

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

При построении чертежа предмета его обычно располагают так, чтобы направления трех главных измерений его были параллельны плоскостям проекций (рис. 1, *а*). Направление длины a – параллельно оси X , ширины b – оси Y и высоты h – оси Z . Тогда длина и высота проецируются в натуральную величину на фронтальную плоскость проекций, длина и ширина не искажаются на горизонтальной проекции, а ширина и высота – на профильной. Такой чертеж удобно строить, по нему просто производить измерения, судить о размерах изображенного предмета. Однако он недостаточно нагляден. Чтобы воспроизвести форму предмета, надо мысленно воссоздать ее по двум, трем, а иногда и большему числу проекций.

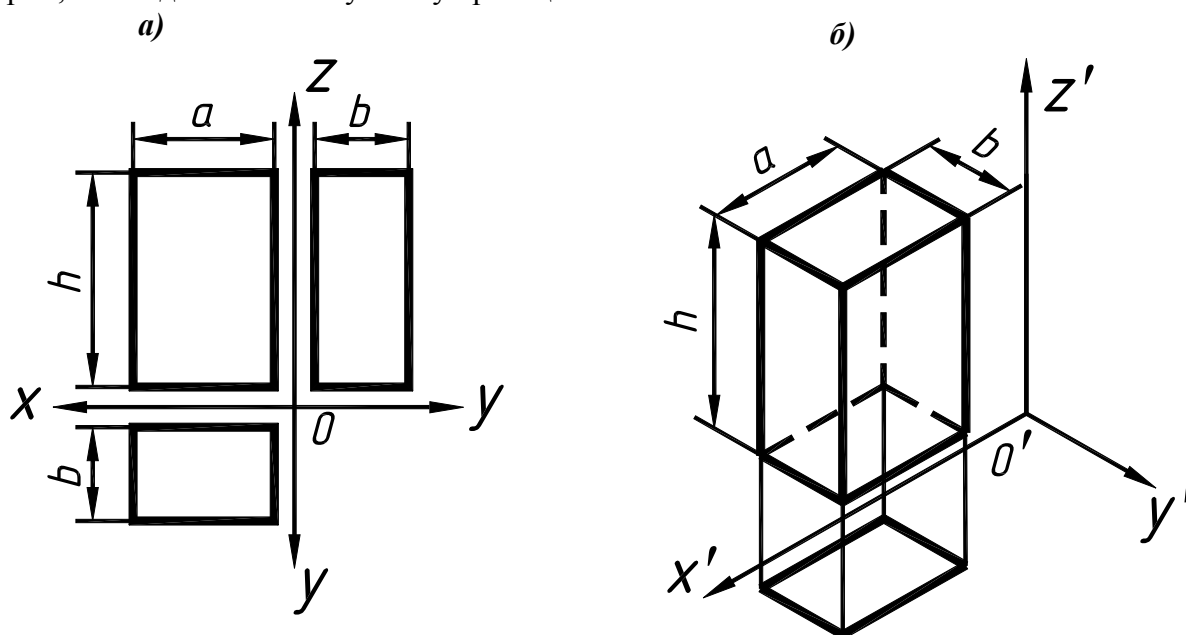


Рис. 1

Более наглядный чертеж можно получить, проецируя предмет на одну плоскость проекций и располагая его так, чтобы ни одно из направлений главных измерений не проецировалось точкой (рис. 1, *б*). В этом случае взгляд «охватывает» сразу три стороны предмета. По такому чертежу легко представить себе форму. Чтобы чертеж стал измеримым, на плоскость чертежа проецируют систему координат $OXYZ$ таким образом, чтобы оси координат были параллельны направлениям длины, ширины и высоты изображаемого предмета.

Если известно, как искажаются размеры по осям $X Y Z$, то по чертежу можно судить о размерах предмета. Построенный таким образом чертеж называют аксонометрическим или *аксонометрией*.

В зависимости от того, как проецируется система координат $OXYZ$ на плоскость чертежа, аксонометрические проекции подразделяют: *прямоугольная*, если направление проецирования перпендикулярно; *косоугольная* – направление проецирования не перпендикулярно плоскости чертежа.

Кроме того, аксонометрические проекции различают в зависимости от искажения размеров по осям координат. Если искажение по всем осям различно, то проекции называют *триметрическими*; искажение по двум осям одинаково – *диметрическими*; искажение по всем трем осям равно – *изометрическими*.

В конструкторской документации применяются следующие виды аксонометрических проекций, приведенные в ГОСТ 2.317-2011:

- 1) прямоугольные: изометрическая и диметрическая;
- 2) косоугольные: фронтальная и горизонтальная изометрическая, фронтальная диметрическая.

Рассмотрим первый вид проекции, как наиболее употребительный. Положение осей в прямоугольной изометрической проекции и прямоугольной диметрической приведено на рис. 2, а и б соответственно.

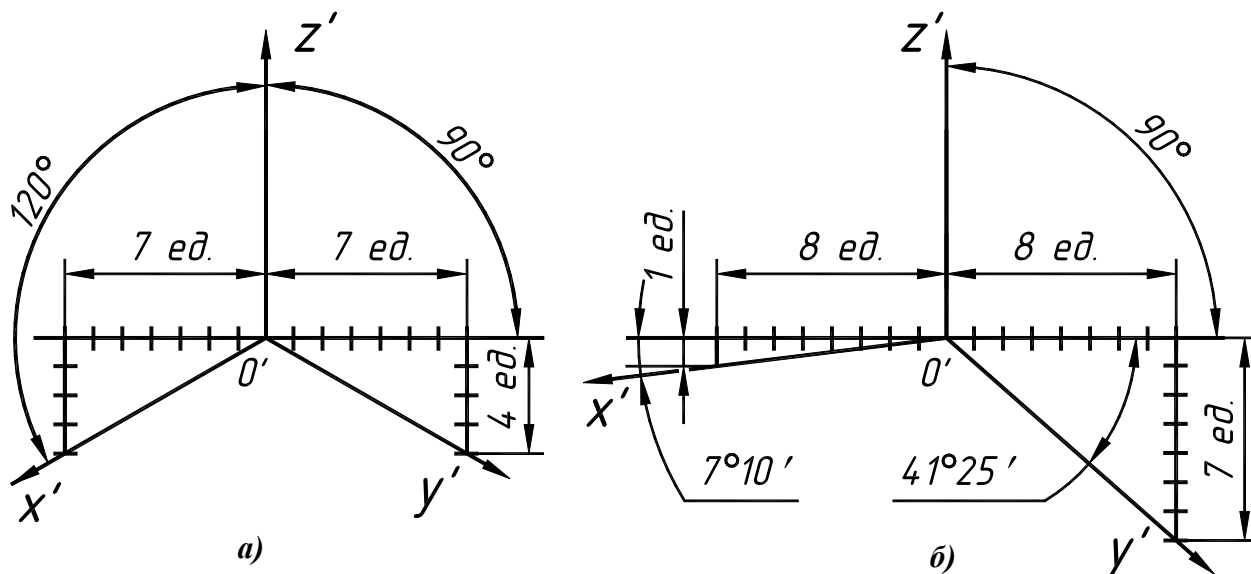


Рис. 2

Искажение размеров в изометрической проекции равно **0,82**, а в диметрической, по осям X, Y, Z соответственно: **0,94; 0,47; 0,94**.

Для простоты построения принято, что в изометрии по осям показатель искажения равен **1**, а в диметрии соответственно **1; 0,5; 1**.

Поэтому изометрическое изображение увеличивается в **1,22** раза, а диметрической в **1,06** раза.

Изометрия точки

Ортогональные проекции точки A изображены на рис. 3, а. Последовательность построения изометрической проекции следующая. Во-первых, необходимо отнести точку к системе прямоугольных координат, т.е. обозначить оси на чертеже (рис. 3, б). Затем построить оси аксонометрических проекций (рис. 3, в). От центра проекций O' на оси x' отложить координату x_A, взятую с ортогонального чертежа. Далее через полученную точку провести прямую, параллельную оси y', и отложить на ней координату y_A, взятую также с ортогонального чертежа. Полученная точка A₀ есть вторичная проекция точки, которая является аксонометрической проекцией горизонтальной проекции точки. Затем через A₀ провести прямую, параллельную оси z', и отложить на ней отрезок, равный z_A. Полученная точка A' есть изометрическая проекция точки A (рис. 3, в).

Итак, любую аксонометрическую проекцию точки можно получить, построив в аксонометрии трехзвенную координатную ломаную линию, определяющую положение этой точки относительно начала координат.

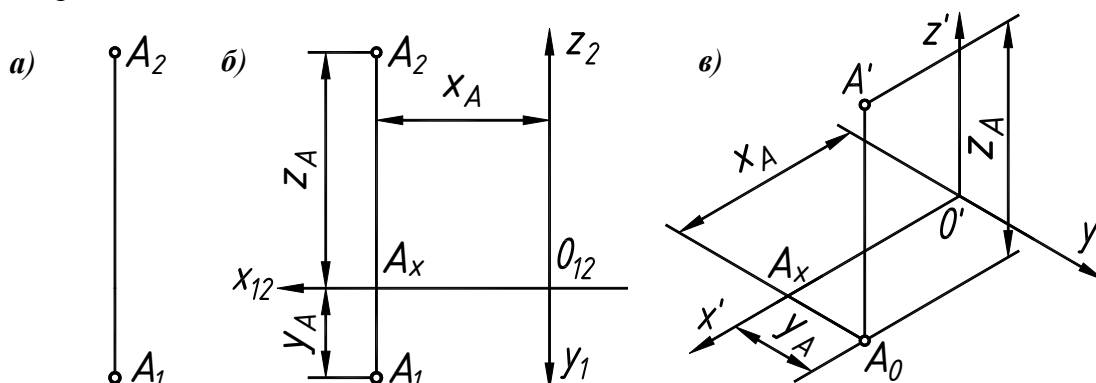


Рис. 3

Аксонометрия многоугольников

Изометрия многоугольников

При построении аксонометрии плоской фигуры необходимо, во-первых, отнести её к декартовой системе координат. В том случае, когда плоская фигура имеет две взаимно перпендикулярные оси симметрии, целесообразно принять их за координатные оси. Построение в изометрии правильного шестиугольника, расположенного в плоскости Π_2 , показано на рис. 4.

Перед построением необходимо обозначить проекции координатных осей и вершин шестиугольника (рис. 4, а). Затем построить аксонометрические оси x' , z' (рис. 4, б). От точки O' влево и вправо отложить по оси $O'A'$ отрезки $O_2 A_2$ и $O_2 D_2$, а по оси $O'z'$ вверх и вниз отрезки $[O'1'] = [O_2 1_2]$ и $[O'2'] = [O_2 2_2]$. Через полученные точки $1'$ и $2'$ провести прямые, параллельные оси $O'A'$ и на них отложить в обе стороны от точек $1'$ и $2'$ отрезки $[1'B'] = [1_2 B_2]$, $[1'C'] = [1_2 C_2]$, $[F'2'] = [F_2 2_2]$, $[2'E'] = [2_2 E_2]$. Соединив построенные вершины, получают изометрическую проекцию правильного шестиугольника $A'B'C'D'E'F'$ (рис. 4, в).

Если плоский многоугольник имеет взаимно перпендикулярные стороны, то с ними рационально совмещать оси координат. Это показано на рис. 4, в при построении изометрии четырехугольника, расположенного в плоскости zOy . От точки O' отложить по оси y' отрезок a , а по оси z' — отрезок b (рис. 4, з). Через концы построенных отрезков провести прямые, параллельные осям z' и y' и продолжить их до взаимного пересечения.

В аксонометрических проекциях многоугольников величина искажения размеров углов и длин сторон, непараллельных осям координат, не известна и определить ее достаточно сложно. Поэтому аксонометрические проекции сторон, непараллельных осям координат, необходимо выполнять по координатам концевых точек. Например, у контура, изображенного на рис. 4, д, для определения положения вершин 5 и 6 использованы линейный размер e и угол α . Для построения же изометрической проекции этих вершин (рис. 4, е) необходимо определить их координаты x_5 , y_5 и y_6 ($x_6 = 0$).

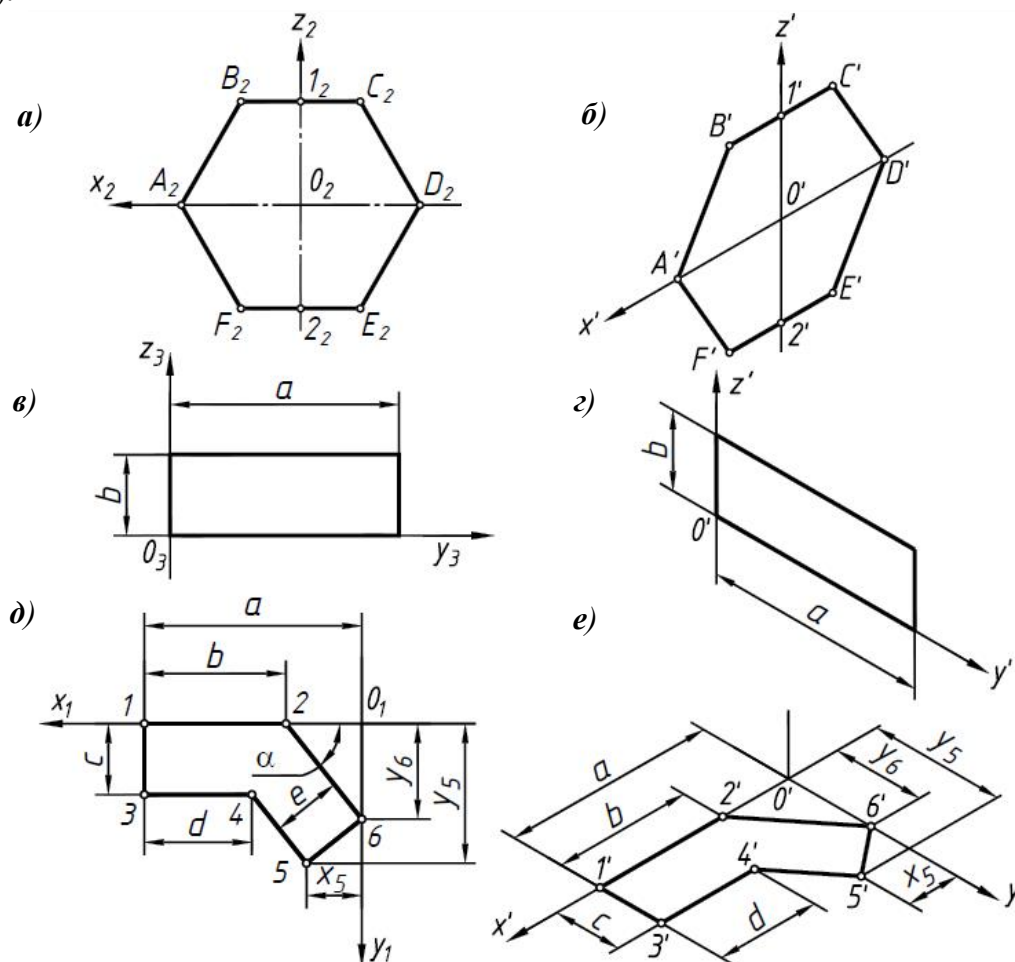


Рис. 4

Последовательность построения изометрии произвольного многоугольника может быть различной. Вершины данного многоугольника удобно строить в последовательности, отмеченной цифрами 1, 2, 3 и т.д.

Диметрия многоугольников

На рис. 5 изображены проекции квадрата в прямоугольной диметрии (рис. 5, а, б, в, г) и правильного пятиугольника (рис. 5, д, е, ж, з), расположенных в горизонтальной плоскости Π_1 (рис. 5, а, б, д, е), во фронтальной плоскости Π_2 (рис. 5, в, ж) и в профильной плоскости Π_3 (рис. 5, г, з). Последовательность построения та же, что и многоугольника в изометрии. **Различие состоит лишь в том, что по оси $O'y'$ следует откладывать половину действительного размера стороны квадрата (рис. 5, б, г), половину величин c , d и e (рис. 5, е) и половину величин a и b (рис. 5, з), так как коэффициент искажения по оси y равен 0,5.**

При построении фигур следует измерять размеры на комплексном чертеже и откладывать их в диметрии только в направлениях, параллельных координатным осям, учитывая показатели искажения. Если многоугольник принадлежит плоскости общего положения (рис. 5, и), то в диметрии вершины или другие точки многоугольника строят по координатным ломаным (рис. 5, к).

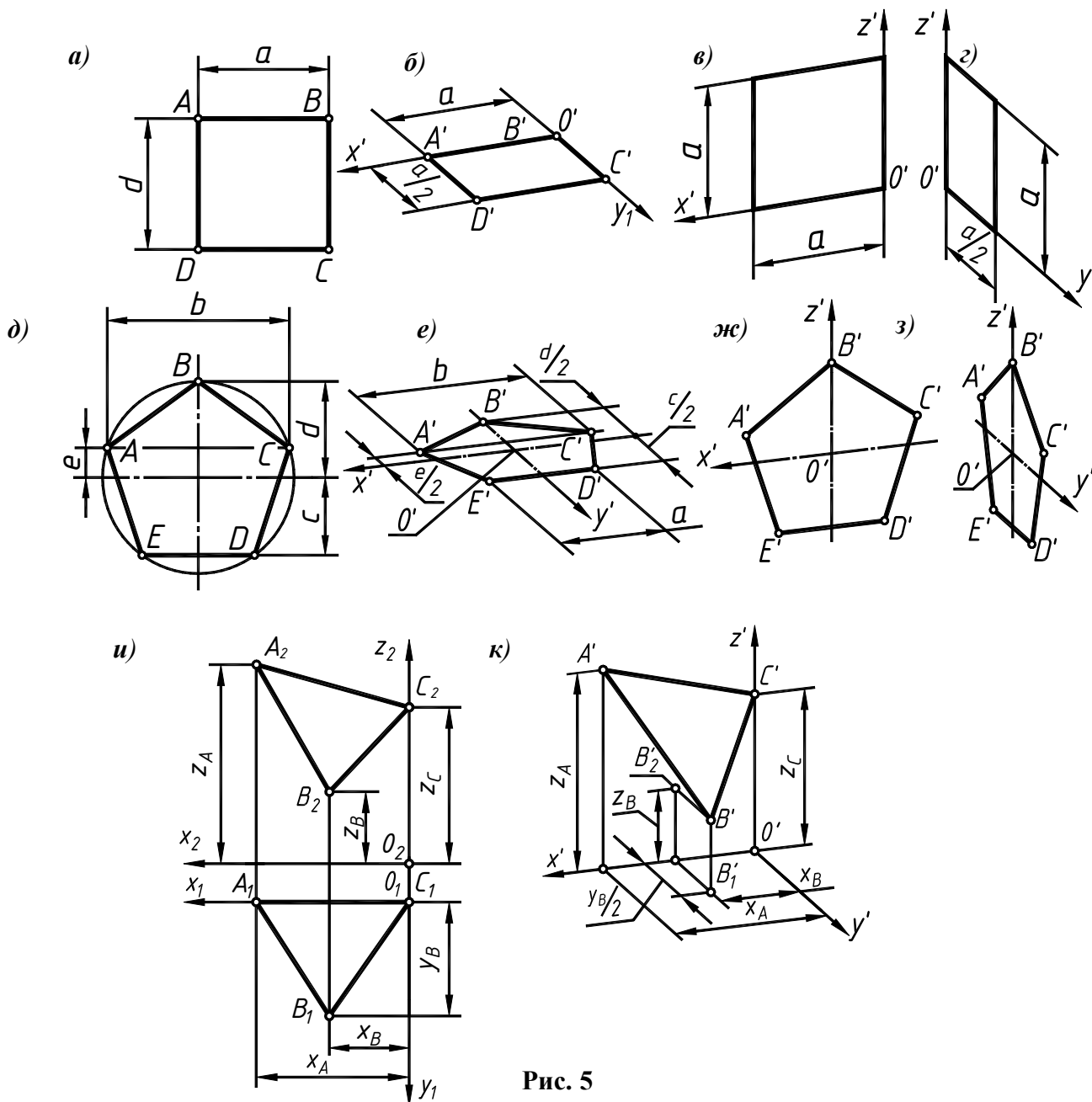


Рис. 5

Изображение плоских фигур в ортогональных, изометрических и диметрических прямоугольных проекциях показано на рис. 6, а, б. Построение проекций видно из рисунков.

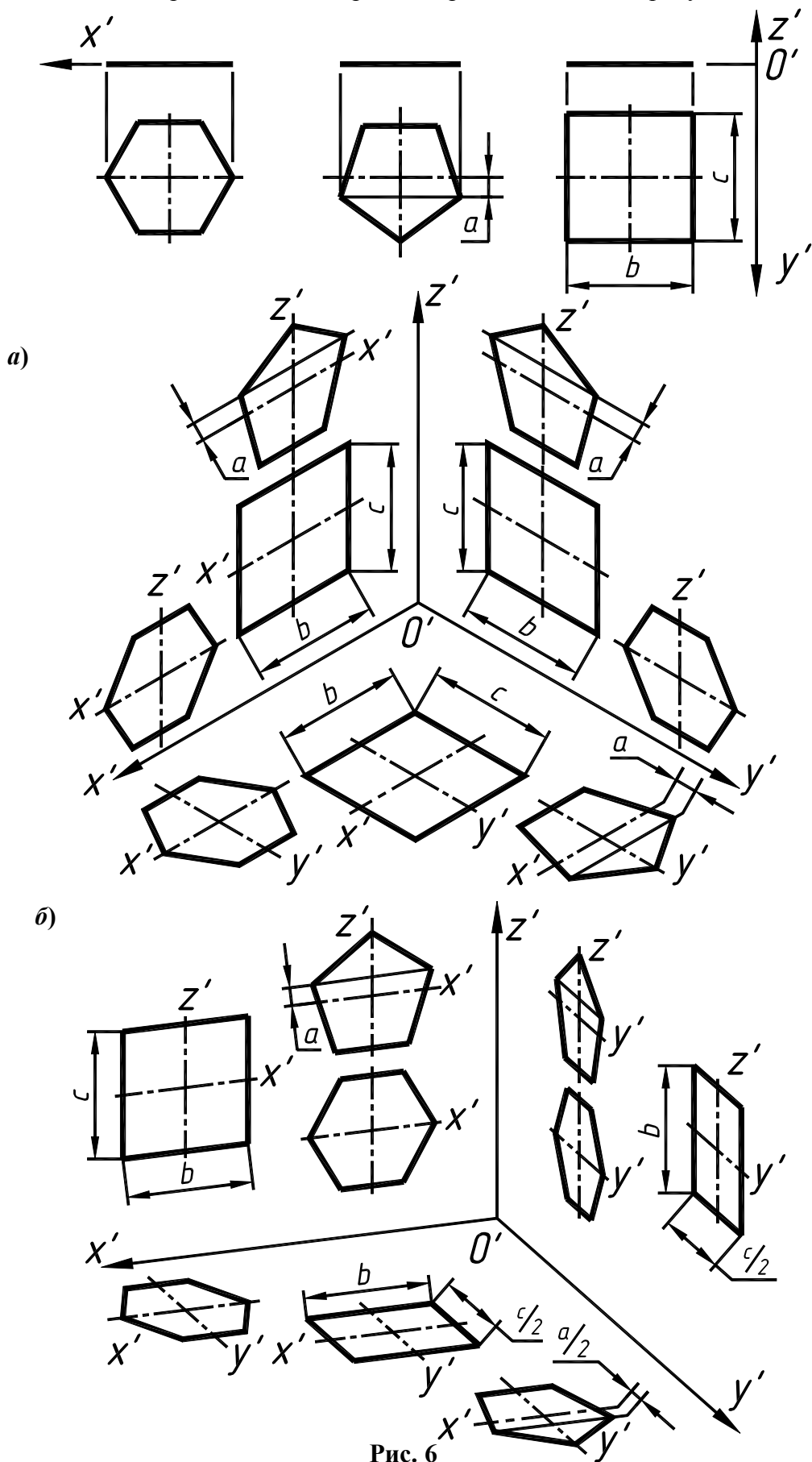


Рис. 6

Аксонометрия призмы

Последовательность построения призмы рис. 5, *a*, в прямоугольной диметрии показана на рис. 5, *б, в, г*. Прямоугольная диметрия призмы, основание которой расположено в плоскости $x'O'z'$, приведена на рис. 5, *д*. Изображение призмы, основание которой расположено в плоскости $y'O'z'$, приведено на рис. 5, *е*.

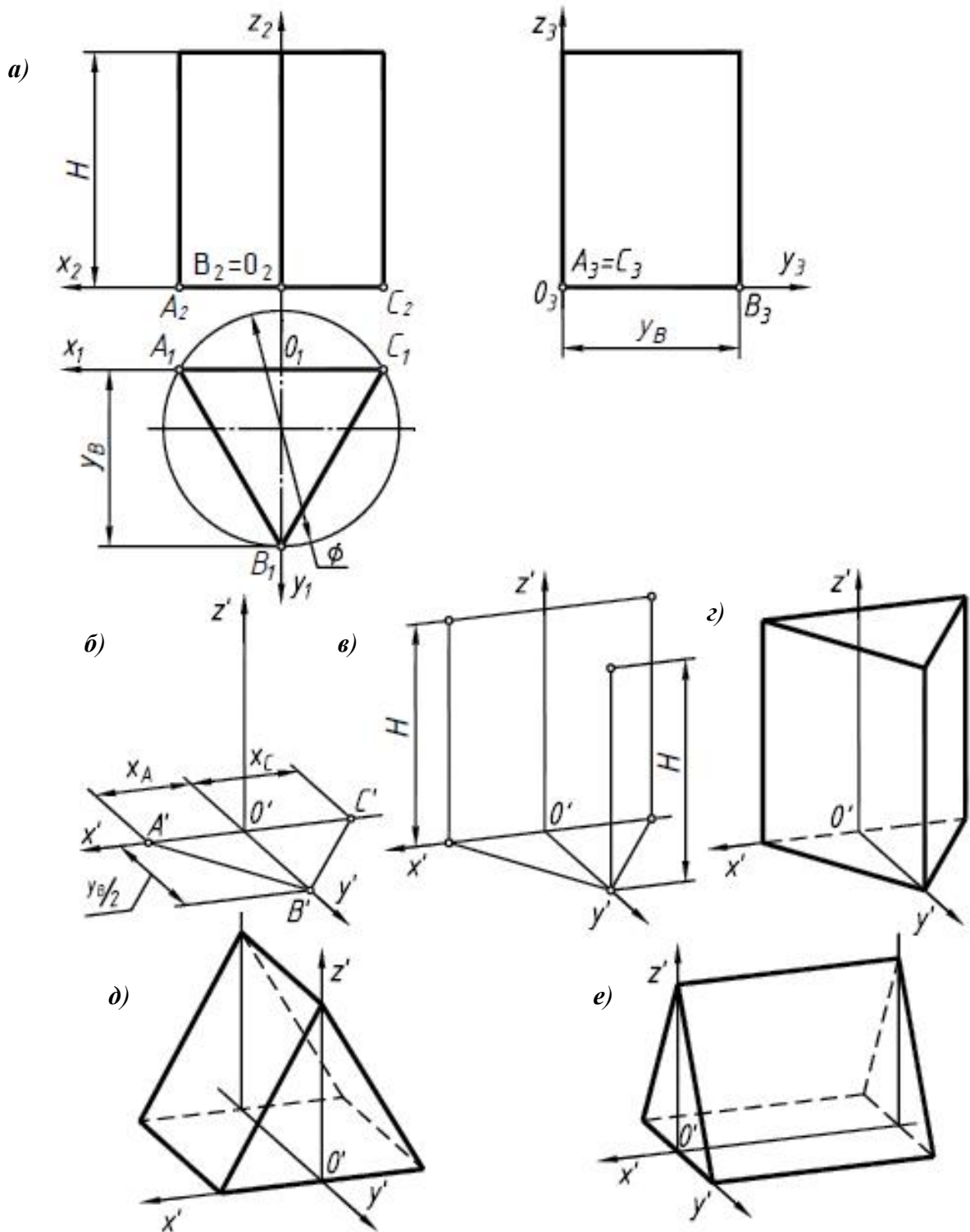


Рис. 7

При построении диметрических прямоугольных проекций следует обратить внимание на то, что по оси $O'y'$ следует откладывать половину действительного размера ($y_B/2$).

Аксонометрия окружностей

Окружности, принадлежащие плоскостям проекций или плоскостям им параллельным, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в **эллипсы**. В изометрии такой эллипс имеет большую ось **1,22**, а малую **0,71** диаметра окружности. В диметрии окружность проецируется в эллипсы с осями **1,06** и **0,35**, если плоскость ее параллельна горизонтальной и профильной плоскостям проекций. В целях упрощения построений вместо эллипсов строят четырехцентровые овалы.

Правило расположения осей овалов

Большая ось овала всегда перпендикулярна той аксонометрической оси, которая не принадлежит плоскости окружности. На рис. 8, *а* приведено изображение изометрии окружности, расположенной в плоскостях $x'Oz'$ (1), $y'Oz'$ (2), $x'Oy'$ (3). На рис. 8, *б* приведено изображение диметрии окружности, расположенной в разных плоскостях.

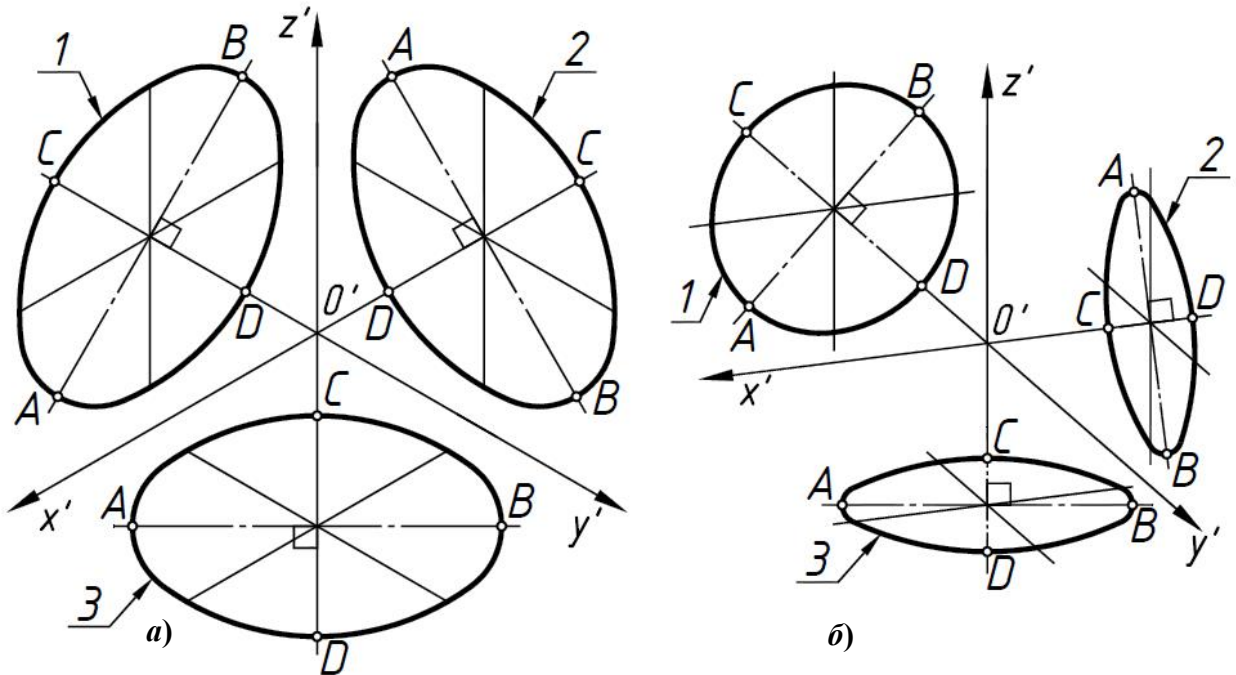


Рис. 8

Если плоскость окружности параллельна фронтальной плоскости проекций, то эллипс имеет большую ось **1,06**, а малую **0,95** диаметра окружности. Построение овала с большой осью $AB = 1,06d$ и малой осью $CD = 0,94d$ (овал 1, см. рис. 8) показано на рис. 9. Такой эллипс можно заменить при построении обычной окружностью диаметра d .

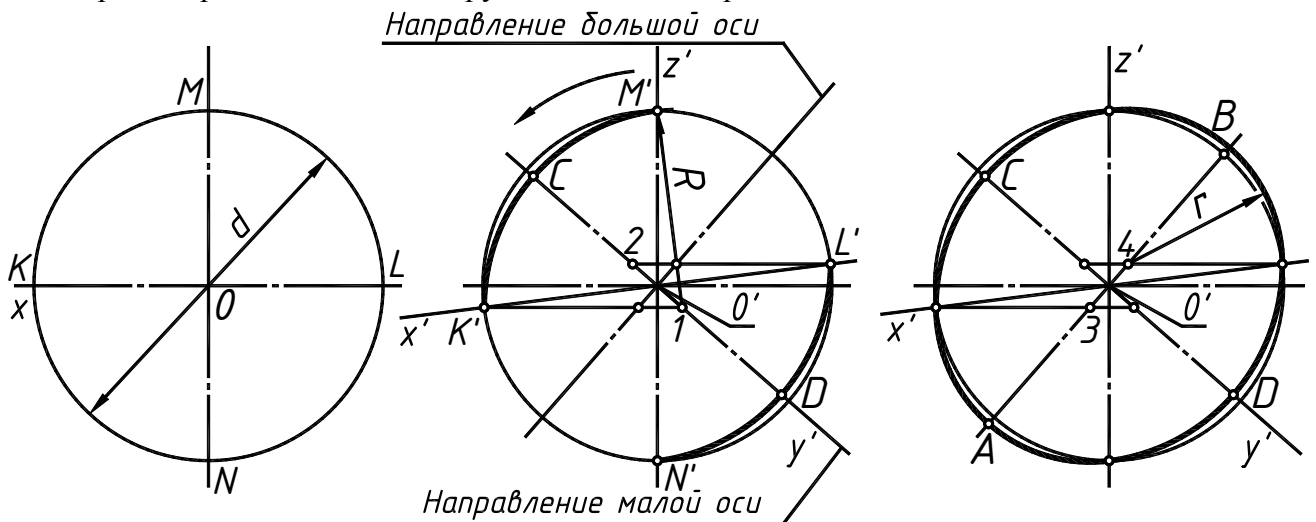


Рис. 9

Один из рекомендуемых способов построения овалов показан на рис. 10. Здесь построены овалы для окружности, расположенной в горизонтальной плоскости (рис. 10, *a* – изометрия, рис. 10, *б* – диметрия).

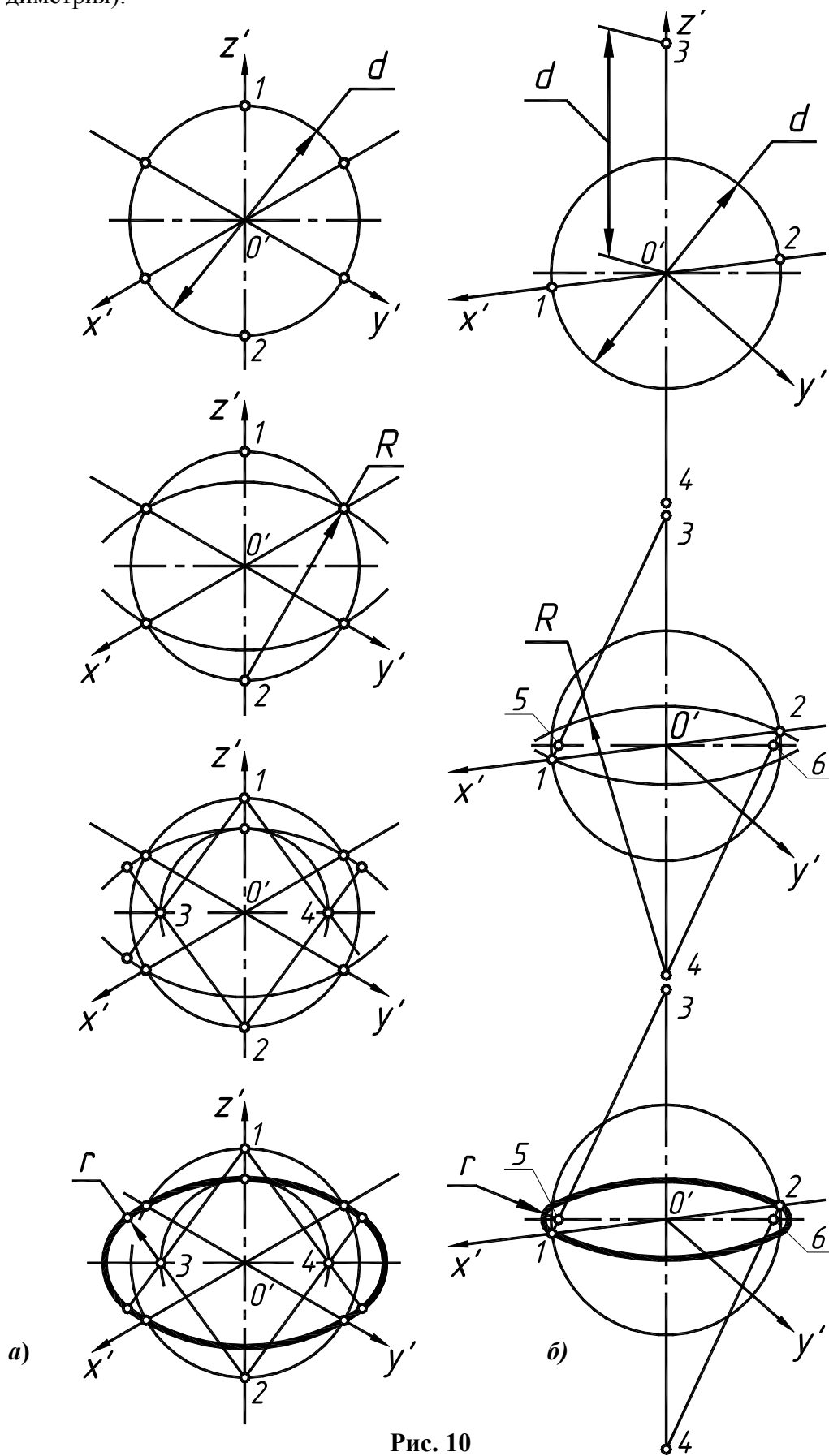


Рис. 10

Аксонометрия цилиндра, конуса, сферы

Прямой круговой цилиндр и прямой круговой конус задается диаметром основания и высотой (рис. 11, *a*, рис. 11, *б*); сфера – диаметром образующей окружности (рис. 11, *в*).

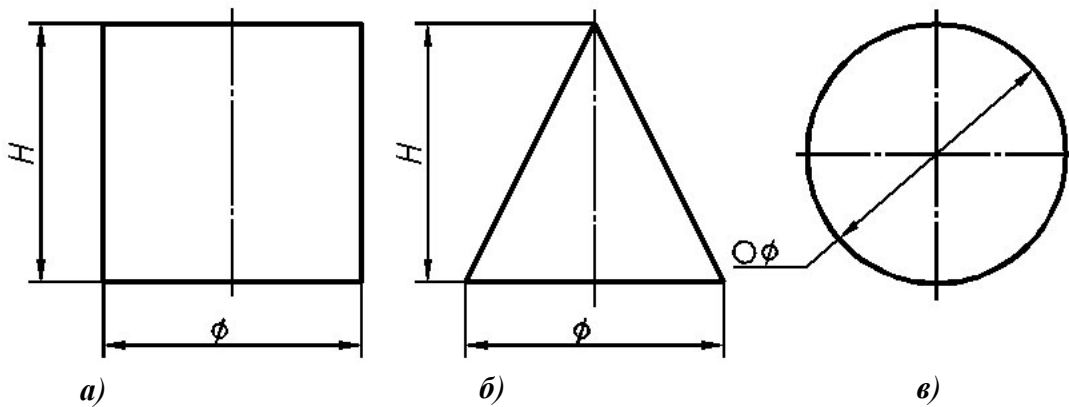


Рис. 11

Последовательность построения прямоугольной изометрии для цилиндра приведена на рис. 12. Фигура отнесена к прямоугольной системе координат. Оси координат совмещены с осями симметрии. Затем построены аксонометрические оси и проекция основания (рис. 12, *б*). Окружность проецируется в эллипс, который при вычерчивании заменён овалом (см. рис. 12, *а*). От точки O' на оси z' откладывают высоту цилиндра. Далее строят верхнее основание (рис. 12, *б*) и проводят касательные к эллипсам (рис. 12, *в*).

Проекции точек A и B (рис. 12, *в*), принадлежащих поверхности цилиндра строят при помощи трехзвенной координатной ломаной линии.

На рис. 12, *г* цилиндр изображен в положении, перпендикулярном к Π_2 , а на рис. 12, *д* – в положении, перпендикулярном к плоскости Π_3 .

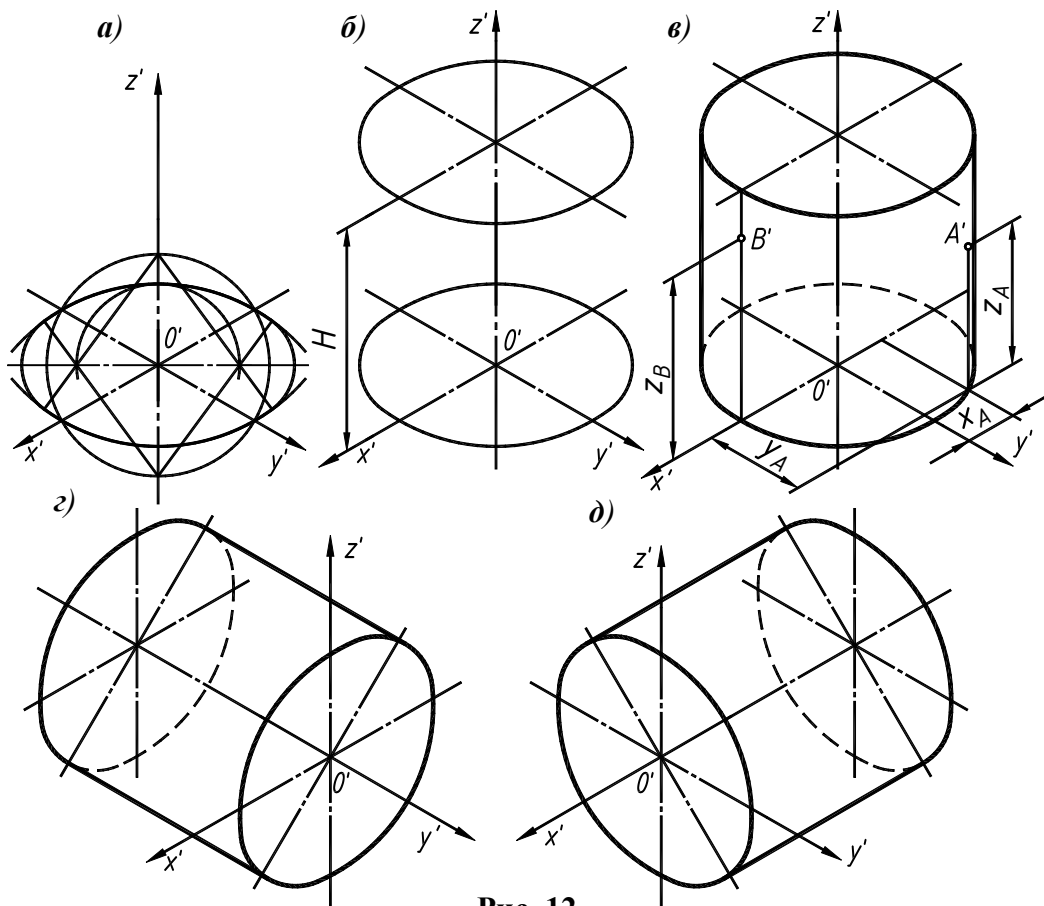


Рис. 12

Последовательность построения прямоугольной диметрии для цилиндра приведена на рис. 13. На рис. 13, *з* цилиндр изображен в положении, перпендикулярном к Π_2 , а на рис. 13, *д* – в положении, перпендикулярном к плоскости Π_3 .

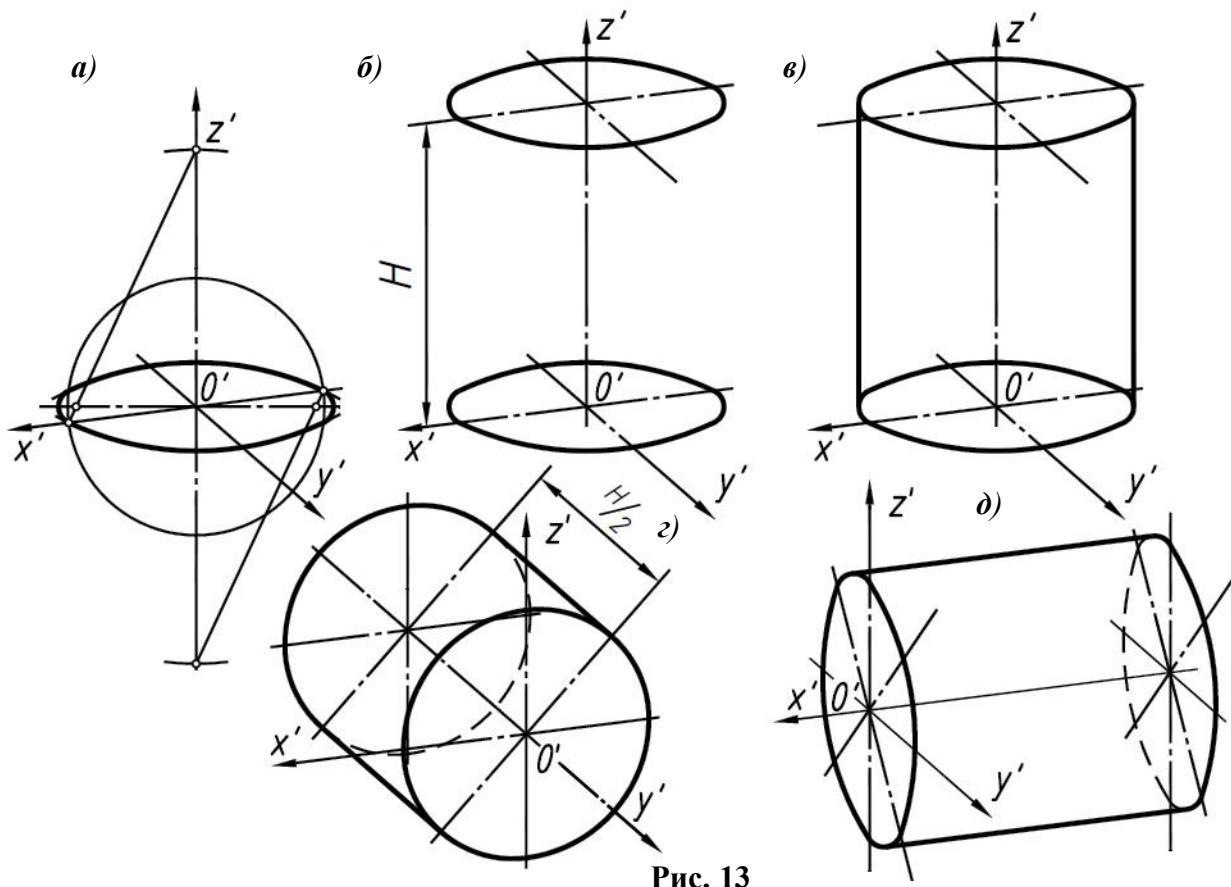


Рис. 13

Последовательность построения прямоугольной изометрии для конуса приведена на рис. 14. На рис. 14, *в* конус изображен в положении, перпендикулярном к Π_2 , а на рис. 14, *з* – в положении, перпендикулярном к плоскости Π_3 .

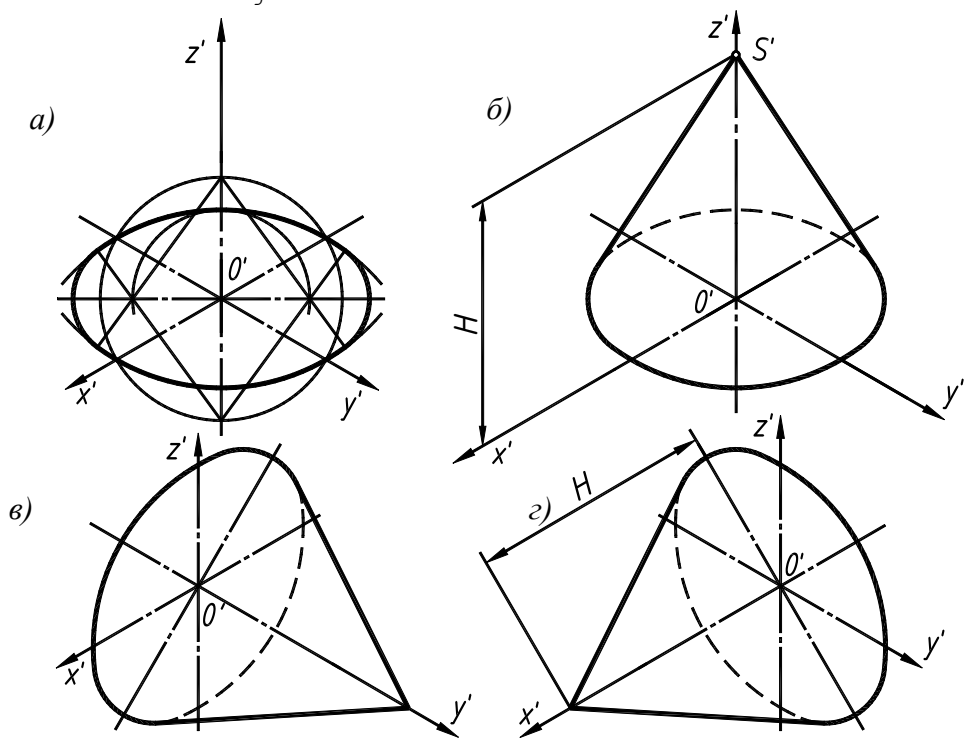


Рис. 14

Аксонометрия шара

Аксонометрия сферы – **окружность**. На рис. 15, *a* сфера изображена в прямоугольной изометрии. Диаметр окружности, которая является изометрической проекцией сферы, равен $1,22d$, где: d – диаметр сферы. На рис. 15, *б* сфера изображена в прямоугольной диметрии. Учитывая, что при построении прямоугольной диметрии используются приведенные показатели искажения, диаметр данной окружности увеличивают в 1,06 раза.

Чтобы изображение было наглядным, в аксонометрии принято изображать проекции трех главных окружностей, расположенных в плоскостях Π_1 , Π_2 и Π_3 , т.е. строить проекции экватора, фронтального и профильного меридианов. Тело, ограниченное сферой, называют шаром.

На рис. 15, *a* и *б* показаны изометрическая и диметрическая проекции шара с вырезом плоскостями $x'Oz'$, $y'Oz'$, $x'Oy'$.

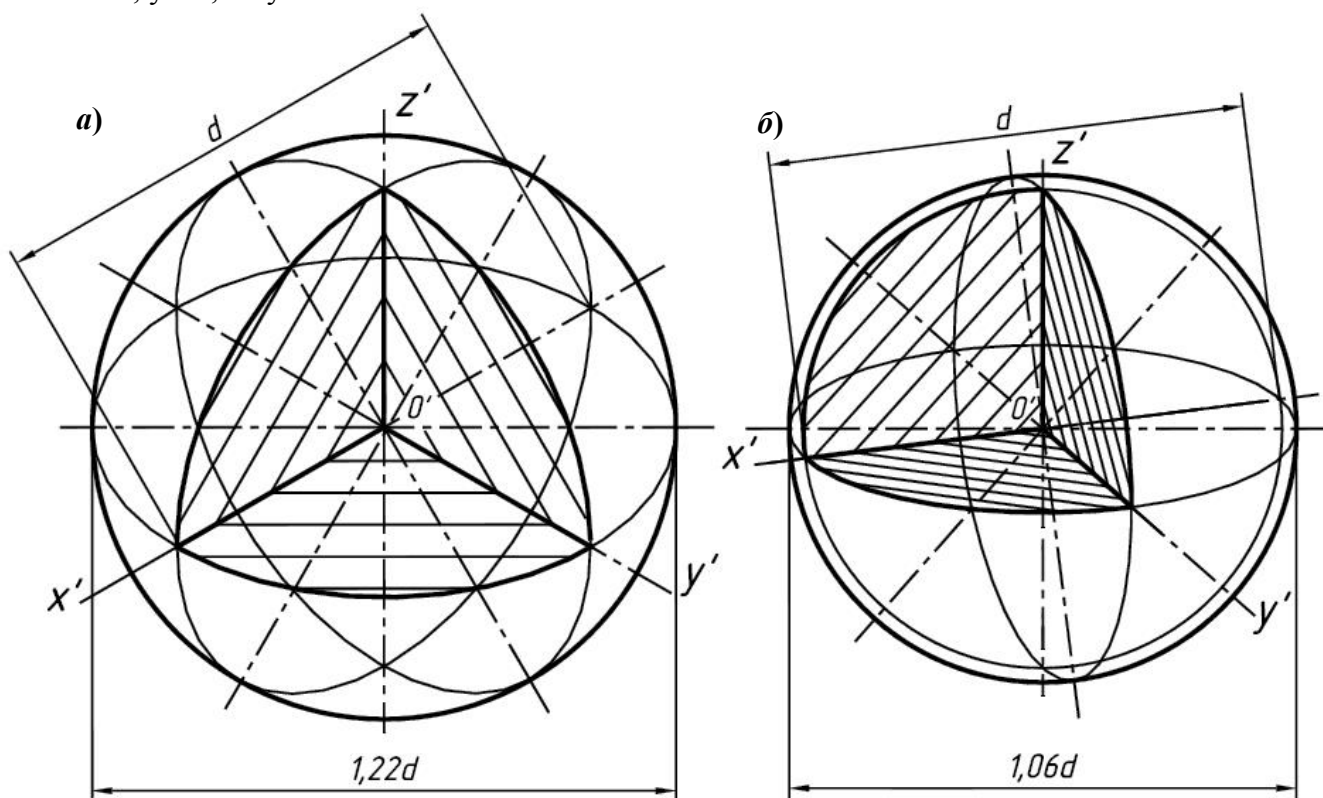


Рис. 15

Линии штриховки наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны квадратов параллельны аксонометрическим осям. Рис. 16, *a* – штриховка в изометрии, рис. 16, *б* – штриховка в диметрии.

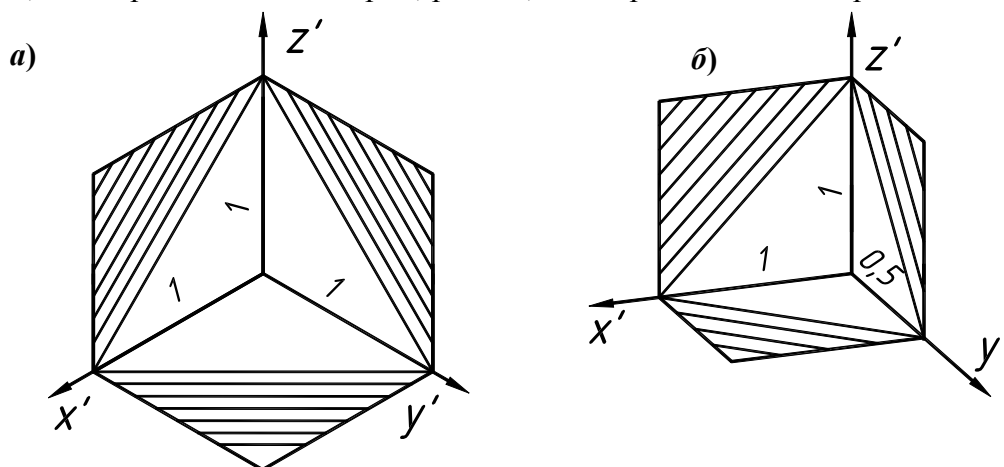


Рис. 16

Построение аксонометрических проекций кривых линий

Построение аксонометрических проекций кривой линии надо выполнять в следующем порядке (рис. 17):

- 1) отнести данную линию к декартовой системе координат (рис. 17, а);
- 2) зафиксировать на кривой достаточное количество точек (не менее четырех) 1, 2, 3, ... и определить их координаты (см. рис. 17, а);
- 3) по координатам точек 1, 2, 3, ... построить их вторичные проекции $1_1', 2_1', 3_1', \dots$ (рис. 17, б);
- 4) через вторичные проекции точек провести прямые, параллельные оси Z , и отложить на них аппликаты точек;
- 5) соединить найденные аксонометрические проекции точек $1', 2', 3', \dots$ плавной кривой l' , которая представляет собой аксонометрическую проекцию кривой l .

Построение линии пересечения двух поверхностей осуществляется таким же образом (рис. 18).

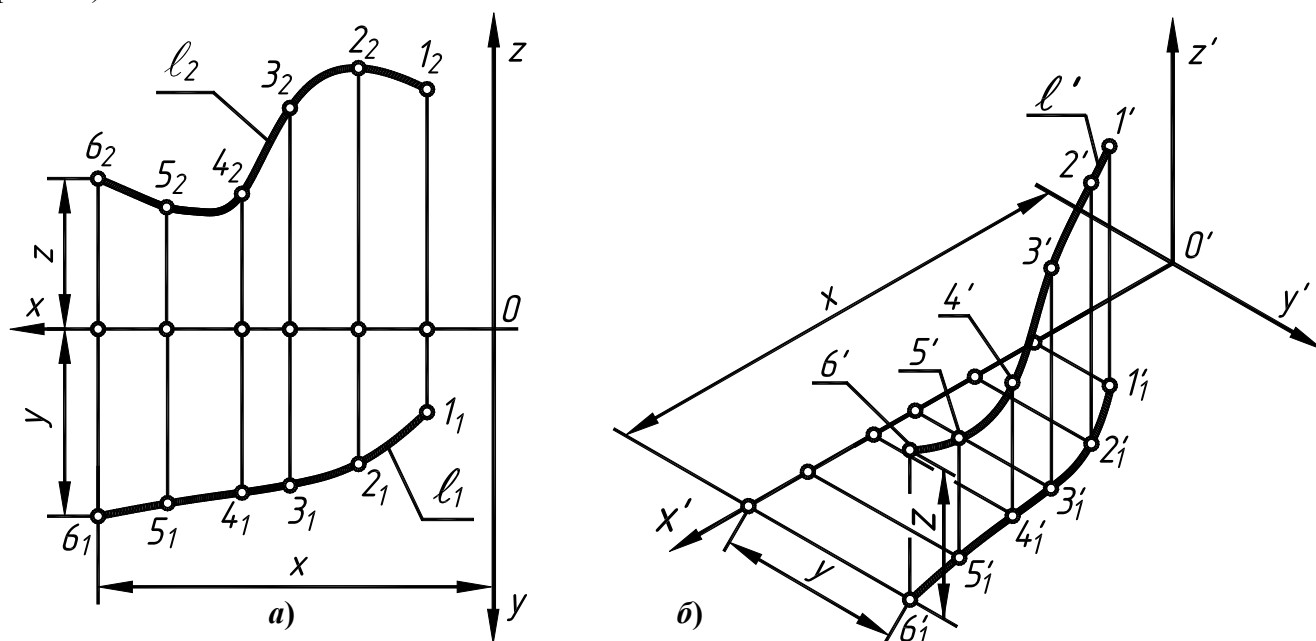


Рис. 17

Последовательность построения аксонометрических проекций предмета

Существует два варианта последовательности построения аксонометрических проекций объектов:

1. построение фигур сечения предмета плоскостями, параллельными координатным плоскостям, с последующим дополнением до полного аксонометрического изображения предмета (рис. 19);
2. построение аксонометрии всего предмета с последующим выполнением разрезов плоскостями, параллельными координатным плоскостям (рис. 20).

Первый способ более предпочтителен, так как освобождает чертеж от лишних линий. В любом случае процесс построения целесообразно разбить на два этапа.

Первый этап – подготовительный:

- 1) прочесть заданный чертеж;
- 2) выбрать вид аксонометрической проекции;
- 3) определить, какие разрезы необходимо выполнить, чтобы выявить внутреннее строение предмета (секущие плоскости должны быть параллельны координатным плоскостям $x'O'z'$ и $y'O'z'$);
- 4) определить очередность построения изображений поверхностей, ограничивающих предмет.

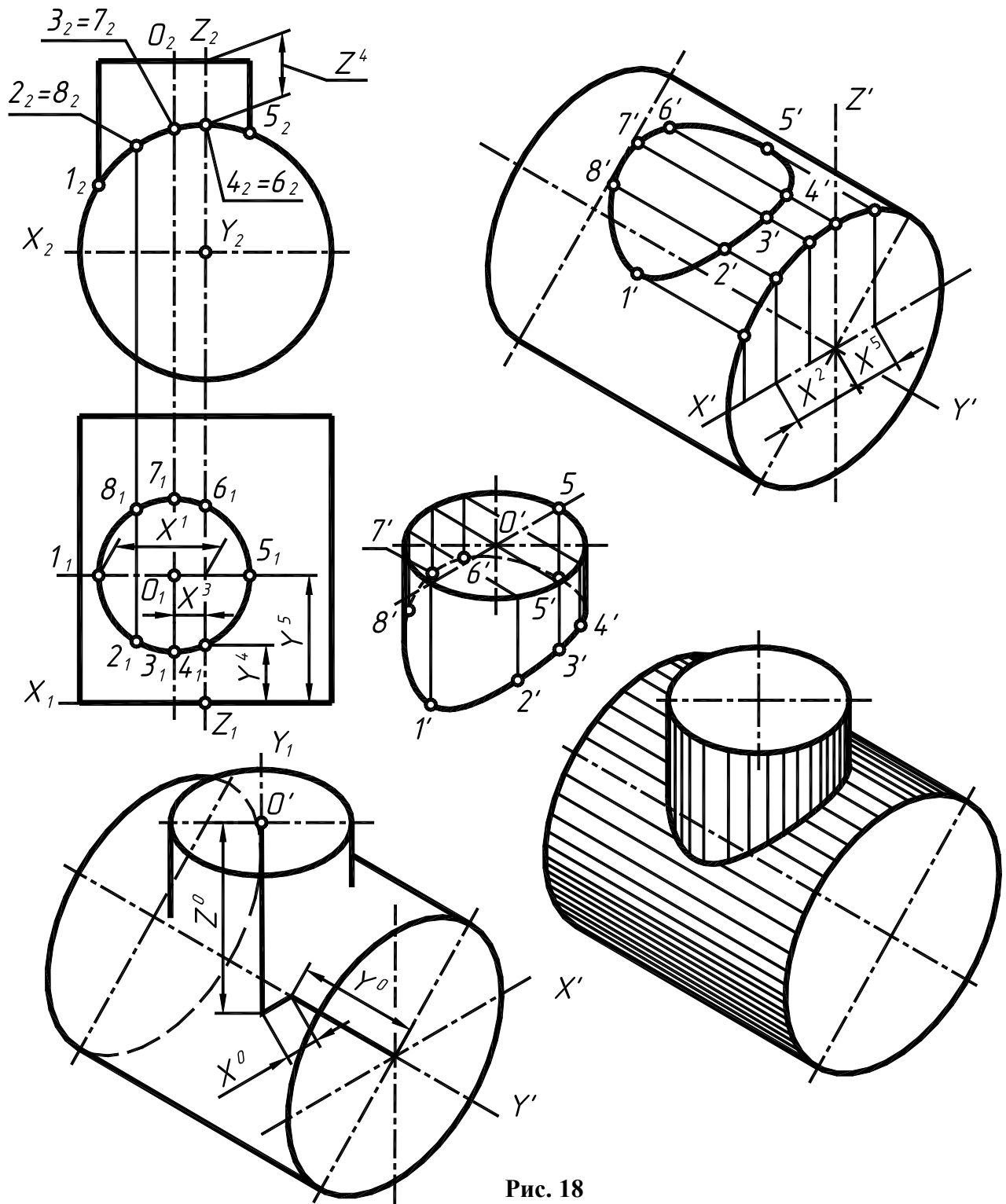


Рис. 18

Второй этап – графический:

- 1) отнести данный предмет к декартовой системе координат с нанесением на комплексном чертеже детали проекций координатных осей (рис. 19, а);
- 2) построить аксонометрические оси и аксонометрические проекции сечений координатными плоскостями $x'0'z'$ и $y'0'z'$; одновременно нанести аксонометрические проекции центров всех окружностей (рис. 19, б);
- 3) построить эллипсы, являющиеся проекциями окружностей оснований цилиндров и конусов, ограничивающих отдельные части детали (рис. 19, в);
- 4) построить прямолинейные участки и обвести линии видимого контура детали (рис. 19, г);

5) удалить вспомогательные линии построения, выполнить штриховку и окончательно обвести чертеж.

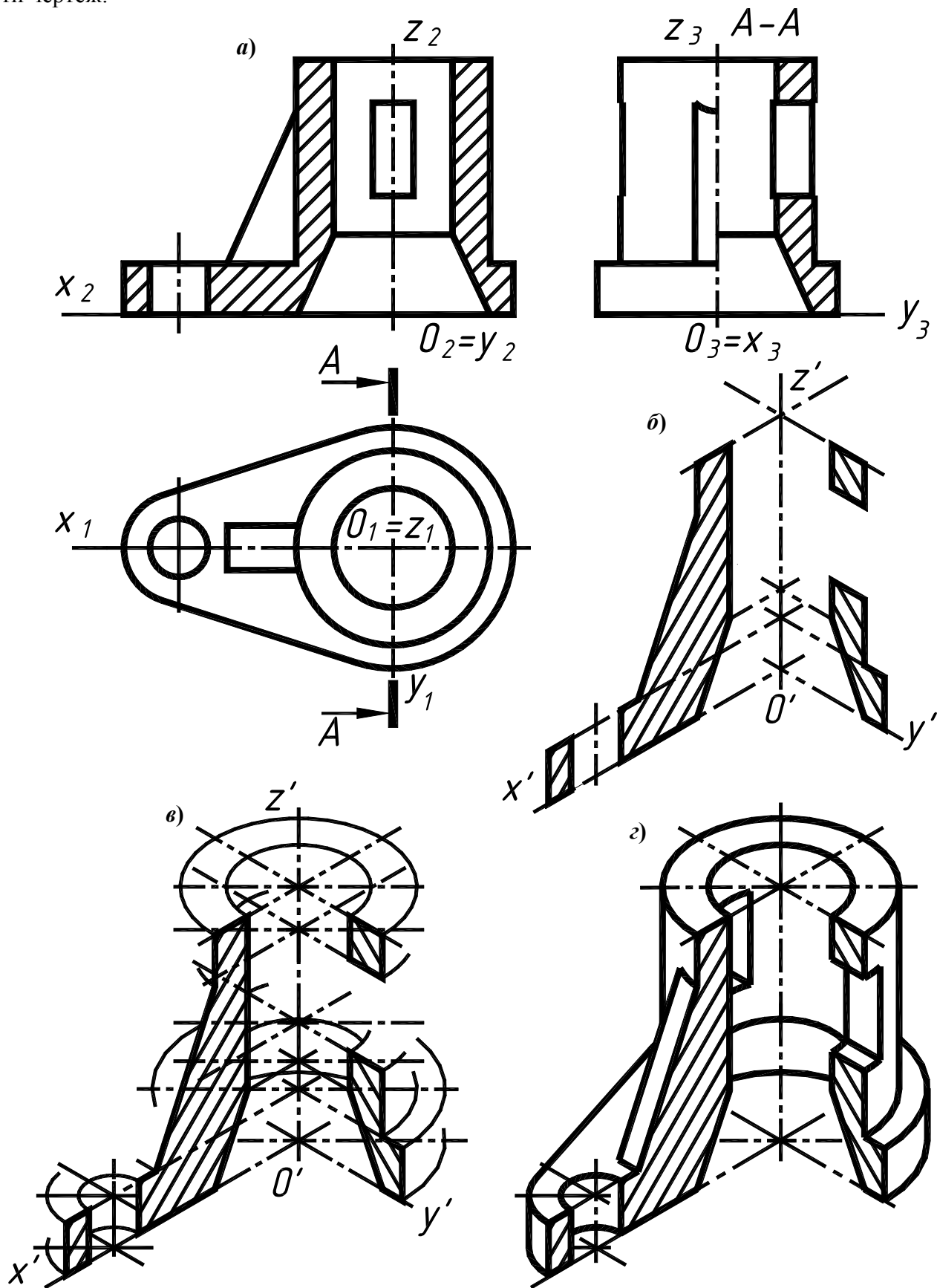


Рис. 19

На рис. 20 приведено построение диметрической проекции модели.

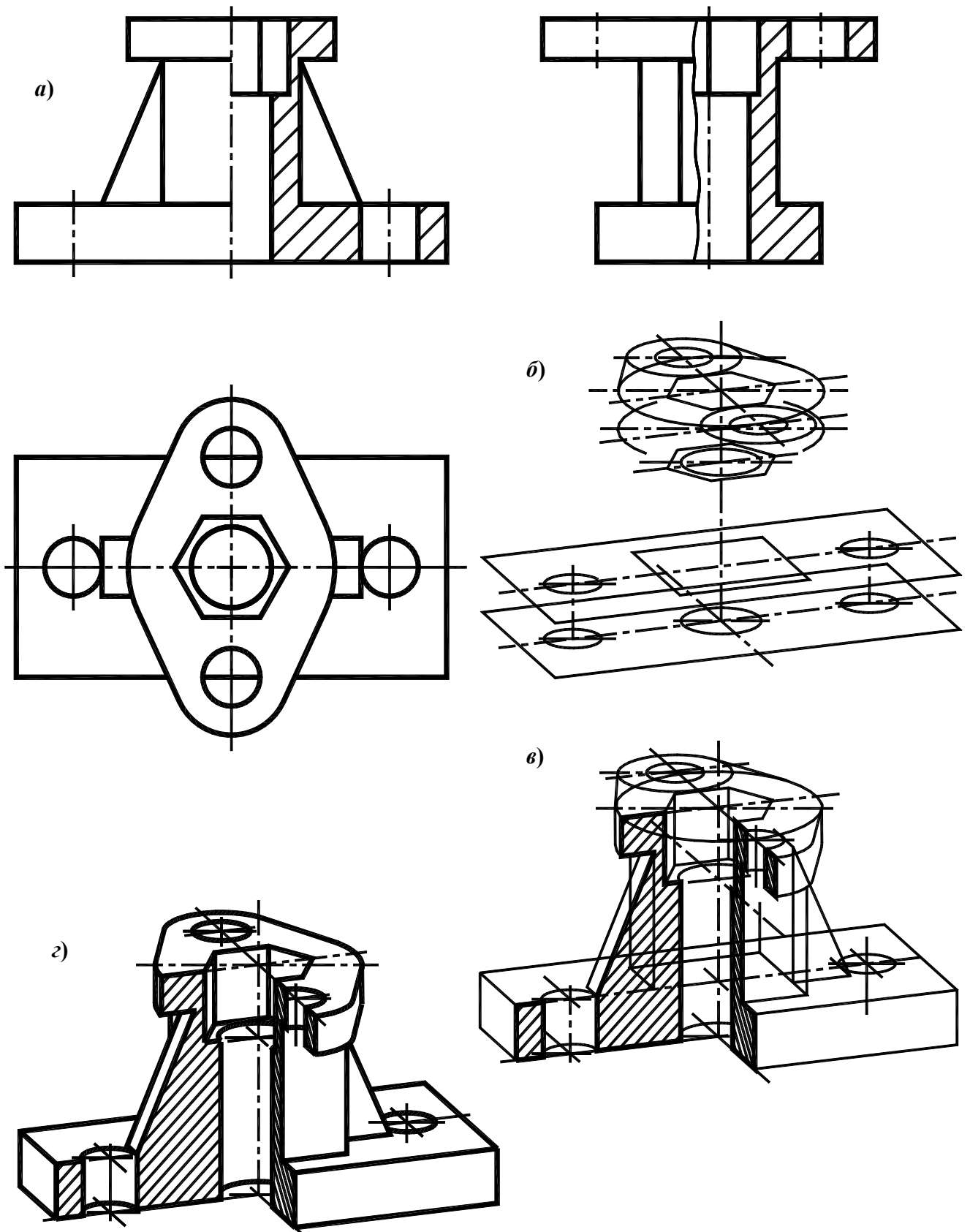


Рис. 20

Условности и упрощения в аксонометрии

При выполнении аксонометрических изображений ряда деталей, имеющих многочисленные повторяющиеся элементы и выполнение которых сопряжено с большой трудоемкостью, принят ряд условностей и упрощений. На рис. 21 показаны аксонометрические проекции зубчатых колес без упрощений, *a* – диметрия с разрезом, *б* – изометрия без разреза. Допускается упрощать подобные изображения, как это показано на рис. 22, *a* – в диметрии и на рис. 22, *б* – в изометрии.

В аксонометрии, в отличие от комплексного чертежа, заштриховывают все, что попадает в сечение.

Например, ребра жесткости (рис. 20, *г*), зубья (рис. 22), шлицы (рис. 23).

Такие же, как и на комплексном чертеже, применяются условности при изображении резьбы в аксонометрии, то есть, тонкой линией показывают внешний диаметр резьбы в отверстии и внутренний диаметр – на стержне (рис. 24).

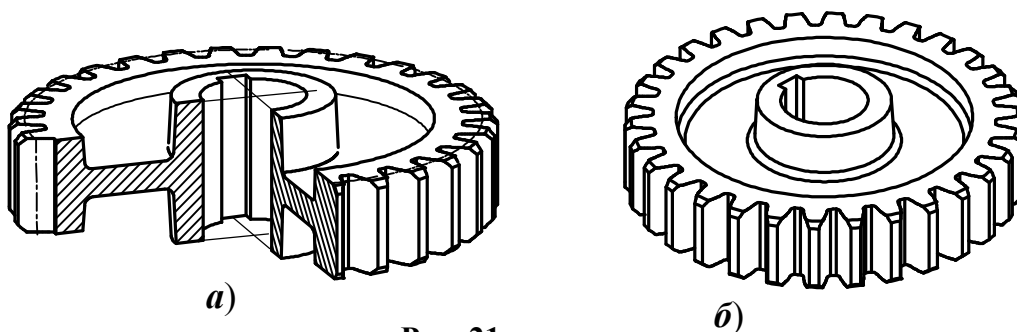


Рис. 21

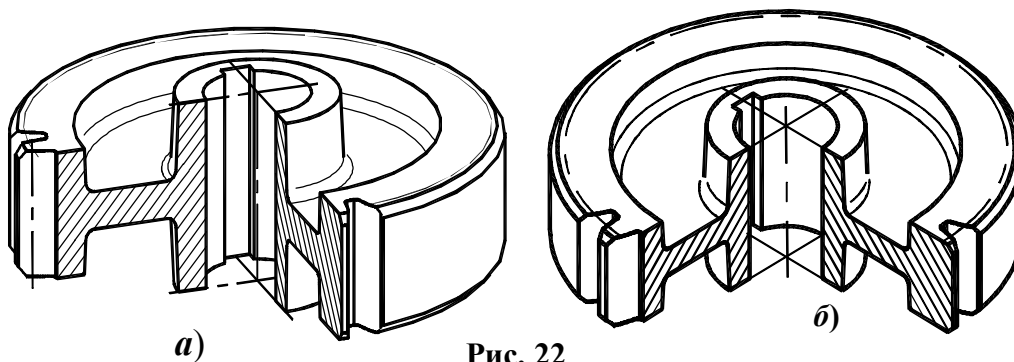


Рис. 22

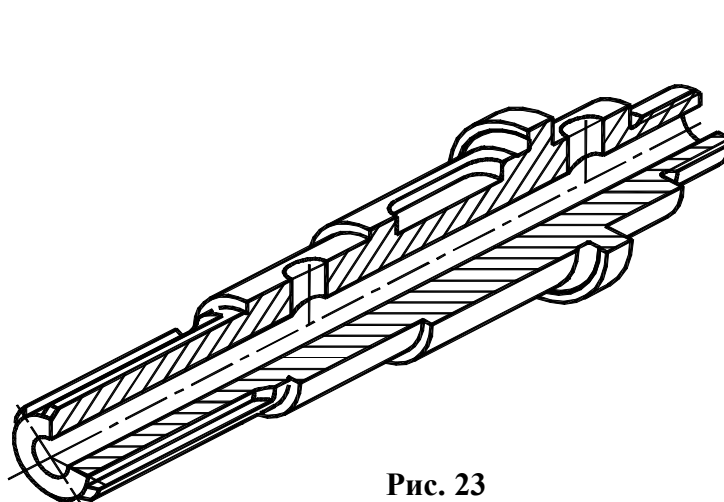


Рис. 23

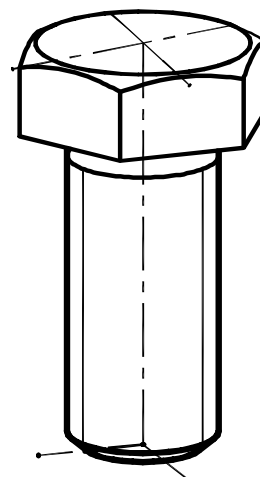


Рис. 24