Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А.»

Аксонометрические проекции

Методические указания
к практическим занятиям по «Инженерной и компьютерной графике»
для студентов направлений

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
09.03.04 «Программная инженерия»
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2026

Введение

Комплексные чертежи отличаются большой точностью в передаче формы предмета, удобны для измерения и решения различных геометрических задач. Однако они имеют существенный недостаток, заключающийся в отсутствии наглядности, поэтому по отдельным проекциям приходится мысленно представлять форму предмета.

Во многих случаях при выполнении технических чертежей оказывается необходимым, наряду с изображением предметов в системе ортогональных проекций, иметь изображения более наглядные. Для построения таких изображений применяются проекции, называемые аксонометрическими.

Наглядными изображениями сопровождаются чертежи изделий, отправляемых на экспорт, проекты газовых сетей, систем трубопроводов химических предприятий, чертежи конструкций зданий и их элементов и т.д.

В настоящих методических указаниях приведены основные понятия аксонометрического метода построения проекций, кратко представлены стандартные прямоугольные и косоугольные аксонометрические проекции, рассмотрен порядок выбора типа проекции и ее построения.

Общие сведения

Аксонометрической называется проекция, полученная проецированием заданного предмета вместе с координатной системой, к которой он отнесен, параллельным пучком лучей на некоторую плоскость Π'. (Аксонометрия может быть также центральной). Следовательно, аксонометрическая проекция есть проекция только на одну плоскость, а не на две и более, как в системе ортогональных проекций.

Схема проецирования точки А на некоторую плоскость Π', принятую за плоскость аксонометрических проекций, называемую также картинной плоскостью, показана на рис.1.

Прямые OX, OY, OZ - оси натуральной системы координат.

Прямые $O'X', O'Y', O'Z'$ – их проекции на плоскость Π', называемые аксонометрическими осями.

e_x, e_y, e_z – отрезки на осях $X, Y, Z,$ принимаемые за единицу или натуральные масштабы.

Отрезки e'_x, e'_y, e'_z на аксонометрических осях представляют собой аксонометрические проекции натуральных масштабов или аксонометрические масштабы.

O' – начало аксонометрических осей;

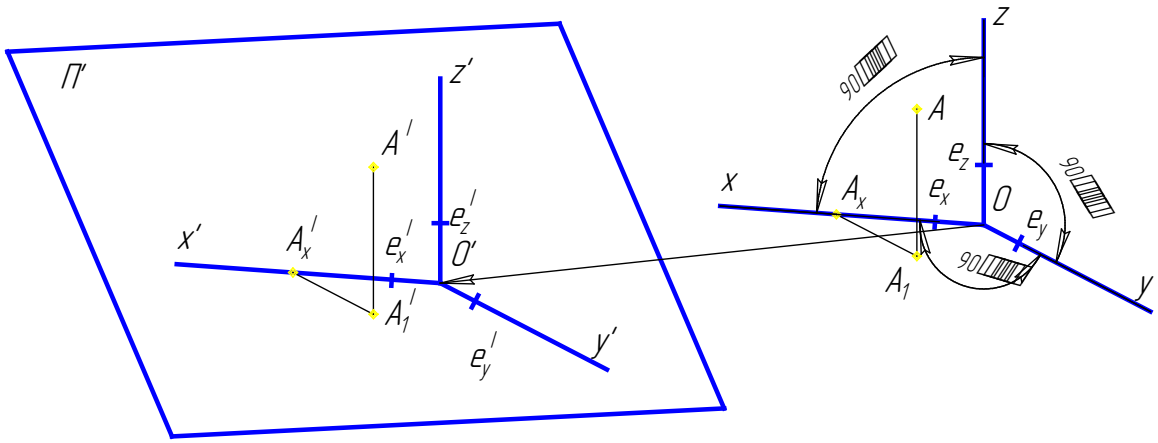

Рис. 1

A'-аксонометрическая проекция точки А;

A'_1– вторичная проекция точки А (аксонометрическая проекция ортогональной проекции A_1).

Так как при параллельном проецировании параллельные прямые проецируются параллельными, то $A'A'_1 \parallel Z', A'_1A'_x \parallel Y'$.

Положение точки в пространстве в аксонометрической системе вполне определяется ее аксонометрической и одной из вторичных проекций.

Действительно, имея на чертеже (рис.1) проекции A' и A'_1, проведя из А прямую $A'_1A'_x \parallel Y'$ до пересечения с осью X' в точке A_x, получим:

$$A'_1A'_x = Y'_A; A'_xO' = X'_A; A'A'_1 = Z'_A.$$

Так как плоскость аксонометрических проекций не параллельна ни одной из координатных плоскостей, то любые отрезки, расположенные в пространстве параллельно осям X, Y, Z, проецируются на плоскость Π' с некоторым искажением. Отношения $\frac{e'_x}{e_x}, \frac{e'_y}{e_y}, \frac{e'_z}{e_z}$ показывающие зависимость аксонометрических масштабов от натуральных, называются коэффициентами искажения по

аксонометрическим осям. Коэффициенты искажения показывают, как изменяются координаты точки при проецировании ее на плоскость аксонометрических проекций. Если их обозначить P_X, P_Y, P_Z, то

$$P_X = \frac{e'_x}{e_x} \; ; P_Y = \frac{e'_y}{e_y} \; ; \; P_Z = \frac{e'_z}{e_z} \; .$$

Координата Z_A точки А (рис.1) в натуральной системе координат определяется отношением $\frac{AA_1}{e_z}$ и при $e_z = 1$ будет равна AA_1.

Аксонометрическая координата Z'_A равна $\frac{A'A'_1}{e'_Z}$. При параллельном проецировании отношение отрезков параллельных прямых остается неизменным, поэтому

$$\frac{A'A'_1}{e'_Z} = \frac{AA_1}{e_Z} \qquad (1),$$

или $Z'_A = Z_A$; в данном случае координаты выражаются не в единицах длины, а относительных единицах. То есть в относительных единицах аксонометрические координаты точек равны ее натуральным координатам.

Если необходимо определить значение аксонометрических координат точки, то из выражения (1) находим:

$$e'A'_1 = \frac{AA_1 \cdot e'_Z}{e_Z} = AA_1 \cdot P_Z \, ,$$

то есть аксонометрические координаты равны натуральным, умноженным на коэффициент искажения.

Например, показатели искажения равны P_X= 0,94; P_Y= 0,47; P_Z= =0,94. Это значит, если точка А в натуральной системе имеет координаты X, У, Z, предположим, равными 100 мм каждая, то аксонометрические координаты этой точки будут: $X' = P_X \cdot X$= 0.94 ·100=94 мм; $Y' = P_Y \cdot Y$= 0,47· 100= 47 мм; $Z' = P_Z \cdot Z$= 0.94 ·100= 94 мм.

Классификация аксонометрических проекций

В зависимости от направления проецирующих лучей по отношению к плоскости аксонометрических проекций, последние разделяются на

прямоугольные, когда проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости проекций Π', и косоугольные - в остальных случаях.

В зависимости от показателей искажения аксонометрические проекции делятся на изометрические, у которых показатели искажения по всем трем осям равны: $P_x = P_y = P_z$; диметрические, у которых показатели искажения одинаковы лишь по двум осям, например, $P_x = P_z \neq P_y$; триметрические, у которых все три показателя искажения разные: $P_x \neq$ $\neq P_z \neq P_y$.

В техническом черчении из множества аксонометрических проекций стандартизировано по ГОСТ 2.317 – 69 два вида прямоугольных проекций (изометрия и диметрия) и три вида косоугольных (фронтальная изометрия, фронтальная диметрия и горизонтальная изометрия).

Косоугольные аксонометрические проекции

Аксонометрические изображения должны отвечать требованиям наглядности, простоты построения, удобоизмеримости. Двум последним отвечает такое расположение натуральных осей относительно плоскости проекций, при котором две оси параллельны этой плоскости или совпадают с ней. В таком случае две аксонометрические оси будут взаимно перпендикулярны, а показатели искажения по ним равны 1,0 независимо от направления проецирования. Направление проецирования выбирают часто так, чтобы третья аксонометрическая ось расположилась по биссектрисе прямого угла между двумя другими осями с показателем искажения, равным 1,0 при $\varphi = 45^0$ и 0,5 при $\varphi = 64^0$ (рис. 2,3).

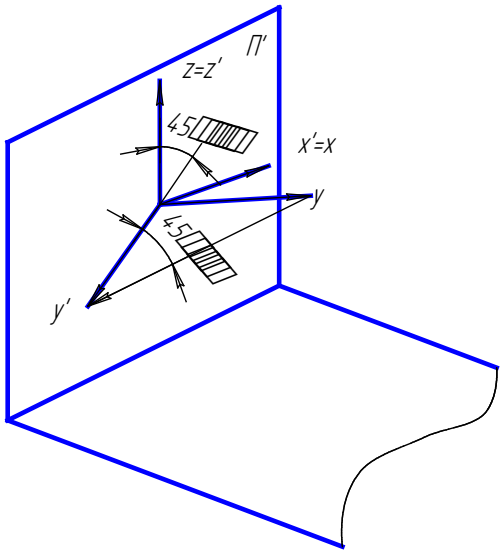

Рис. 2

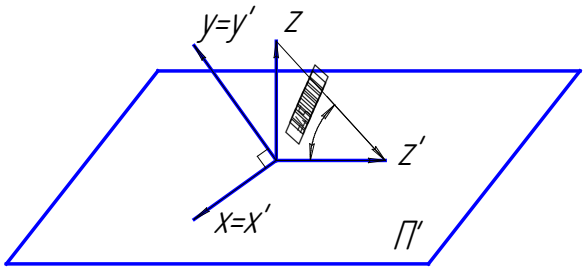

Рис. 3

Аксонометрические проекции называются фронтальными, если оси X и Z параллельны вертикальной плоскости Π' (рис. 2). Тогда $X' \perp Z'$ $P_X=P_Z=1$, а $P_y=1$ у фронтальной изометрии и $P_y=0,5$ у фронтальной диметрии (ГОСТ 2.317-69).

Если оси X и Z расположить параллельно плоскости Π', занимающей горизонтальное положение (рис. 3), то получим $X' \perp Y'$, $P_x= Py=Pz=1$ при $\varphi = 45^0$. Эта проекция называется горизонтальной изометрией (ГОСТ 2.317-69).

На рис. 4, 5 и 6 дано расположение осей косоугольных проекций.
Рис. 4 - фронтальная диметрия, рис. 5 - фронтальная изометрия. Допускается применять фронтальную диметрическую и изометрическую проекции с углом наклона оси Y к горизонтальной линии 30^0 и 60^0.

Окружности, расположенные в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, проецируются эллипсами. Размеры большой и малой оси и расположение большой оси эллипса показан на рис. 4 и 5.

На рис. 6 приведены данные, необходимые для построения горизонтальной изометрической проекции.

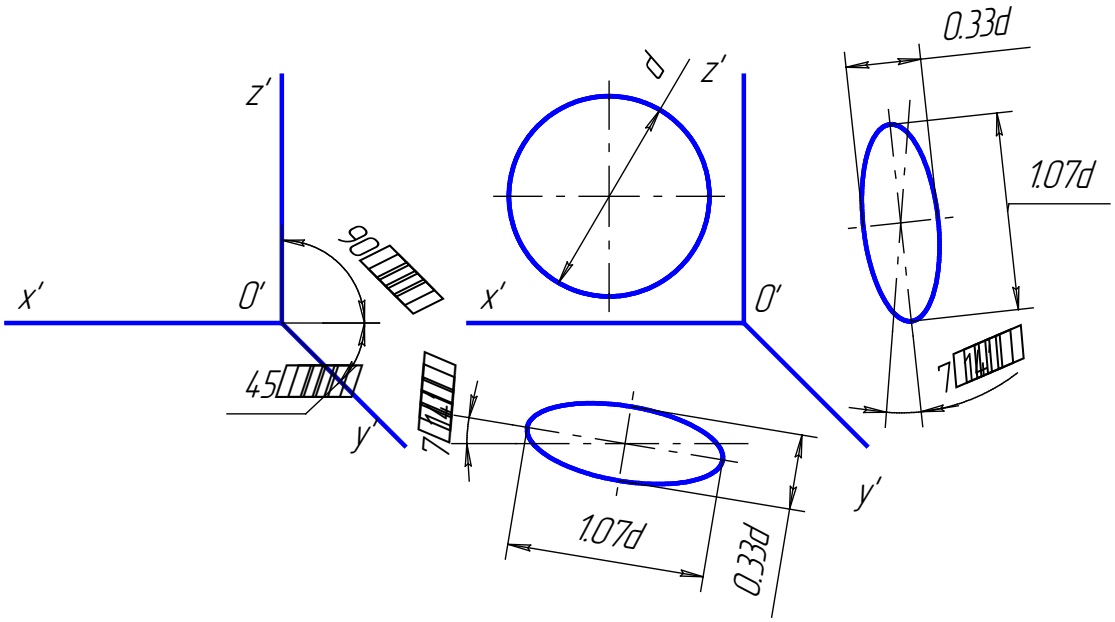

Рис. 4

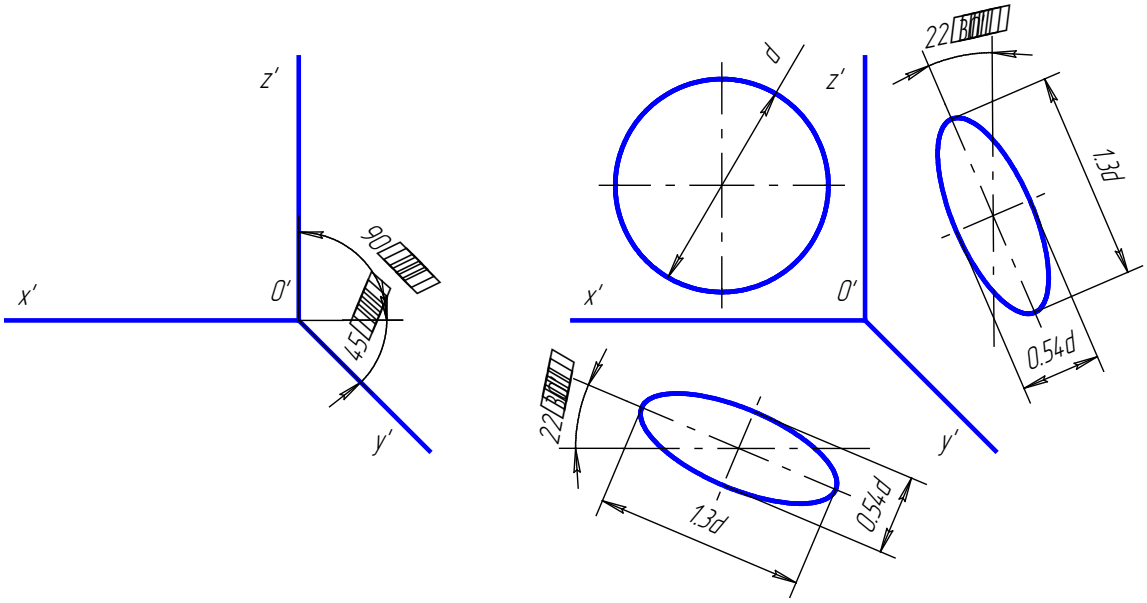

Рис. 5

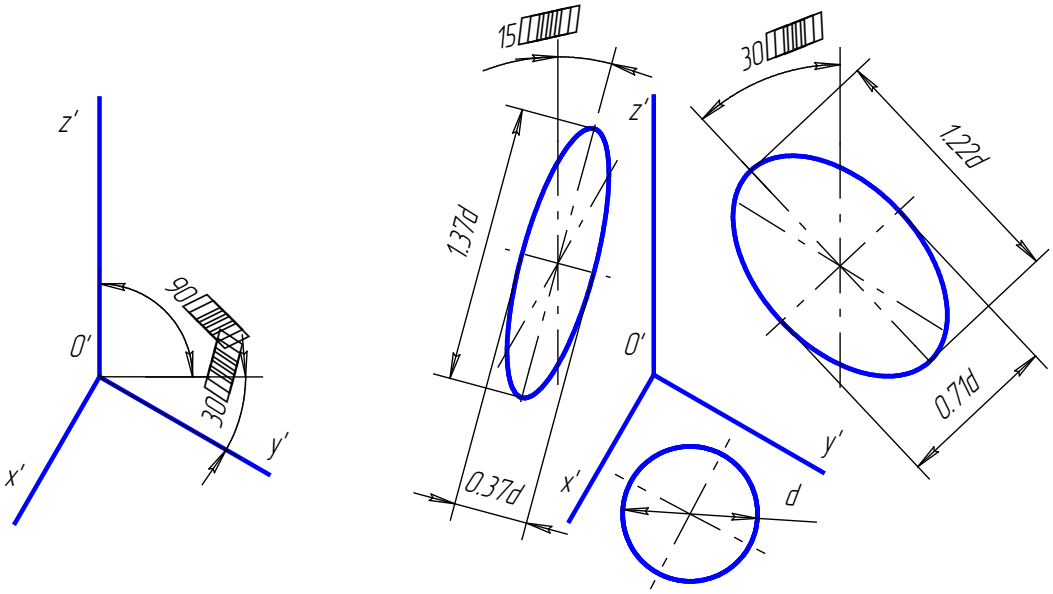

Рис. 6

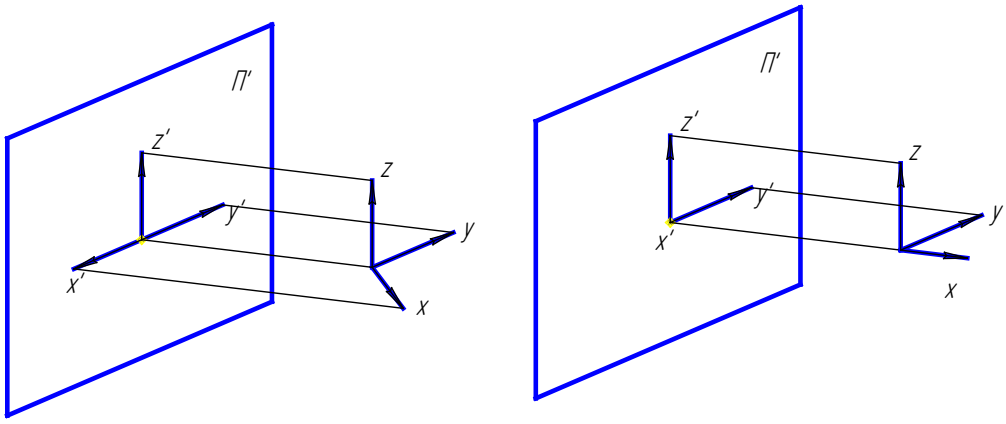

Рис. 7

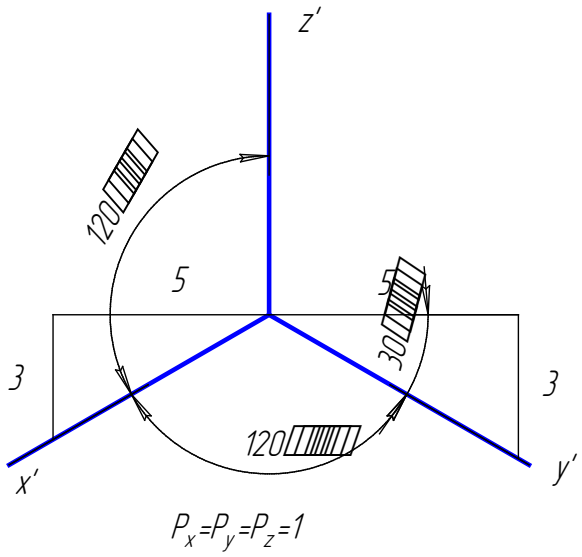

Рис. 8

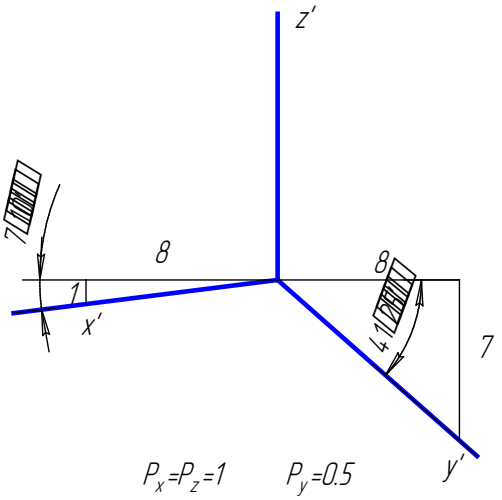

Рис. 9

Прямоугольные аксонометрические проекции

Все три координатные оси должны пересекать плоскость аксонометрических проекций Π'. При прямоугольном проецировании две оси координат не могут быть выбраны параллельно плоскости проекций Π', так как тогда одна ось проецируется на плоскость Π' точкой. Не может быть параллельна плоскости Π' и одна ось, так как две другие в таком случае проецируются прямой линией (рис.7).

Сумма квадратов показателей искажения в прямоугольных аксонометрических проекциях равна 2:

$$P_X^2 + P_Y^2 + P_Z^2 = 2 \qquad (2).$$

Окружность, расположенная в координатной плоскости или в плоскости, параллельной ей, проецируется на картинную плоскость Π' эллипсом, большая ось которого перпендикулярна координатной оси, отсутствующей в данной плоскости проекций (рис. 12).

Прямоугольная изометрия

Прямоугольная изометрия получается в том случае, если координатные оси расположены под равными углами к плоскости проекций Π'. Тогда аксонометрические оси располагаются также под равными углами друг к другу (120^0), а показатели искажения будут приблизительно равны 0,82 (рис.8).

Из (2) при $P_X = P_Y = P_Z$ получим:

$$3P_X^2 = 2, P_X = \sqrt{\frac{2}{3}} = 0{,}82.$$

Для построения наглядных изображений применяют приведенную прямоугольную изометрию с $P_X = P_Y = P_Z = 1$ (ГОСТ 2.317-69).

Такое изображение называется практическим или увеличенным. Увеличение равно 1,22 ($\frac{1}{0.82} = 1.22$).

Рис. 7 - 8

Прямоугольная диметрия

По ГОСТ 2.317-69 принята прямоугольная диметрия, у которой $P_X = P_Z$, а $P_Y = 0{,}5P_X$. При таких показателях искажений аксонометрические оси располагаются под углами, указанными на рис. 9. Решение уравнения (2) даст значения коэффициентов искажения:

$$P_X = P_Z = 0{,}94;\ P_Y = 0{,}47.$$

Для практических целей рекомендуется строить диметрию с коэффициентами искажения: $P_X = P_Z = 1$ и $P_Y = 0{,}5$. Такое изображение является упрощенным. Оно увеличено в 1,06 раза ($\frac{1}{0{,}94} = 1{,}06$).

Построение аксонометрических чертежей

Построение плоской фигуры в изометрии

Построение плоской фигуры в изометрии показано на рис. 10.

Для построения изометрического изображения в горизонтальной плоскости проводят изометрические оси X', Y'. Если фигура, изображение которой надо построить, симметричная, то координатные оси удобно совмещать с осями ее симметрии.

(рис.10)

Коэффициенты искажения прямоугольной изометрии равны 1,0, поэтому при построении правильного шестиугольника на осях X', Y' из точки O откладываются отрезки, равные OA, OD и ON, OM. Так как параллельные прямые проецируются параллельными, то через точки N' и M' проводят прямые, параллельные оси X'. На этих прямых откладывают

$$N'B' = NB,\quad N'C' = NC,\quad M'E' = ME,\quad M'F' = MF$$

и соединяют полученные точки. Если проекция построена верно, то противоположные стороны шестиугольника будут параллельны.

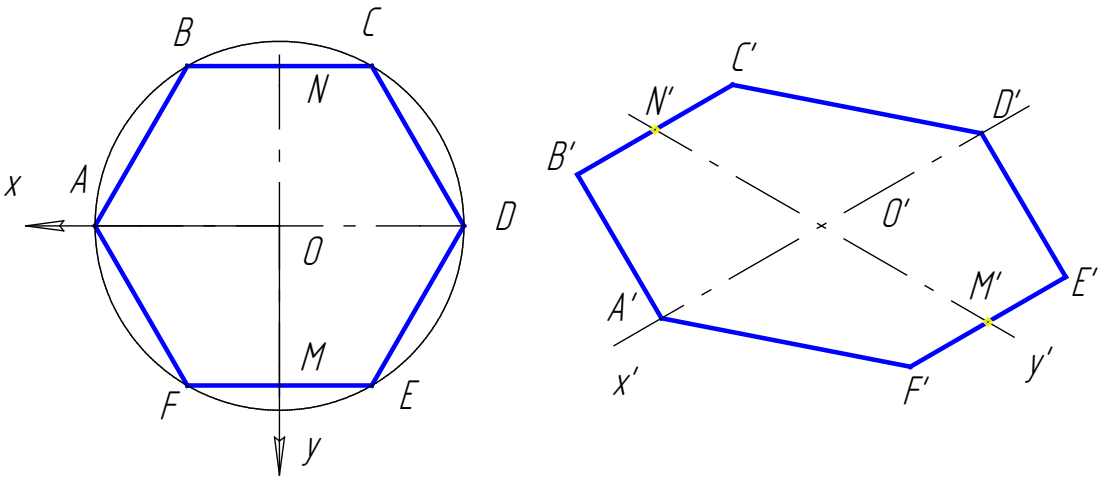

Рис. 10

Стороны шестиугольника BC= FE, параллельные оси X, в изометрии проецировались равными натуральной величине, а остальные стороны, не параллельные ни одной координатной оси, искажаются по - разному. Сторона CD изобразилась в изометрии отрезком $C'D'$, большим, а сторона AB - отрезком $A'B'$, меньшим действительной величины. Это иллюстрирует положение, что коэффициенты искажения определены лишь в направлении осей. Величина искажения по произвольному направлению неизвестна. И, если отрезок не параллелен ни одной из координатных осей, то в любой аксонометрической проекции его следует строить по координатам крайних точек.

Проекции плоских фигур в изометрии в других плоскостях проекций ($П_2$, $П_3$) строятся аналогично. В диметрии и других аксонометрических проекциях отличие состоит в том, что по осям откладываются отрезки с учетом коэффициентов искажения конкретной аксонометрической проекции.

Построение аксонометрического чертежа фигуры, заданной комплексным чертежом

Дан комплексный чертеж фигуры (рис. 11). Построить ее изометрическое изображение.

Порядок построения

1.Фигура привязывается к координатным осям так, чтобы получить наилучшую наглядность аксонометрического изображения и построение было бы как можно проще.

Этому требованию отвечает система OXYZ, выбранная на рис.11. Все координатные плоскости этой системы совпадают с гранями фигуры,

поэтому построение аксонометрических координат точек упрощается и хорошо просматривается кривая поверхность.

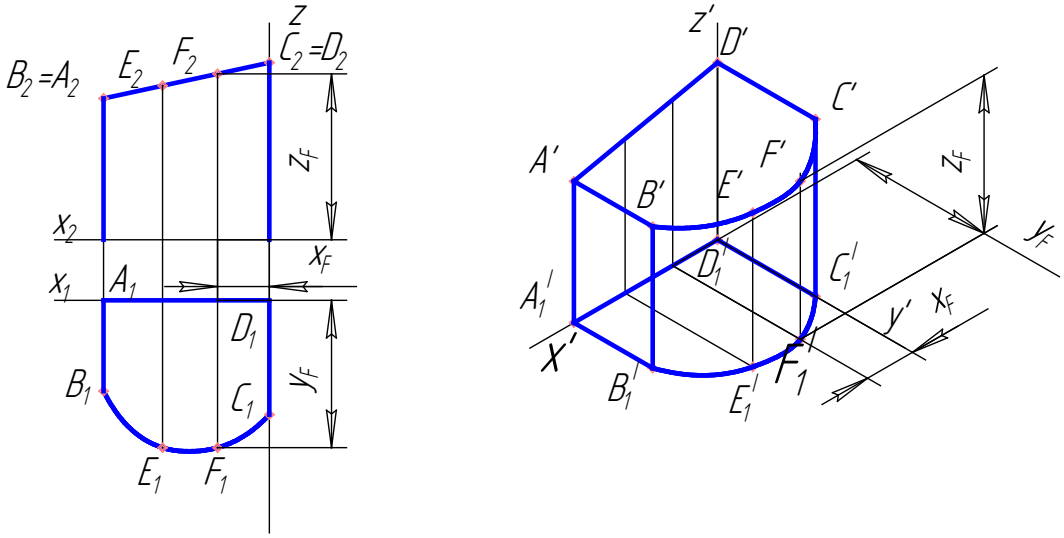

Рис. 11

2. В системе аксонометрических осей строится вторичная проекция фигуры ABCD (проекция ее горизонтальной проекции) на осях $X'Y'$. Для построения кривой BC обозначим дополнительно несколько ее точек (E, F). На чертеже показано построение аксонометрической проекции F' точки F с координатами X_F и $У_F$, необходимыми для построения вторичной проекции F. От начала O' на оси Y' откладывается координата $Y'_F = Y_F \cdot P_Y = Y_F \cdot 1$. Затем проводится линия $F_1'1 \parallel X'$ и на ней откладывается координата $X'_F = X_F \cdot P_X = X_F \cdot 1$, конечная точка которой вторичная проекция F_1'.

3. Из вторичных проекций точек фигуры проводят прямые, параллельные оси Z', на которых откладываются аксонометрические высоты точек - координаты Z'. Для точки F координата $Z'_F = Z_F \cdot P_Z = Z_F \cdot 1$.

Построение аксонометрических проекций окружностей

Окружности в аксонометрических проекциях проецируются эллипсами. Для прямоугольной аксонометрии большая ось эллипса располагается перпендикулярно той аксонометрической оси, которая отсутствует в данной плоскости проекций, а малая ось совпадает с направлением этой оси (рис.12).

В теоретической изометрии большая ось эллипса равна d, малая 0,58d, в практической 1,22d и 0,7d.

В диметрической проекции, выполняемой без искажения по осям $X'Y'$, большие оси эллипсов в плоскостях $П_1$ и $П_3$ в теоретической и практической диметрии равны соответственно d и 1,06d, а малые 0,33d и 0,35d. Оси эллипсов в плоскости $П_2$ равны: большая d и 1,06d;малая 0,9d и 0,95d (рис.13).

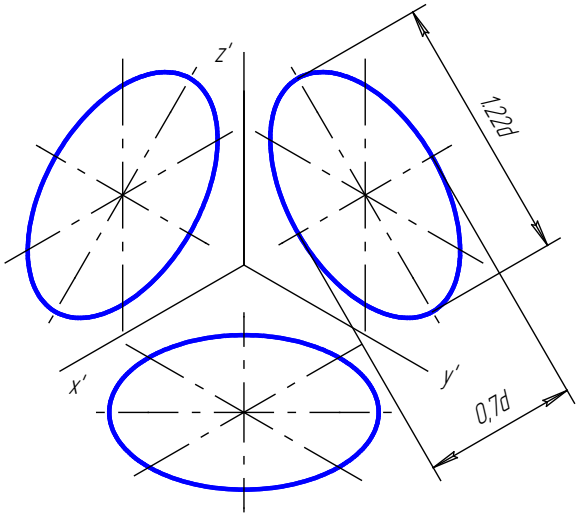

Рис. 12

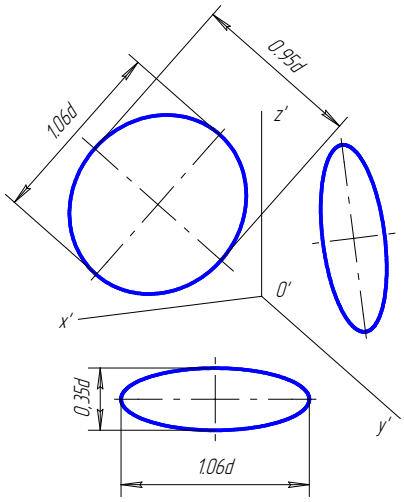

Рис. 13

При выполнении практических чертежей эллипсы заменяют овалами. На рис.14 приведен пример выполнения овала в прямоугольной изометрии.

Способ 1 (рис.14*а*)

Проводят изометрические оси $X'Y'$ и строят на них квадрат со стороной равной d. Вершину (например, D) соединяют прямыми $D'F'$ и $D'K'$ с серединой сторон $A'B'$ и $B'C'$. $D'K' = B'E'$=R_1- радиус дуги овала $F'K'$ и $E'L'$. $M'F' = N'K'$=R_2- радиус дуги овала $F'E'$ и $L'K'$.Рис. 14.

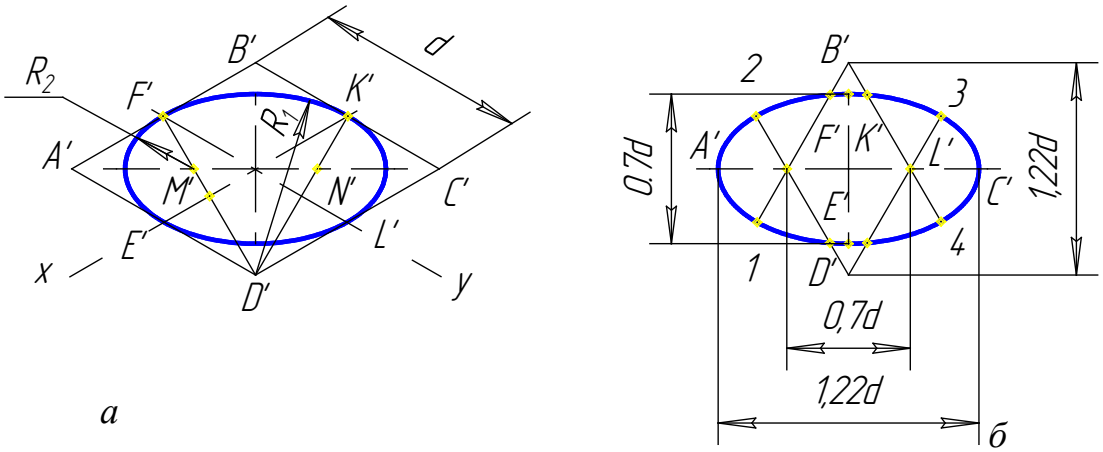

Рис. 14

Способ 2

Определяют значения большой и малой осей эллипса, равных 1,22d и 0,7d. Если, например, диаметр окружности равен 100 мм, то большая ось

равна 100х1,22=122 мм, малая - 100х0,7=70 мм. Проводят две взаимно перпендикулярные прямые (рис.14 *б*) и откладывают по вертикали и горизонтали отрезки, равные значениям большой и малой осям. Соединяют лучами точки D' и B' с точками $F'L'$. На этих лучах находятся точки сопряжения дуг овалов 1, 2 и 3, 4. Радиус R_1 дуги 23 и 14 равен отрезку $D'K'$, R_2 дуги 12 и 34 – отрезку $F'2$.

Построение овалов в прямоугольной диметрии понятно из рис.15.

Радиус дуг овала (рис. 15 а) $K'F'$ и $L'E'$, $R_1 = O_2C' = O_1D'$.

Радиус дуг овала $K'L'$ и $E'F'$ $R_2 = O_3L' = O_4E' = 1/4D'C'$ (1/4 малой оси эллипса).

На рис.15 *б*.- овал, лежащий в плоскости $П_2$.

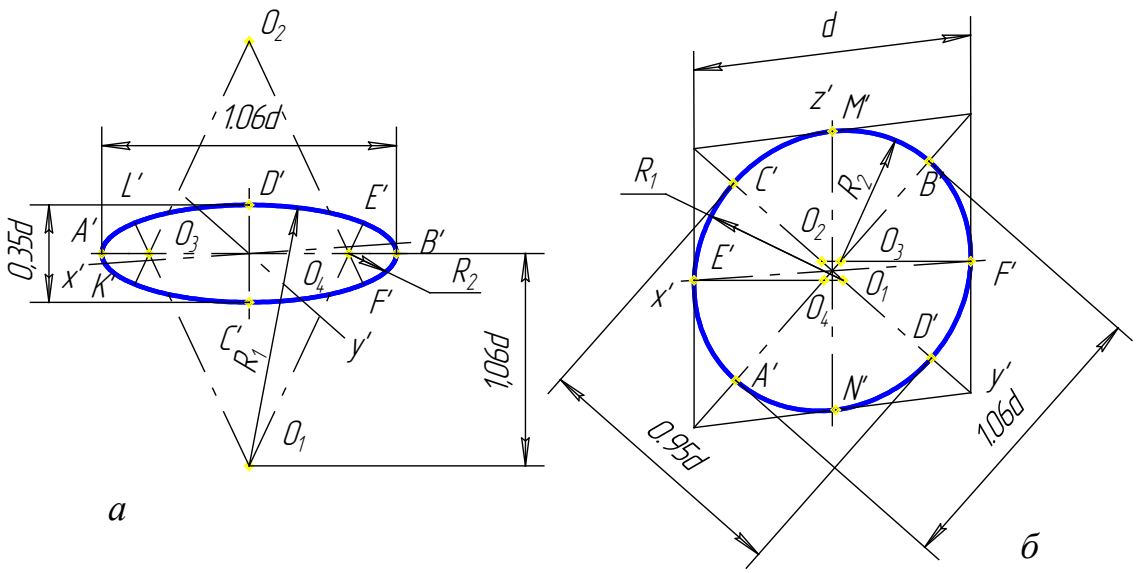

Рис. 15

Построение аксонометрической проекции сферы

Очерком сферы в прямоугольных аксонометрических проекциях является окружность, а в косоугольных проекциях - неприемлемый для восприятия сферы эллипс.

На рис.16 окружность диаметром, равным 1,22d, и три овала, построенные в плоскостях $П_1$, $П_2$ и $П_3$ с общим центром O', наглядно представляют сферу. Любую точку на поверхности сферы можно построить по ее координатам (на рисунке точка А).

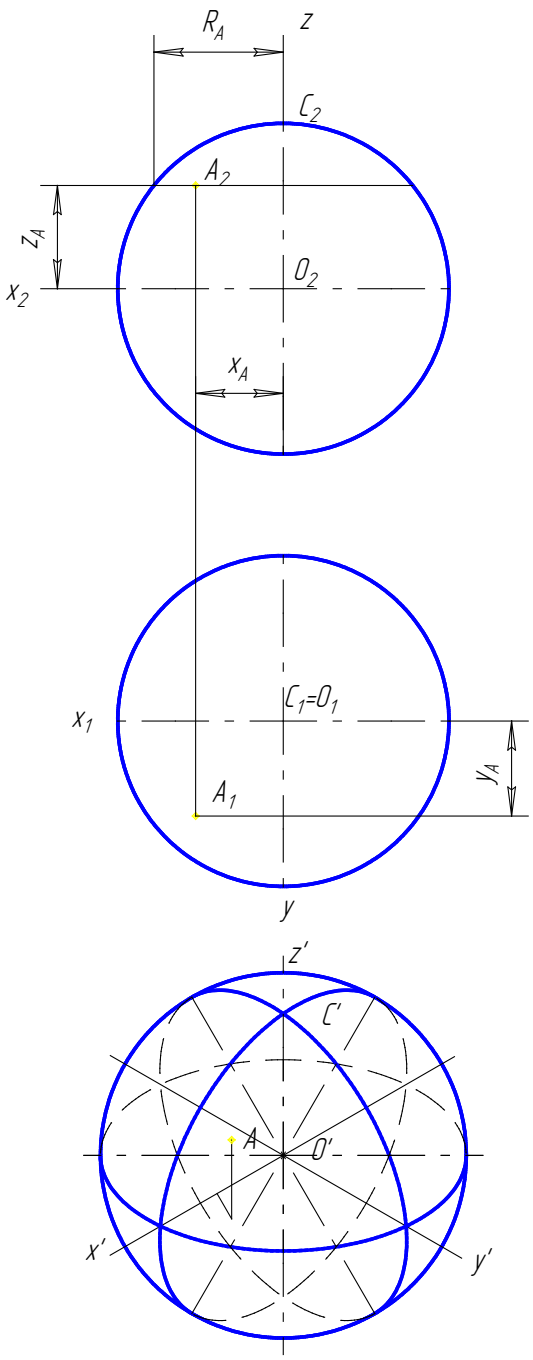

Рис. 16

Построение аксонометрической проекции сферы с вырезом

Так как линия пересечения сферы является окружностью, то при расположении секущей плоскости параллельно координатной окружность проецируется эллипсом, который легко построить (рис.14,15), определив на чертеже диаметр окружности и координаты его центра (рис.17). Если секущая плоскость не параллельна координатной плоскости, то аксонометрическую проекцию линии пересечения сферы плоскостью необходимо строить по координатам ее точек (как кривую линию на рис.11).

Пример построения сферы с вырезом дан на рис.17.

Зная координаты центров окружностей X_M, X_N, X_K, Y_M, Y_N, Y_K , полученных в результате сечения сферы плоскостями, и радиусы R_1, R_2, R_3, строим эллипсы на чертеже. В пересечении эллипсов получены точки $A', B,' C', D'$, которые также можно построить по координатам.

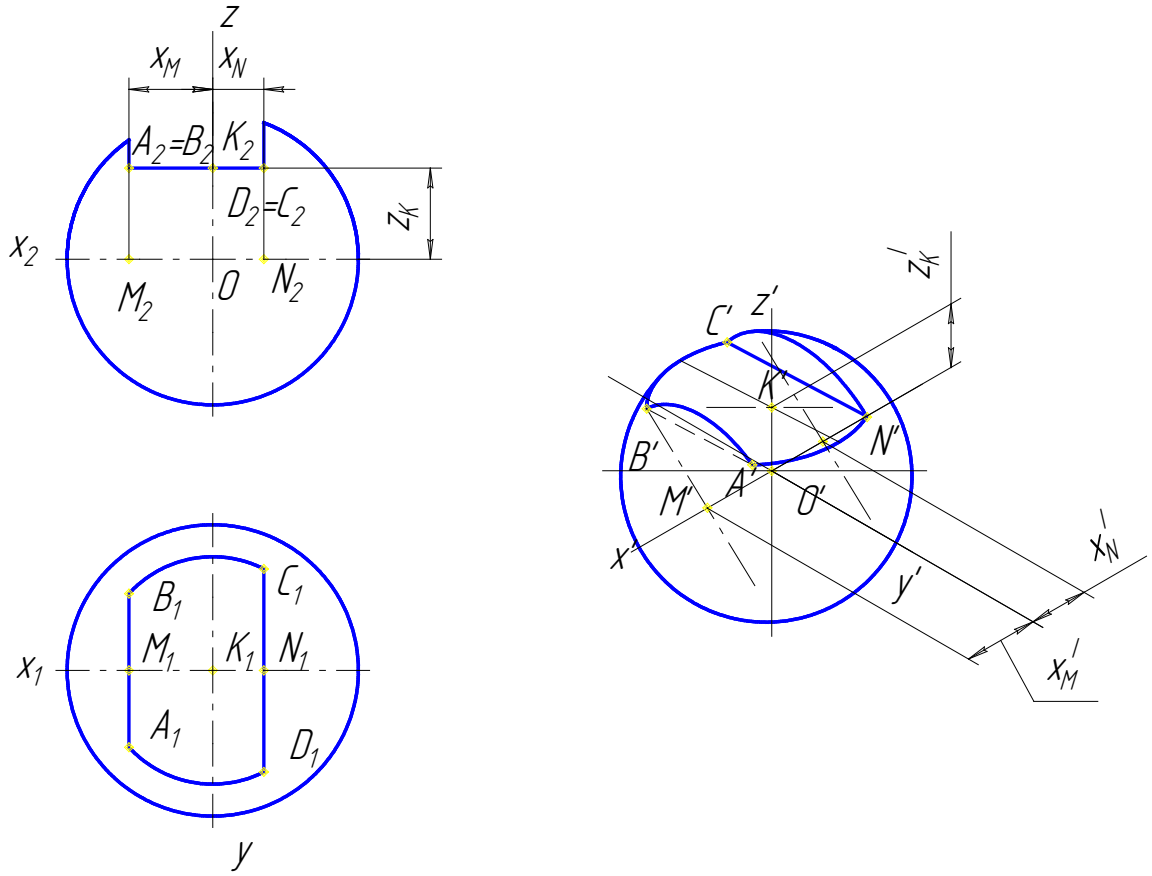

Рис. 17

Выбор аксонометрических проекций

Главными требованиями при построении аксонометрических проекций являются наглядность и простота построений. Поэтому в каждом случае нужно внимательно изучить объект по его чертежу в ортогональных проекциях. Гранные поверхности располагают так, чтобы боковые грани совпадали или были параллельны координатным плоскостям.

Прямоугольные аксонометрические проекции, в отличие от косоугольных, в меньшей степени искажают форму предмета по отношению к нашим обычным представлениям о предмете. Эти проекции нашли широкое применение. Причем прямоугольная изометрия применяется чаще, так как с ее помощью хорошо выявляется устройство изделия, а проекция строится проще, чем прямоугольная диметрия. Окончательное предпочтение той или иной проекции определяется конструкцией предмета, его наглядностью на изображении.

Косоугольные проекции, особенно изометрические, сильно деформируют форму предмета. Фронтальная изометрия или фронтальная диметрия применяются в тех случаях, когда желают сохранить на изображении истинный вид фронтального сечения или фронтального вида (рис.18).

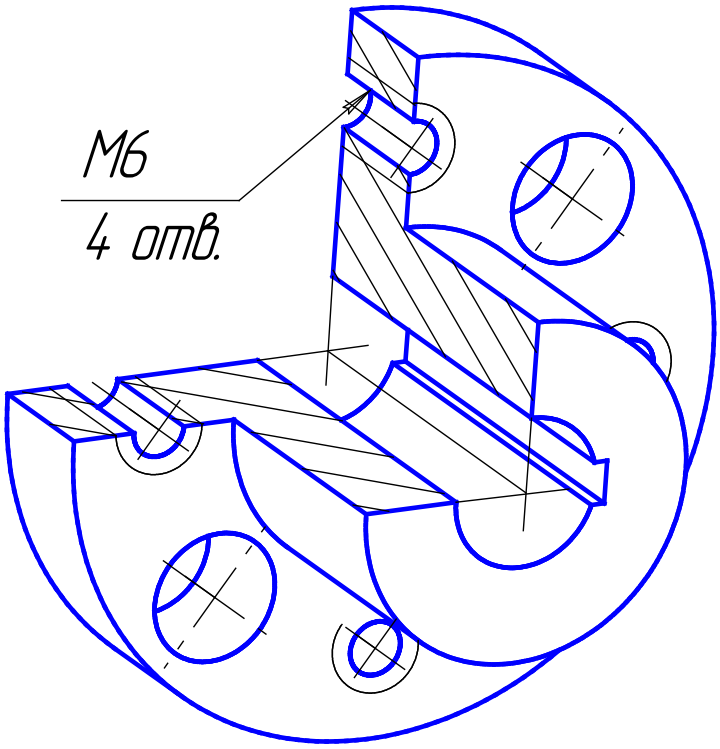

Рис. 18

Изображение аксонометрических проекций в разрезах

Часто, для улучшения наглядности аксонометрические изображения изделий, показывают в разрезах с вырезом части или ¼ изделия. Разрезы выполняют, как правило, плоскостями, параллельными координатным плоскостям.

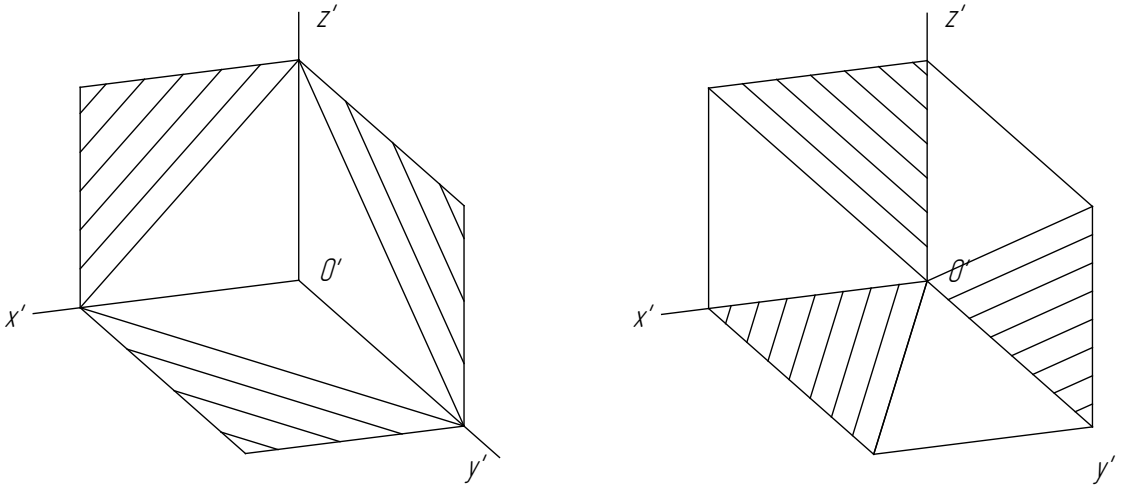

Рис. 19

Правило штриховки сечений в аксонометрических проекциях приведено на рис.19.
Линии штриховки наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, расположенных в соответствующих координатных плоскостях.

В аксонометрических проекциях спицы маховиков и шкивов, ребра жесткости и подобные элементы штрихуют.

Аксонометрические проекции резьб и зубчатых колес можно изображать условно по ГОСТ 2.311-68 и 2.402-68, как на ортогональных чертежах.

Методические указания к выполнению работы

Содержание и учебная цель работы

Целью настоящей работы является закрепление полученных сведений об аксонометрических проекциях и получение практических навыков в выполнении наглядных изображений.

В работе необходимо выполнить прямоугольную аксонометрическую проекцию детали индивидуального задания. Деталь задается ортогональным чертежом по заданию 3 «Простые разрезы».

Выбор изометрии или диметрии зависит от формы изделия и после определения ее студентом утверждается преподавателем.

Аксонометрическая проекция выполняется с вырезом одной четверти на формате А4. Пример выполнения работы дан на рис. 20.

Литература

1. Виницкий И.Г. Начертательная геометрия/ И.Г Винницкий. М.: Высшая школа, 1975.

2.Годик Е.И. (Справочное руководство по черчению)/ Е.И Годик, А.М Хаскин. М.: Машиностроение, 1974.

3.Гордон В.О. Курс начертательной геометрии./ В.О Гордон, М.А Семнцов- Огиевский. М.: Наука, 1988.

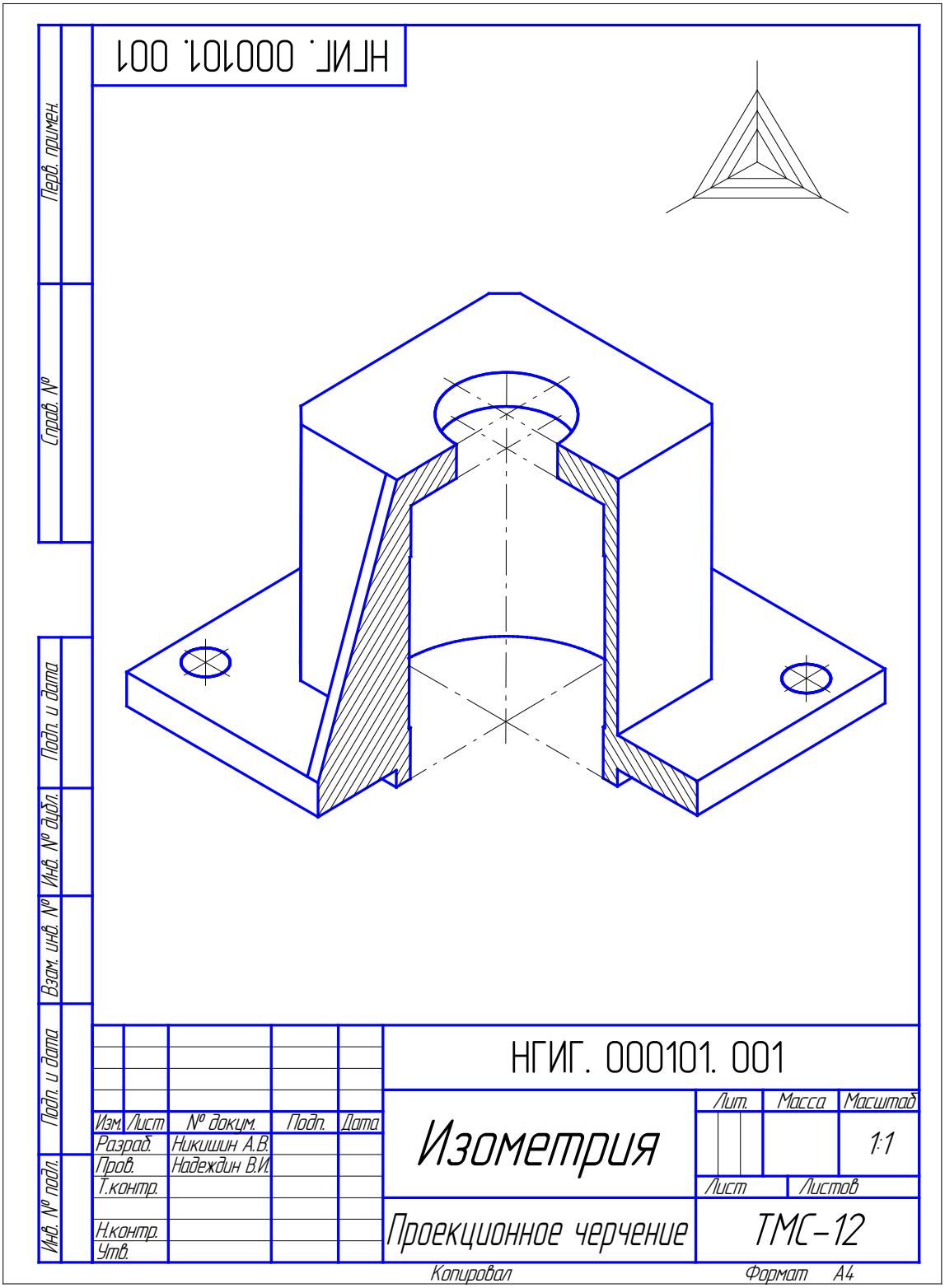
НГИГ. 000101. 001
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Никишин А.В.
Пров. Надеждин В.И.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
НГИГ. 000101. 001
Изометрия
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист Листов
Проекционное черчение
ТМС-12
Копировал
Формат А4

Рис. 20