

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.

При выполнении технических чертежей в ряде случаев оказывается необходимо наряду с изображением предметов в прямоугольных проекциях иметь и наглядные их изображения. Это необходимо для обеспечения возможности более полно выявить конструктивные решения, заложенные в изображении предмета, правильно представить положение его в пространстве, оценить пропорции его частей и размеры.

Наглядные изображения на некоторых чертежах могут применяться и независимо от прямоугольных изображений, например, при изображении схем электроснабжения и теплоснабжения зданий и сооружений.

Существуют различные способы построения наглядных изображений. Сюда относятся аксонометрические, аффинные и векторные проекции, а также линейная перспектива. В настоящем учебнике рассматриваются только аксонометрические проекции.

Построение аксонометрических проекций заключается в том, что геометрическую фигуру вместе с осями прямоугольных координат, к которым эта фигура отнесена в пространстве, параллельным (прямоугольным или косоугольным) способом проецируют на выбранную плоскость проекций. Таким образом, аксонометрическая проекция - это проекция на одну плоскость. При этом направление проецирования выбирают так, чтобы оно не совпадало ни с одной из координатных осей.

При построении аксонометрических проекций изображаемый предмет жестко связывают с натуральной системой координат $Oxyz$. В целом аксонометрический чертеж получается состоящим из параллельной проекции предмета, дополненной изображением координатных осей с натуральными масштабными отрезками по этим осям.

Образование аксонометрической проекции рассмотрим на примере построения аксонометрической точки A , отнесенной к натуральной системе координат $Oxyz$ (рис. 1).

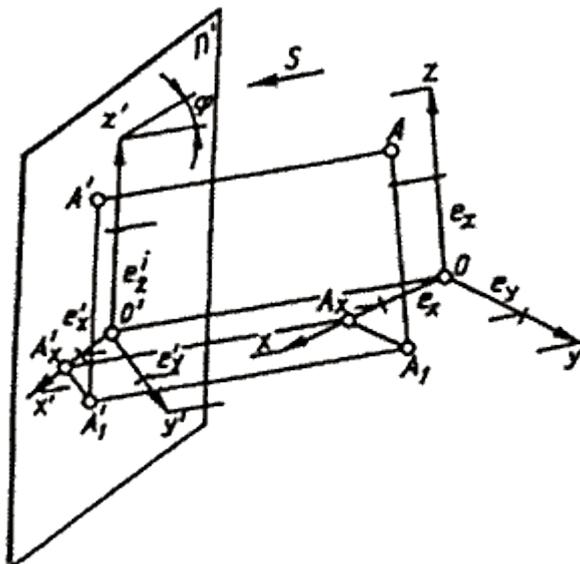


Рис. 1

Натуральные координаты точки A получают измерением отрезков координатной ломаной AA_1A_xO натуральным масштабом e . При параллельном проецировании по направлению S на плоскости аксонометрических проекций Π' получим аксонометрическую проекцию A' данной точки, аксонометрическую проекцию $A'A_1A_xO$ координатной ломаной и аксонометрическую проекцию $O'x'y'z'$ натуральной системы координат, на осях которой будут находиться единичные аксонометрические масштабные отрезки $e'_xe'_ye'_z$.

АксонOMETрическая проекция A'_1 горизонтальной проекции точки A (первичной) называется вторичной проекцией точки A . Совокупность всех этих проекций и составляет аксонOMETрию точки A .

На аксонOMETрическом чертеже вторичная и аксонOMETрическая проекции предмета обеспечивают метрическую определенность и обратимость однокартинного изображения.

В аксонOMETрических проекциях сохраняются все свойства параллельных проекций.

На практике измерения вдоль аксонOMETрических осей выполняют в одинаковых единицах - миллиметрах, поэтому единичные натуральные масштабные отрезки и их аксонOMETрию на чертежах не указывают.

Коэффициенты искажения по осям в аксонOMETрии определяют отношением аксонOMETрических координатных отрезков к их натуральной величине при одинаковых единицах измерения.

Натуральные коэффициенты искажения обозначают:

по оси x : $u = O'A'_x/OA_x$;

по оси y : $v = A'_xA'_1/A_xA_1$;

по оси z : $w = A'_1A_1/A_1A$.

Виды аксонOMETрических проекций

АксонOMETрические проекции в зависимости от направления проецирования разделяют на:

косоугольные, когда направление проецирования не перпендикулярно плоскости аксонOMETрических проекций;

прямоугольные, когда направление проецирования перпендикулярно плоскости аксонOMETрических проекций.

В зависимости от сравнительной величины коэффициентов искажения по осям различают три вида аксонOMETрии:

изометрия - все три коэффициента искажения равны между собой ($u = v = w$);

диметрия - два коэффициента искажения равны между собой и отличаются от третьего ($u \neq v = w$ или $u = v \neq w$);

триметрия - все три коэффициента искажения не равны между собой ($u \neq v \neq w$).

Основное предложение аксонOMETрии сформулировано немецким геометром К. Польке: три произвольной длины отрезка прямых, лежащих в одной плоскости и выходящих из одной точки под произвольными углами друг к другу, представляют параллельную проекцию трех равных отрезков, отложенных на прямоугольных координатных осях от начала.

Согласно этой теореме любые три прямые в плоскости, исходящие из одной точки и не совпадающие между собой, можно принять за аксонOMETрические оси. Любые произвольной длины отрезки этих прямых, отложенные от точки их пересечения, можно принять за аксонOMETрические масштабы.

Эта система аксонOMETрических осей и масштабов является параллельной проекцией некоторой прямоугольной системы координатных осей и натуральных масштабов, т. е. аксонOMETрические масштабы можно выдавать совершенно произвольно, а коэффициенты искажения при этом связаны следующим соотношением: $u^2 + v^2 = w^2 = 2 + \text{ctg}^2\varphi$, где φ - угол между направлением проецирования и плоскостью аксонOMETрических проекций (см. рис. 1). Для прямоугольной аксонOMETрии, когда $\varphi = 90^\circ$, это соотношение принимает вид

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2, \quad (1),$$

т. е. сумма квадратов коэффициента искажения равна двум.

При прямоугольном проецировании может быть получена только одна изометрическая проекция и бесконечное множество диметрических и триметрических проекций. ГОСТ 2.317-69 предусматривает применение в инженерной графике двух

прямоугольных аксонометрий: прямоугольной изометрии и прямоугольной диметрии с коэффициентами искажения $u = w = 2v$.

Прямоугольная изометрия

Прямоугольная изометрия характеризуется тем, что коэффициенты искажения составляют 0,82. Их получают из соотношения (1).

Для прямоугольной изометрии из соотношения (1) получаем:

$3u^2 = 2$, или $u = v = w = \sqrt{2/3} \approx 0,82$, т. е. отрезок координатной оси длиной 100 мм в прямоугольной изометрии изобразится отрезком аксонометрической оси длиной 82 мм. При практических построениях пользоваться такими коэффициентами искажения не совсем удобно, поэтому ГОСТ 2.317-69 рекомендует пользоваться приведенными коэффициентами искажения:

$$u = v = w = 1.$$

Построенное таким образом изображение будет больше самого предмета в 1,22 раза, т. е. масштаб изображения в прямоугольной изометрии будет $M^A 1,22:1$.

Аксонометрические оси в прямоугольной изометрии располагаются под углом 120° друг к другу (рис. 2).

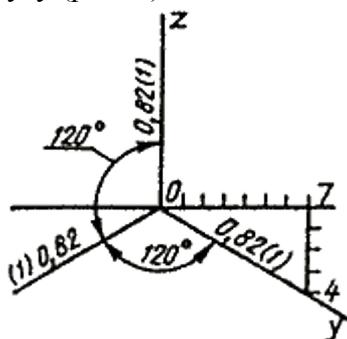


Рис. 2

Изображение окружности в аксонометрии представляет интерес, особенно окружностей, принадлежащих координатным или им параллельным плоскостям.

В общем случае окружность проецируется в эллипс, если плоскость окружности расположена под углом к плоскости проекции. Следовательно, аксонометрией окружности будет эллипс. Для построения прямоугольной аксонометрии окружностей, лежащих в координатных или им параллельных плоскостях, руководствуются правилом: большая ось эллипса перпендикулярна аксонометрии той координатной оси, которая отсутствует в плоскости окружности.

В прямоугольной изометрии равные окружности, расположенные в координатных плоскостях, проецируются в равные эллипсы (рис. 3).

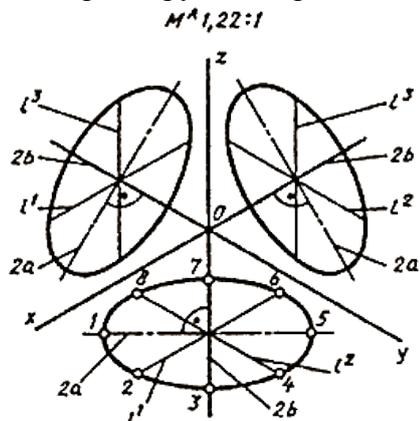


Рис. 3

Размеры осей эллипсов при использовании приведенных коэффициентов искажения равны: большая ось $2a = 1,22d$, малая ось $2b = 0,71d$, где d - диаметр изображаемой окружности.

Диаметры окружностей, параллельных координатным осям, проецируются отрезками, параллельными изометрическим осям, и изображаются равными диаметру окружности: $l^1 = l^2 = l^3 = d$, при этом $l^1 \parallel x$; $l^2 \parallel y$; $l^3 \parallel z$.

Эллипс, как изометрию окружности, можно построить по восьми точкам, ограничивающим его большую и малую оси и проекции диаметров, параллельных координатным осям.

В практике инженерной графики эллипс, являющийся изометрией окружности, лежащей в координатной или ей параллельной плоскости, можно заменить четырехцентровым овалом, имеющим такие же оси: $2a=1,22d$ и $2b=0,71d$. На (рис. 4) показано построение осей такого овала для изометрии окружности диаметра d .

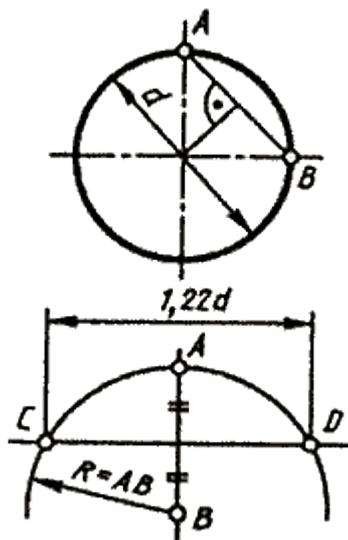


Рис. 4

Для построения аксонометрии окружности, расположенной в проецирующей плоскости или плоскости общего положения, нужно выделить на окружности некоторое число точек, построить аксонометрию этих точек и соединить их плавной кривой; получим искомый эллипс - аксонометрию окружности (рис. 160).

На окружности, расположенной в горизонтально проецирующей плоскости, взято 8 точек (7, 2, ..., 8). Сама окружность отнесена к натуральной системе координат (см. рис. 5)

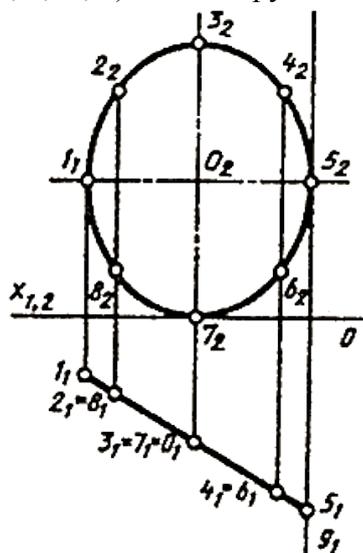


Рис. 5

Проводим оси эллипса прямоугольной изометрии и, используя приведенные коэффициенты искажения, строим вторичную проекцию окружности $1^1_1 \dots, 5^1_1$ по координатам x и y (см. рис. 6).

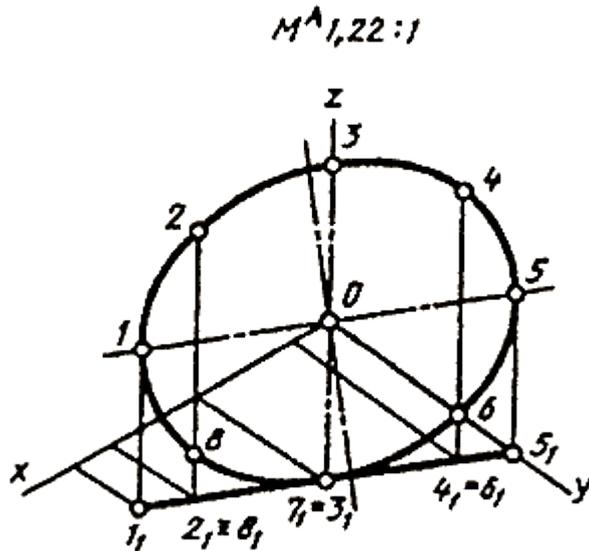


Рис. 6

Достраивая аксонометрические координатные ломаные для каждой из восьми точек, получаем их изометрию ($1^1_1, 2^1_1, \dots, 8^1_1$). Соединяем плавной кривой изометрические проекции всех точек и получаем изометрию заданной окружности.

Изображение геометрических поверхностей в прямоугольной изометрии рассмотрим на примере построения стандартной : прямоугольной изометрии усеченного прямого кругового конуса (рис. 7).

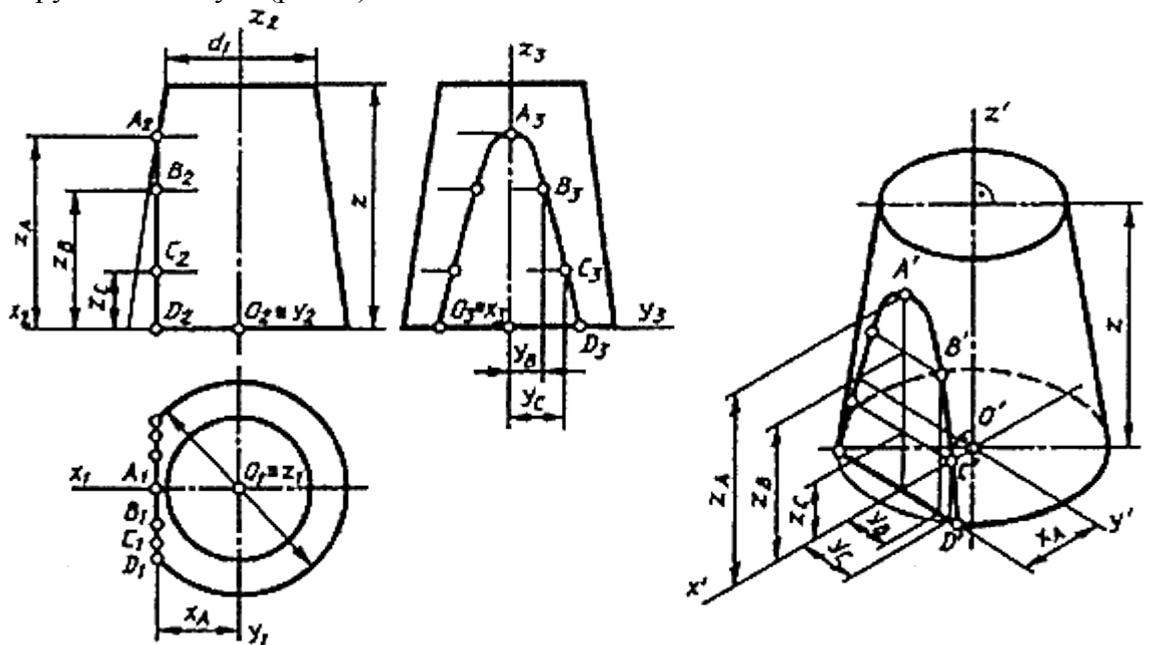


Рис. 7

На комплексном чертеже изображен конус вращения, усеченный горизонтальной плоскостью уровня, расположенной на высоте z от нижнего основания, и профильной плоскостью уровня, дающей в сечении на поверхности конуса гиперболу с вершиной в точке A . Проекции гиперболы построены по отдельным ее точкам.

Отнесем конус к натуральной системе координат $Oxyz$. Построим проекции натуральных осей на комплексном чертеже и отдельно их изометрическую проекцию. Построение изометрии начинаем с построения эллипсов верхнего и нижнего оснований,

которые являются изометрическими проекциями окружностей оснований. Малые оси эллипсов совпадают с направлением изометрической оси O_z (см. рис. 3). Большие оси эллипсов перпендикулярны малым. Величины эллипсов осей определяются в зависимости от величины диаметра окружности (d - нижнего основания и d_1 - верхнего основания). Затем строят изометрию сечения конической поверхности профильной плоскости уровня, которая пересекает основание по прямой, отстоящей от начала координат на величину X_a и параллельной оси Oy .

Изометрия точек гиперболы строится по координатам, замеряемым на комплексном чертеже и откладываемым без изменения вдоль соответствующих изометрических осей, так как приведенные коэффициенты искажения $u = v = w = 1$. Изометрические проекции точек гиперболы соединяем плавной кривой. Построение изображения конуса заканчивается проведением очерковых образующих касательной к эллипсам оснований. Невидимая часть эллипса нижнего основания проводится штриховой линией.

Прямоугольная диметрия

Прямоугольная диметрия характеризуется тем, что коэффициенты искажения, определенные из выражения (1), $u = w = 0,94$, а $v = 0,47$. Определяют их следующим образом:

$$u^2 + (u/2)^2 + u^2 = 2;$$

$$u^2 = 8/9; u = w = \sqrt{8/9} \approx 0,94; v = 0,47.$$

В соответствии с ГОСТ 2.317-69 практические построения в прямоугольной диметрии следует выполнять пользуясь приведенными коэффициентами искажения: $u = w = 1$ и $v = 0,5$.

Расположение осей стандартной прямоугольной диметрии показано на рис. 8.

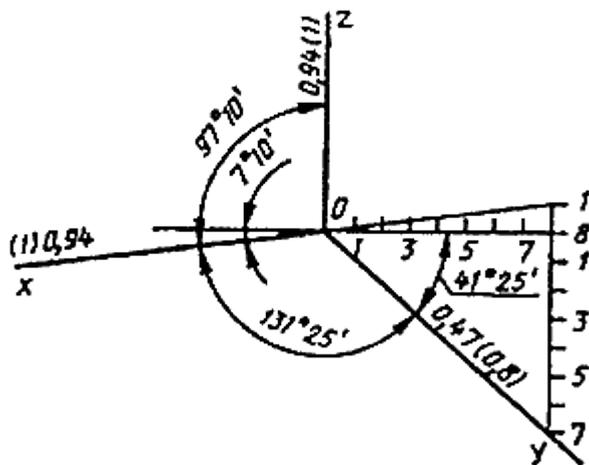


Рис. 8

АксонOMETрический масштаб для прямоугольной диметрии будет $M^A 1,06:1$.

В прямоугольной диметрии равные окружности диаметра d , лежащие в координатных плоскостях xOy и yOz , проецируются в равные эллипсы, большая ось которых $2a = 1,06d$, а малая - $2b = 0,35d$, если пользуемся приведенными коэффициентами искажения. Окружность, расположенная в плоскости xOz , проецируется эллипс с осями: большая ось $2a' = 1,066d$, малая ось $2b' = 0,95d$ (рис. 9).

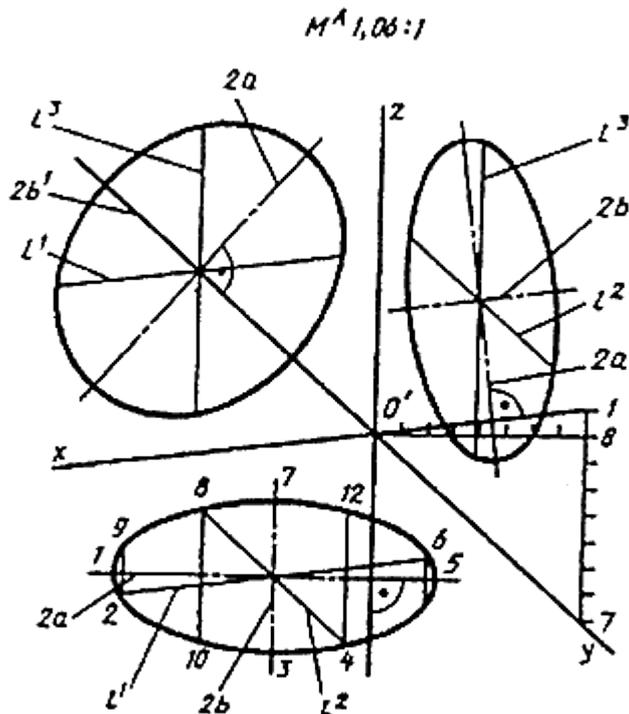


Рис. 9

Диаметры окружности, параллельные координатным осям, спроецируются в отрезки, параллельные осям диметрии $l^1 = l^2 = d$; $l = 0,5d$, при этом $l^1 \parallel O_x$; $l^2 \parallel O_y$; $l^3 \parallel O_z$.

Кроме указанных, можно построить еще четыре точки, симметричные точкам, ограничивающим проекции диаметров, параллельных координатным осям. Тогда эллипсы, как диметрию окружности, можно построить по его двенадцати точкам.

Изображение геометрических поверхностей в прямоугольной диметрии рассмотрим на примере построения стандартной прямоугольной диметрии прямого кругового цилиндра. На рис. 10 приведен пример комплексного чертежа полого цилиндра высотой H с наружным d и внутренним d_1 диаметрами. Цилиндр расположим в натуральную величину в натуральной системе координат $Oxyz$, относительно которой построим диметрическую его проекцию.

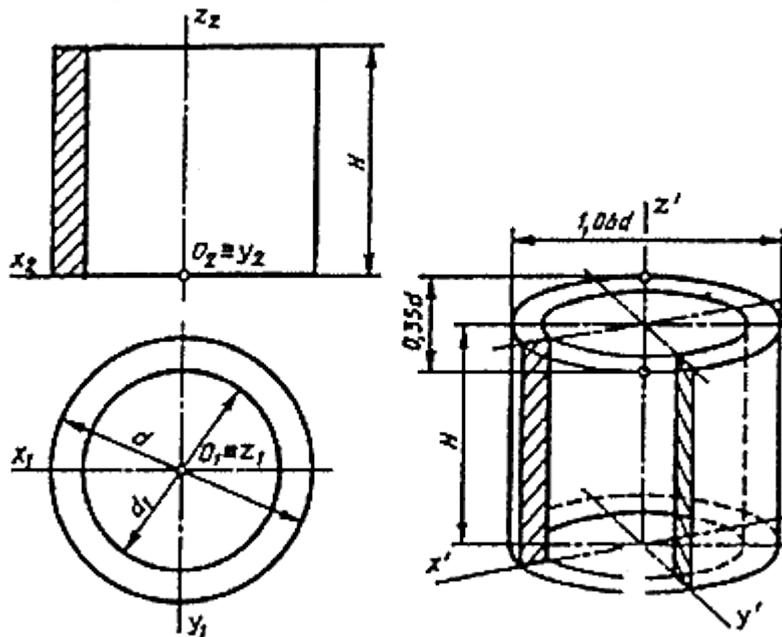


Рис. 10

Как и в случае построения окружностей в изометрии, в диметрии также начнем построение фигуры с эллипсов верхнего и нижнего оснований цилиндра, которые

являются изометрическими проекциями окружностей этих оснований. Окружности оснований расположены в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, поэтому, пользуясь приведенными ранее правилами, определим, что большие оси эллипсов будут перпендикулярны оси Oz. Малые оси эллипсов совпадут с направлением оси Oz, Центры осей эллипсов нижнего и верхнего оснований расположены на расстоянии H. Величины осей определяем в зависимости от величины наружного и внутреннего диаметров цилиндров. Построив эллипсы, приведем очерковые линии, касательные к внешним эллипсам. Для наглядности построим вырез четверти цилиндра, построение которого видно из (рис. 10). Невидимые линии покажем штриховыми линиями. Для наглядности такими же линиями покажем линии вырезанной части цилиндра. Видимые контурные линии наводят нужной толщиной.

Построение третьего вида предмета по двум данным

Чтобы успешно выполнять и читать чертежи, надо научиться строить третье изображение (обычно - вид слева) предмета по двум данным его изображениям - главному виду и виду сверху, которые заданы на чертеже.

Прежде всего нужно выяснить форму отдельных частей поверхности изображенного предмета. Для этого оба заданных изображения нужно рассматривать одновременно. Полезно при этом иметь в виду, каким поверхностям соответствуют наиболее часто встречающиеся изображения: треугольник, четырехугольник, окружность, шестиугольник и т. д.

На виде сверху в форме треугольника могут изобразиться (рис. 11, а): треугольная призма 1, треугольная 2 и четырехугольная 3 пирамиды, конус вращения 4.

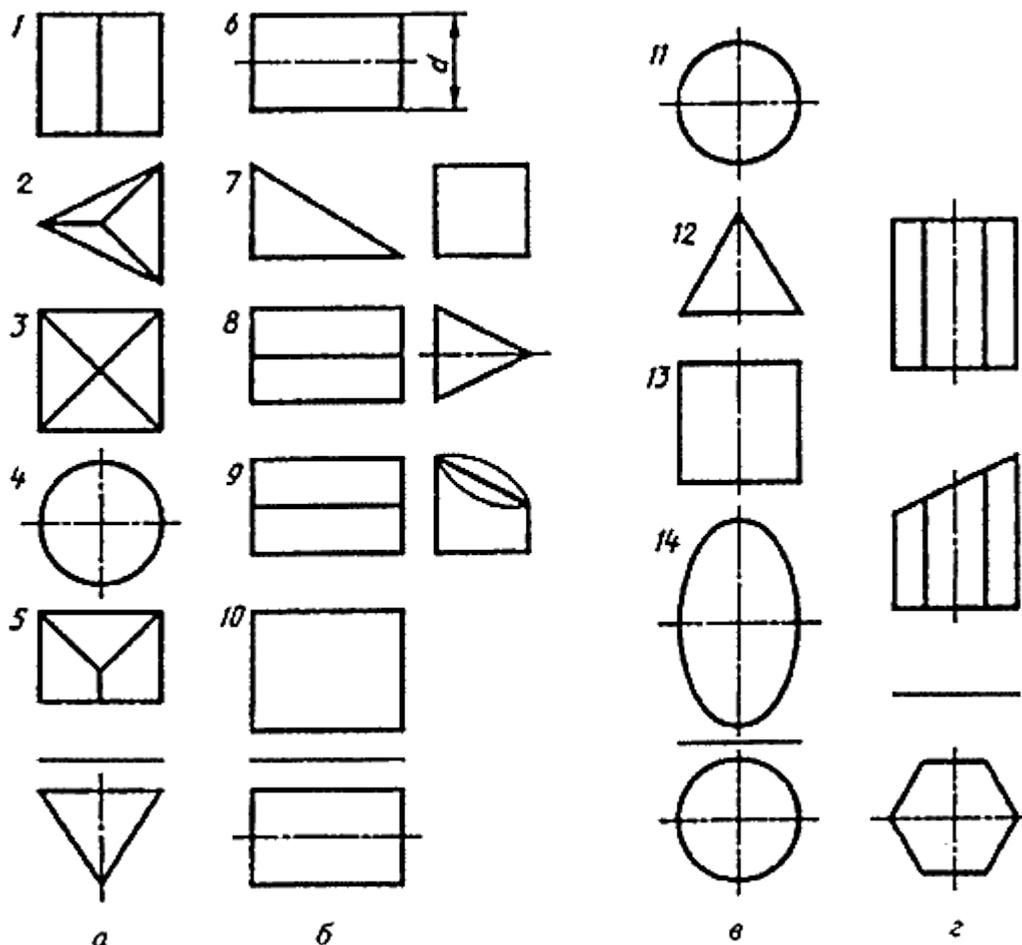


Рис. 11

Изображение в виде четырехугольника (квадрата) могут иметь на виде сверху (см. рис. 11, б): цилиндр вращения 6, треугольная призма 8, четырехугольные призмы 7 и 10, а

также другие предметы, ограниченные плоскостями или цилиндрическими поверхностями 9.

Форму круга могут иметь на виде сверху (рис. 11, в): шар 11, конус 12 и цилиндр 13 вращения, другие поверхности вращения 14.

Вид сверху в форме правильного шестиугольника имеет правильная шестиугольная призма (рис. 11, г), ограничивающая поверхности гаек, болтов и других деталей.

Определив форму отдельных частей поверхности предмета, надо мысленно представить изображение их на виде слева и всего предмета в целом.

Для построения третьего вида необходимо определить, какие линии чертежа целесообразно принять за базовые для отчета размеров изображения предмета. В качестве таких линий применяют обычно осевые линии (проекции плоскостей симметрии предмета и проекции плоскостей оснований предмета). Разберем построение вида слева на примере (рис. 12): по данным главного вида и вида сверху построить вид слева изображенного предмета.

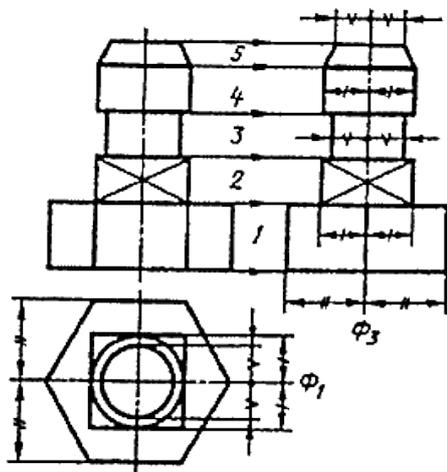


Рис. 12

Сопоставив оба изображения, устанавливаем, что поверхность предмета включает в себя поверхности: правильной шестиугольной 1 и четырехугольной 2 призм, двух цилиндров 3 и 4 вращения и усеченного конуса 5 вращения. Предмет имеет фронтальную плоскость симметрии Φ , которую удобно принять за базу отчета размеров по ширине отдельных частей предмета при построении его вида слева. Высоты отдельных участков предмета отсчитываются от нижнего основания предмета и контролируются горизонтальными линиями связи.

Форма многих предметов усложняется различными срезами, вырезами, пересечением составляющих поверхности. Тогда предварительно нужно определить форму линий пересечения, а строить их нужно по отдельным точкам, вводя обозначения проекций точек, которые после выполнения построений могут быть удалены с чертежа.

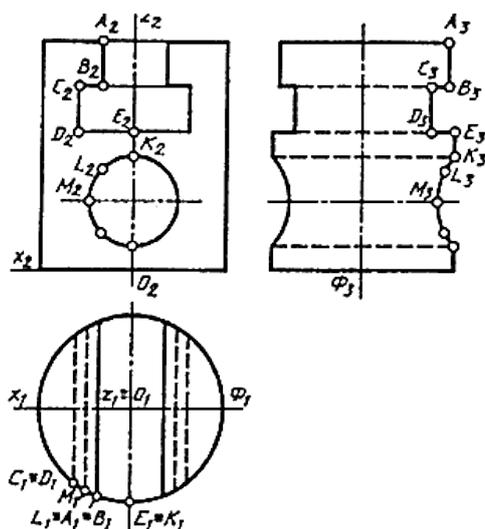


Рис. 13

На рис. 13 построен вид слева предмета, поверхность которого образована поверхностью вертикального цилиндра вращения, с Г-образным вырезом в его верхней части и цилиндрическим отверстием с фронтально проецирующей поверхностью. В качестве базовых плоскостей взяты плоскость нижнего основания и фронтальная плоскость симметрии Φ . Изображение Г-образного выреза на виде слева построено с помощью точек контура выреза Л, В, С, D и E, а линия пересечения цилиндрических поверхностей - с помощью точек К, L, М и им симметричных. При построении третьего вида учтена симметрия предмета относительно плоскости Φ .

Построение наглядного изображения предметов

Для построения наглядного изображения предмета воспользуемся аксонометрическими проекциями. Выполнить его можно по его комплексному чертежу. Воспользовавшись рис. 13, построим стандартную прямоугольную изометрию изображенного на нем предмета. Возьмем приведенные коэффициенты искажения; примем расположение начала координат (точка О) - в центре нижнего основания предмета (рис. 14).

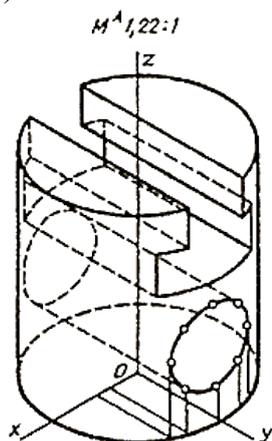


Рис. 14

Вычертив оси изометрии и установив масштаб изображения ($M^A 1,22:1$), отмечаем центры окружностей верхнего и нижнего оснований цилиндра, а также окружностей, ограничивающих Г-образный вырез. Вычерчиваем эллипсы, являющиеся изометрией окружностей. Затем проводим линии, параллельные координатным осям, которые ограничивают вырез в цилиндре. Изометрию линии пересечения сквозного цилиндрического отверстия, ось которого параллельна оси Oy с поверхностью основного цилиндра, строим по отдельным точкам, используя те же точки (К, L, М и им

симметричные), что и при построении вида слева. Затем удаляем вспомогательные линии и обводим окончательно изображение с учетом видимости отдельных частей предмета.

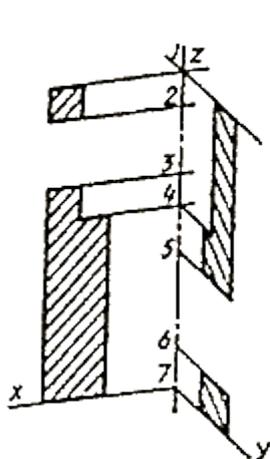


Рис. 15, а

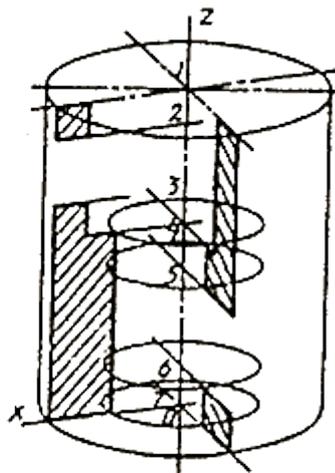


Рис. 15, б

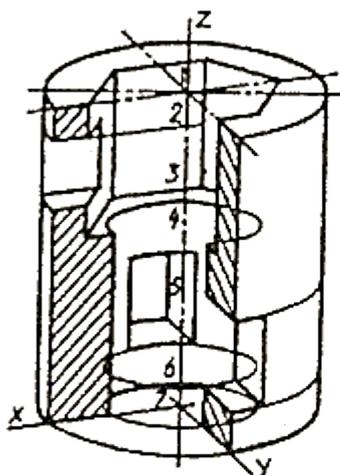


Рис. 15, в

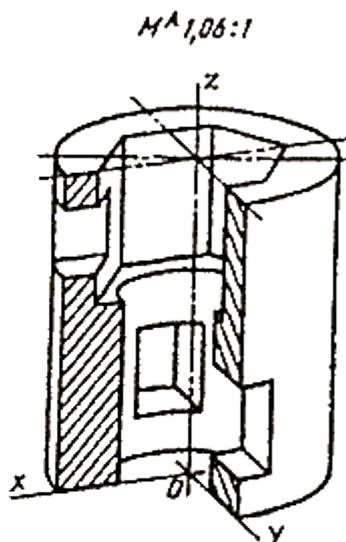


Рис. 15, г

Для построения аксонометрического изображения предмета с учетом разреза воспользуемся условиями задачи. На заданном чертеже для построения наглядного изображения отметим положение проекций координатных осей и на оси Oz отметим центры 1, 2, ..., 7 фигур предмета, расположенных в горизонтальных плоскостях - $\Gamma^1, \Gamma^2, \dots, \Gamma^7$; это верхнее и нижнее основания предмета, основания внутренних отверстий. Для передачи внутренних форм предмета выполним вырез 1/4 части предмета координатными плоскостями xOz и yOz . Плоские фигуры, получаемые при этом, уже построены на комплексном чертеже, так как они являются половинами фронтального и профильного разреза предметов.

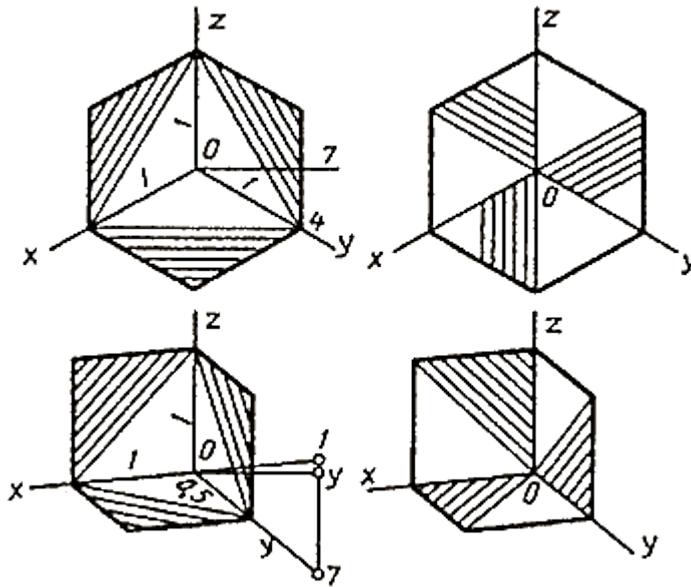


Рис. 16

Построение наглядного изображения начинаем с проведения осей диметрии и указания масштаба $M^A 1,06:1$. На оси z отмечаем положение центров 1, 2, ..., 7 (рис. 15, а); расстояния между ними берем с главного вида предмета. Через отмеченные точки проводим оси диметрии. Затем строим в диметрии фигуры сечения сначала в плоскости xOz , а затем в плоскости yOz . Размеры координатных отрезков берем с комплексного чертежа, при этом размеры по оси y сокращаем в два раза. Выполняем штриховку сечений. Угол наклона линий штриховки в аксонометрии определяется диагоналями параллелограммов, построенных на аксонометрических осях с учетом коэффициентов искажения. На рис. 16 приведен пример выбора направления штриховки в изометрии и в диметрии. Далее строим эллипсы - диметрию окружностей, расположенных в горизонтальных плоскостях (см. рис. 15, б). Проводим контурные линии наружного цилиндра, внутренних вертикальных отверстий, строим основание этих отверстий (см. рис. 15, в). Вычерчиваем видимые линии пересечения горизонтальных отверстий с наружной и внутренними поверхностями.

Затем удаляем вспомогательные линии построения, проверяем правильность выполнения чертежа и обводим чертеж линиями требуемой толщины (см. рис. 15, г).