с вершиной A . Если построить только горизонтальную проекцию C_1 , которая задается координатами X_C и Y_C , то из чертежа будет непонятно на какой высоте находится точка. На указанном ребре и за его пределами на луче, совпадающим с ним множество точек : это и A и D и др.

Вывод: Одна проекция точки не определяет положения точки в пространстве. Чтобы на чертеже с ортогональными проекциями показать именно (.) C , необходима еще одна проекция, в которую будет входить координата Z , определяющая расстояние от точки C до горизонтальной плоскости проекций.

Две проекции точки на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций вполне определяют положение точки в пространстве.

Третья проекция любой точки определяется пересечением соответствующих линий проекционной связи – в дальнейшем такое построение будем называть использованием *координатного способа*.

В **Задаче № 1** требуется по аксонометрическому изображению построить три вида детали. Здесь нужно отметить, что при выборе вида спереди (главного вида) необходимо руководствоваться правилом, что главный вид должен давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета (детали). При сравнении разных вариантов выбора, задайте себе вопрос, на каком из изображений можно проставить большее число необходимых размеров - это, вероятно, и будет главным изображением. Например, при изображении простого цилиндра вращения без вырезов на проекции в виде окружности можно указать лишь один размер, а на проекции в виде прямоугольника - два, следовательно, второе изображение предпочтительнее в качестве главного.

Далее рассмотрим простейшие геометрические тела, встречающиеся в работе.

МНОГОГРАННИКИ

Многогранник - геометрическое тело, ограниченное со всех сторон плоскими многоугольниками, называемыми гранями. Стороны граней называются ребрами, а концы ребер вершинами многогранника. В работе будут рассматриваться только выпуклые многогранники. Многогранник называется выпуклым, если он весь расположен по одну сторону от плоскости каждой из его граней.

ПРИЗМА.

Призмой называется многогранник, две грани которого (основания) – равные многоугольники, расположенные в параллельных плоскостях, а другие грани (боковые) – параллелограммы. По числу боковых граней призмы разделяются на трехгранные, четырехгранные и т. д.

Рассмотрим призму (рис. 3), у которой основание – равносторонний треугольник. На плоскости Π_1 из центра S_1 проведем окружность радиусом R , в которую впишем равносторонний треугольник $A_1 B_1 C_1$, таким образом, что сторона $A_1 B_1$ параллельна Π_2 . Полученный треугольник $A_1 B_1 C_1$ – горизонтальная проекция рассматриваемой призмы. Боковые грани призмы перпендикулярны плоскости Π_1 и проецируются на нее в прямые линии, такие плоскости называются горизонтально проецирующими.

Основания призмы лежат в плоскостях, параллельных Π_1 (горизонтальных плоскостях уровня) и проецируется на Π_1 в натуральную величину. Из точек $A_1 B_1$ и C_1 проведем линии проекционной связи на которых от оси OX отложим высоту призмы. Боковая грань AB параллельна Π_2 , она лежит во фронтальной плоскости уровня и спроецирована на Π_2 без искажения – эта грань, не видна на Π_2 . Грани AC и BC спроецированы с искажением и являются видимыми.

Профильную проекцию призмы строим с помощью соответствующих линий проекционной связи. Боковая грань AB лежит в профильно проецирующей плоскости и проецируется на Π_3 в прямую линию. Грани AC и BC спроецированы на Π_3 с искажением. В проекции на Π_3 видимой гранью является AC , невидимой – BC . На передней левой грани AC рассмотрим точку D . Она задана фронтальной проекцией D_2 , требуется построить две другие проекции. Поскольку грань AC проецируется на Π_1 в прямую, на этой прямой и будет расположена проекция D_1 , на одной вертикали с проекцией D_2 . Проекцию D_3 можно построить по двум другим проекциям, найдя пересечение соответствующих линий проекционной связи (см. чертёж на рис. 3).

Эти построения мы назвали *построением координатным способом* (т.к. при этом используется равенство соответствующих координат на разных проекциях).

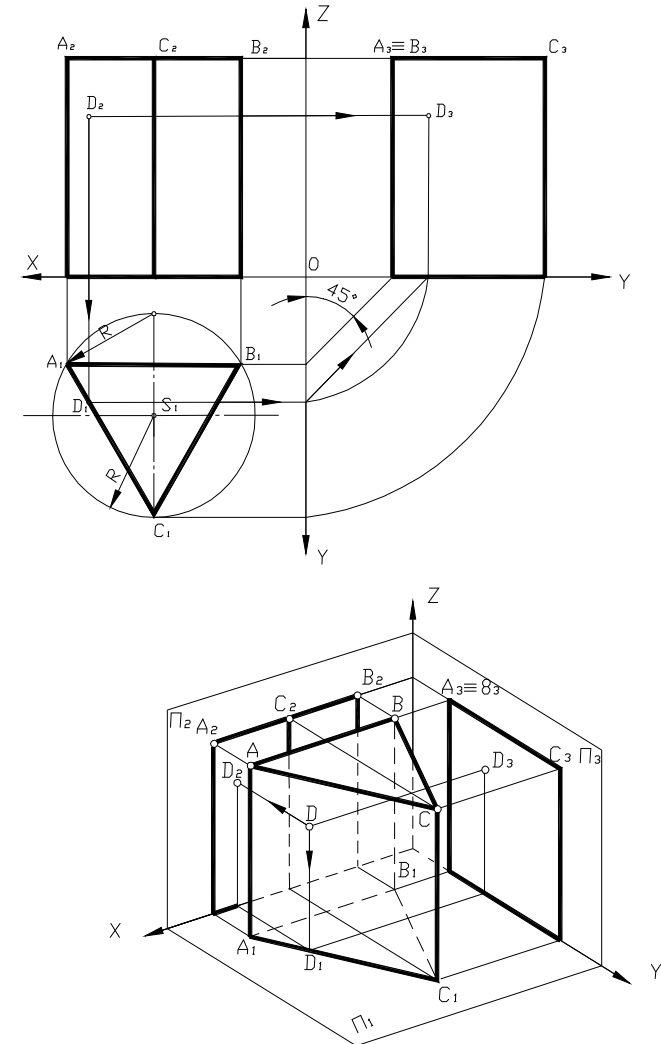


Рис.3

Задача №2 – призма со сквозным отверстием.

Достроить вид сверху и построить вид слева (см. рис. 4).

Задана призма со сквозным отверстием, проецирующемся на Π_2 а виде прямоугольника. Для построения его пересечений с гранями призмы на видах сверху и слева необходимо рассмотреть характерные точки, обозначенные цифрами 1,2,3,4,5,6, которые определяют замкнутый контур отверстия на гранях AC и BC - по две на гранях и две на ребре. На задней грани АВ контур отверстия определяют точки 1', 3', 4' и 6'. Построение проекций этих точек (за исключением 2 и 5) аналогично нахождению проекций точки D (рис. 3).

Проекция точек 2 и 5 принадлежат соответствующим проекциям ребра C (рис. 4).

На видах сверху и слева необходимо показать невидимый контур сквозного отверстия – это штриховые линии (— — —)

На чертеже рис. 4 и на последующих чертежах не показаны оси X, Y и Z.

ПИРАМИДА.

Пирамидой называется многогранник, основание которого многоугольник, а остальные грани – треугольники, имеющие общую вершину. По числу углов основания различают пирамиды треугольные, четырехугольные и т. д.

Построим ортогональные проекции треугольной пирамиды (рис. 5), у которой основание как и у рассмотренной выше призмы – равносторонний треугольник, боковые грани треугольники, высота проходит через центр основания. На Π_1 построим треугольник $A_1B_1C_1$ (см. рис.3) вершины его соединим с центром S_1 окружности. Полученное изображение является горизонтальной проекцией пирамиды. (рис. 5).

Так как основание пирамиды лежит в горизонтальной плоскости уровня, то ее фронтальная проекция будет изображена в виде прямой $A_2B_2C_2$. Через S_1 проведем вертикальную линию проекционной связи и отложим на ней от $A_2B_2C_2$ высоту пирамиды H. Полученную проекцию S_2 соединим с точками A_2, B_2, C_2 , таким образом будет построена фронтальная проекция пирамиды, на которой видимыми являются две боковые грани ASC и BSC.

Профильную проекцию пирамиды (вид слева) строим, пользуясь горизонтальной и фронтальной проекциями. На виде слева грань ASB спроецируется в линию (профильно проецирующая плоскость), грань ASC будет видимой, грань CSB – невидимой.

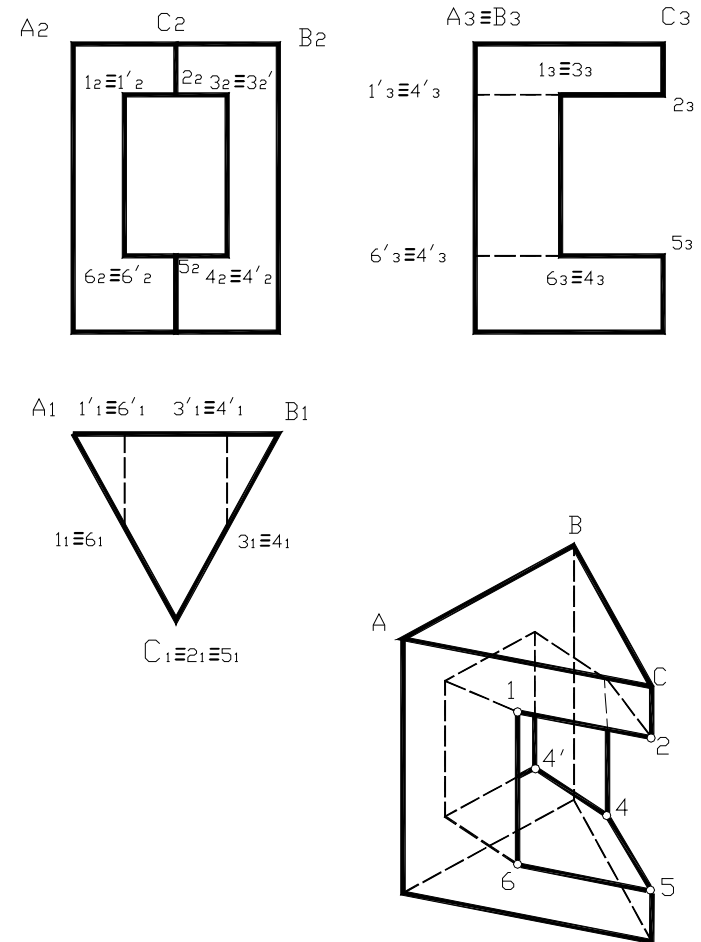


Рис.4

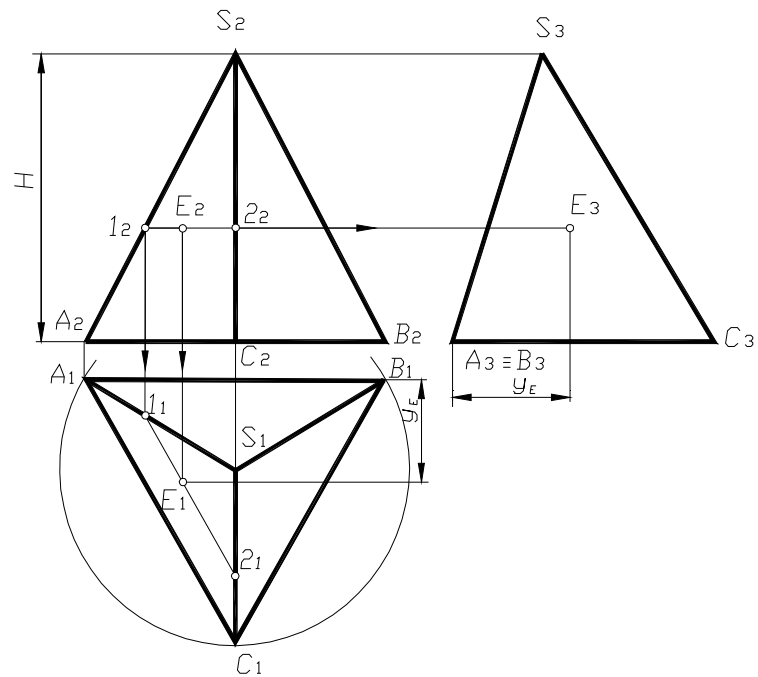
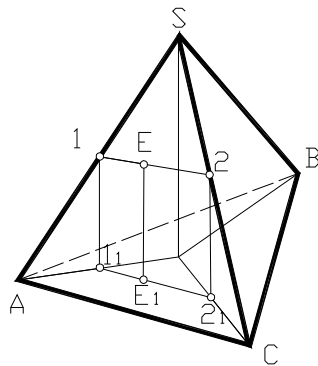


Рис.5



На чертеже рис. 5 задана фронтальная проекция E_2 точки E , принадлежащей видимой грани ASC . Требуется построить ее горизонтальную и профильную проекции.

Построение недостающих проекций точки, принадлежащей данной плоскости (грани): точку привязывают к линии, линию – к плоскости. Для упрощения построений целесообразно проводить линии параллельно уже имеющимся линиям в этой плоскости, так как (по одному из свойств параллельного проецирования) параллельные прямые имеют параллельные проекции. Проведем через E прямую $1-2$ параллельную AC . На главном виде (на Π_2) это будет так выглядеть: $1_2 2_2 \parallel A_2 C_2$. Построим горизонтальную проекцию прямой $1_2 2_1$. Для этого достаточно провести линию проекционной связи от 1_2 до встречи с ребром $A_1 S_1$ и выполнить условие: $1_2 2_1 \parallel A_1 C_1$.

Далее при помощи линии проекционной связи отметим горизонтальную проекцию E_1 . Профильную проекцию E_3 получим координатным способом через Y_E .

Задача № 3 - пирамида со сквозным отверстием. Достроить вид сверху и построить вид слева (рис.6).

Рассмотрим пирамиду с отверстием, которое на Π_2 спроецировано в виде прямоугольника аналогично предыдущему примеру с призмой. Есть ли разница в построениях? Таким же образом выделяем характерные точки - 1,2,3,4,5,6, которые составляют замкнутый контур отверстия на гранях ASC и BSC . Точки 1 и 6 принадлежат грани ASC , точки 3 и 4 - грани BSC , точки 2 и 5 - ребру SC . На грани ASB контур отверстия будет определяться характерными точками $1', 3', 4'$ и $6'$, однако в отличие от призмы боковые грани пирамиды не проецируются на Π_1 в прямые линии, поэтому для построения проекций необходимо привязать эти точки к линиям, лежащим в плоскостях соответствующих граней. Эти построения аналогичны нахождению проекций точки E на пирамиде (см. рис.5).

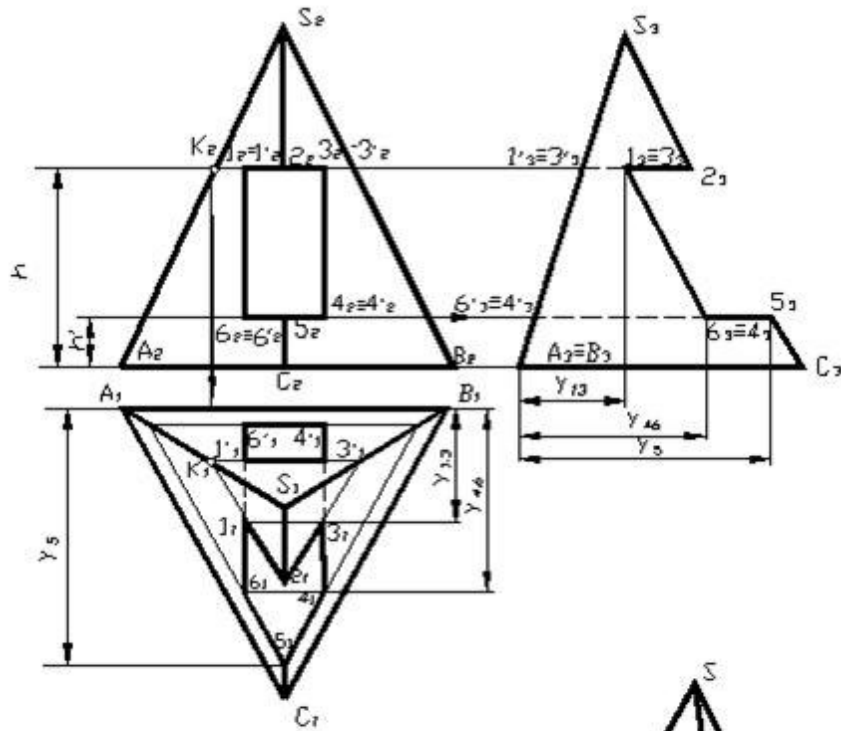
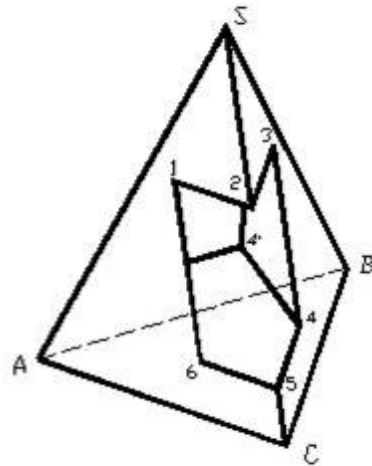


Рис.6



Задача упрощается тем, что сразу целый ряд точек - $1, 2, 3, 1'$ и $3'$ - находятся на одной высоте h , на линиях параллельных соответствующим сторонам основания, а точки $4, 5, 6, 4'$ и $6'$ - на другой высоте h' , - тоже на линиях, параллельных соответствующим сторонам основания пирамиды. В том и другом случае мы имеем подобные треугольники, на сторонах которых находим проекции сразу нескольких характерных точек отверстия, а не одну. При наличии видов сверху и слева мы можем найти соответствующие подобные треугольники двумя простейшими способами: треугольник, расположенный на высоте h , построен в результате определения горизонтальной проекции точки K ; а треугольник на высоте h' - с помощью последовательного построения сначала профильной, а потом горизонтальной проекции точки 5 .

В первом случае линия $1-2$ продолжена на фронтальной проекции до пересечения с ребром SA в точке K и горизонтальная проекция построена с помощью линии проекционной связи $K_2 K_1$.

Во втором случае точка 5 принадлежит профильной прямой SC , поэтому сначала нужно построить профильную проекцию 5_3 , а затем, измерив здесь координату Y_5 , отложить ее на горизонтальной проекции и получить 5_1 .

ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

Тело вращения ограничено поверхностью, которая образуется при вращении криволинейной или прямолинейной образующей вокруг неподвижной оси. Все точки образующей при вращении описывают параллельные окружности, называемые *параллелями поверхности вращения*.

Далее будут рассмотрены проекции тел, которые встречаются в учебном задании; построение точек на поверхности этих тел, а также решение задач на пересечение поверхностей с проецирующими плоскостями. Вспомним, что проецирующей плоскостью называется плоскость, перпендикулярная какой-либо плоскости проекций и проецирующаяся на неё в виде прямой линии.

В учебной работе «Проекционное черчение» геометрические фигуры имеют сквозные отверстия или вырезы, показанные на главном виде (на Π_2) и образованные пересечением фронтально проецирующих плоскостей, которые могут быть расположены параллельно, перпендикулярно и наклонно к оси тела вращения.

ЦИЛИНДР. Построение проекции прямого кругового цилиндра приведено на рис. 7а. На горизонтальную плоскость проекций боковая поверхность цилиндра проецируется в окружность, а каждая его образующая - в точку. На фронтальную и профильную плоскости проекций цилиндр проецируется в виде одинаковых прямоугольников. Вертикальные стороны 1,2,3,4 этих прямоугольников - это проекции крайних очерковых (контурных) образующих цилиндра, а горизонтальные стороны - проекции оснований по длине они равны диаметру цилиндра.

На поверхности цилиндра находится точка А. Задана ее фронтальная проекция A_2 . На рис.7а показано, как с помощью линий проекционной связи координатным способом найти две другие проекции A_1 и A_3 .

Пересечение цилиндра плоскостью. Задача сводится к построению линии, принадлежащей поверхности цилиндра.

Рассмотрим возможные варианты расположения секущей фронтально проецирующей плоскости:

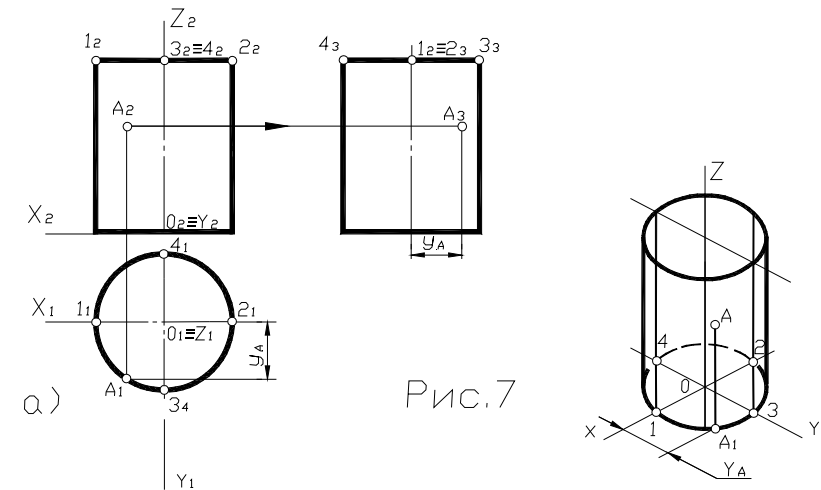
- плоскость α , проведенная перпендикулярно оси цилиндра (рис. 7 б), пересечет его поверхность по окружности m аналогичной верхнему и нижнему основаниям;

- плоскость β , проведенная параллельно оси цилиндра (рис. 7 б), пересечет его поверхность по двум образующим ℓ и ℓ' ;

- плоскость γ , проведенная наклонно к оси цилиндра (рис. 7 в), пересечет его поверхность по плоской кривой - эллипсу. (Если в пределах тела, ограниченного двумя основаниями и боковой поверхностью цилиндра, плоскость пересечет все образующие цилиндра, то эллипс получится полным, если не все - неполным).

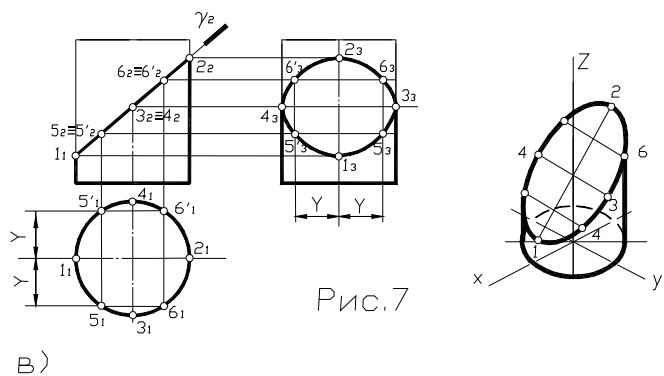
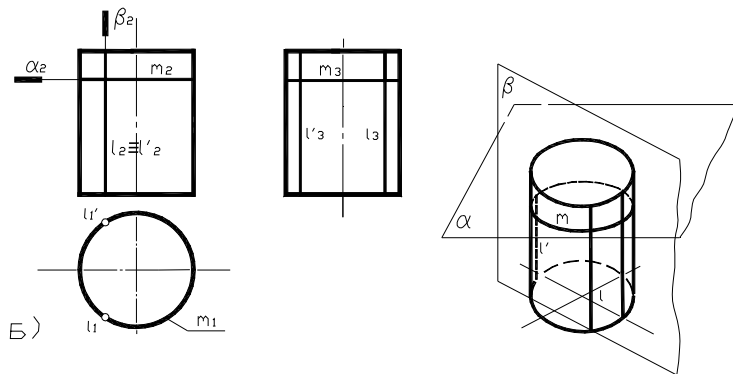
На Π_2 эллипс проецируется в прямую, совпадающую со следом γ_2 секущей плоскости γ . На Π_1 проекция эллипса совпадает с окружностью цилиндра. На Π_3 эллипс проецируется в эллипс (но с искажением).

Разберем подробно построение проекции эллипса на Π_3 . Из ряда точек выделяем опорные, в первую очередь это точки большой и малой осей эллипса: 1-2 и 3-4. Кроме этого точки 1 и 2 являются крайней левой и крайней правой, наинизшей и наивысшей точками, а точки 3 и 4 - точками смены видимости на виде слева, так как они принадлежат очерковым образующим. Для построения эллипса указанных точек недостаточно.



Возьмем еще две пары промежуточных точек 5 и 5', 6 и 6'. Построение профильной проекции (вида слева) эллипса видно из рис. 7 в.

Если плоскость наклонена к оси цилиндра под углом 45 градусов, то проекция эллипса на Π_3 будет окружностью с диаметром, равным диаметру цилиндра (т.к. большая ось эллипса при проецировании искажается до размера малой оси).



Задача № 4 - цилиндр со сквозным отверстием. Достроить вид сверху, построить вид слева и выполнить горизонтальный и профильный разрезы (рис. 8).

Сквозное отверстие на Π_2 спроецировано в виде прямоугольника, который сформирован четырьмя фронтально проецирующими плоскостями. Две из них перпендикулярны оси цилиндра и оставляют на его поверхности четыре дуги - видимые 1 - 2, 3 - 4 и невидимые 1' - 2', 3' - 4'. Две другие плоскости параллельны оси цилиндра и проходят по четырем образующим: видимым 1-4, 2-3 и невидимым 1'-4', 2'-3'.

На виде сверху первоначально дан вид цилиндра без отверстия, необходимо показать штриховыми линиями невидимый контур сквозного отверстия. Построение вида слева сводится к построению перечисленных выше характерных точек отверстия (1, 2, 3, 4, 1', 2', 3', 4') координатным способом, аналогично построению A_3 на рис. 7 а.

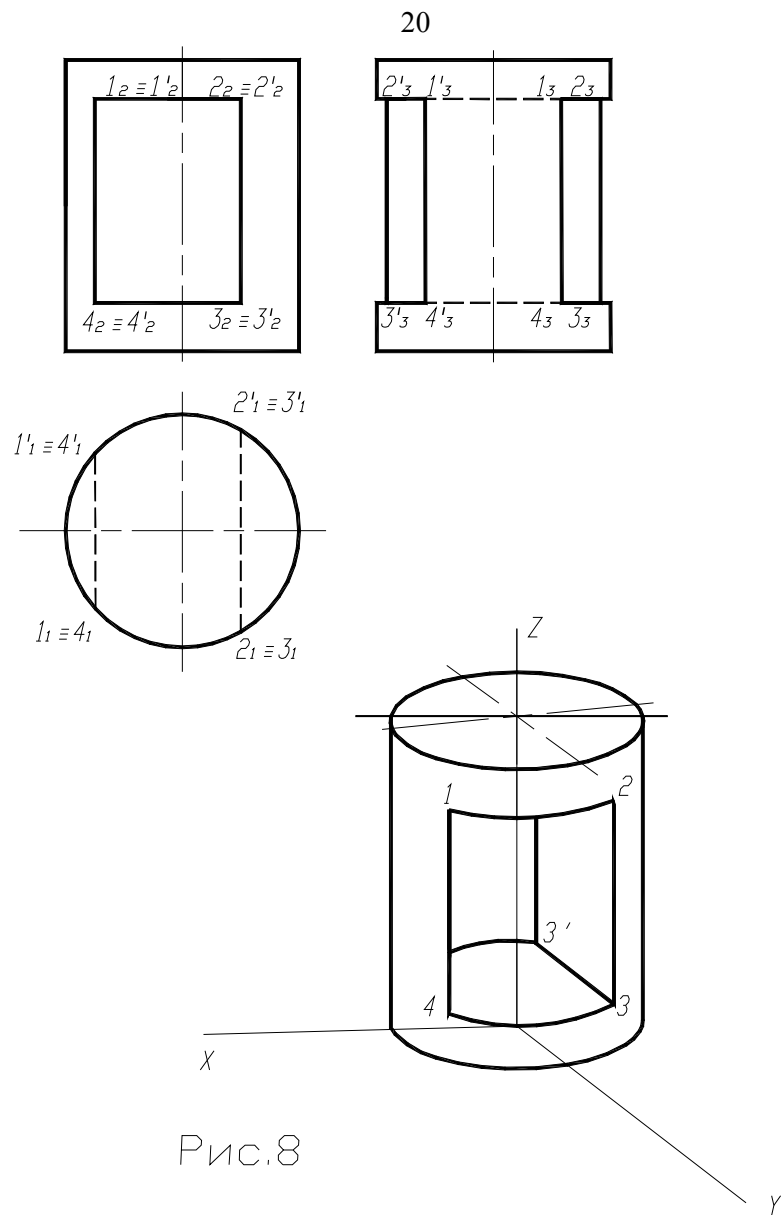
Перед тем как перейти к построению разрезов, дадим пояснения: что такое разрез, как он получается, какие разрезы применяются при выполнении чертежей, какие и когда возможны совмещения вида с разрезом.

Разрезы

Разрезы выполняются для выявления внутренней формы предметов. Для этого предмет мысленно рассекается одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывается то, что попадает в секущую плоскость, и то, что расположено за ней. Разрезы разделяют:

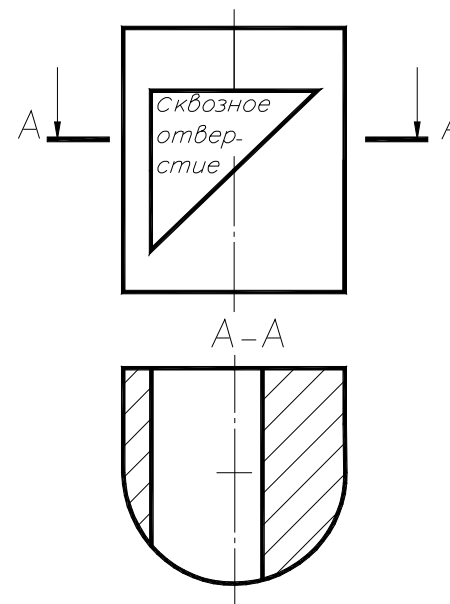
- по количеству секущих плоскостей - на **простые** (при одной) и **сложные** (при нескольких секущих плоскостях).

В свою очередь простые разрезы, в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций (Π_1), - на **горизонтальные** (секущая плоскость параллельна Π_1), **вертикальные** (секущая плоскость перпендикулярна Π_1) и **наклонные** (выполняются редко, чаще принимаются наклонные сечения - см. ниже).



21

Вертикальный разрез называется **фронтальным**, если секущая плоскость параллельна Π_2 и **профильным**, если секущая плоскость параллельна Π_3 . Положение секущей плоскости указывается на одном из изображений – разомкнутой линией, которая толще основного контура в 1,5 раза. На наружных (относительно предмета) концах штрихов этой линии наносятся стрелки, указывающие направление взгляда, и прописные буквы русского алфавита, обозначающие разрез. Изображение разреза снабжается надписью «А - А». Та часть, которая попадает в секущую плоскость, покрывается штриховкой. Линии штриховки – сплошные, тонкие; наклон их, как правило, - 45 градусов к линии рамки чертежа (изменение этого угла возможно только если штриховка оказывается параллельной контурным или осевым линиям). На рис. 9 представлен пример оформления простого горизонтального разреза (секущая плоскость параллельна Π_1).



Разрез не обозначается, если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а изображение предмета располагается в проекционной связи.

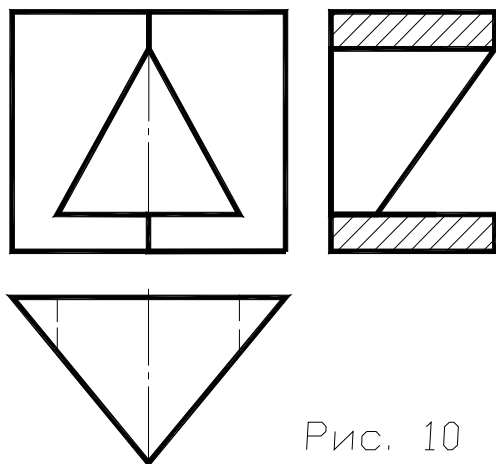


Рис. 10

На рис. 10 дан пример такого разреза - это простой профильный разрез (секущая плоскость параллельна P_3 и совпадает с плоскостью симметрии трехгранной призмы).

При выполнении задачи № 7, а также при написания контрольной работы студенты могут встретиться с вариантом задания, где целесообразно применить **местный** разрез, который выявляет невидимый контур в отдельном ограниченном месте. Местный разрез выделяется на виде сплошной тонкой волнистой линией, проведенной от руки ("линией обрыва"). Пример местного разреза приведен на рис 11.

При изображении симметричных фигур (вида и разреза) соединяют половину вида с половиной разреза, разделяя их осевой линией (см. рис. 12). На половине вида линии невидимого контура, выявленного на разрезе, - не показываются. Если разделяющая ось совпадает с проекцией ребра предмета, то части вида и разреза разделяются волнистой линией, как в случае местного разреза.

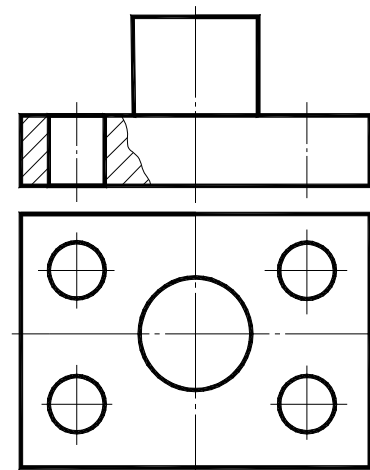


Рис. 11

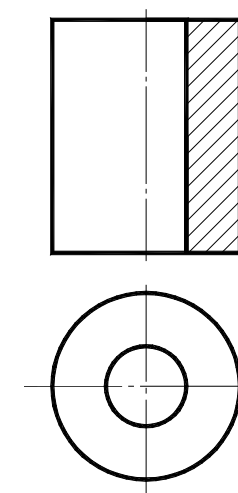


Рис. 12

На рис. 13 показаны возможные варианты проведения волнистой линии:

Рис 13,а) - волнистая линия смещена влево (выявлено внутреннее ребро призматического отверстия);

Рис 13,б) – волнистая линия смещена вправо (на виде осталось нетронутым ребро призмы);

Рис.13,в) - случай, когда два ребра (внутреннего и наружного контура) попадают на разделяющую ось.

Более подробно о перечисленных разрезах, а также о сложных и ломаных разрезах можно прочитать в соответствующей литературе (ГОСТ 2.305-68 "Изображения - виды, разрезы, сечения", а также учебники и справочники по машиностроительному черчению).

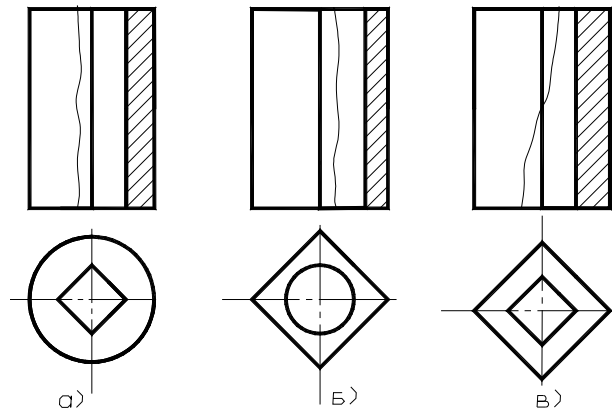


Рис. 13

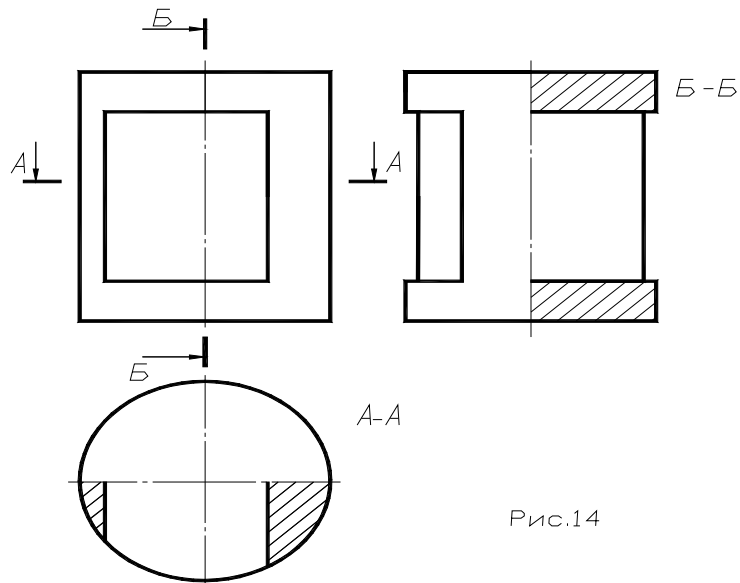


Рис.14

В рассмотренных примерах симметрия детали позволяет совместить изображения вида сверху с горизонтальным разрезом, а изображения вида слева с профильным разрезом.

Вернемся к задаче № 4, в которой требуется построить горизонтальный и профильный разрезы. Окончательный вид её оформления представлен на рис. 14.

КОНУС. Конус представляет собой геометрическое тело, ограниченное боковой конической поверхностью и плоскостью основания, пересекающей все его образующие.

Конусы разделяют на прямые (рис. 15, а) и наклонные (рис. 15, б). Прямым круговым называется конус, у которого основанием служит окружность, а высота проходит через центр основания. На рис. 15, в показан усеченный конус.

Если вращать прямолинейную образующую SA вокруг оси i , то любая точка этой образующей опишет окружность, плоскость которой перпендикулярна оси i .

Точка S пересечения образующей с осью вращения называется вершиной конуса. Перпендикуляр опущенный из вершины конуса на плоскость его основания - высота конуса.

Построение проекций конуса.

Построим проекции прямого кругового конуса, диаметр основания которого и его высота равны 50мм; ось конуса перпендикулярна плоскости Π_1 (рис. 16). На горизонтальную плоскость конус проецируется в окружность диаметром 50мм, центр которой - проекция вершины конуса (S_1 тождественна O_1). На плоскостях Π_2 и Π_3 конус изобразится равнобедренными треугольниками основания которых равны диаметру окружности (50мм), а высоты - высоте конуса (50мм).

Анализ чертежа конуса.

Основание конуса лежит в плоскости Π_1 и проецируется на неё в натуральную величину. Боковая поверхность конуса - это криволинейная поверхность, образующие которой проходят через общую точку S - вершину конуса. Образующие AS и BS являются очерковыми по отношению к плоскости проекций Π_2 и делят боковую поверхность конуса на две части - переднюю и заднюю.

Образующие CS и DS - очерковые по отношению к плоскости проекций Π_3 и делят конус на левую и правую половины. Эти очерковые образующие являются прямыми уровнями (т.е. параллельными плоскостям проекций) и проецируются соответственно на Π_2 и Π_3 в натуральную величину. Все остальные образующие занимают в пространстве общее положение (т.е. не параллельны ни одной из плоскостей проекций).

Видимость элементов конуса.

На плоскости Π_1 видимой будет вся боковая поверхность конуса. На фронтальной плоскости проекций видима передняя часть конуса, ограниченная образующими AS и BS, а на профильной - левая часть конуса, ограниченная образующими CS и DS.

Определение проекций точки на поверхности конуса.

Например, нужно определить горизонтальную и профильную проекции точки 1, если задана её фронтальная проекция 1_2 (рис. 16). Точка лежит на видимой части поверхности.

Построение недостающих проекций точки 1 возможно двумя способами:

а) через 1_2 и S_2 проводят фронтальную проекцию образующей конуса – S_2K_2 .

Определяют горизонтальную проекцию S_1K_1 и на пересечении этой проекции с линией проекционной связи, проведенной из 1_2 , получают искомую точку 1_1 . Используя координату Y этой точки, находят профильную проекцию 1_3 ;

б) другой способ применён для построения горизонтальной проекции точки 2, лежащей на невидимой части поверхности. Через эту точку проводят вспомогательную окружность, лежащую на поверхности конуса. Фронтальная проекция этой окружности изобразится проведённым через 2_2 отрезком E_2T_2 , равным диаметру вспомогательной окружности. Радиусом $E_2T_2/2$ из центра O_1 на плоскости Π_1 проводят окружность. Пересечение этой окружности с линией проекционной связи, проведённой из точки 2_2 , определяет проекцию 2_1 . Профильная проекция 2_3 определена координатным способом.

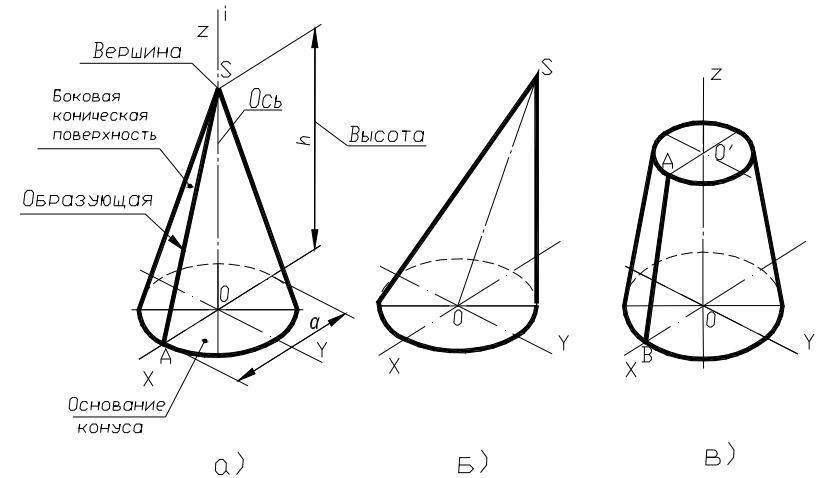


Рис.15

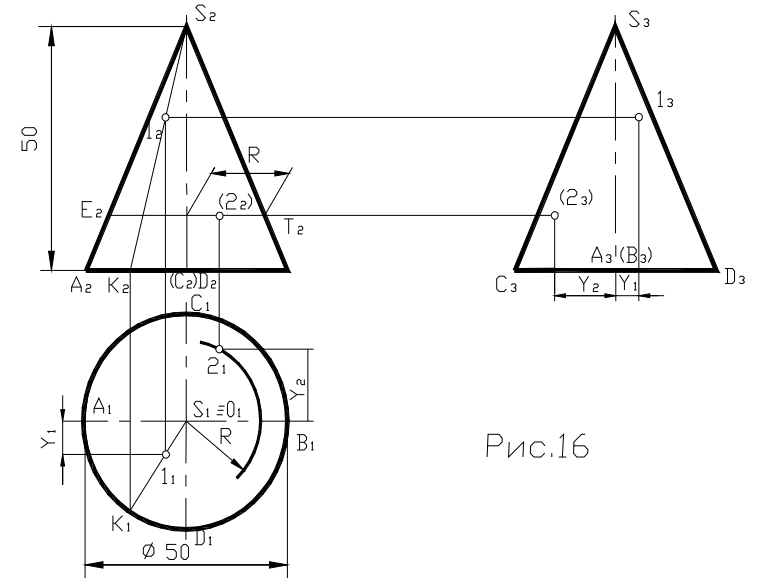


Рис.16

Сечения конуса.

В зависимости от направления секущей плоскости в сечении конуса могут быть получены следующие фигуры:

а) **окружность**, если секущая плоскость параллельна основанию конуса (рис. 17,а);

б) **треугольник** (две образующие плюс линия пересечения с основанием), если плоскость проходит через вершину конуса (рис. 17, б);

в) **полный** или **усечённый эллипс**, если секущая плоскость наклонена к оси под углом, превышающим угол наклона образующей к оси (рис. 17,в);

г) **парабола**, если секущая плоскость, параллельна одной из образующих конуса (рис. 17,г);

д) **гипербола**, если секущая плоскость не проходит через вершину и параллельна двум образующим конуса, т.е. наклонена к оси под углом, меньшим угла наклона образующей к оси, или же параллельна оси конуса (рис. 17, д).

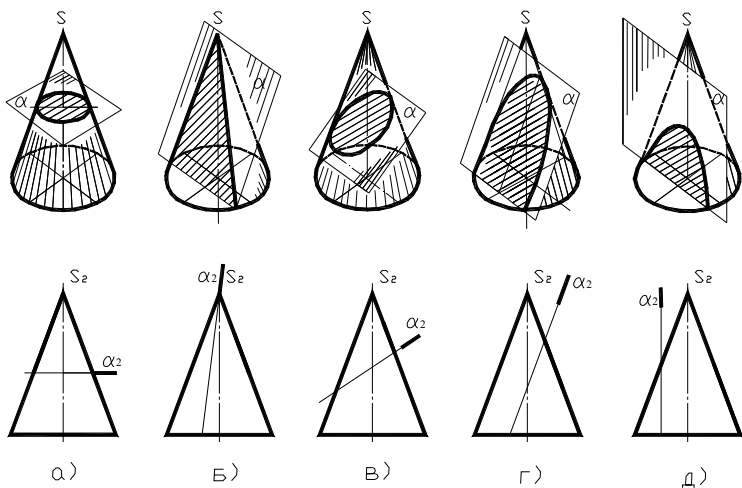


Рис.17

Рассмотрим сечение прямого кругового конуса фронтально проецирующей плоскостью α (рис. 18.а). Вначале вычерчивают три проекции конуса и

указывают след - проекцию секущей плоскости α_2 .

В сечении конуса плоскостью α получается полный эллипс, т.к. секущая плоскость пересекает все образующие конуса и наклонена к его оси под углом, превышающим угол между осью и образующей. Фронтальная проекция этого эллипса совпадает со следом α_2 . Для построения горизонтальной проекции фигуры сечения след плоскости α_2 делят на некоторое число равных частей. Определяют главные оси эллипса сечения. Большой осью будет отрезок $1_2 5_2$, а малая ось проецируется на плоскость Π_2 в точку $b_2(7_2)$, находящуюся на середине отрезка $1_2 5_2$.

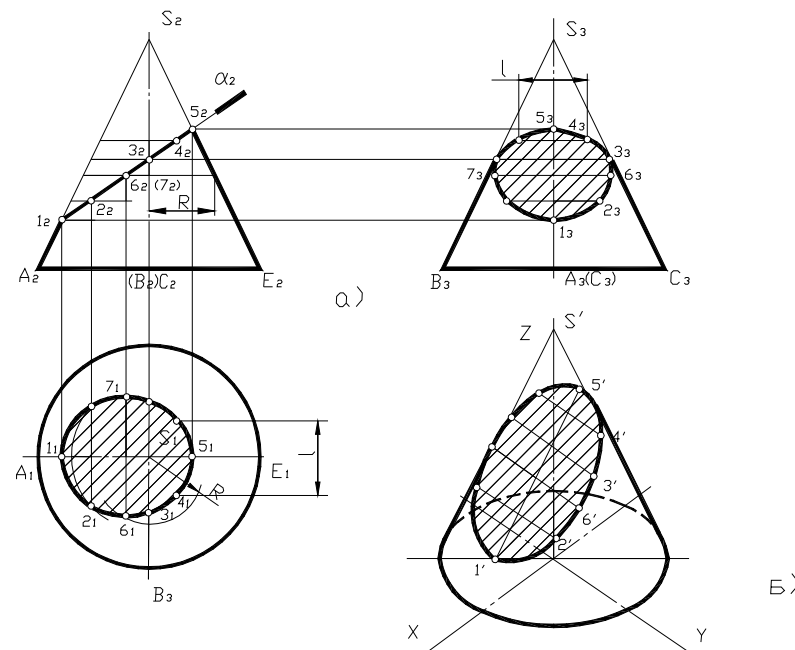


Рис.18

Проекцией эллипса сечения на плоскость Π_1 будет также эллипс, осями которого будут проекции осей эллипса сечения. При этом горизонтальные проекции точек 1 и 5, определяющие одну ось, лежат на соответствующих проекциях образующих A_1S_1 и E_1S_1 . А чтобы определить другую ось, через точки 6 и 7 проводят на поверхности конуса вспомогательную окружность радиуса R , которая проецируется на Π_2 в отрезок, равный диаметру. Полученным радиусом строят горизонтальную проекцию окружности и из точки $6_2(7_2)$ проводят линию проекционной связи до пересечения с окружностью в точках 6_1 и 7_1 . Хорда 6_17_1 является натуральной величиной малой оси эллипса сечения и одной из осей эллипса проекции сечения. Аналогично, с помощью своих вспомогательных окружностей, строятся и остальные точки фигуры сечения.

Задача №5. Задана фронтальная проекция конуса со сквозным отверстием в виде четырехугольной призмы (рис. 19). Построить его горизонтальную и профильную проекции; выполнить горизонтальный и профильный разрезы.

Основное в задаче - построение линий пересечения граней четырехугольной призмы с поверхностью конуса.

Так как грани призмы перпендикулярны Π_2 , то фронтальная проекция линий пересечения совпадает с очерком фронтальной проекции призмы. Остается построить горизонтальную и профильную проекции.

Так как заданное отверстие - сквозное, то линия пересечения отверстия с поверхностью конуса будет состоять из двух замкнутых линий пересечения - вход и выход отверстия.

По фронтальной проекции видно (сравни рисунки 17 а, б, в, г, д), что каждая из линий пересечения состоит:

из части окружности 1-5 (2-6), которая получится при пересечении верхней горизонтальной грани призмы с поверхностью конуса;

из части образующей 1-13 (2-14), полученной при пересечении с конусом левой грани призмы;

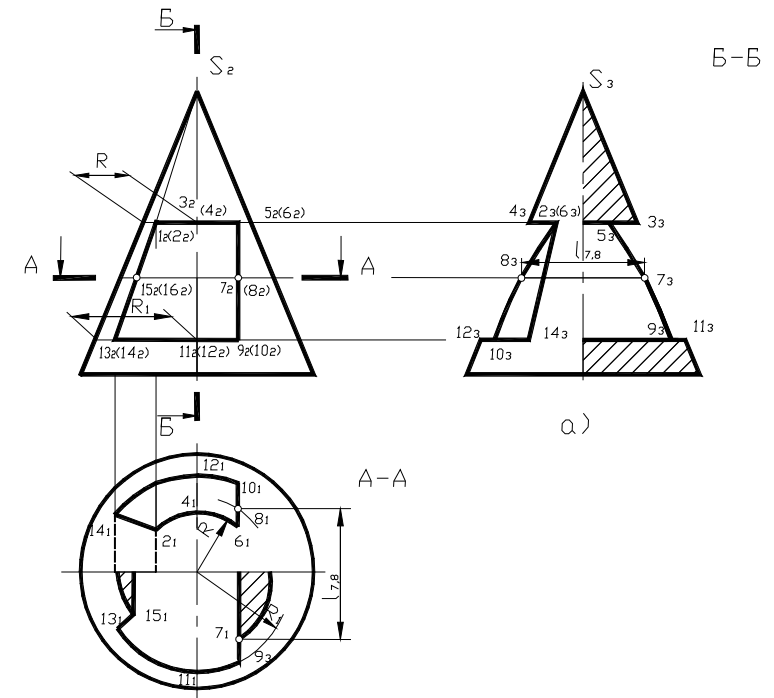
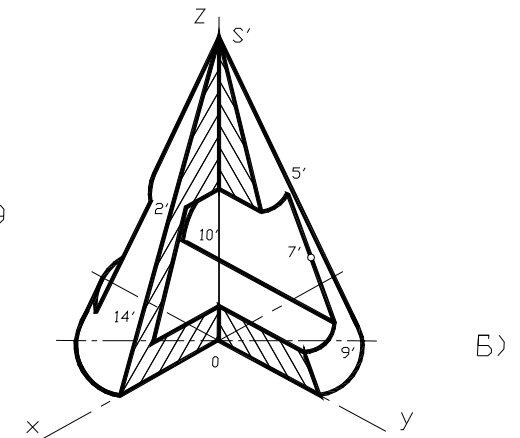


Рис.19



из части гиперболы 5-9 (6-10), которая получается при пересечении правой грани призмы с конусом;

из части окружности 9-13 (10-14), полученной при пересечении конуса с нижней горизонтальной гранью призмы.

Для построения дуг окружностей 2-6 и 9-13 через их фронтальные проекции проведены вспомогательные параллели - окружности соответственно радиусов R и R_1 , которые на плоскости Π_1 ограничены точками 1-5 (2-6) и 9-13 (10-14).

Части гиперболы 5-9 (6-10) проецируется на плоскость Π_1 в виде прямой, т.к. плоскость этой гиперболы перпендикулярна плоскости проекций.

Для построения профильной проекции гиперболы используются произвольные точки, подобные точке 7(8).

Вид слева построен на основании горизонтальной и фронтальной проекций.

Выполнение и оформление горизонтального и профильного разрезов на видах сверху и слева не требуют особых комментариев, так как аналогичны выполнению разрезов в примере «цилиндр со сквозным отверстием», только горизонтальные сечения конуса на разных уровнях дают окружности разных диаметров.

ШАР (СФЕРА). Если полуокружность ADB вращать вокруг диаметра AB (рис. 20), то дуга ADB опишет сферическую поверхность. Прямая i – ось вращения, дуга ADB – образующая поверхности. Все точки сферической поверхности одинаково удалены от одной точки – центра шара O . Любая произвольная прямая, проходящая через центр шара, являются осью симметрии поверхности.

На шаре выделяют следующие характерные линии:

1) параллели – окружности, образованные в пересечении шара плоскостями, перпендикулярными к его вертикальной оси. Наибольшая параллель называется экватором;

2) меридианы – окружности, образованные в пересечении шара плоскостями, проходящими через вертикальную ось. Главными являются фронтальный и профильный меридианы.

Построение проекций шара. На все три плоскости проекций Π_1 , Π_2 и Π_3 шар проецируется в виде окружностей, диаметры которых равны диаметру шара. На рис. 21 изображены проекции шара определенного диаметра. Экватор проецируется на горизонтальную плоскость в окружность, фронтальной и профильной проекцией которой будут отрезки C_2D_2 и E_3F_3 . Фронтальный меридиан проецируется в окружность на плоскость Π_2 , а на плоскость

Π_1 и Π_3 – в отрезки C_1D_1 и A_3B_3 . Профильный меридиан проецируются в окружность на плоскость Π_3 , а на Π_1 и Π_2 – в отрезки E_1F_1 и A_2B_2 .

Видимость поверхности шара. На плоскости Π_1 экватор делит шар на верхнюю видимую и нижнюю невидимую части. На плоскости Π_2 фронтальной меридиан является границей между передней видимой и задней невидимой частями шара. На плоскости Π_3 профильный меридиан отделяет левую видимую часть шара от правой невидимой.

Построение проекций точек на поверхности шара
На рис. 21 изображена фронтальная проекция M_2 точки M , лежащей на видимой части шара. Чтобы определить две другие ее проекции, через точку M_2 проведена вспомогательная окружность – параллель шара диаметром K_2T_2 . Радиусом $K_2T_2/2$ построена окружность на плоскости проекций Π_1 и из точки M_2 проведена линия связи до пересечения с окружностью в точке M_1 . Профильная проекция точки M на рис. 21 построена двумя способами:

1. Координатным способом.
2. Через точку M_2 проведена вспомогательная окружность N_2P_2 . Радиусом $R_1=N_2P_2/2$ на плоскости проекций Π_3 построена окружность. В пересечении линии проекционной связи, проведенной из точки M_2 с этой окружностью, определена профильная проекция точки M .

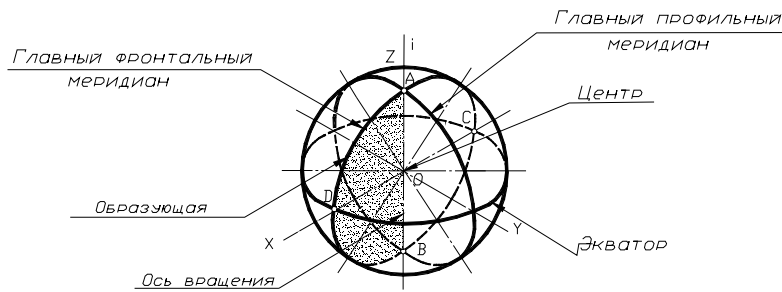


Рис.20

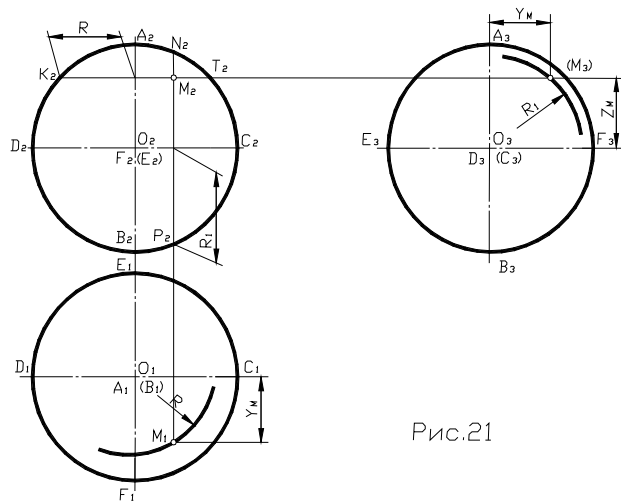


Рис.21

Сечение шара. Пересечение шара любой плоскостью дает окружность. В зависимости от положения секущей плоскости эта окружность проецируется:

- а) в натуральную величину - если плоскость параллельна плоскости проекций;
- б) в прямую линию - если плоскость перпендикулярна к плоскости проекций;
- в) в эллипс - если секущая плоскость наклонена к плоскости проекций.

Рассмотрим построение сечения шара фронтально проецирующей плоскостью α (рис, 22 а). В сечении образуется окружность, фронтальная проекция которой 1_2b_2 совпадает со следом – проекцией α_2 плоскости α . На плоскость проекций Π_1 окружность проецируется в эллипс. Для построения малой оси эллипса из точек 1_2 и b_2 проведены линии связи до пересечения с горизонтальной осью шара, т.е. до пересечения с горизонтальной проекцией фронтального меридиана. Большая ось эллипса 3_17_1 пройдет через середину малой перпендикулярно к ней. По величине она равна отрезку 1_2b_2 , т.е. диаметру окружности сечения.

На плоскости Π_1 характерными будут точки 2 и 8, в которых, плоскость α пересекает экватор шара.

Горизонтальные проекция этих точек лежат на горизонтальной проекции экватора. Кроме найденных шести характерных точек, определяют ряд промежуточных точек (например, точки 5, 9). Построение этих точек на Π_1 аналогично точке М на рис. 21. Профильную проекцию фигуры сечения строят одним из способов, указанных выше. Отметим, что точки 4 и 10, отделяющие видимую часть профильной проекции сечения от невидимой, принадлежат главному профильному меридиану; точки 3 и 7 определяют большую ось эллипса, а точки 1 и 6 - малую ось эллипса.

На рис. 22, б представлено наглядное изображение шара, рассеченного фронтально проецирующей плоскостью.

Задача № 6. Задана сфера со сквозным отверстием в виде четырехгранной прямоугольной призмы. Построить виды сверху и слева. Выполнить горизонтальный и профильный разрезы (рис. 23, а).

Поскольку поверхность отверстия является фронтально проецирующей, то на плоскость Π_2 она спроецируется в виде прямоугольника.

Линиями пересечения верхней и нижней граней призмы с поверхностью сферы являются дуги окружностей, ограниченные точками 1-3 ($1' - 3'$) и 7-5 ($5' - 7'$), которые на виде спереди совпадут с фронтальными проекциями этих граней.

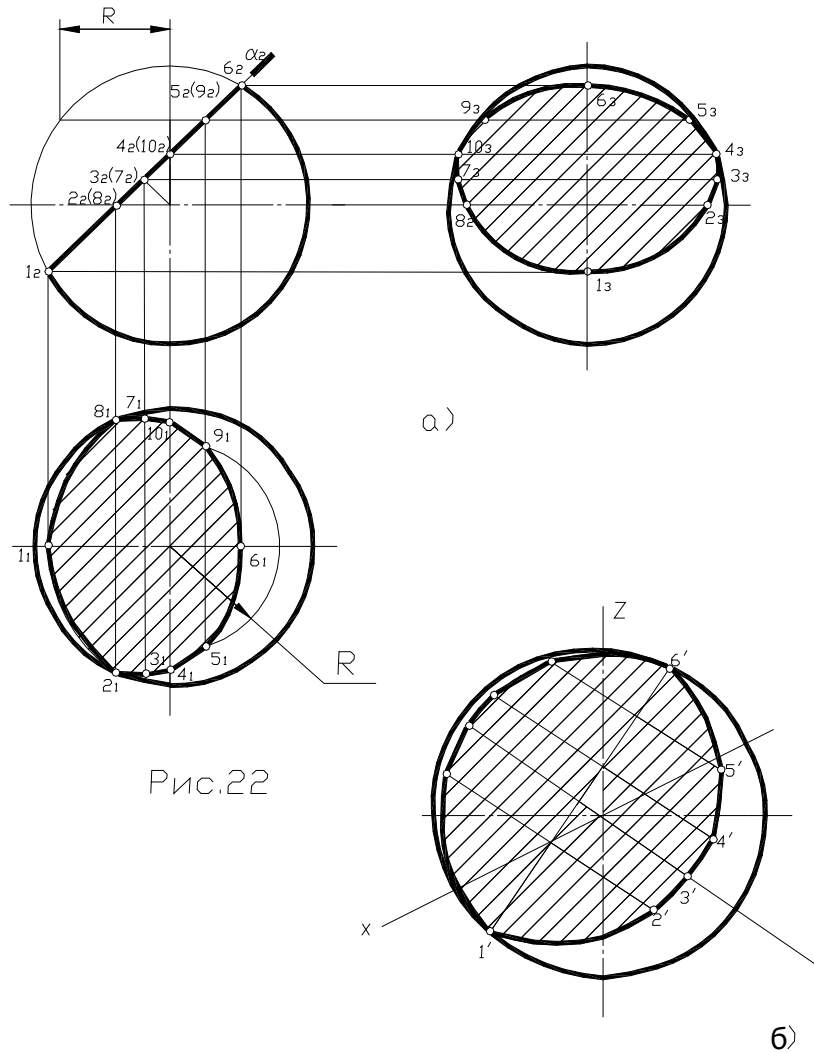


Рис.22

На виде сверху это будут дуги соответственно радиусов R и R_1 . На виде слева эти дуги спроецируются в виде прямых линий. Точки 8 и 4, принадлежащие линии пересечения и лежащие на экваторе сферы, являются точками смены видимости на плоскости Π_1 .

Их горизонтальные проекции $8_1-8_1'$ и $4_1-4_1'$ лежат на горизонтальном очерке сферы. Вся линия пересечения на виде сверху видима, т.к. верхняя часть отверстия до точек 4 и 8 находится выше экватора, а нижняя часть на виде сверху ничем не закрыта.

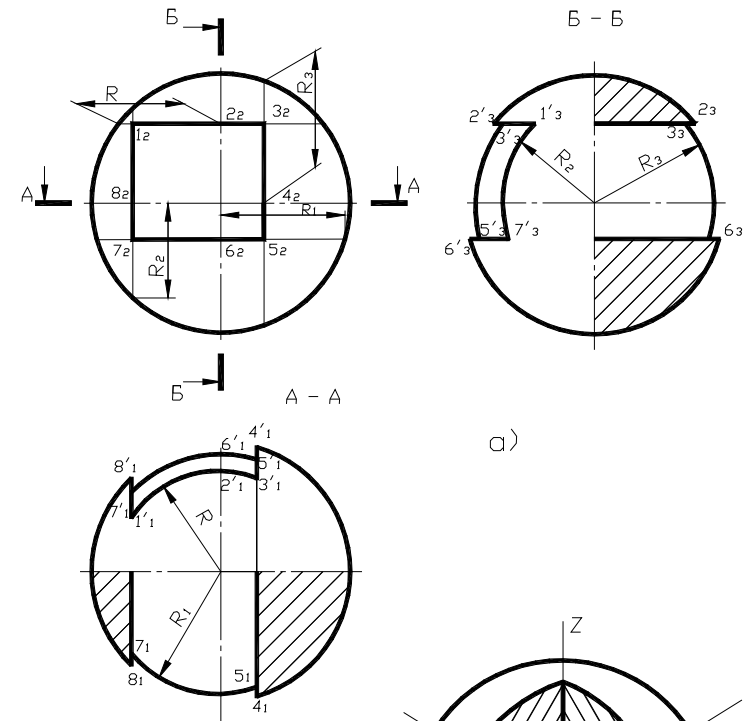
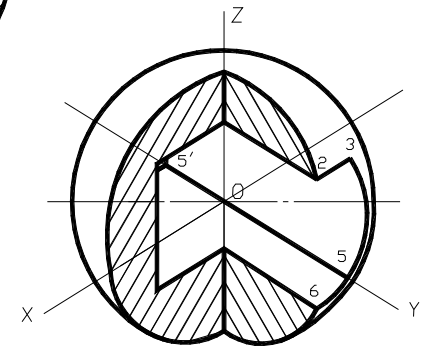


Рис.23



б)

Линиями пересечения правой и левой граней призмы с поверхностью сферы также являются дуги окружностей. Для построения которых на виде слева через фронтальные проекции линий 1_2-7_2 и 3_2-5_2 по поверхности сферы проведены вспомогательные окружности соответственно радиусов R_2 и R_3 . Эти окружности на плоскость Π_3 спроецируются в натуральную величину, а на плоскость Π_1 в виде прямых линий.

Точки 2 и 6, лежащие на главном профильном меридиане, являются точками смены видимости на плоскости Π_3 и определены без труда на очерке сферы.

На месте вида сверху, в его нижней части, выполнен разрез сферы горизонтальной плоскостью, проходящей через ее горизонтальную ось.

На месте вида слева, в правой его части - профильный разрез.

На рис. 23, б представлено наглядное изображение сферы со сквозным отверстием.

Задача №7. По двум видам построить третий вид детали (вид слева). Выполнить фронтальный и профильный разрезы. Изначально на чертеже (рис. 24) даны главный вид и вид сверху, на которых невидимым контуром показана внутренняя форма детали. Эти две проекции детали, при наличии невидимого контура, позволяют представить её в пространстве. Для этого мысленно расчленим данную деталь на простые геометрические тела (призмы, пирамиды,

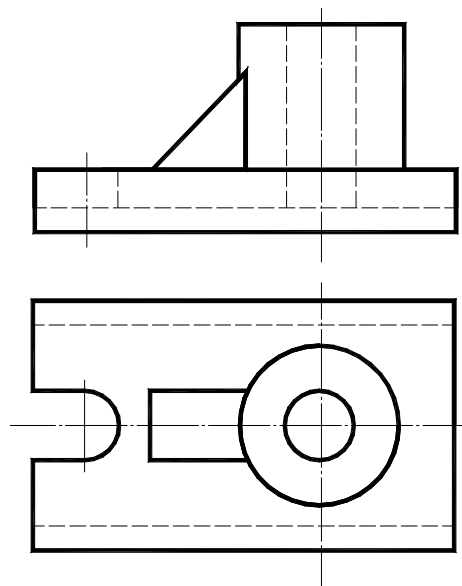


Рис.24

цилиндры, конусы и т.п.). В результате можно провести следующий анализ детали: на призматическом основании расположен цилиндр смещенный вправо, который с одной стороны (слева) поддерживается тонким элементом, типа ребра жесткости, тоже призматической формы, но в виде треугольной призмы. Через весь цилиндр и основание проходит сквозное отверстие цилиндрической формы, ось которого совпадает с осью цилиндра. В основании по всей длине снизу выполнен вырез в форме прямоугольного параллелепипеда, а сверху со стороны ребра жесткости имеется вырез призматической формы, которая плавно переходит в полуцилиндрическую.

Разделим решение задачи на несколько этапов.

Первый этап - построение третьего вида детали (рис 25,а). Способом ортогонального проецирования строятся внешние и внутренние контуры. Особое внимание нужно обратить на построение линии пересечения ребра жесткости и наружной цилиндрической поверхности. На главном виде наклонная плоскость ребра жесткости является фронтально проецирующей, т.е. она проецируется на Π_2 в прямую линию и пересекается с поверхностью цилиндра по линии 1-2-3. Рассмотрим три характерные точки линии пересечения. Точка 1 принадлежит левой контурной образующей цилиндра; точки 2 и 3 являются крайними верхними точками линии пересечения. Построение горизонтальных и профильных проекций этих точек видно из чертежа (рис. 25, а). Второй этап - построение необходимых разрезов (рис. 25, б). Так как изображение детали на виде спереди не симметрично относительно вертикальной оси, фронтальный разрез будет полным и займет место главного вида, при этом, ввиду совпадения секущей плоскости с плоскостью симметрии детали в целом, положение секущей плоскости не указывается, а разрез не обозначается. При выполнении фронтального разреза необходимо обратить внимание на ребро жесткости, которое на разрезе показано незаштрихованным. Эта условность связана с тем, что ребро жесткости в нашем примере подходит под следующие требования ГОСТ 2.305-68: «Такие элементы, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т.п.

показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента».

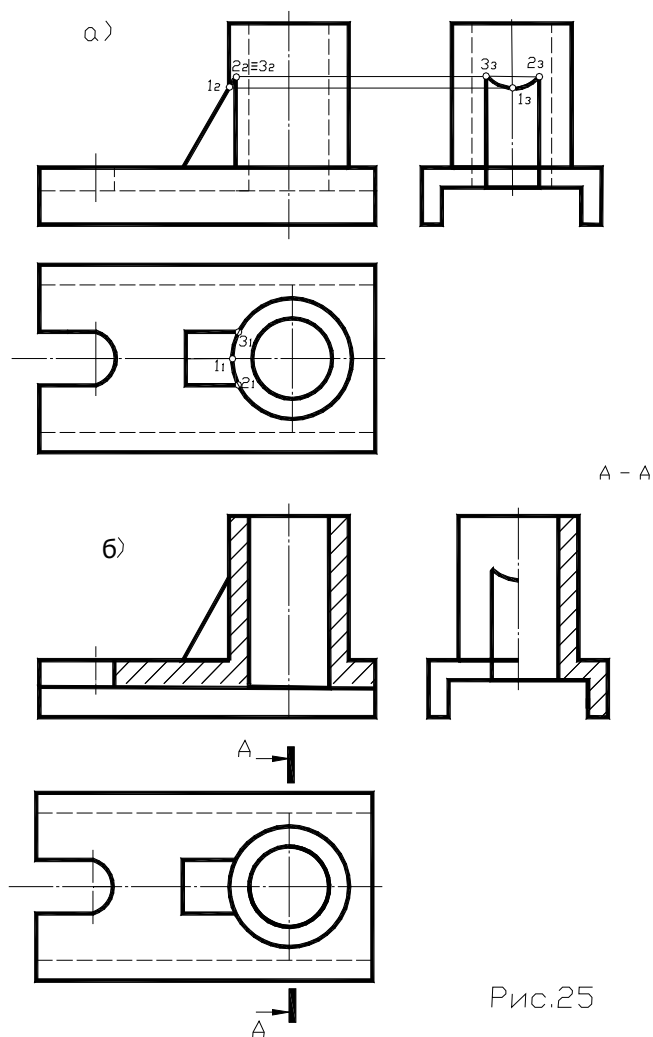


Рис.25

Профильный разрез в данном примере целесообразно получить от секущей плоскости А-А, проведённой через ось цилиндра (рис. 25 б). Профильный разрез можно совместить с видом слева в связи с симметрией изображения - и вида, и разреза. В результате на профильной проекции изображены половина вида слева и половина профильного разреза. Чертеж читается от вида к разрезу, поэтому вид размещен слева, а разрез справа (чертеж должен читаться в том же направлении, что и его текстовая часть).

Кроме этого в задаче №7 необходимо выполнить сечение детали наклонной плоскостью, которая задается преподавателем.

Третий этап - построение сечения.

Сечением называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На изображении сечения показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.


Как правило, требуется построить натуральную величину сечения, получаемого от проецирующей секущей плоскости. При определении истинной величины сечения можно воспользоваться одним из способов начертательной геометрии – вращением, плоскопараллельным переносом или заменой плоскостей проекций.

В задаче №7 (рис. 26) проведем фронтально-проецирующую секущую плоскость Б-Б, которая пройдет через крайнюю верхнюю правую точку цилиндра, пересекая его по неполному наружному и полному внутреннему эллипсам, далее по ребру жесткости, выявив его ширину, и по П-образной (в связи с продольным вырезом) форме основания. Фигура сечения представляет собой совокупность этих трех сечений.

Мысленно заменяем горизонтальную плоскость проекций (вид сверху) новой, параллельной плоскости сечения Б-Б. Новую координатную ось в задании по проекционному черчению не указывают, а проводят, если фигура сечения симметрична, ось симметрии сечения, параллельную заданной секущей плоскости Б-Б (I-II). [В некоторых случаях ось типа I-II может быть осью симметрии не всего сечения, а отдельного его элемента].

Точки, принадлежащие контуру сечения строят, откладывая от этой оси на линиях перпендикулярных ей (и следу секущей плоскости Б-Б), соответствующие приращения координат. Например, ширину сечения определяют равными отрезками, составляющими половину ширины основания. Берём один такой отрезок с горизонтальной проекции и откладываем от оси симметрии I-II в ту и другую сторону от неё (01 и 02).

Аналогично строится та часть сечения, которая выявляет ширину ребра жесткости.

Истинную величину сечения цилиндрического отверстия и наружной поверхности цилиндра строят, определяя большую и малую оси эллипсов. Для контура отверстия большая ось эллипса будет равна его фронтальной проекции - отрезку 3_24_2 , который переносится линиями, перпендикулярными Б-Б, на ось I-II (3-4). Малая ось эллипса 5-6 равна отрезку прямой 5_16_1 , взятому с горизонтальной проекции (диаметр цилиндрического отверстия). Любую пару точек эллипса, симметричных относительно его большой оси (например, точки 7 и 8), строят, перенося посредством линий связи соответствующие полухорды с горизонтальной проекции (вся хорда - 7_18_1). Наружную часть контура цилиндра строят соответственно вышеизложенному, а в качестве промежуточных точек можно взять точки, лежащие на хордах, проходящих через точки 3_1 и 4_1 . Сечение фигуры выполнено в проекционной связи на свободном месте чертежа. При необходимости можно сдвигать сечение в направлении его оси или даже поворачивать ось сечения до горизонтального положения. При повороте сечения используют графическое обозначение,  соответствующее слову «повернуто» (см. ГОСТ 2.305-68, диаметр окружности значка 5 мм min).

Сечение заштриховывают, наклон штриховки и интервал, с которым проводят линии, сохраняют такими же, как и на разрезах. В случае, если наклон штриховки совпадает с контуром фигуры сечения или параллелен осевым линиям (как в нашей случае), угол наклона меняют с 45 на 30 или 60 градусов, сохраняя интервал между линиями штриховки и общее направление.

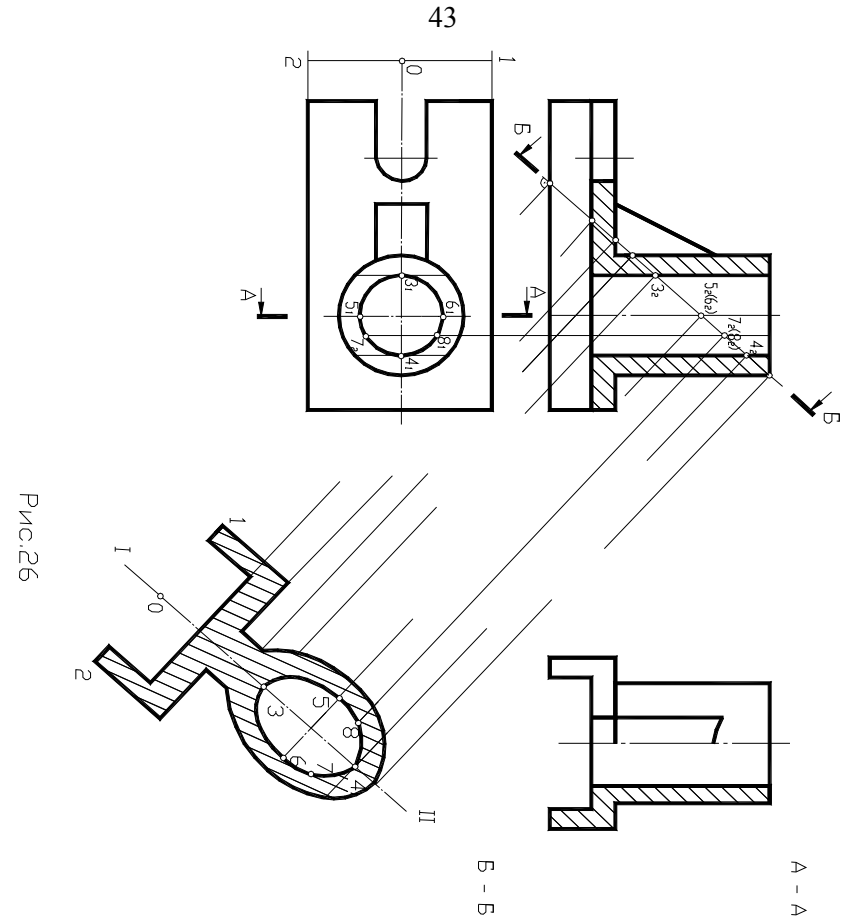


Рис.26

Таким образом, рассмотренные выше ортогональные проекции тел и предметов, их виды спереди, сверху и сбоку (конкретно слева) вместе с разрезами и сечениями позволяют выявить их форму и размеры. Однако прямоугольные проекции не обладают достаточной наглядностью, не дают целостного впечатления о форме пространственного объекта. Поэтому разбирая простейшие геометрические тела авторы давали на чертежах и их наглядные изображения.

Таким видом изображений являются аксонометрические проекции.

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Общие сведения

АксонOMETРИЧЕСКИМИ проекциями называют наглядные изображения предмета, получаемые параллельным проецированием его на одну плоскость проекций вместе с осями прямоугольных координат, к которым этот предмет отнесен.

Слово «аксонометрия» в переводе с греческого означает измерение по осям (от греческого «αξων» - ось и «μετρον» - измерять).

Рассмотрим сущность метода на примере точечного объекта **A**. На рис. 27 показана точка **A**, отнесенная к системе прямоугольных координат **XYZ**. Вектор **S** определяет направление проецирования на плоскость проекций **Π¹** (её часто называют картинной плоскостью). От всех характерных точек декартовой системы координат и самого объекта отправлены проецирующие лучи на плоскость **Π¹**. Обратите внимание, что проецируется не только сам объект **A**, но и его проекция (в данном примере это горизонтальная проекция **A₁**). Проецирование на **Π¹** не только точки **A**, но и её ортогональной проекции обеспечивает взаимную однозначность между точками пространства и точками картинной плоскости. Одной проекции **A¹** для этого не достаточно, т.к. любая точка проецирующего луча **AA¹** соответствует аксонометрической проекции **A¹**. Аксонометрическую проекцию **A₁¹** горизонтальной проекции точки **A** принято называть **вторичной проекцией**.

На плоскости **Π¹** (рис. 27) кроме объекта показана аксонометрическая проекция осей координат система **X¹Y¹Z¹**. Из рисунка видно, что в аксонометрии происходят искажения линейных размеров, различные по разным осям. Искажения отрезков осей координат при их проецировании на плоскость **Π¹** характеризуется так называемыми коэффициентами искажения.

Коэффициентом искажения называется отношение длины по аксонометрической оси к истинной длине по соответствующей оси, так

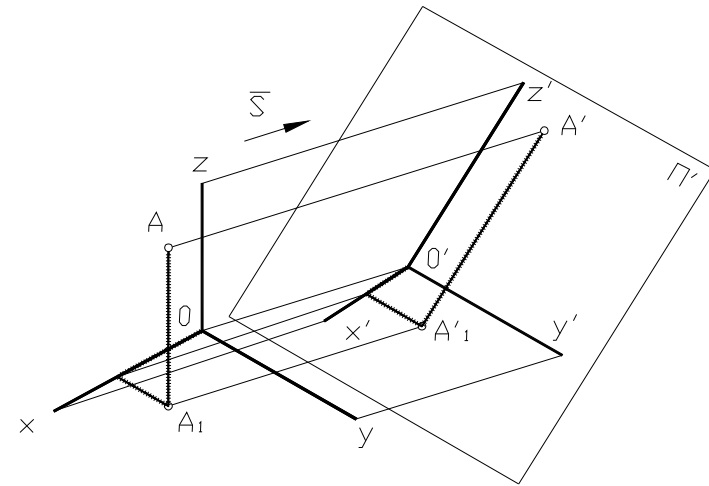


Рис.27

$$\text{по оси } X^1 - U = \frac{O'X'}{OX}$$

$$\text{по оси } Y^1 - V = \frac{O'Y'}{OY}$$

$$\text{по оси } Z^1 - W = \frac{O'Z'}{OZ}$$

Очевидно, принимая различное взаимное положение натуральной системы координат (**XYZ**) и картинной плоскости (**Π¹**) и задавая разные направления проецирования (**S**), можно получить множество аксонометрических проекций, отличающихся друг от друга как направлением аксонометрических осей, так и величиной коэффициентов искажения вдоль этих осей.

Основой теории аксонометрии является теорема, доказанная в XIX немецким геометром Карлом Польке.

Теорема Польке утверждает, что:

три отрезка произвольной длины, лежащие в одной плоскости и выходящие из одной точки под произвольными углами друг к другу, представляют параллельную проекцию трех равных и взаимно перпендикулярных отрезков, выходящих из некоторой точки пространства.

На основании этой теоремы длины проекций аксонометрических осей и углы между ними могут выбираться произвольно. При этом коэффициенты искажения по аксонометрическим осям можно принять:

а) различными для всех аксонометрических осей

$U \neq V \neq W$; $U \neq W$ (такую аксонометрическую проекцию называют **триметрической**)

б) одинаковыми для каких-либо двух осей, например, $U = W$ (**диметрическая** проекция)

в) равными для всех осей $U = V = W$ (**изометрическая** проекция).

Другим параметром аксонометрической проекции является угол φ (угол между проецирующим лучом S и плоскостью проекций Π^1).

Если $\varphi \neq 90^\circ$, то аксонометрическая проекция называется **косоугольной**; а если $\varphi = 90^\circ$ – **прямоугольной**.

Таким образом изометрические, диметрические и триметрические проекции могут быть как прямоугольными, так и косоугольными.

Между коэффициентами искажения и углом наклона существует следующая зависимость:

$$U^2 + V^2 + W^2 = 2 + \text{ctg}^2 \varphi$$

Например, для прямоугольной аксонометрии, когда $\varphi = 90^\circ$, сумма квадратов коэффициентов искажения равна 2.

Из возможного многообразия аксонометрических проекций, ряд их рекомендуется государственным стандартом (ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции).

Стандартные аксонометрические проекции

На рис. 28 показаны расположение координатных осей на картинной плоскости и окружности в плоскостях этих осей.

- на рис. 28,а представлена **прямоугольная изометрия** $U = V = W \approx 0,82$ (стандартом разрешено использовать коэффициент искажения равным 1, при этом окружности проецируются в эллипсы 1,2,3, у которых большая ось равна 1,22, малая ось – 0,71 диаметр окружности);
- на рис. 28,б – **прямоугольная диметрия** $U = W \approx 0,94$; $V \approx 0,47$ (стандартам разрешено, соответственно, 1,0 и 0,5, при этом большая ось эллипсов 1,2,3 равна 1,06 диаметр окружности, а малая ось эллипса 1 – 0,95, эллипсов 2,3 – 0,36 диаметра окружности);
- на рис. 28, в – **косоугольная фронтальная изометрия** $U = V = W = 1$. Окружность 1, лежащая в плоскости XOZ (фронтальная плоскость) или ей параллельной, проецируется без искажения, а окружности, лежащие в плоскостях параллельных горизонтальной (XOY) и профильной (YOZ) плоскостям проекций, проецируются в эллипсы. Большая ось эллипсов 2 и 3 равна 1,3, а малая ось - 0,54 диаметра окружности;
- на рис. 28,г – **косоугольная горизонтальная изометрия** $U = V = W = 1$. Окружность 2, лежащая в горизонтальной плоскости проекций (XOY) или ей параллельной, проецируется без искажения, а окружности, лежащие в XOZ и YOZ или им параллельных, проецируются в эллипсы. Большая ось эллипса 1 равна 1,37, а малая ось – 0,37 диаметра окружности. Большая ось эллипса 3 равна 1,22, а малая ось – 0,71 диаметра окружности.
- На рис. 28,д - **косоугольная фронтальная диметрия** $U = W = 1$, $V = 0,5$. Окружность 1, лежащая в плоскости XOZ или ей параллельной, проецируется без искажений. Окружности, лежащие в плоскостях XOY и YOZ или им параллельных – в эллипсы. Большая ось эллипсов 2 и 3 равна 1,07, а малая ось – 0,33 диаметра окружности.

48

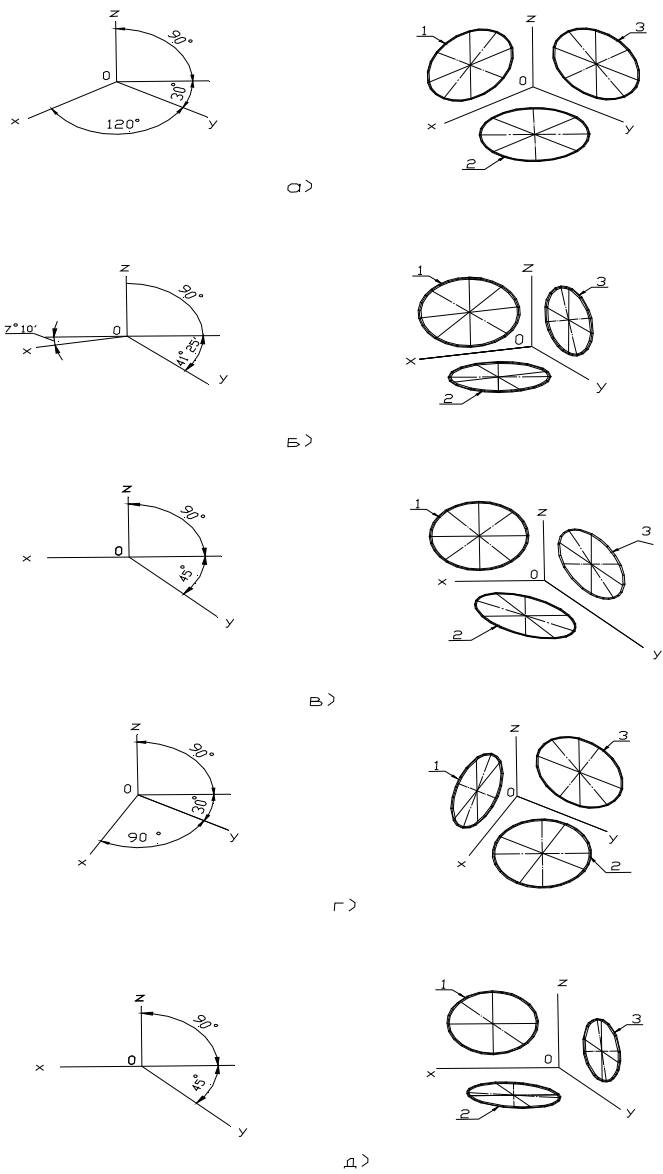


Рис. 28

49

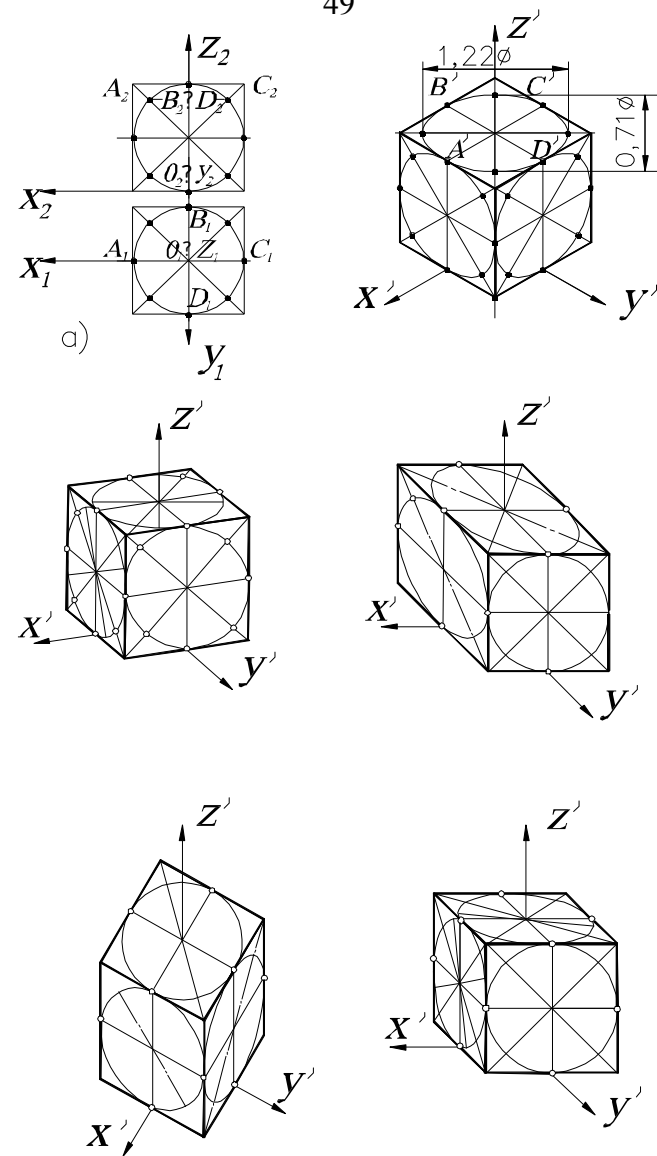


Рис. 29

О других возможных расположениях оси Y в косоугольных аксонометрических проекциях и о расположении большой оси эллипсов относительно осей координат в стандартных аксонометрических проекциях можно прочитать в самом стандарте.

На рис. 29 построены стандартные аксонометрические изображения куба с окружностями, вписанными в его грани. Построение проведено по ортогональному чертежу (рис.29,а). На нем показано расположение прямоугольной системы координат, к которой и относят данный куб.

Графическая работа по проекционному черчению, как правило, заканчивается построением наглядного изображения детали, т.е. аксонометрической проекции детали. Рассмотрим построение детали изображенной на рис.26.

Рекомендуемая последовательность построения аксонометрического изображения.

1. На ортогональном чертеже размечают оси прямоугольной системы координат, к которой и относят данную деталь (рис.30). Оси ориентируют так, чтобы они допускали удобное измерение координат точек детали. Например, при построении детали, имеющей плоскости симметрии, целесообразно проводить оси через них. В нашем примере плоскость XOZ проходит через вертикальную плоскость симметрии детали.

2. На картинной плоскости строят аксонометрические оси (рис.31,а). В нашем примере строится прямоугольная изометрия, оси на картинной плоскости расположены под углом 120° друг к другу.

3. По одной из ортогональных проекций детали чертят вторичную проекцию. В нашем примере в качестве вторичной проекции взята фронтальная проекция детали (рис.31,б). В данном примере, когда $U = V = W = 1$ все размеры в направлении осей координат переносятся с ортогонального чертежа без искажения.

4. Создаем аксонометрическое изображение, используя вторичную проекцию детали и координаты « Y », например DEy (рис.30 и 31,б). В нашем примере в детали сделан вырез части ее с целью выявления внутреннего контура и увеличения наглядности изображения (рис.32).

Вырез части детали выполнен двумя координатными плоскостями XOZ и YOZ . На рис.30 показаны следы этих плоскостей, соответственно, α_1 и β_1 .

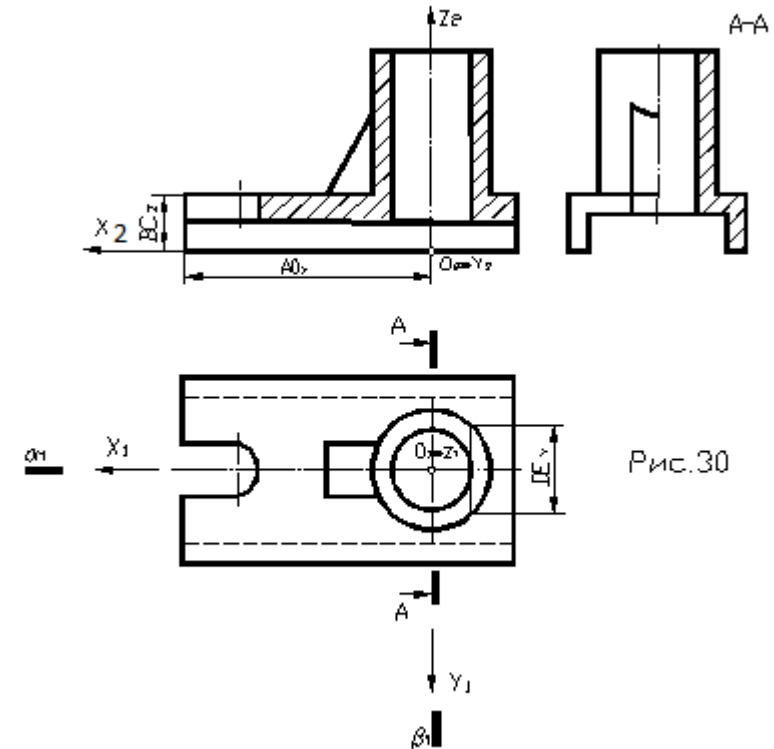


Рис.30

52

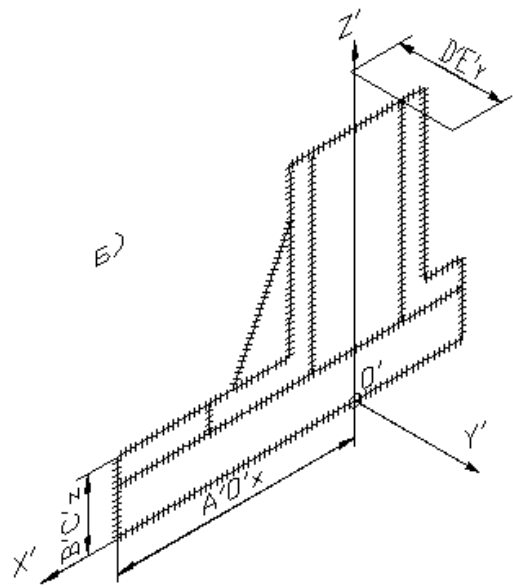
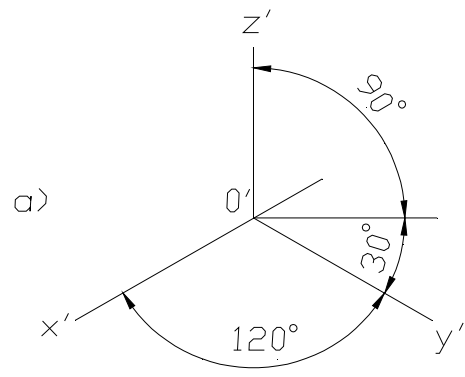


Рис.31

53

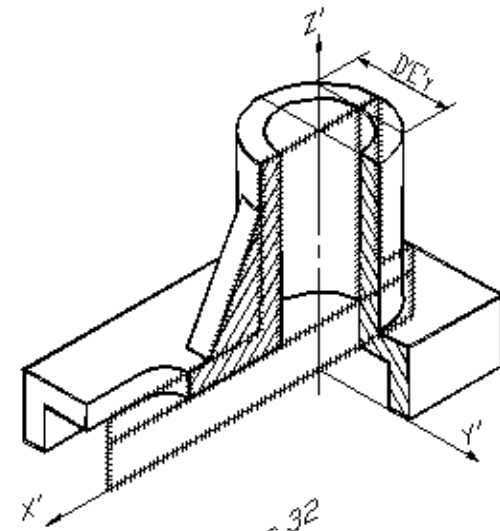


Рис.32

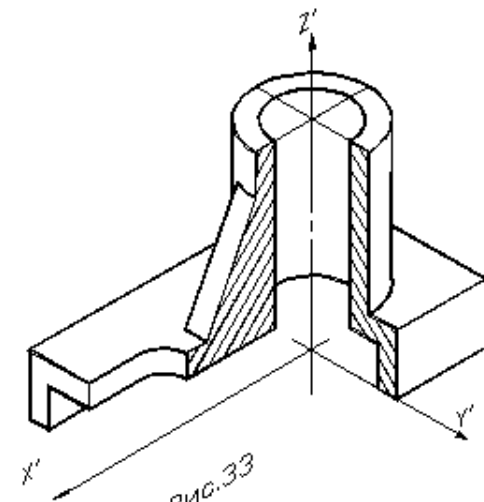


Рис.33

На рис.33 показано аксонометрическое изображение детали без вторичной проекции.

Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекции квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рис.34). На рис.34,а показаны варианты штриховки в прямоугольной изометрии на рис.34,б – в прямоугольной диметрии.

Необходимо обратить внимание (рис.32 и 33), что ребро жесткости и подобные элементы в аксонометрических проекциях штрихуются.

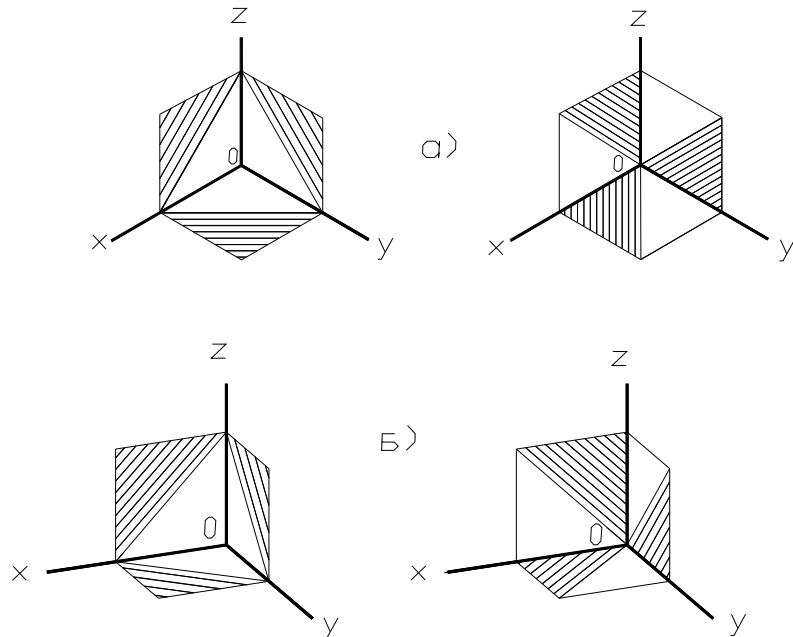


РИС. 34

Пример заполнения основной надписи

	М 1:1		Проекционное черчение		40
	Чертил	Иванов И. И.	МГУ ПС	Вар. 1	
	Проверил			гр. МТ-111	
Принял					
	30	35	10	20	134

Форматы-ГОСТ 2.301-68




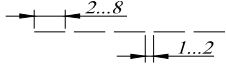
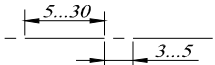

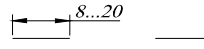

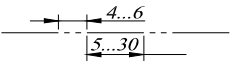
Обозначение формата	A0	A1	A2	A3	A4
Размер стороны в мм	1189x841	594x841	594x420	297x420	297x210

Масштабы-ГОСТ 2.302-68

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

Линии-ГОСТ 2.303-68

Толщина сплошной основной линии S должна быть в пределах от 0,6 до 1,5мм

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии
Сплошная толстая-основная		S
Сплошная тонкая		От $S/3$ до $S/2$
Сплошная волнистая		От $S/3$ до $S/2$
Штриховая		От $S/3$ до $S/2$
Штрихпунктирная тонкая		От $S/3$ до $S/2$
Штрихпунктирная утолщенная		От $S/2$ до $S/3$
Разомкнутая		От S до $S/1,5$
Сплошная тонкая с изломами		От $S/3$ до $S/2$
Штриховая с двумя точками тонкая		От $S/3$ до $S/2$

Шрифты чертежей ГОСТ 2.304-81

Основной шрифт с наклоном-на сетке с ячейками, имеющими форму параллелограмма с основанием и высотой, равной $h/7$, и углом при основании около 75° .

Размер шрифта определяется высотой h прописных букв в мм. Установлены следующие размеры шрифта:

1,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Прописные буквы

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С
Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

Строчные буквы и арабские цифры

а б в г д е ж з и й к л м н о п р с т
х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Учебно-методическое издание

Сафиулина Юлия Габдулловна

Горбачева Нина Петровна

Инженерная графика

Часть 1. Разделы:

проекционное черчение,

аксонометрические проекции

Подписано в печать-

Формат

Тираж 350 экз.

Усл. печ. л. 3,75

Изд. №

Заказ №

127994, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9. Типография МИИТа