

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Т.А. ЕРМОЛЕНКО

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Учебное пособие

Новосибирск • 1994

ББК 22.151.34

Е 74

УДК 515.69

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Автор: Т.А.Ермоленко

Аксонетрические проекции: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 1994. – 76 с.

ISBN 5-85921-029-9

Данное пособие выгодно отличается от большинства учебников, содержащих раздел "Аксонетрические проекции", тем, что материал излагается в систематизированном виде в соответствии с программой по начертательной геометрии и черчению для художественно-графических факультетов.

Кроме теоретической части, автор дает примеры решения типовых задач по каждой теме курса, в конце пособия приводятся варианты задач для самостоятельного решения.

Предназначается для всех форм обучения и особенно для заочного отделения. Может быть полезно учителям черчения средних школ.

Научный редактор – канд. пед. наук, доц. **М.Н.Макарова**
(Московский государственный педагогический университет)

Рецензенты – канд. техн. наук, доц. **Б. А. Маслов** (Сибирская государственная академия путей сообщения); кафедра декоративно-прикладного искусства (Новосибирский государственный педагогический университет)

ISBN 5-85921-029-9

© Изд-во Новосибирского государственного педагогического университета, 1994

ВВЕДЕНИЕ

Чертежи в системе прямоугольных проекций просты в построении, по ним легко определить размеры предметов, но они обладают существенным недостатком – отсутствием наглядности.

Для облегчения чтения комплексного чертежа, более полного выявления формы предмета его дополняют аксонометрическим изображением.

Термин "аксонометрия" происходит от греческих слов "ось" и "измеряю", а потому аксонометрия – это метод начертательной геометрии, основанный на "измерении по осям".

Выдающиеся русские ученые и педагоги Н.И. Макаров (1824–1904) и В.И. Курдюмов (1853–1904) издали ряд работ, где подробно излагалась теория аксонометрических проекций или так называемая "параллельная перспектива".

Д.И. Каргин, работая в области методов изображений, написал ряд работ по теории аксонометрии и перспективе.

В дальнейшем теоретические разработки в области аксонометрических проекций получили свое развитие в трудах таких крупных советских ученых, как проф. Н.А. Рынин (1887–1943), проф. А.И. Добряков (1895–1947), проф. В.И. Каменев, Н.А. Глаголев, Н.Ф. Четверухин, В.О. Гордон, И.И. Котов, Н.С. Кузнецов и др.

Внимание к теории аксонометрических проекций объясняется простотой, наглядностью и точностью (по правильному аксонометрическому изображению легко определить истинную ширину, высоту и глубину).

Аксонометрические проекции широко используются во всех областях техники, дизайне, в изобразительном искусстве. Известно, что аксонометрия, как средство наглядного изображения, применялась еще в глубокой древности. Художники используют аксонометрию для изображения небольших предметов, наблюдаемых с близких расстояний преимущественно в закрытых помещениях.

В связи с вышеизложенным раздел начертательной геометрии "Аксонометрические проекции" изучается на художественно-графиче-

ских факультетах с целью овладения мастерством построения различных графических изображений будущими учителями черчения и изобразительного искусства.

Пособие содержит теорию образования аксонометрических проекций, описание методики построения различных образов, начиная от простых плоских фигур и заканчивая сложными поверхностями, приводятся примеры решения позиционных задач (пересечение тела плоскостью, взаимное пересечение тел и другие), даны варианты задач для самостоятельного решения.

Данное пособие предназначено для студентов дневного и заочного отделений художественно-графических факультетов, успешно может быть использовано для самостоятельного изучения. Его можно рекомендовать абитуриентам для подготовки к вступительным экзаменам по черчению, а также учителям школ, ведущим факультативные курсы.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При выполнении чертежей часто оказывается необходимым наряду с комплексным чертежом иметь и более наглядное изображение. С этой целью применяется чертеж, полученный проецированием заданного предмета вместе с координатной системой, к которой он отнесен, на некоторую плоскость. Такой метод построения изображений на одной плоскости получил название аксонометрического.

Аксонометрические чертежи обладают свойством наглядности и одновременно свойством обратимости – по таким чертежам легко представить общую форму предметов и их положение в пространстве.

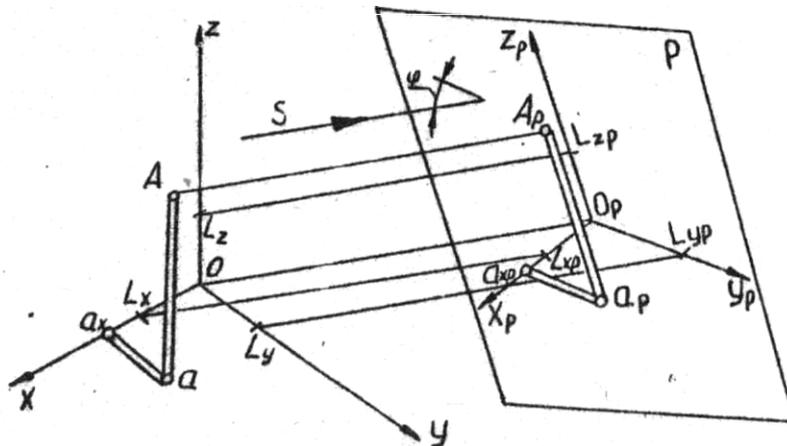
Сущность метода аксонометрического проецирования

Рассмотрим процесс получения аксонометрической проекции. При помощи параллельных лучей натуральную систему координат $Oxyz$ и точку A спроецируем на плоскость P с условием, что направление проецирования S не параллельно ни одной из координатных плоскостей (рис.1).

Координаты точки $A(x, y, z)$ образуют координатную ломаную Oa_xaA . За единицу измерения координат примем отрезок, равный L . Тогда $L_x=L_y=L_z$. После проецирования на плоскость P получаем:

- O_pX_p, O_pY_p, O_pZ_p – аксонометрические оси;
- A_p – аксонометрическая проекция точки A ;
- a_p – вторичная проекция точки A ;

- $O_p a_{xp} a_{yp} A_p$ – аксонометрическая координатная ломаная;
- L_{xp} , L_{yp} , L_{zp} – аксонометрические масштабные единицы (они могут быть не равны между собой).



Р и с. 1. Модель аксонометрического проецирования

Таким образом, если какой-либо объект (в данном примере – точка A) отнесем к прямоугольной системе координат $Oxyz$ в пространстве и спроецируем их вместе при помощи параллельных лучей на некоторую плоскость P , то изображение объекта на ней будет называться **а к с о н о м е т р и ч е с к и м**.

При проецировании изменяются величины L_x , L_y и L_z , а вместе с ними и координатная ломаная. Для построения аксонометрических проекций введем понятие показателей или коэффициентов искажения, зная которые, можно определить положение в пространстве любой точки.

К о э ф ф и ц и е н т ы и с к а ж е н и я k_x , k_y , k_z определим как отношение аксонометрических масштабных единиц к натуральным:

$$k_x = \frac{L_{xp}}{L_x}; \quad k_y = \frac{L_{yp}}{L_y}; \quad k_z = \frac{L_{zp}}{L_z}.$$

В зависимости от коэффициентов искажения различают следующие аксонометрические проекции:

- изометрическую, когда все три коэффициента равны между собой: $k_x = k_y = k_z$ (древнегреческое "isos" – одинаковый);
- диметрическую, когда коэффициента искажения равны только по двум любым осям, например: $k_x = k_z$, $k_z \neq k_y$ ("di" – двойной);

– триметрическое. когда коэффициенты искажения различны по всем трем осям: $k_x \neq k_y \neq k_z$ ("treis" – три).

В зависимости от угла наклона проецирующих лучей аксонометрические проекции бывают:

– ортогональные, когда направление проецирования S перпендикулярно к плоскости проекции P ($\varphi=90^\circ$);

– косоугольные, когда направление проецирования S составляет с плоскостью P угол, отличный от прямого ($\varphi \neq 90^\circ$).

Очевидно, задавая разные направления проецирования и принимая различные взаимные положения натуральной системы координат и аксонометрической плоскости P , можно получить множество аксонометрических проекций с различными коэффициентами искажения.

Справедливость этого утверждения была доказана во второй половине прошлого века немецким геометром Карлом Польке (1810 – 1876).

Теорема К. Польке гласит: три отрезка произвольной длины, лежащие в одной плоскости и выходящие из одной точки под произвольными углами друг к другу, представляют параллельную проекцию трех равных отрезков, отложенных на прямоугольных осях координат от начала.

ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Аксонометрическую плоскость P зададим так, чтобы она пересекала оси натуральной системы в точках x_p, y_p, z_p . Спроецируем данную систему осей на плоскость P по направлению $00_p \perp P$ (рис. 2).

Точки x_p, y_p, z_p определяют треугольник, называемый **треугольником следов**.

Рассмотрим свойства прямоугольных аксонометрических проекций.

1. Стороны треугольника следов перпендикулярны к соответствующим аксонометрическим осям. Действительно, так как ось Oz перпендикулярна к плоскости H , а прямая $x_p y_p$ (горизонтальный след плоскости P) лежит в плоскости H , то $x_p y_p$ также перпендикулярна к оси Oz и, следовательно, она перпендикулярна к проекции оси Oz , т.е. к аксонометрической оси $O_p z_p$.

Аналогично можно доказать, что $x_p z_p \perp O_p y_p$ и $y_p z_p \perp O_p x_p$.

Таким образом, аксонометрические оси являются высотами треугольника следов. Кроме того, треугольник следов всегда остроугольный, следовательно, точки пересечения осей находятся внутри треугольника.

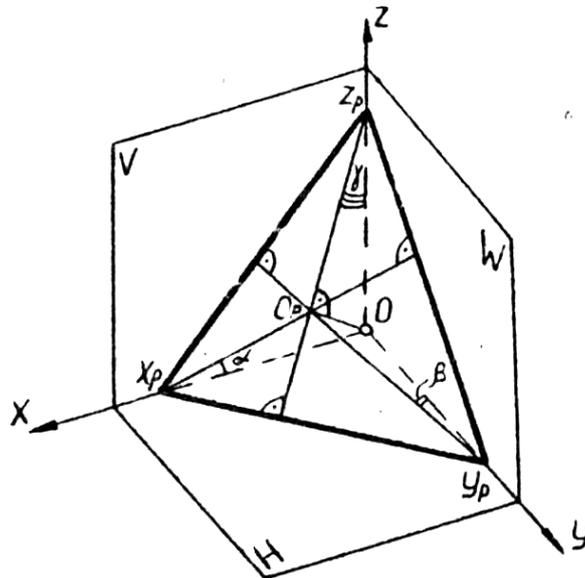
2. Треугольники $00_p x_p, 00_p y_p, 00_p z_p$ – прямоугольные (рис. 2).

Рассмотрим треугольник $OO_p x_p$: $\alpha = \angle O_p x_p O$, а отношение $\frac{O_p x_p}{O x_p} = \cos \alpha$

А так как $\frac{O_p x_p}{O x_p} = k_x$, то, следовательно, $k_x = \cos \alpha$.

Рассмотрев другие треугольники, можно сделать вывод: в прямоугольной аксонометрической проекции коэффициенты искажения равны косинусам углов наклона координатных осей к плоскости P . а косинусы углов всегда меньше единицы; $k_x = \cos \alpha$; $k_y = \cos \alpha$, $k_z = \cos \alpha$.

$$k_x < 1; k_y < 1; k_z < 1.$$



Р и с . 2. Равносторонний треугольник следов

3. Зададим параллелепипед, диагональ которого $OO_p \perp$ плоскости P (рис. 3). Три его ребра лежат на осях координат. Известно, что сумма квадратов трех его измерений равна квадрату диагонали:

$$x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 = (OO_p)^2. \quad (1)$$

Обозначим углы наклона осей x , y , z к OO_p соответственно α_1 , β_1 , γ_1 . Рассмотрим треугольник $OO_p O_z$. Он прямоугольный, следовательно, $z_1 = OO_p \cdot \cos \gamma_1$. Аналогично $y_1 = OO_p \cdot \cos \beta_1$; $x_1 = OO_p \cdot \cos \alpha_1$.

Подставив эти выражения в формулу (1), получим:

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1. \quad (2)$$

Рассмотрим треугольник OO_pZ_p . В этом треугольнике O_pZ_p – проекция оси Oz на плоскость P . Очевидно, что $\cos \gamma_1 = \sin \gamma$. Аналогично можно сделать вывод, что $\cos \alpha_1 = \sin \alpha$; $\cos \beta_1 = \sin \beta$.

Заменяем в формуле (2) косинусы углов $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ синусами углов наклона осей к плоскости P α, β, γ . Получим

$$\begin{aligned} \sin^2 \alpha + \sin^2 \beta + \sin^2 \gamma &= 1 \quad \text{или} \\ (1 - \cos^2 \alpha) + (1 - \cos^2 \beta) + (1 - \cos^2 \gamma) &= 1. \end{aligned}$$

После преобразования имеем

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 2. \quad (3)$$

Зная, что $k_x = \cos \alpha$; $k_y = \cos \beta$; $k_z = \cos \gamma$, подставим эти значения в формулу (3):

$$k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 = 2. \quad (4)$$

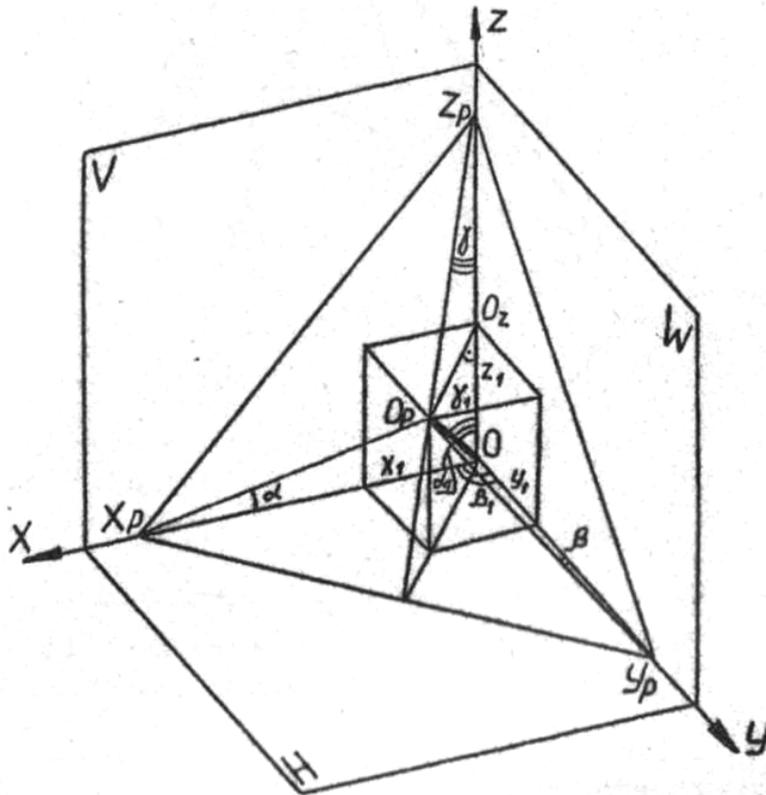


Рис. 3. Параллелепипед в треугольных следах

Очевидно, можно сделать вывод: сумма квадратов коэффициентов искажения в прямоугольной аксонометрической проекции равна двум.

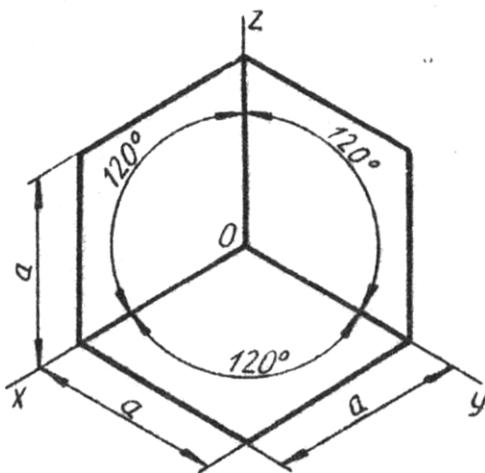
Прямоугольная изометрическая проекция

Если коэффициенты искажения по всем осям равны между собой, т. е. $k_x = k_y = k_z$, то это прямоугольная изометрическая проекция. Тогда $\cos \alpha = \cos \beta = \cos \gamma$ и $\alpha = \beta = \gamma$. Исходя из этого, можно сделать вывод, что:

- треугольник следов в такой проекции - равносторонний;
- аксонометрические оси образуют равные между собой углы по 120° (рис. 4);
- плоскости H, V, W имеют одинаковые углы наклона к плоскости P .

Используя соотношение $k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 = 2$ и то, что $k = k_x = k_y = k_z$, получим численное значение действительного коэффициента искажения: $3k^2 = 2$;

$$k = \frac{\sqrt{2}}{3} \cong 0,82.$$



Р и с . 4. Прямоугольная изометрическая проекция

На практике пользуются приведенным коэффициентом искажения – $k_{пр} = 1$. В этом случае построение аксонометрического изображения облегчается, т. к. по аксонометрическим осям от-

кладывают натуральные координатные отрезки (рис. 4). Полученное таким образом изображение имеет увеличение в 1,22 раза ($\frac{1}{0,82} \cong 1,22$)

и называется п р а к т и ч е с к о й проекцией.

Оси в прямоугольной изометрической проекции можно строить разными способами:

- а) с помощью угольников с углами 30, 60. 90° (рис. 5а);
- б) с помощью циркуля (рис. 5б);
- в) с помощью отрезков (рис. 5в).

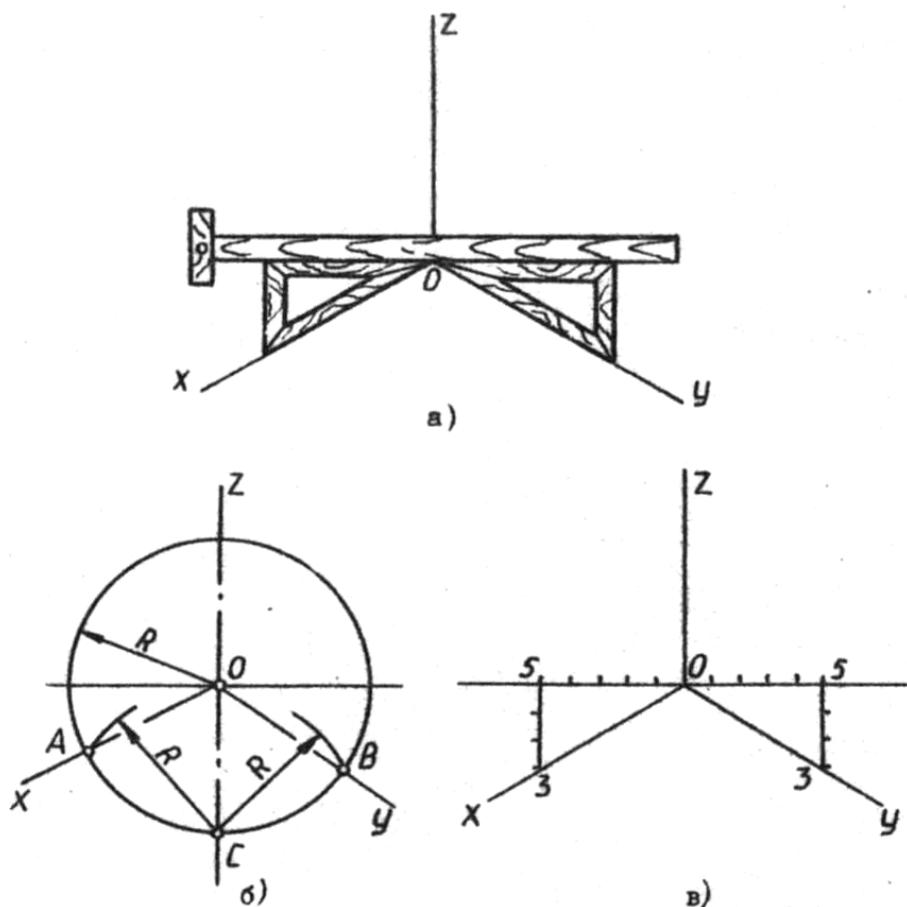


Рис. 5. Построение осей в прямоугольной изометрической проекции: а) при помощи треугольников и линейки; б) при помощи дуг окружностей; в) при помощи отрезков

Прямоугольная диметрическая проекция

Прямоугольная диметрическая проекция получается в том случае когда $k_x = k_z = k$ и $k_y = \frac{1}{2} k$.

Подставляя эти значения в формулу (4), вычислим значения коэффициентов искажения:

$$2k^2 + \frac{1}{4}k^2 = 2; \quad k^2 = \frac{8}{9}; \quad k = \frac{2\sqrt{2}}{3} \cong 0,94.$$

Отсюда следует, что:

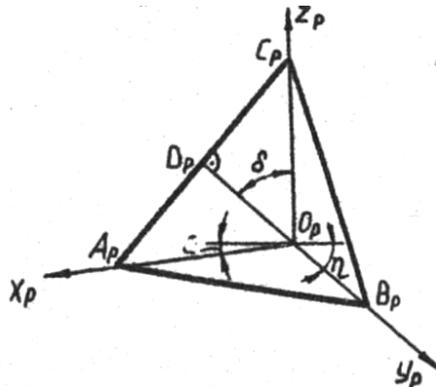
$$k_x = k_z = 0,94, \quad \text{а} \quad k_y = \frac{k}{2} \cong 0,47.$$

Треугольник следов $A_p B_p C_p$ равнобедренный, так как $k_x = k_z$ (рис. 6). Аксонометрическая ось $O_p u_p$ является одновременно высотой и медианой треугольника следов и делит сторону $A_p C_p$ пополам в точке D_p .

$$\sin \delta = \frac{D_p C_p}{D_p O_p} = \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{2\sqrt{2}}{2} = \frac{3}{4} \cong 0,75.$$

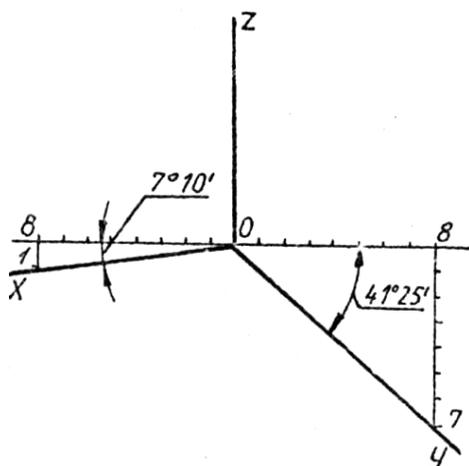
Отсюда $\delta = 48^\circ 35'$, а, следовательно, $z_p O_p x_p = 2\delta = 97^\circ 10'$.

Углы $z_p O_p u_p = y_p O_p x_p = 131^\circ 25'$. Углы $z_p O_p x_p$ и $z_p O_p u_p$ отличны от 90° на $\varepsilon = 7^\circ 10'$ и $\eta = 41^\circ 25'$.

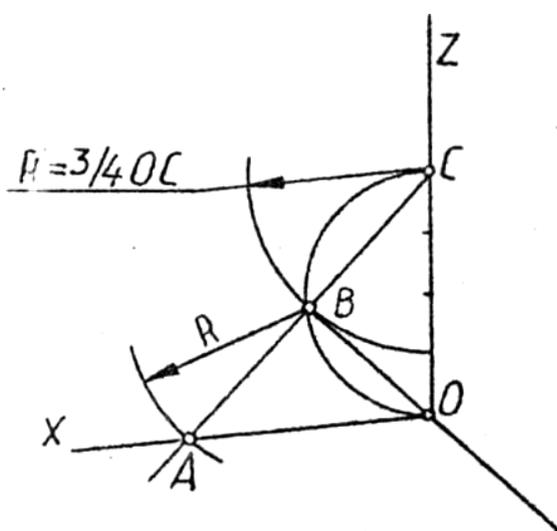


Р и с. 6. Равнобедренный треугольник следов

На рис. 7 дано расположение осей в прямоугольной диметрической проекции. Эти углы можно построить без транспортира, по их тангенсам, зная, что $7^\circ 10' = \frac{1}{8}$ и $41^\circ 25' = \frac{7}{8}$.



Р и с. 7. Построение осей в прямоугольной диметрической проекции при помощи отрезков



Р и с. 8. Построение осей при помощи дуг окружностей

Рассмотрим еще один способ построения осей при помощи дуг окружностей (рис. 8):

1) по оси Oz отложим от точки O четыре равных (произвольных) отрезка и отметим конечную точку C последнего из отрезков;

2) из середины отрезка OC опишем полуокружность, опирающуюся на OC , и на ее дуге из

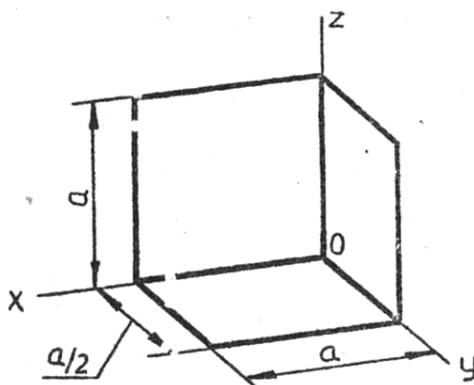
точки C радиусом, равным $\frac{3}{4} OC$, отметим точку B .

После этого тем же радиусом из точки B проведем дугу;

3) посредством прямой, проходящей через точки C и B , отметим на последней проведенной дуге точку A и проведем прямые OA и BO , являющиеся осями Ox и Oy .

На практике следует пользоваться приведенными коэффициентами искажений: $k_x = k_z = 1$; $k_y = 0,5$, т. е. по осям x и z -откладывать

натуральные координатные отрезки, а по оси y в 2 раза меньше (рис. 9). При этом происходит увеличение в 1,06 раза ($\frac{1}{0,94} \cong 1,06$).



Р и с . 9 . Прямоугольная диметрическая проекция

КОСОУГОЛЬНЫЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Косоугольная фронтальная диметрическая проекция

Рассмотрим аксонометрическую проекцию, в которой одна из координатных плоскостей параллельна аксонометрической плоскости P , при этом фигуры, лежащие в этой координатной плоскости или ей параллельные, на плоскость P будут проецироваться без искажения.

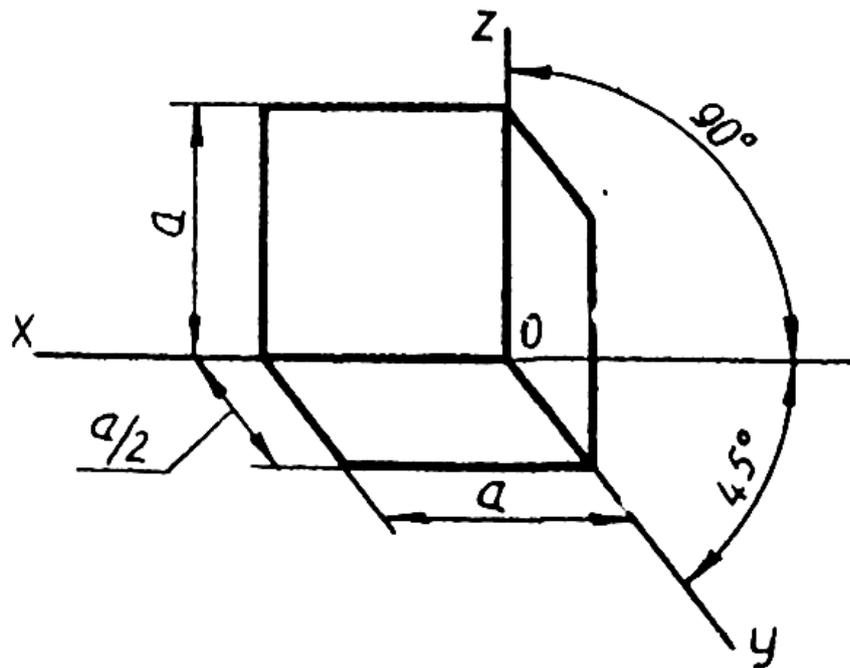
Пользоваться прямоугольным проецированием в этом случае нельзя, т. к. одна из осей натуральной системы координат совпадет с направлением проецирования, вырождаясь в точку, а изображение потеряет наглядность.

Вот тогда и применяется косоугольное проецирование.

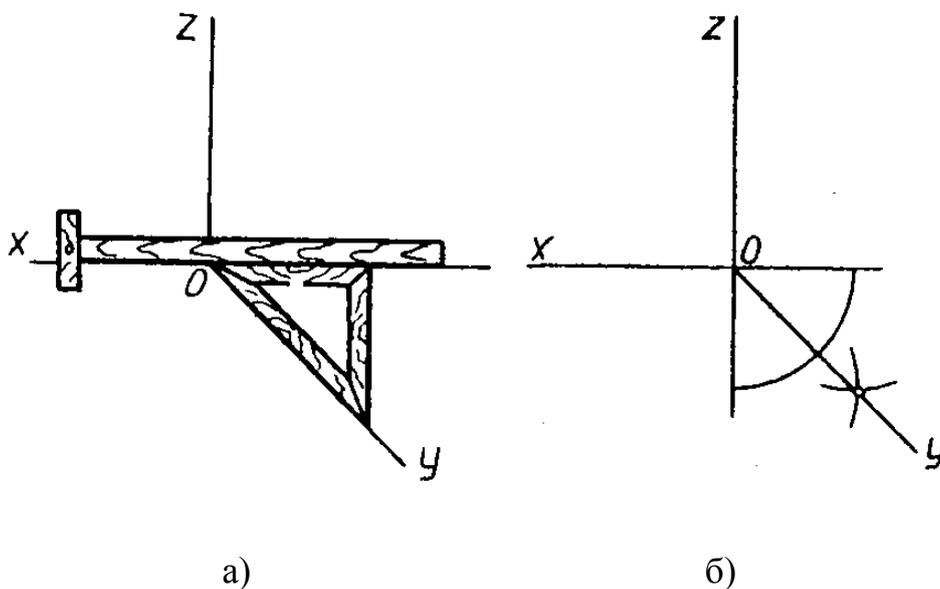
Рассмотрим косоугольную фронтальную диметрическую проекцию. Аксонометрическую плоскость проекций P расположим параллельно координатной плоскости V . Тогда положение аксонометрических осей будет таким, как показано на рис. 10. Коэффициент искажения $k_y = 0,5$, а $k_x = k_z = 1$ (рис. 10).

Способы построения осей данной аксонометрической проекции показаны на рис. 11. Допускается применять фронтальные диметриче-

ские проекции с углами наклона оси y 30° и 60° .



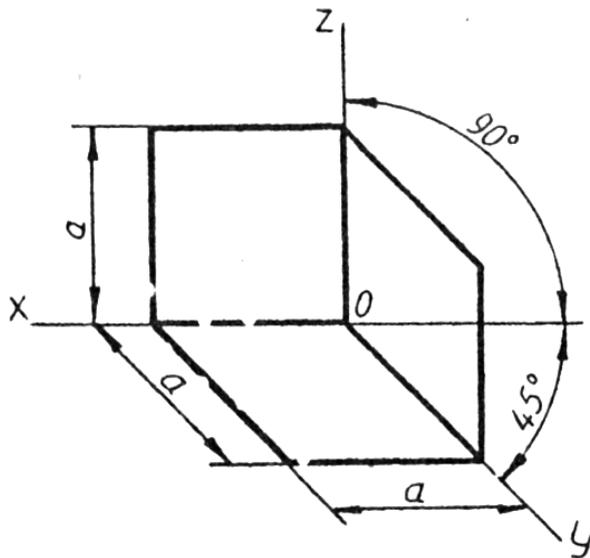
Р и с. 10. Косоугольная фронтальная диметрическая проекция



Р и с. 11. Построение осей в косоугольной фронтальной диметрической проекции: а) при помощи треугольника и линейки; б) при помощи дуг окружностей

Косоугольная фронтальная изометрическая проекция

Теперь рассмотрим случай, когда аксонометрическая плоскость P расположена параллельно координатной плоскости V , а коэффициенты искажения $k_x = k_y = k_z = 1$. Положение аксонометрических осей такой проекции приведено на рис. 12. Допускается применять данную проекцию с углами наклона оси y 30° и 60° .

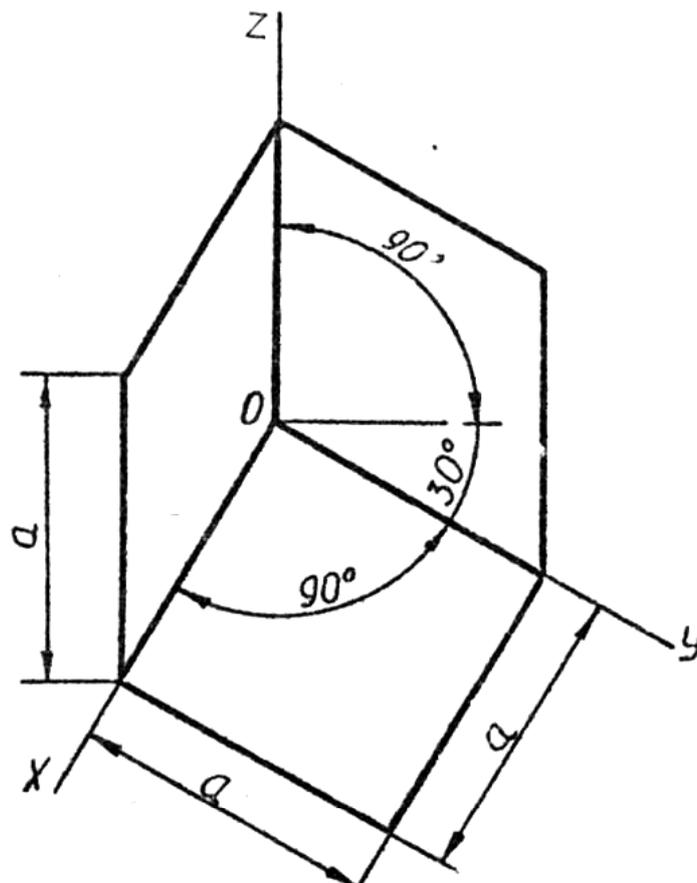


Р и с . 12. Косоугольная фронтальная изометрическая проекция

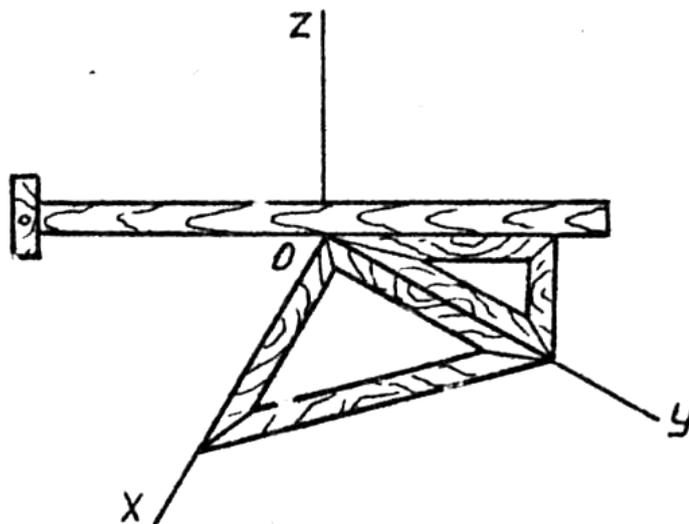
Косоугольная горизонтальная изометрическая проекция

Если аксонометрическую плоскость проекций P расположить параллельно координатной плоскости H , – получим косоугольную горизонтальную изометрическую проекцию, в которой коэффициенты искажения равны между собой $k_x = k_y = k_z = 1$. Положение аксонометрических осей для такой проекции показано на рис. 13. Допускается применять горизонтальные изометрические проекции с углами наклона оси y 45° и 60° , сохраняя при этом угол между осями x и y 90° .

Построение аксонометрических осей при помощи треугольников показано на рис. 14.



Р и с. 13. Косоугольная горизонтальная изометрическая проекция



Р и с. 14. Построение осей при помощи треугольников и линейки

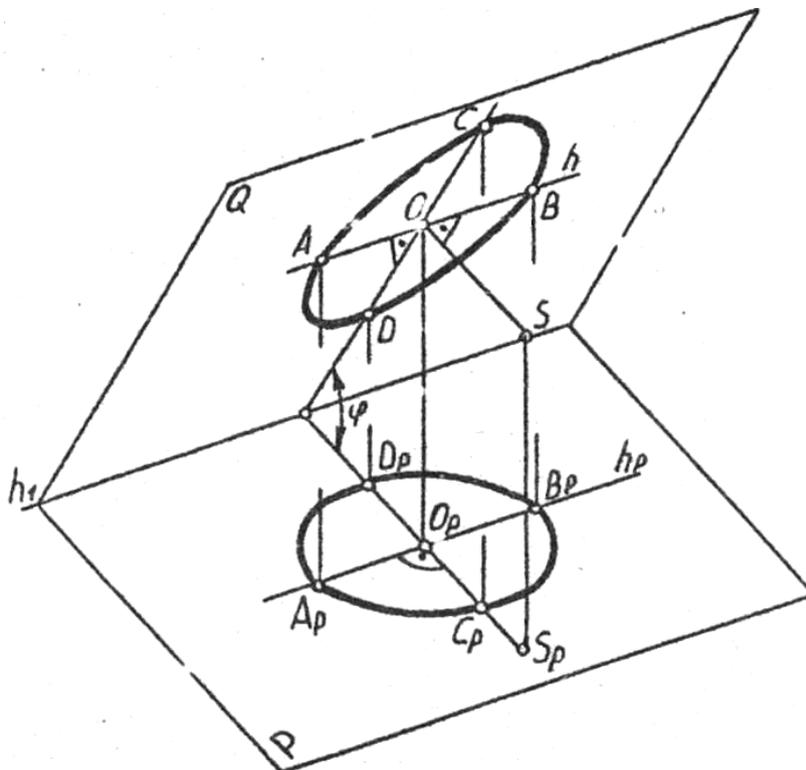
АКСОНОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ ОКРУЖНОСТИ

АксонOMETРИЧЕСКОЙ проекцией окружности является эллипс. Эллипс вычерчивается наиболее точно, если известны его оси. Поэтому при построении аксонометрической проекции окружности обычно определяются оси эллипса.

Пусть окружность, лежащая на плоскости Q , проецируется ортогонально на аксонометрическую плоскость P (рис. 15). Проведем диаметр AB окружности, параллельный прямой h_1 (линия пересечения плоскостей P и Q), а следовательно, и плоскости P . Прямая $AB \parallel P$, поэтому $AB = A_p B_p = 2a$.

Проведем второй диаметр CD окружности, перпендикулярный к первому, $CD \perp AB$, тогда $C_p D_p \perp A_p B_p$. Поэтому отрезки $A_p B_p = 2a$ и $C_p D_p = 2b$ являются осями эллипса.

Большая ось эллипса $A_p B_p$ располагается вдоль линии уровня h плоскости окружности, а малая $C_p D_p$ совпадает с направлением перпендикуляра к этой плоскости.

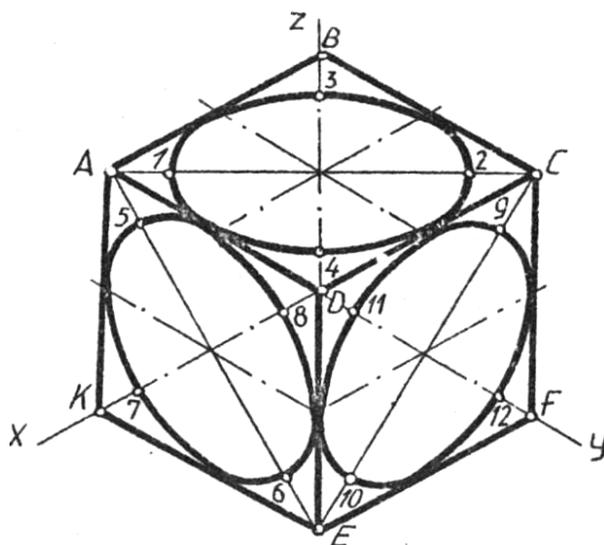


Р и с. 15. Проецирование окружности на аксонометрическую плоскость P

Кроме того, направление малой оси эллипса может быть определено как направление, перпендикулярное направлению большой оси, т. е. направление проекции линии наибольшего наклона плоскости окружности Q и плоскости аксонометрической проекции P .

Построение окружности
в прямоугольной изометрической проекции

Построим изометрическую проекцию куба. Окружности, вписанные в грани куба, изображаются в виде эллипсов, вписанных в ромбы, являющиеся проекциями граней куба (рис. 16).



Р и с . 16. Аксонометрическая проекция куба со вписанными в его грани эллипсами

Центры эллипсов лежат на пересечении диагоналей ромбов. Большие диагонали ромбов AC , AE и EC соответственно перпендикулярны к осям Oz , Ox и Oy . Они представляют собой действительную величину диагоналей куба. Отсюда следует, что большие оси эллипсов $1 - 2$, $5 - 8$, $9 - 10$, совпадающие с этими диагоналями, будут иметь истинную величину диаметров окружностей, вписанных в грани куба.

Малые оси эллипсов 3 – 4, 7 – 8 и 11 – 12, совпадая по направлению с малыми диагоналями ромбов, располагаются перпендикулярно к большим осям эллипсов. Для определения размера малой оси эллипса рассмотрим треугольник ABD.

Треугольник ABD – равнобедренный: $AB = BD = AD = 0,82 \cdot 1 = 0,82$, где 1 – условный размер стороны квадрата, а 0,82 – коэффициент искажения. Натуральный размер диагонали квадрата ABCD $BD = \sqrt{2}$. Поэтому показатель искажения по направлению BD будет равен $\frac{0,82}{\sqrt{2}} \cong 0,58$. Значит, малая ось эллипса 3 – 4 $\cong 0,58d$.

Из построения эллипса в прямоугольной изометрической проекции можно сделать следующие выводы:

1. Большая ось эллипса всегда перпендикулярна отсутствующей для данной координатной плоскости оси, а малая ось совпадает с направлением этой оси. Для плоскости xOy большая ось $1 - 2 \perp Oz$, для плоскости yOz большая ось $5 - 6 \perp Ox$, для плоскости xOz большая ось $9 - 10 \perp Oy$.

2. Большая ось всегда перпендикулярна малой оси эллипса.

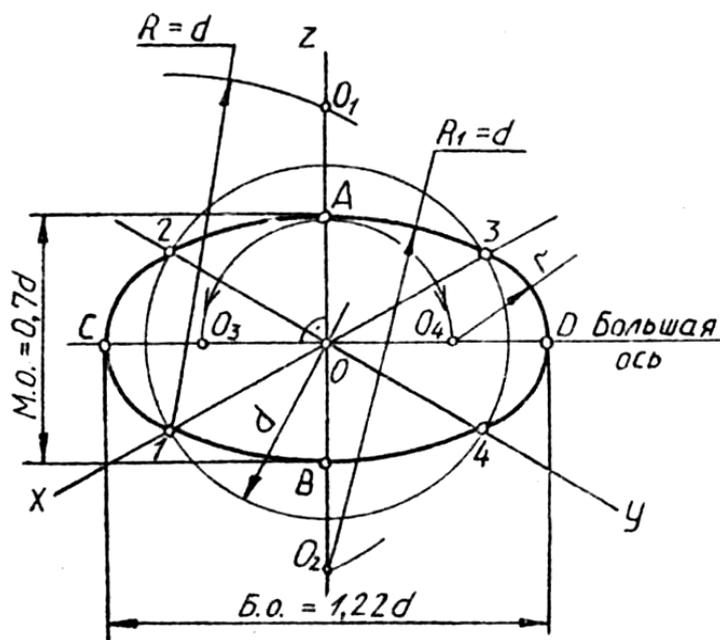
3. Все эллипсы от окружностей равного диаметра, расположенных в разных координатных плоскостях, равны между собой (рис. 16).

На практике пользуются практической изометрической проекцией с коэффициентами искажения $k_x = k_y = k_z = 1$, которая от теоретической изометрической проекции отличается только масштабом увеличения в 1,22 раза. Поэтому оси эллипсов тоже увеличиваются в 1,22 раза: большая ось равна $1,22d$; малая ось равна $1,22 \cdot 0,58d = 0,7d$, где d – диаметр заданной окружности.

Для упрощения построения эллипсы заменяются овалами, очерченными дугами окружностей. На рис. 17 показан один из способов построения овала. Пример дан для окружности, расположенной в горизонтальной плоскости. Для других координатных плоскостей овалы строятся аналогично.

Вначале проведем большую ось овала, которая перпендикулярна оси Oz, отсутствующей для данной координатной плоскости xOy. Обозначим пересечение осей Ox и Oy с данной окружностью диаметром, равным d , точками 1, 2, 3 и 4. Из точек 1 и 3 радиусом $R = d$, делая засечки на оси Oz, получим точки O_1, O_2 . Радиусом $R_1 = d$ из точек O_1 и O_2 , как из центров, проводим большие дуги овала, заключенные между точками 1 и 4, 2 и 3. Они определяют на оси Oz малую ось овала AB.

Затем находим точки O_3 , и O_4 , отложив на большой оси половину малой оси, т. е. $OO_3 = OO_4 = OA$. Из точек O_3 и O_4 , как из центров, проводим малые дуги овала радиусом $r = O_3 - 1 = O_4 - 3$, определяющие на перпендикуляре к оси Oz большую ось овала CD .



Р и с. 17. Построение овала в прямоугольной изометрической проекции

Построение окружности в прямоугольной диметрической проекции

Рассмотрим соотношения между большой и малой осями эллипсов – проекций окружностей, лежащих в разных координатных плоскостях. Большая ось для всех трех эллипсов будет одинакова и равна $CD = d$. Малые оси эллипсов для окружностей, лежащих в координатных плоскостях xOy и yOz или им параллельным, будут определяться по формуле (4):

$$AB = d\sqrt{1 - k_x^2} = d\sqrt{1 - \frac{8}{9}} = \frac{1}{3}d \cong 0,33d,$$

где $k_x = k_z \cong 0,94$.

Малая ось эллипса A_1B_1 для координатной плоскости xOz также

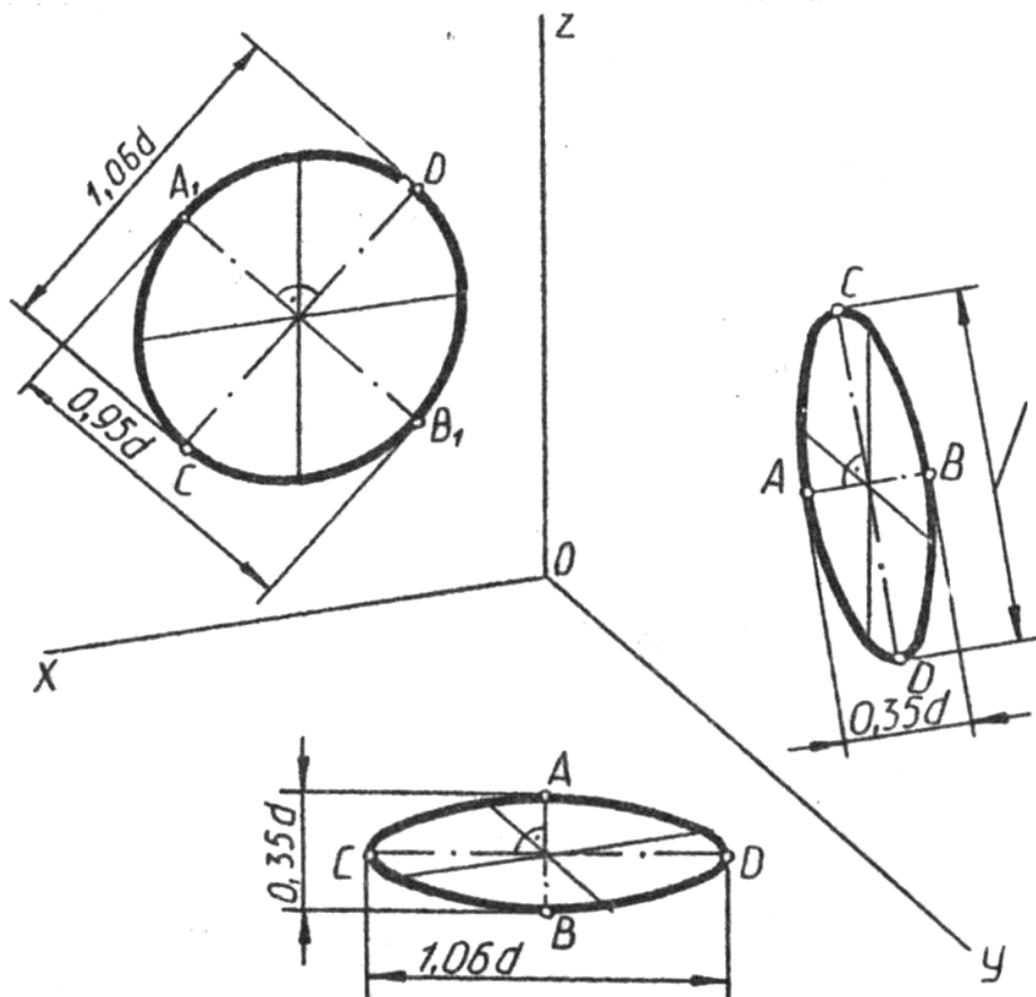
определяется по формуле (4):

$$A_1B_1 = d\sqrt{1 - k_y^2} = d\sqrt{1 - \frac{2}{9}} = \frac{\sqrt{7}}{3}d \cong 0,88d.$$

где $k_y \cong 0,47$.

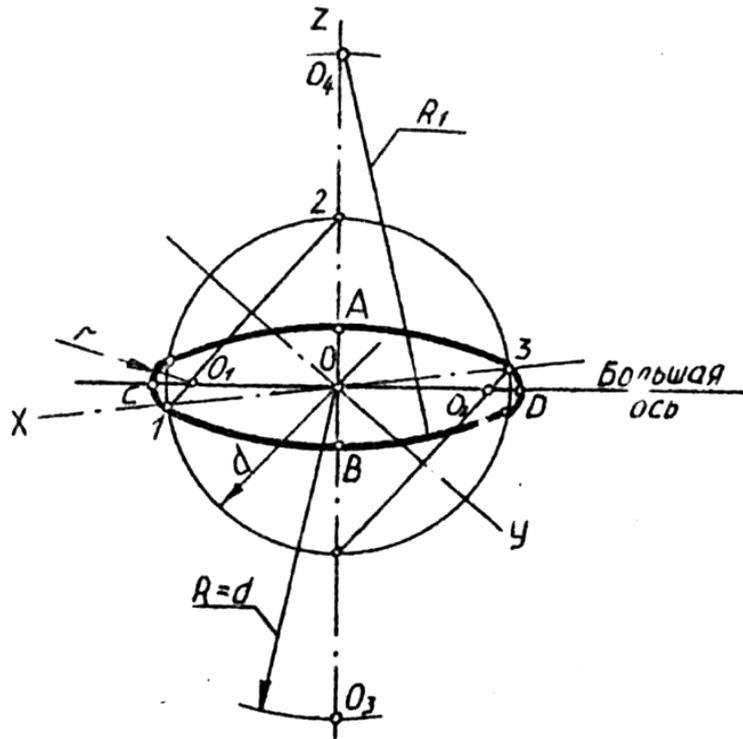
На практике пользуются приведенной (практической) диметрической проекцией с коэффициентами искажения $k_x = k_z = 1$, $k_y = 0,5$, которая от теоретической отличается увеличением в 1,06 раза. Оси эллипсов при этом увеличиваются: большая ось $CD = 1,06d$, малая ось $AB = 0,35d$ для координатных плоскостей xOy и yOz , малая ось $A_1B_1 = 0,95d$ для координатной плоскости xOz .

На рис. 18 дано изображение окружностей заданного диаметра в прямоугольной диметрической проекции, расположенных в трех координатных плоскостях.



Р и с. 18. Положение овалов в прямоугольной диметрической проекции

Рассмотрим последовательность построения овалов, заменяющих эллипсы, в прямоугольной диметрической проекции. На рис. 19 дан пример для окружности, расположенной в горизонтальной плоскости xOy . Для профильной плоскости yOz овал строится аналогично. Вначале проведем аксонометрические оси и большую ось овала, которая для плоскости xOy перпендикулярна к оси Oz , отсутствующей в данной плоскости проекций.

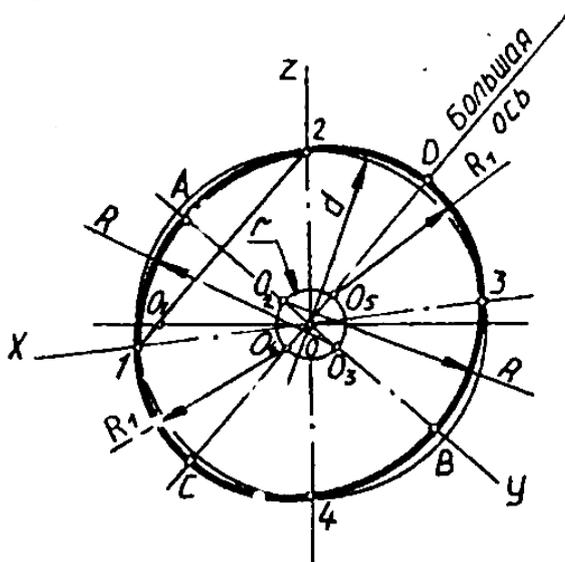


Р и с. 19. Построение овала в прямоугольной диметрической проекции для окружности, лежащей в горизонтальной плоскости

Соединим точки 1 и 2, 3 и 4 прямыми линиями и на пересечении с направлением большой оси овала обозначим точки O_1 и O_2 , из которых, как из центров, проведем дуги радиусом $r = O_1 - 1 = O_2 - 3$. Они определяют большую ось овала CD . Затем из точки O радиусом $R = d$ (диаметр заданной окружности), делая засечки на оси Oz , получим точки O_3 и O_4 , из которых, как из центров, проведем большие дуги овала радиусом $R = O_3 - 3 = O_4 - 1$. Они ограничат малую ось овала AB .

Для окружности, лежащей в плоскости xOz , овал имеет иные соотношения осей, а потому и другое построение. Его последовательность показана на рис. 20.

Вначале проведем аксонометрические оси и большую ось овала, которая пройдет перпендикулярно оси Oy , отсутствующей в данной координатной плоскости.



Р и с. 20. Построение овала в прямоугольной диметрической проекции для окружности, лежащей во фронтальной плоскости

Теперь отметим точку O_1 как пересечение прямой 1 – 2 с перпендикуляром к оси Oz . Из центра заданной окружности точки O проведем вспомогательную окружность радиусом $r = O_1 - 1$ и обозначим точки ее пересечения с направлениями большой и малой осей овала: O_2, O_3, O_4, O_5 . Из точек O_2 и O_3 , как из центров, проведем большие дуги овала радиусом $R = O_2 - 3 = O_3 - 1$ и получим на чертеже малую ось AB .

Затем из точек O_4 и O_5 проведем малые дуги овала радиусом $R_1 = O_4 - 1 = O_5 - 2$, при этом получим большую ось овала CD .

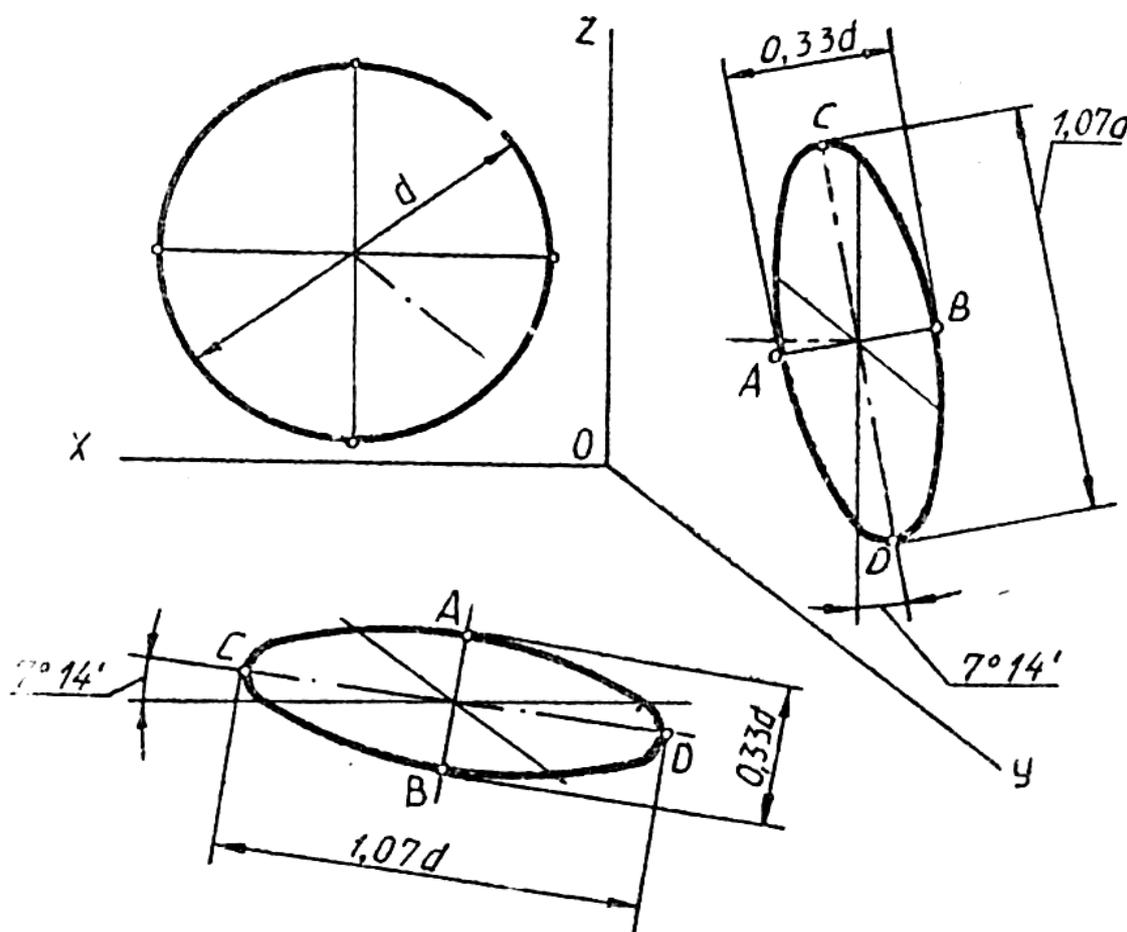
Построение окружности в косоугольной фронтальной диметрической проекции

На рис. 21 изображено проецирование окружностей во фронталь-

ной косоугольной диметрической проекции. Окружности, расположенные во фронтальной плоскости xOz , проецируются на аксонометрическую плоскость без искажения.

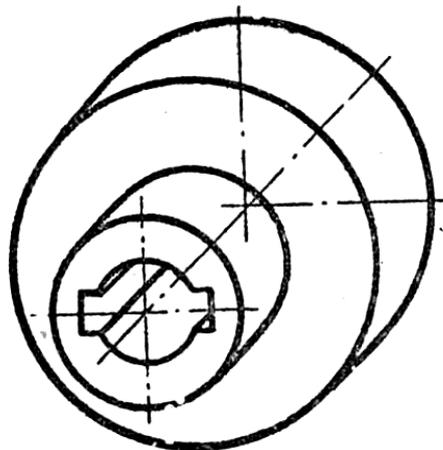
Окружности, расположенные в горизонтальных и профильных или в параллельных им плоскостях, проецируются в виде эллипсов, большая ось которых равна $1,07d$, а малая – $0,33d$.

При замене эллипсов овалами вычерчивание производится по тем же правилам, что и в прямоугольной диметрической проекции.



Р и с. 21. Примеры проецирования окружностей в косоугольной фронтальной диметрической проекции

Косоугольную фронтальную диметрическую проекцию рекомендуется применять, если на изображении целесообразно сохранить неискаженными очертания, расположенные в плоскостях xOz . Так, на рис.22 показана деталь, имеющая в своих очертаниях окружности, параллельные плоскости xOz .



Р и с . 22. Пример изображения детали в косоугольной фронтальной диметрической проекции

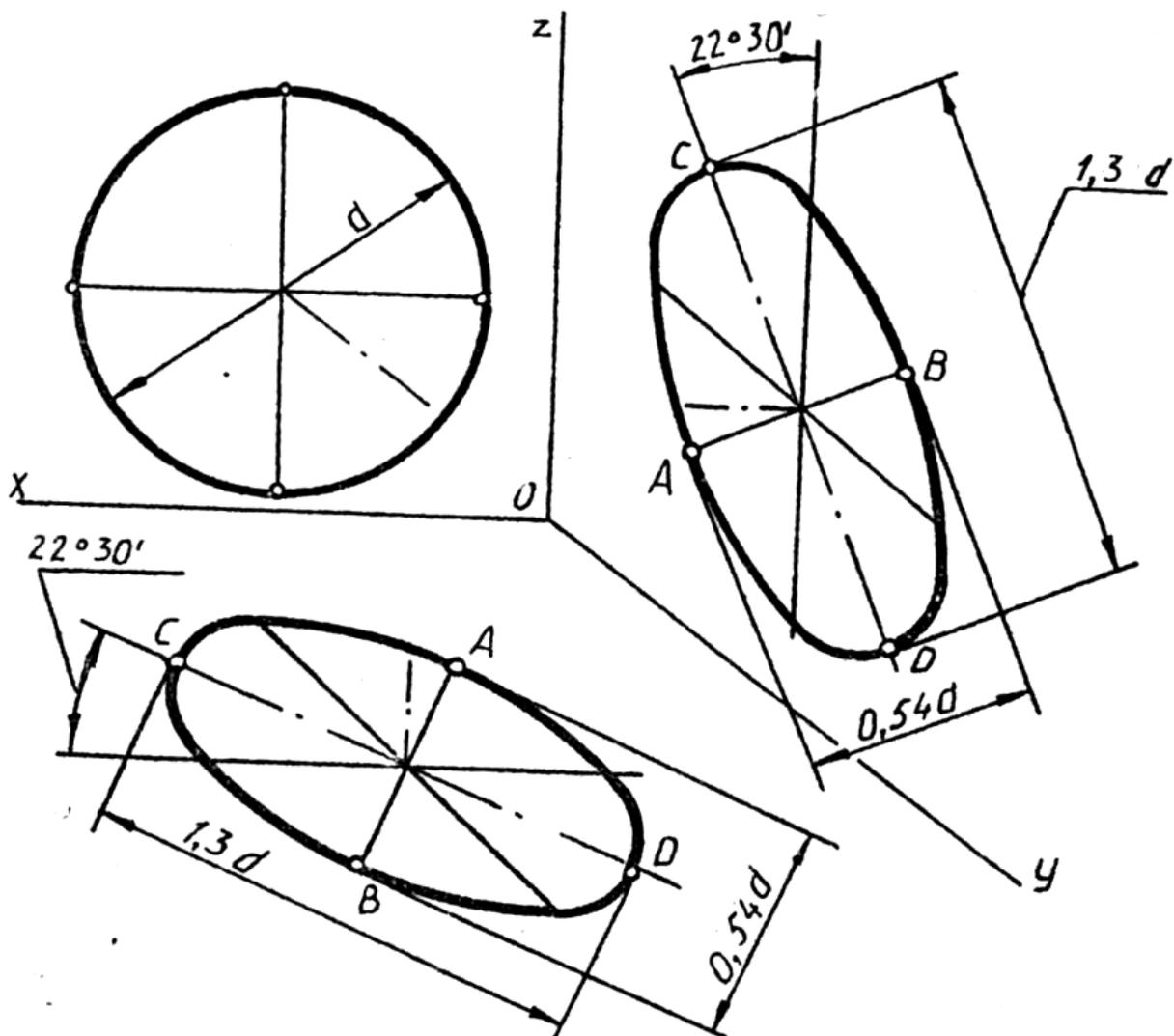
Построение окружности
и косоугольной фронтальной изометрической проекции

Окружности, расположенные в плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций без искажения. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, проецируются в виде эллипсов, большая ось которых равна $1,3d$, а малая – $0,54d$ (рис. 23). Большие оси этих эллипсов направлены по биссектрисе острого угла между прямыми, параллельными аксонометрическим осям и проходящими через центры эллипсов. При замене эллипсов овалы вычерчиваем по правилам геометрического черчения (построение овала по двум осям).

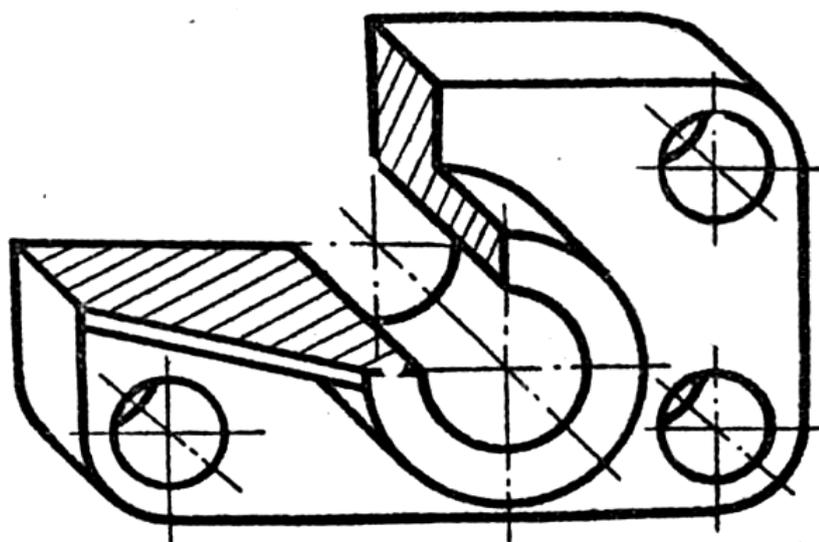
Такая изометрическая проекция применяется при вычерчивании деталей, имеющих несколько окружностей, расположенных параллельно фронтальной плоскости проекций (см. рис. 24).

Построение окружности
в косоугольной горизонтальной изометрической проекции

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость



Р и с. 23. Примеры проецирования окружностей в косоугольной фронтальной изометрической проекции



Р и с. 24. Пример изображения детали в косоугольной фронтальной изометрической проекции

проекций без искажения, а окружности, расположенные в плоскостях, параллельных фронтальной и профильной плоскостям проекций, – в эллипсы (рис. 25).

Большая ось эллипса, расположенного в плоскости xOz , равна $1,37d$, а малая ось – $0,37d$. Большая ось эллипса, лежащего в плоскости yOz , равна $1,22d$, а малая ось – $0,71d$.

Большие оси эллипсов направлены по биссектрисе острого угла между прямыми, параллельными аксонометрическим осям, а малые оси перпендикулярны большим осям.

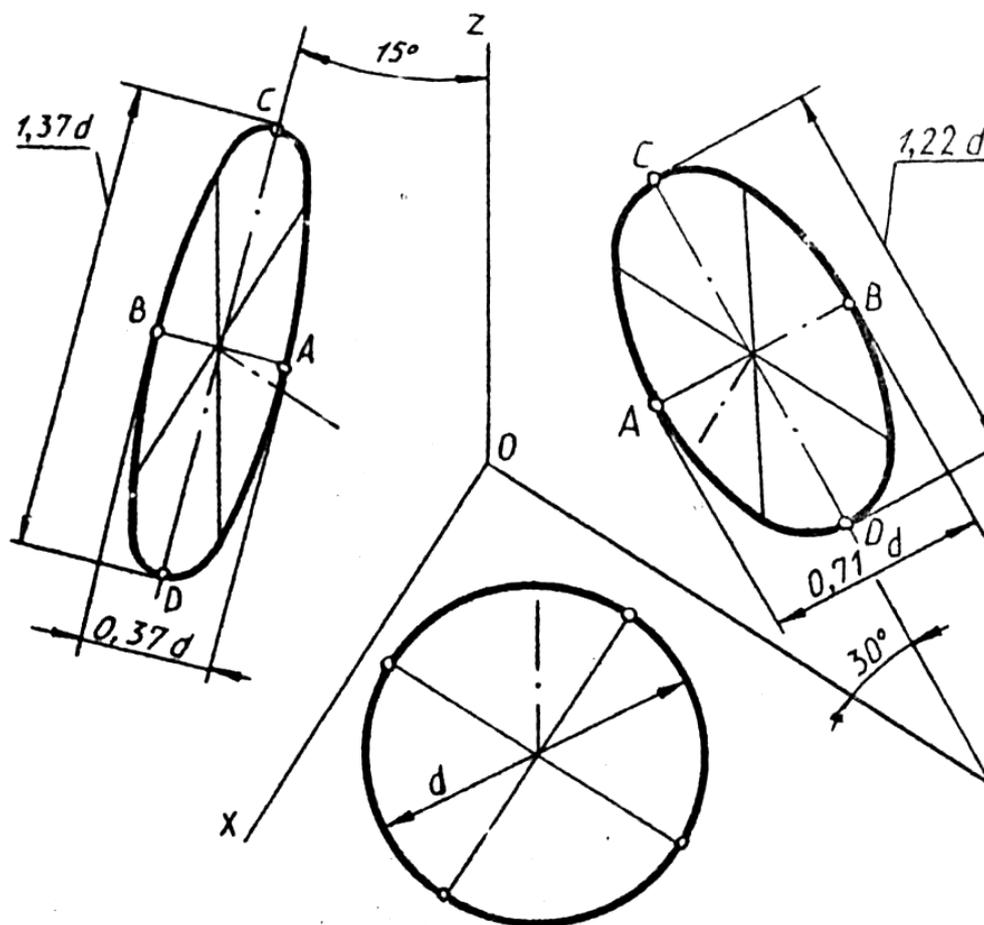
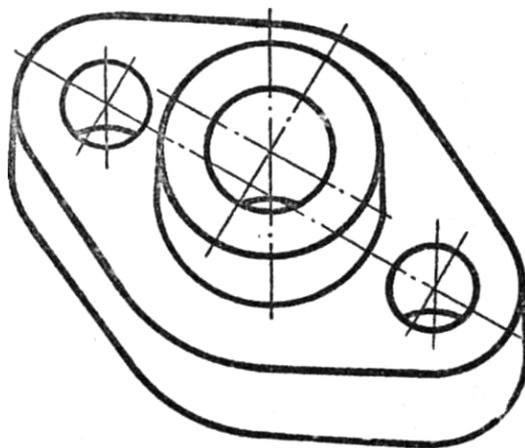


Рис. 25. Проецирование окружностей в косоугольной горизонтальной изометрической проекции

В плоскости yOz эллипсы вычерчиваются по правилам построения овалов в прямоугольной изометрической проекции, а эллипсы в плоскости xOz – по правилам геометрического черчения (построение овала по двум осям).

Горизонтальная изометрическая проекция применяется при вычерчивании деталей, когда целесообразно сохранить неискаженными очертания, расположенные параллельно горизонтальной плоскости проекций. Пример подобной детали можно увидеть на рис 26.



Р и с . 26. Пример изображения детали в ко-
соугольной горизонтальной изометрической
проекции

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

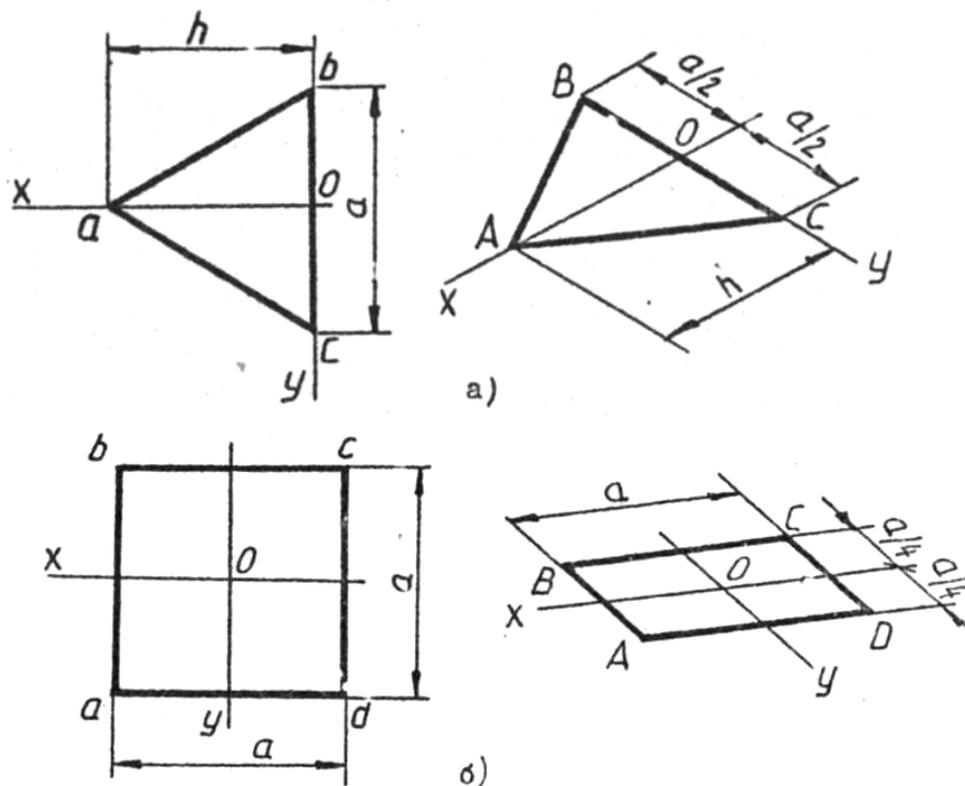
ПЛОСКИХ ФИГУР

Построение аксонометрических проекций различных предметов начинается с вычерчивания плоских фигур, являющихся частью изображения. Рассмотрим несколько примеров, наиболее часто встречающихся на практике.

Аксонометрические проекции правильных многоугольников

Построение аксонометрических проекций многоугольников сводится к определению аксонометрических проекций их вершин, которые затем соединяются между собой отрезками прямых линий.

На рис. 27а показано построение треугольника, лежащего в горизонтальной плоскости.

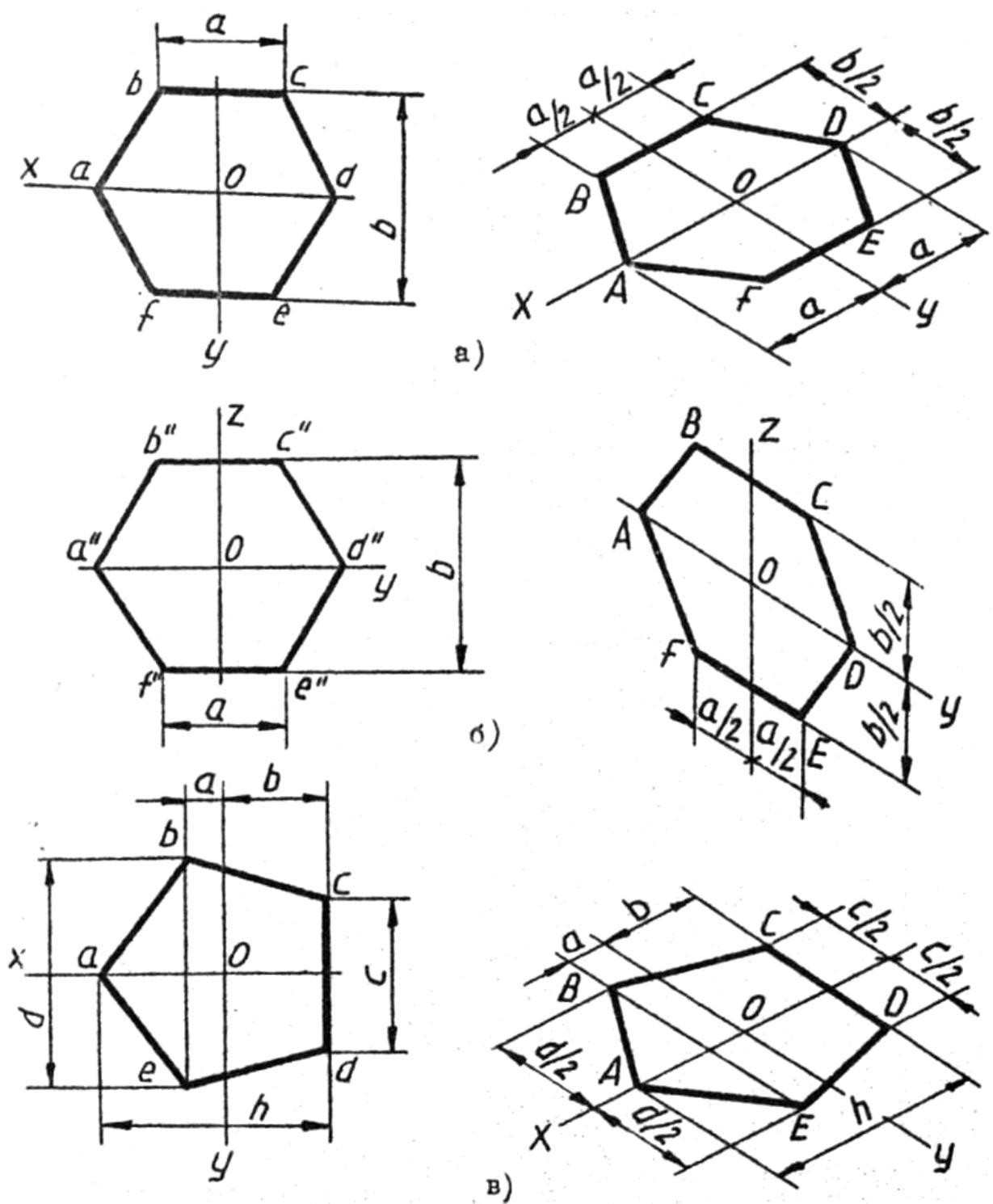


Р и с . 27. Примеры построения аксонометрических проекций плоских фигур: а) треугольника; б) квадрата

Построение выполним в следующей последовательности: проведем прямые x и y , являющиеся осями на комплексном чертеже. Затем эти оси изобразим в прямоугольной изометрической (или любой другой) проекции и, измерив на комплексном чертеже по оси Ox отрезок h , а по оси Oy – отрезок a , отложим такие же отрезки по аксонометрическим осям. Полученные точки A , B и C соединим прямыми линиями.

При построении аксонометрических проекций фигур с двумя взаимно перпендикулярными осями симметрии последние удобно принимать за оси координат. Для примера взят квадрат, правильный шестиугольник и пятиугольник. Последовательность построения понятна из чертежей (см. рис. 27б ; 28а, б, в).

Следует обратить внимание на то, что квадрат необходимо вычерчивать только в прямоугольной диметрической проекции, так как прямоугольная изометрическая проекция в данном случае не обладает наглядностью.

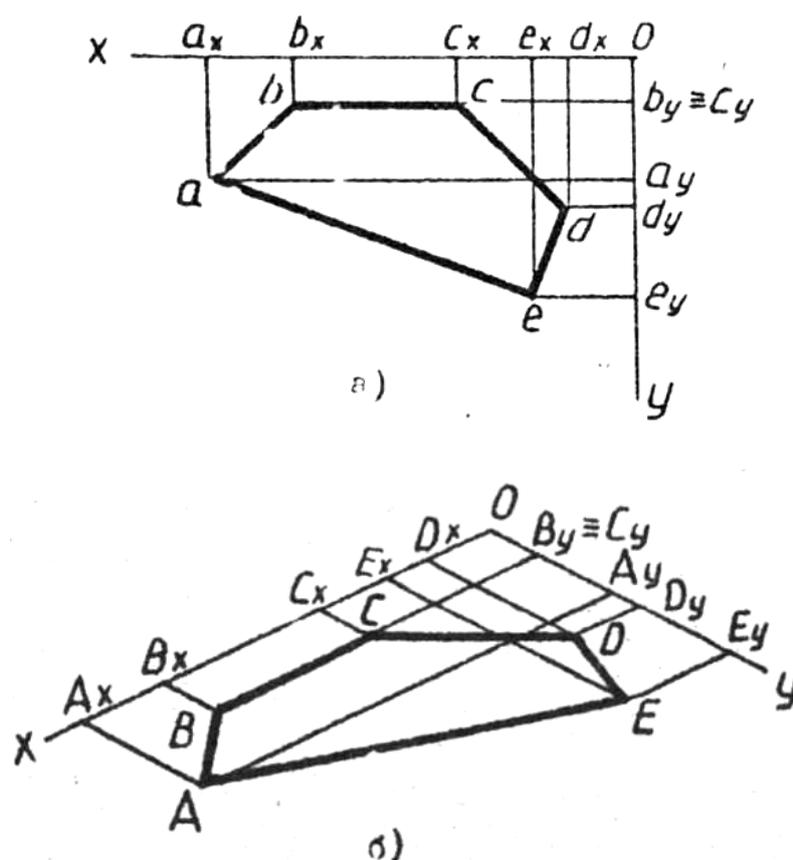


Р и с. 28. Примеры построения аксонометрических проекций плоских фигур: а) правильного шестиугольника, лежащего в горизонтальной плоскости; б) правильного шестиугольника, лежащего в профильной плоскости; в) правильного пятиугольника

АксонOMETрические проекции неправильных многоугольников

В аксонOMETрических проекциях размеры углов и длин сторон, непараллельных осям координат, искажаются. Поэтому аксонOMETрические проекции вершин неправильных многоугольников можно построить только по их координатам. Например, контур, изображенный на рис. 29, не имеет осей симметрии и для построения его аксонOMETрической проекции вначале следует задать координаты вершин на комплексном чертеже, а затем по ним строить аксонOMETрическую проекцию.

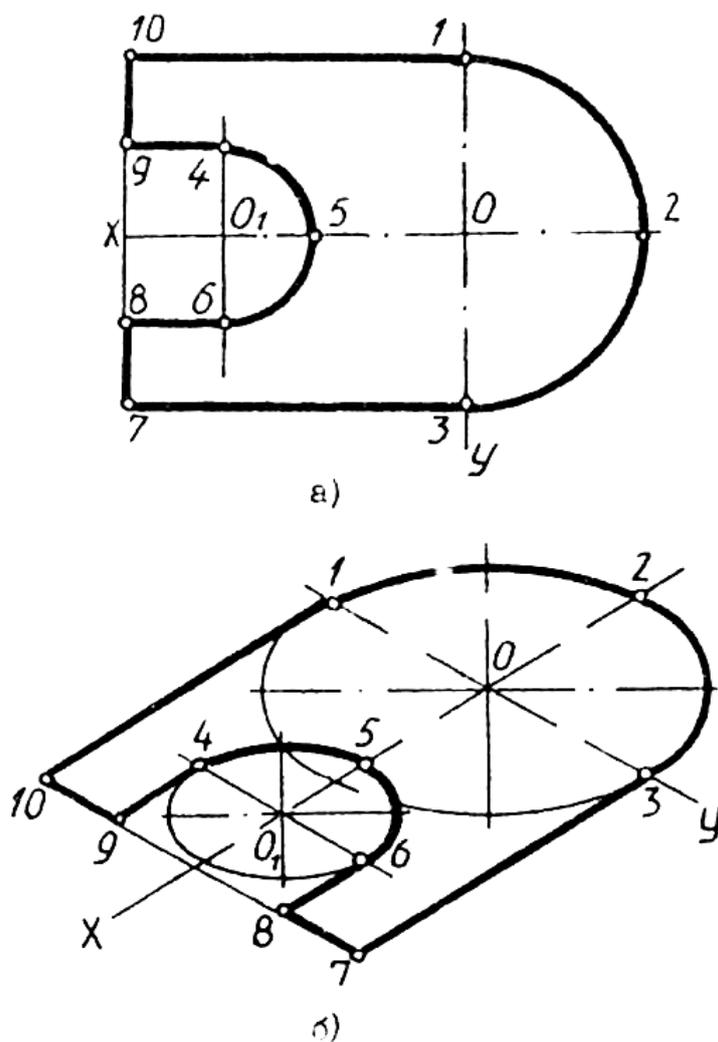
Так, точка А найдена по координатам (A_x, A_y) , точка В – по координатам (B_x, B_y) и т. д. (см. рис. 29). Соединив полученные точки прямыми линиями, получим изображение неправильного многоугольника в прямоугольной изометрической проекции.



Р и с 29. Построение неправильного многоугольника: а) на комплексном чертеже; б) в прямоугольной изометрической проекции

ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ

В изображении деталей с элементами сопряжений следует строить аксонометрические проекции частей окружности, представляющих собой части овалов, и находить точки сопряжений по их координатам. Примеры с элементами сопряжений в прямоугольной изометрической проекции даны на рис. 30, 31.



Р и с . 30. Построение сопряжений: а) на комплексном чертеже; б) в прямоугольной изометрической проекции

ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ЛИНИЙ

Кривые линии, как плоские, так и пространственные, в аксонометрических проекциях строятся по точкам (исключением является

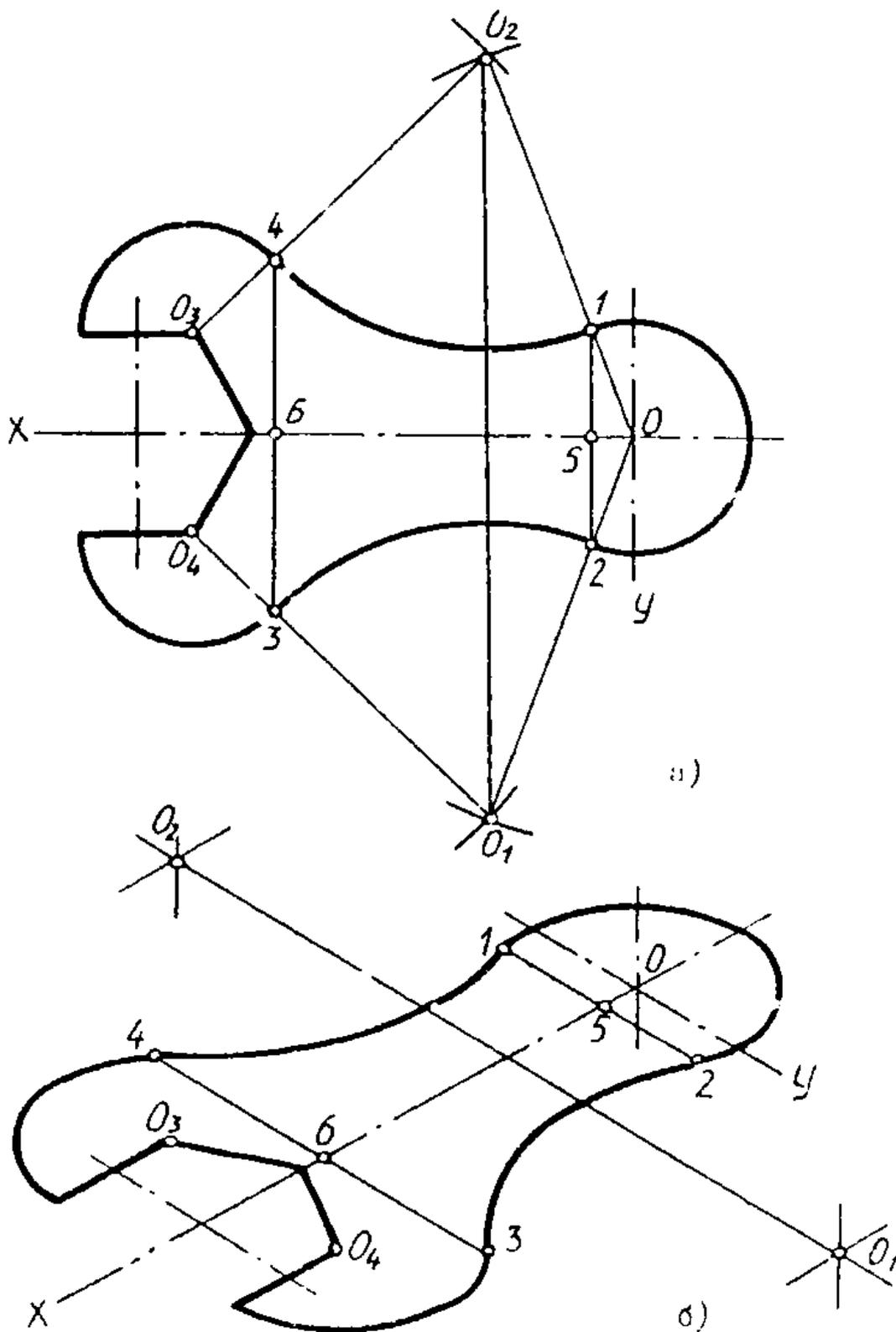


Рис. 31 Построение сопряжений: а) на комплексном чертеже; б) в прямоугольной изометрической проекции

только окружность). На кривых задается необходимое количество точек, каждая из которых строится по координатам.

На рис. 32 показано построение плоской незакономерной кривой в прямоугольной диметрической проекции. Построение выполняется в следующей последовательности:

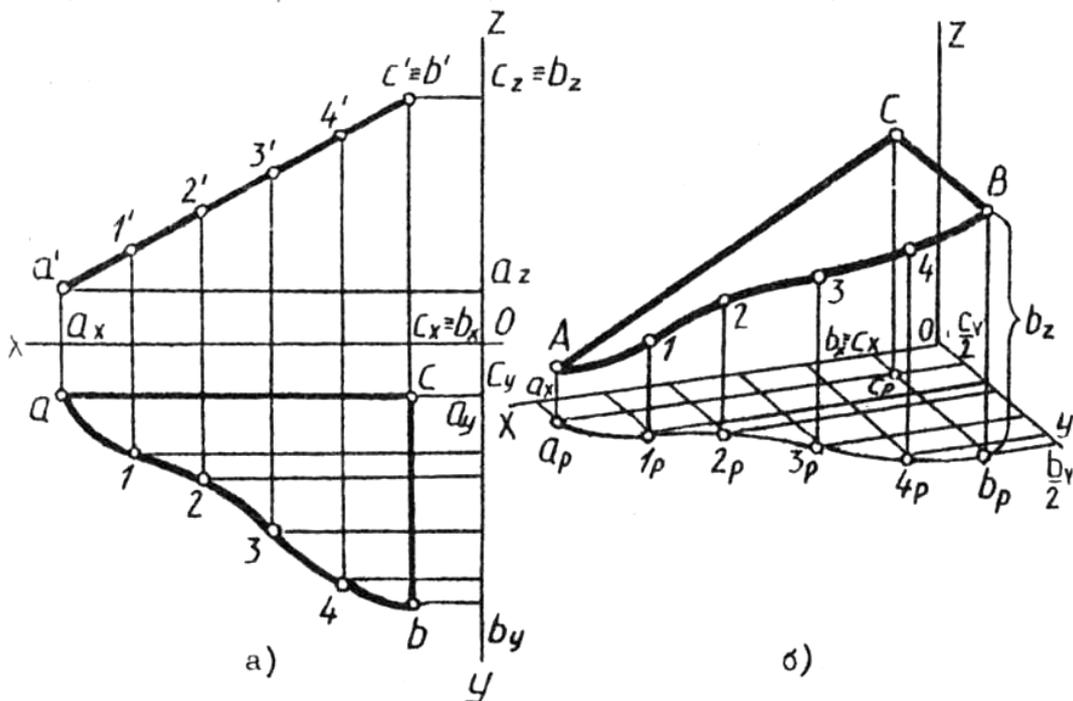
1) отнесем данную кривую АВ к натуральной системе координат $Oxyz$;

2) отметим на кривой точки 1, 2, 3... и определим их ортогональные координаты (рис. 32а);

3) по координатам точек А, 1, 2, 3... построим их вторичные проекции $a_p, 1_p, 2_p, 3_p...$ (рис. 32б):

4) из вторичных проекций точек проведем прямые, параллельные аксонометрической оси Oz , и отложим на них отрезки, равные значению соответствующих аппликат точек;

5) соединив найденные аксонометрические проекции точек А, 1, 2, 3..., получим аксонометрическую проекцию кривой АВ.



Р и с. 32. Построение незакономерной кривой: а) на комплексном чертеже; б) в прямоугольной изометрической проекции

На рис. 33 дано аналогичное построение цилиндрической винто-

вой линии (пространственной кривой) в прямоугольной изометрической проекции. На комплексном чертеже на горизонтальную плоскость такая кривая проецируется в окружность, а на фронтальную – в виде синусоиды (рис. 33а).

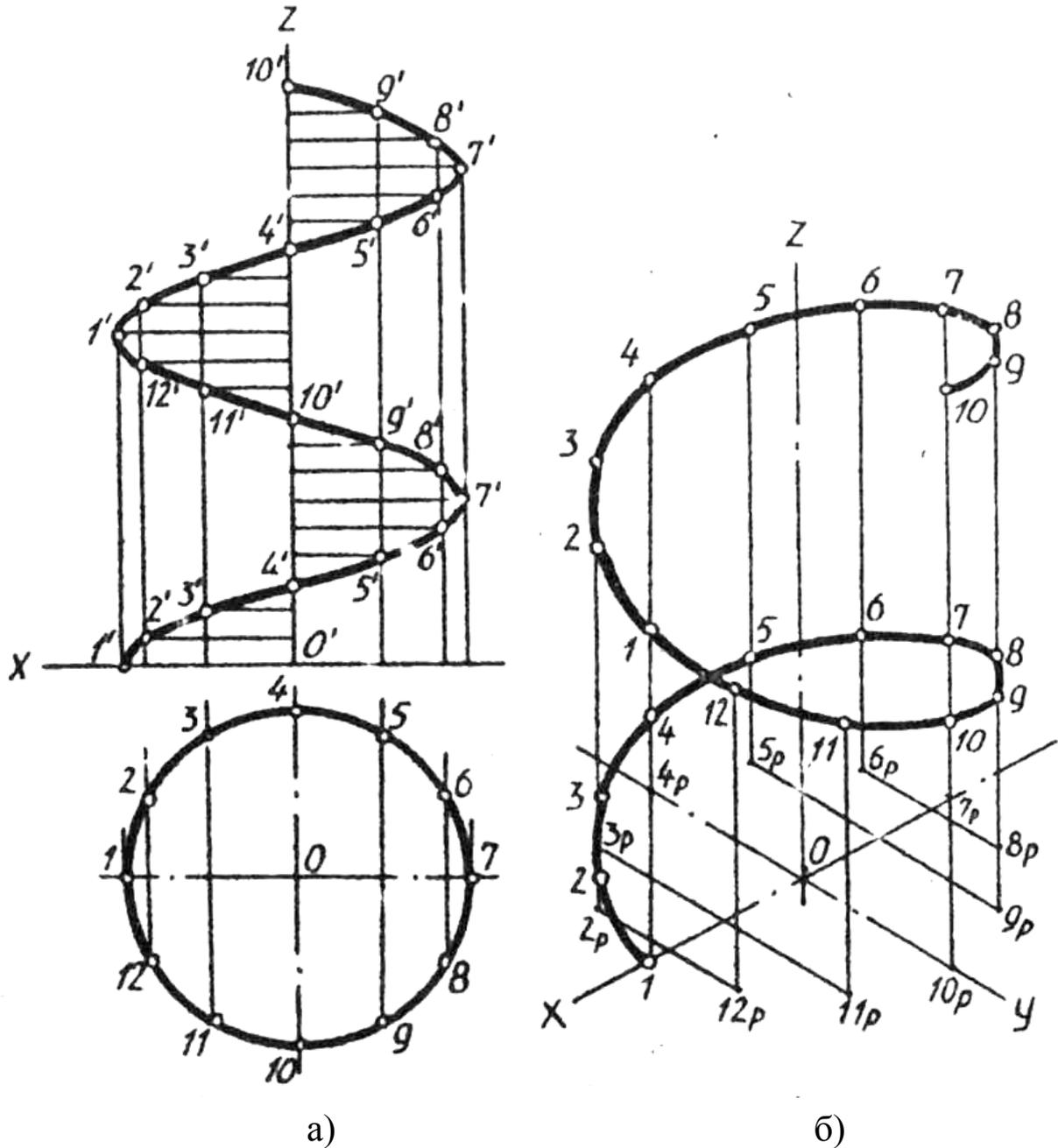


Рис. 33. Построение винтовой линии: а) на комплексном чертеже; б) в прямоугольной изометрической проекции

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Форма многих деталей представляет собой сочетание простых геометрических тел. Поэтому для выполнения чертежей необходимо

знать, как правильно изображаются геометрические тела. Аксонометрические проекции любых образов обычно строятся по чертежам в системе прямоугольных проекций.

Рассмотрим на отдельных примерах построение поверхностей в аксонометрических проекциях.

Построение многогранников

Изображение многогранников в аксонометрической проекции следует начинать с основания, построение которого выполняется по тем же правилам, что и для плоских фигур. Затем из вершин надо провести боковые ребра, параллельные друг другу у призмы и пересекающиеся в заранее построенной точке S , называемой вершиной, у пирамиды.

На рис. 34 призма усечена фронтально проецирующей плоскостью P . Построив нижнее основание в аксонометрической проекции, из полученных вершин A, B, C, \dots, F проведем прямые, параллельные оси Oz , и отложим на них отрезки $A-1 = a'-1'$, $B-2 = b'-2'$, $C-3 = c'-3'$, ..., $F-6 = f'-6'$. Соединив точки 1, 2, 3, ..., 6 между собой и обозначив невидимые ребра штриховыми линиями, получим изображение усеченной призмы в прямоугольной изометрической проекции.

А теперь рассмотрим построение усеченной пирамиды (рис. 35).

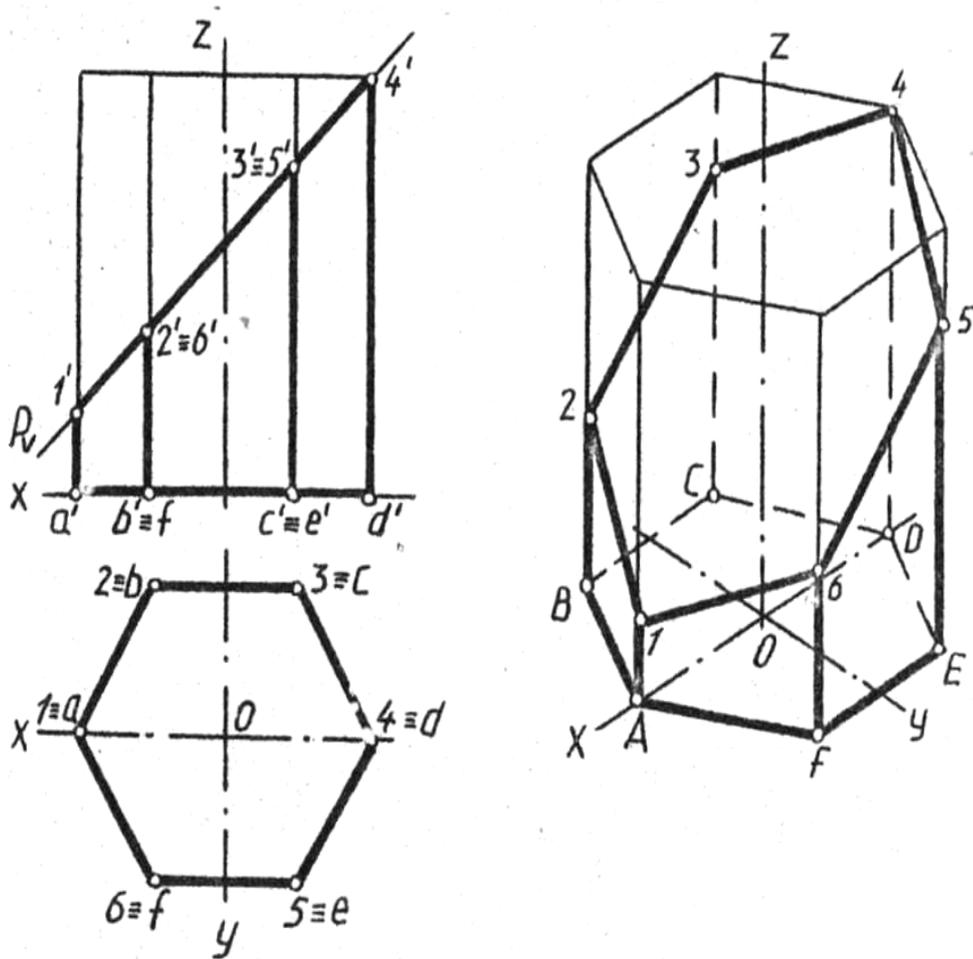
Построив нижнее основание и вершину S по координатам, соединим полученные точки. Затем найдем вторичную проекцию сечения на аксонометрической плоскости $1_p - 2_p - 3_p - 4_p - 5_p$, из точек которой проведем прямые, параллельные оси Oz , до пересечения с соответствующими ребрами пирамиды в точках 1, 2, 3, 4, 5.

Это и будет изображение усеченной пирамиды в прямоугольной изометрической проекции.

Построение цилиндров

На рис. 36, 37 изображены прямоугольные изометрическая и диметрическая проекции прямых круговых цилиндров. Основания цилиндров проецируются в эллипсы, которые выполняем упрощенно, заменяя овалами. Очерковые образующие проводим касательно к овалам.

Сначала построим основания цилиндров в виде овалов, а затем из крайних точек больших осей овалов проведем касательные прямые параллельно осям цилиндров. Эти отрезки определяют положение крайних образующих.



Р и с. 34. Построение усеченной призмы

Построение конуса

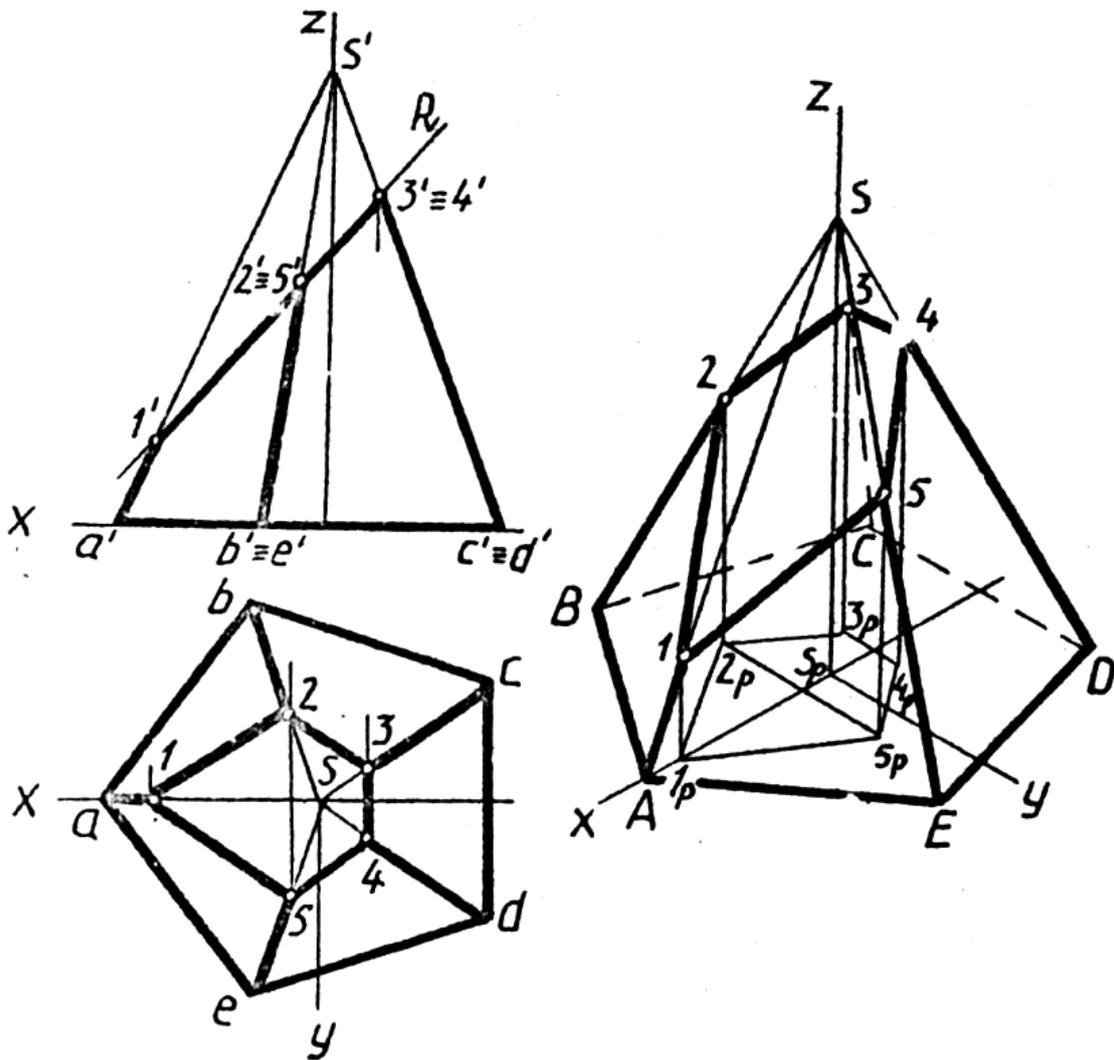
Рассмотрим построение прямоугольной изометрической проекции конуса (рис. 38). Для определения точек касания K и K_1 , крайних образующих к основанию используется дополнительная проекция конуса на плоскость T , параллельную оси конуса и перпендикулярную к аксонометрической плоскости проекций, которую совмещают с плоскостью чертежа.

На свободном поле чертежа построим изометрические оси и треугольник следов $X_p Y_p Z_p$ и ось Oz совместим с аксонометрической плоскостью. Ее новое положение $-z_p O_p$.

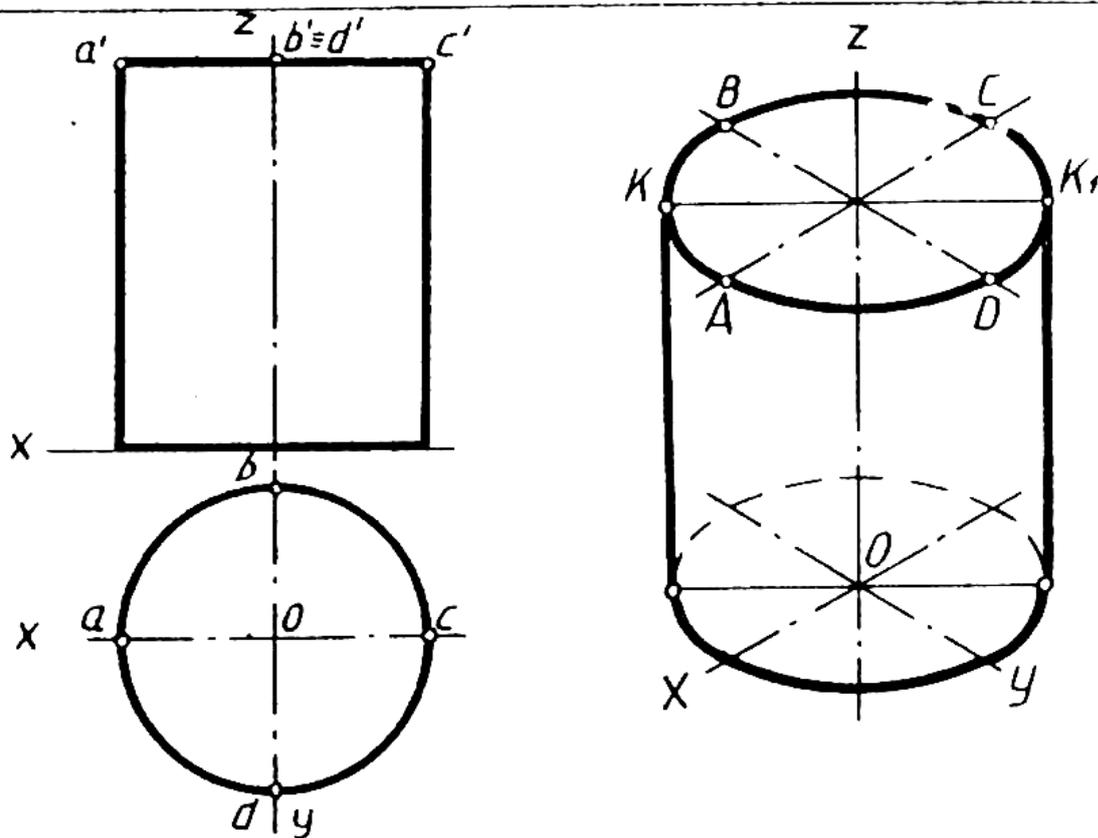
Направление оси можно найти еще одним способом: при помощи построения прямоугольного треугольника, у которого один катет ра-

вен l , а гипотенуза равна $1,22t$. Ось конуса S_tO_t проведем параллельно O_pZ_p и построим вспомогательную вертикальную проекцию конуса, приняв аксонометрическую проекцию за горизонтальную.

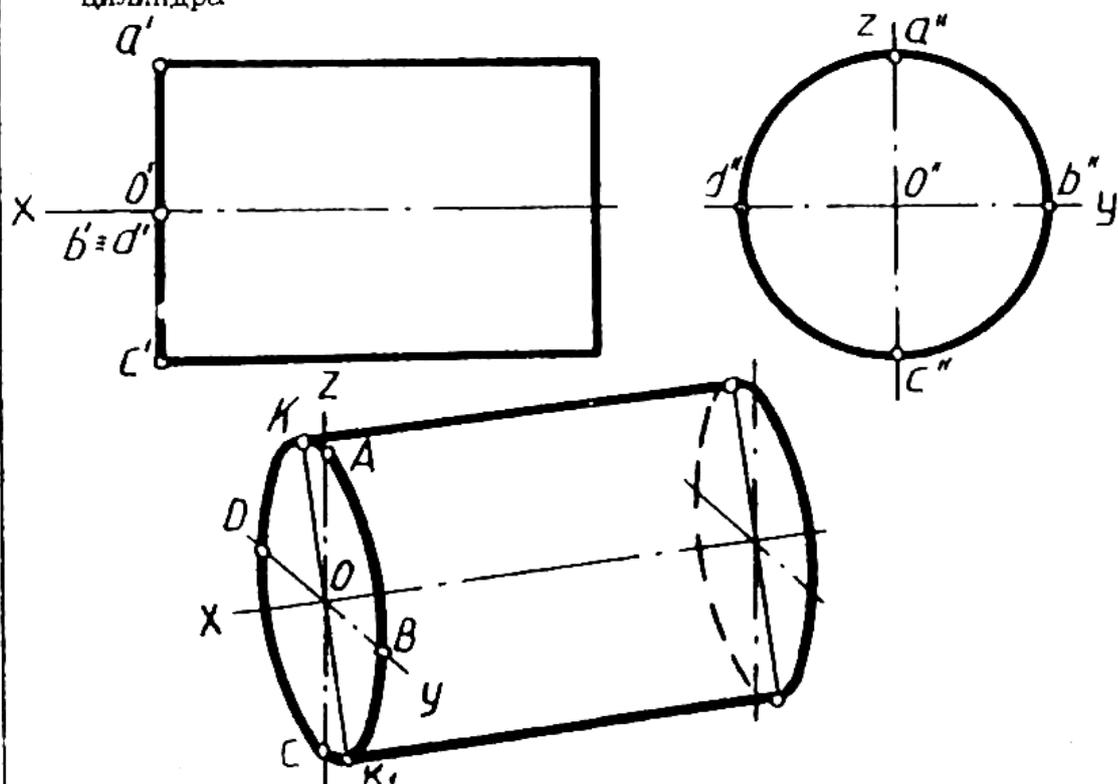
При помощи вспомогательной сферы с центром O_{lt} и радиусом $R = O_{lt}D_t = O_{lt}C_t$, вписанной в конус, найдем образующие S_tK_t и S_tK_{1t} по которым плоскости, перпендикулярные к аксонометрической плоскости проекций, касаются конуса. Точки K_t и K_{1t} перенесем на аксонометрическое изображение конуса как на горизонтальную проекцию. Образующие SK и SK_1 будут очерковыми образующими конуса в аксонометрической проекции.



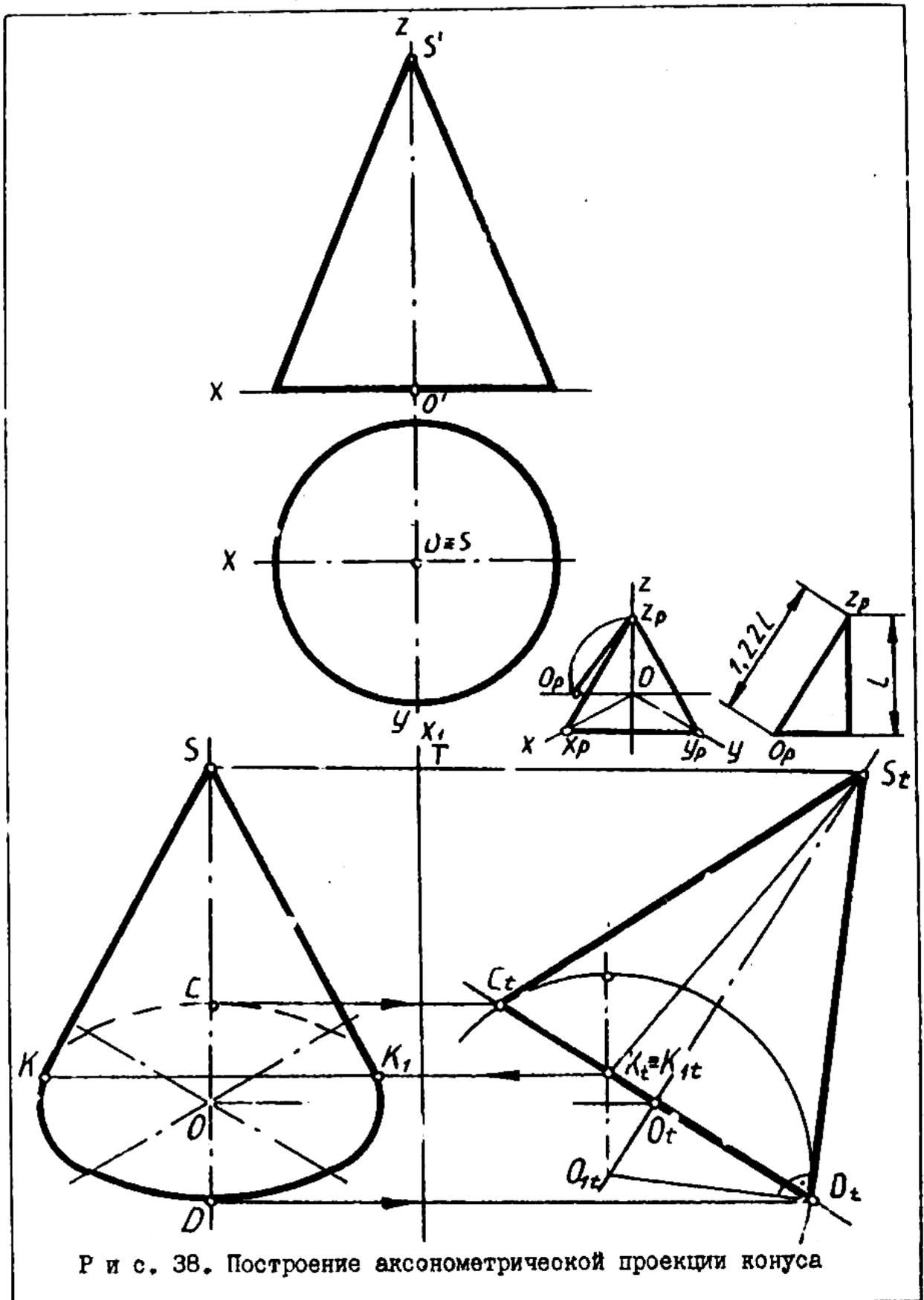
Р и с. 35. Построение усеченной пирамиды



Р и с. 36. Построение прямоугольной изометрической проекции цилиндра



Р и с. 37. Построение прямоугольной диметрии цилиндра

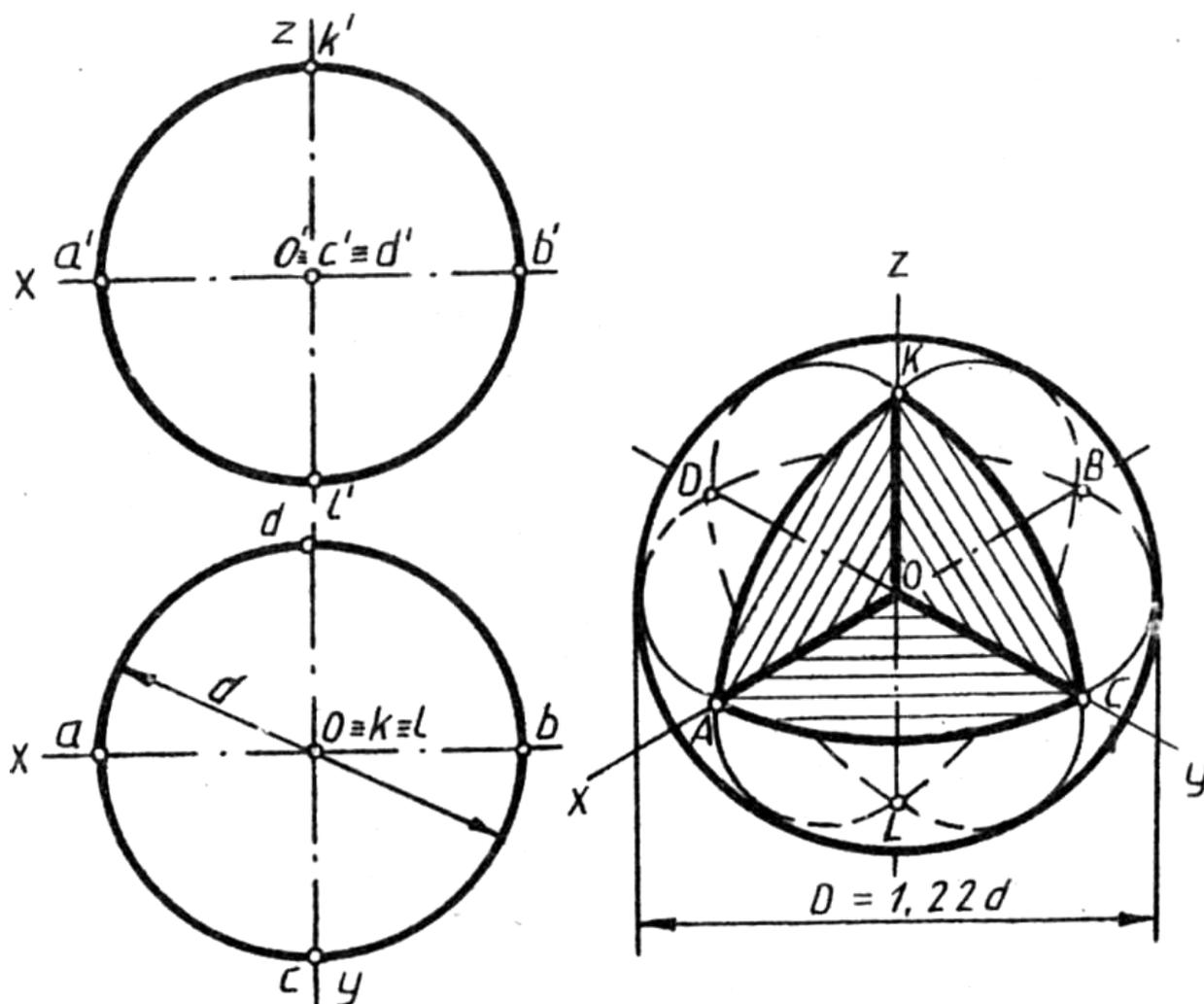


Р и с. 38. Построение аксонометрической проекции конуса

Построение сферы

В аксонометрической проекции очерком сферы (шара) будет окружность. Для прямоугольной изометрической проекции диаметр очерка сферы $D = 2a = 1,22d$, а для прямоугольной диметрической проекции $D = 2a = 1,06d$, где $2a$ – большая ось эллипса, d – диаметр сферы на комплексном чертеже.

Для наглядности аксонометрической проекции, кроме очерка, покажем несколько проекций меридианов и параллелей. На рис. 39 представлена прямоугольная изометрическая проекция шара с изображением двух взаимно перпендикулярных меридианов и экватора и вырезом одной восьмой части поверхности. Эллипсы меридиональных сечений параллельны фронтальной и профильной плоскостям проекций.

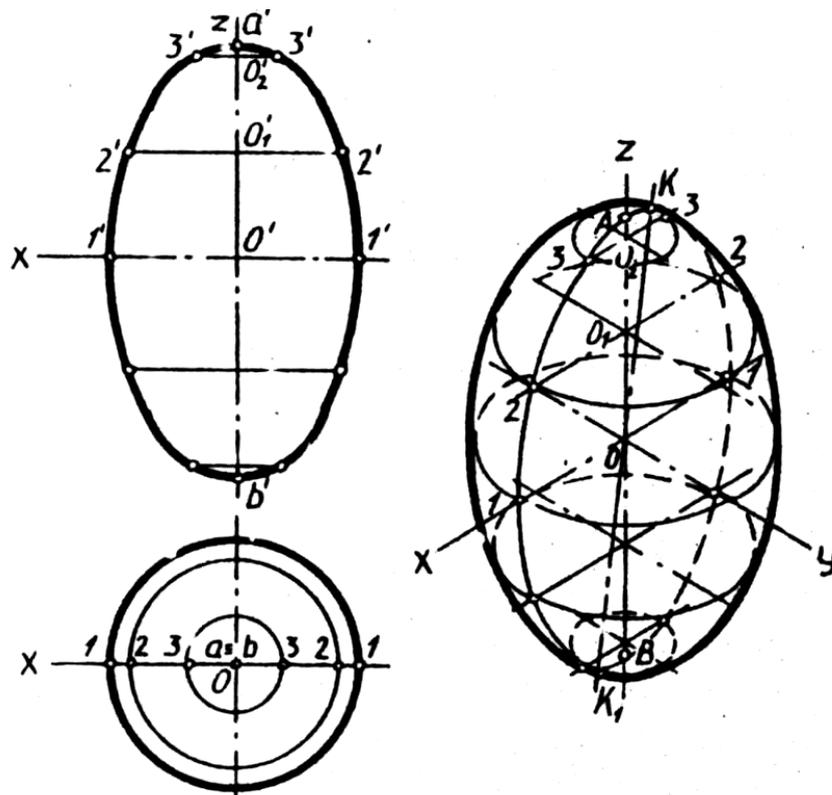


Р и с. 39. Построение аксонометрической проекции сферы с вырезом одной восьмой части поверхности

Построение поверхностей вращения

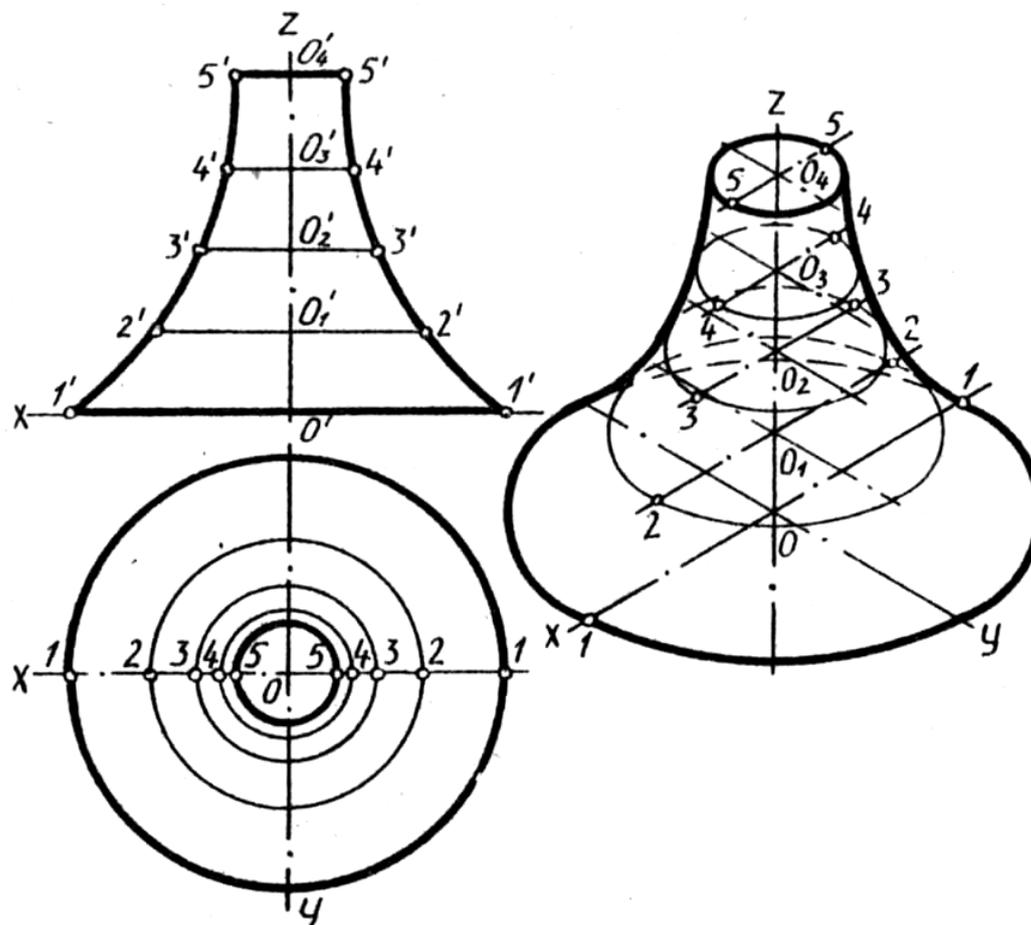
Очерки эллипсоидов, торовых поверхностей, параболоидов, однополостных и двуполостных гиперболоидов и некоторых других поверхностей следует строить методом сечений. Для этого изображаемую поверхность рассечем несколькими плоскостями, расположенными перпендикулярно оси вращения поверхности. Эти плоскости пересекут поверхности по окружностям, которые в прямоугольных аксонометрических проекциях изображаются в виде овалов. Построив достаточное количество овалов, проведем контурную кривую, огибающую сечения и представляющую собой очерк заданной поверхности.

На рис. 40 дано построение очерка эллипсоида вращения в прямоугольной изометрической проекции, где обозначены сечения 1, 2, 3 эллипса с большой осью KK_1 , которая определена по сопряженным диаметрам эллипса AB и $1-1$.



Р и с . 40. Построение аксонометрической проекции эллипсоида

Пример построения прямоугольной изометрической проекции торовой поверхности приведен на рис. 41. Перпендикулярно оси вращения проведено несколько горизонтальных сечений, которые в аксонометрической проекции изображены в виде овалов, а затем построены очерковые кривые, огибающие эти овалы.



Р и с . 41. Построение аксонометрической проекции торовой поверхности методом сечений

Пример прямоугольной изометрической проекции поверхности вращения произвольного вида (вазы) показан на рис. 42.

Построение начинаем с аксонометрических осей, на которых строим овалы соответствующих размеров и, огибая их, с помощью лекала вычерчиваем контур вазы.

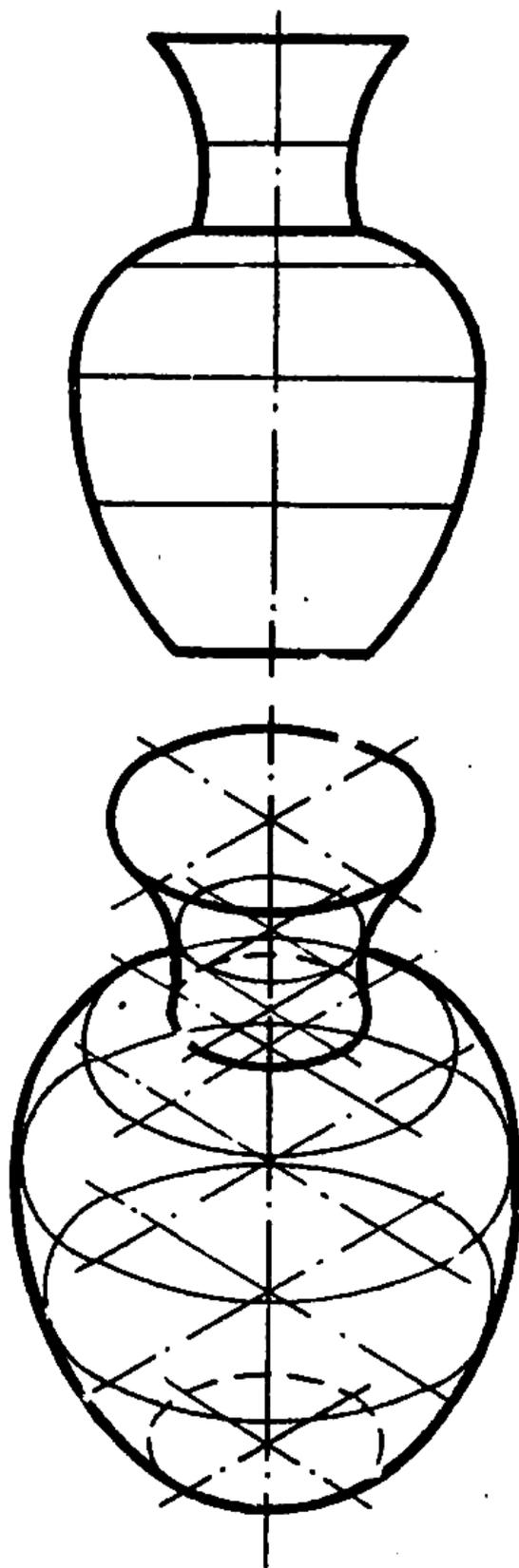


Рис. 42. Построение аксонометрической проекции вазы методом сечений

Построение кругового кольца

Изображение аксонометрической проекции кругового кольца (открытый тор) выполняется в следующей последовательности (рис. 43): построим направляющую (круговую ось тора) радиуса R , которая представляет собой овал для координатной плоскости xOy ; затем впишем проекции шаровых поверхностей, диаметр которых равен большой оси овала, т. е. $1,22d$. Теперь можно провести очерк изображаемой поверхности, который представляет собой кривые, огибающие вписанные сферы.

Очерк кругового кольца на рис. 46 также построен методом вписанных сфер, но теперь центры O_1 и O_2 найдены при помощи координат (в данном случае x и z), а затем уже вписаны проекции сфер, диаметр которых равен большой оси овала, т. е. $1,22d$.

Следует учесть, что метод вписанных сфер применяется только для прямоугольной аксонометрической проекции.

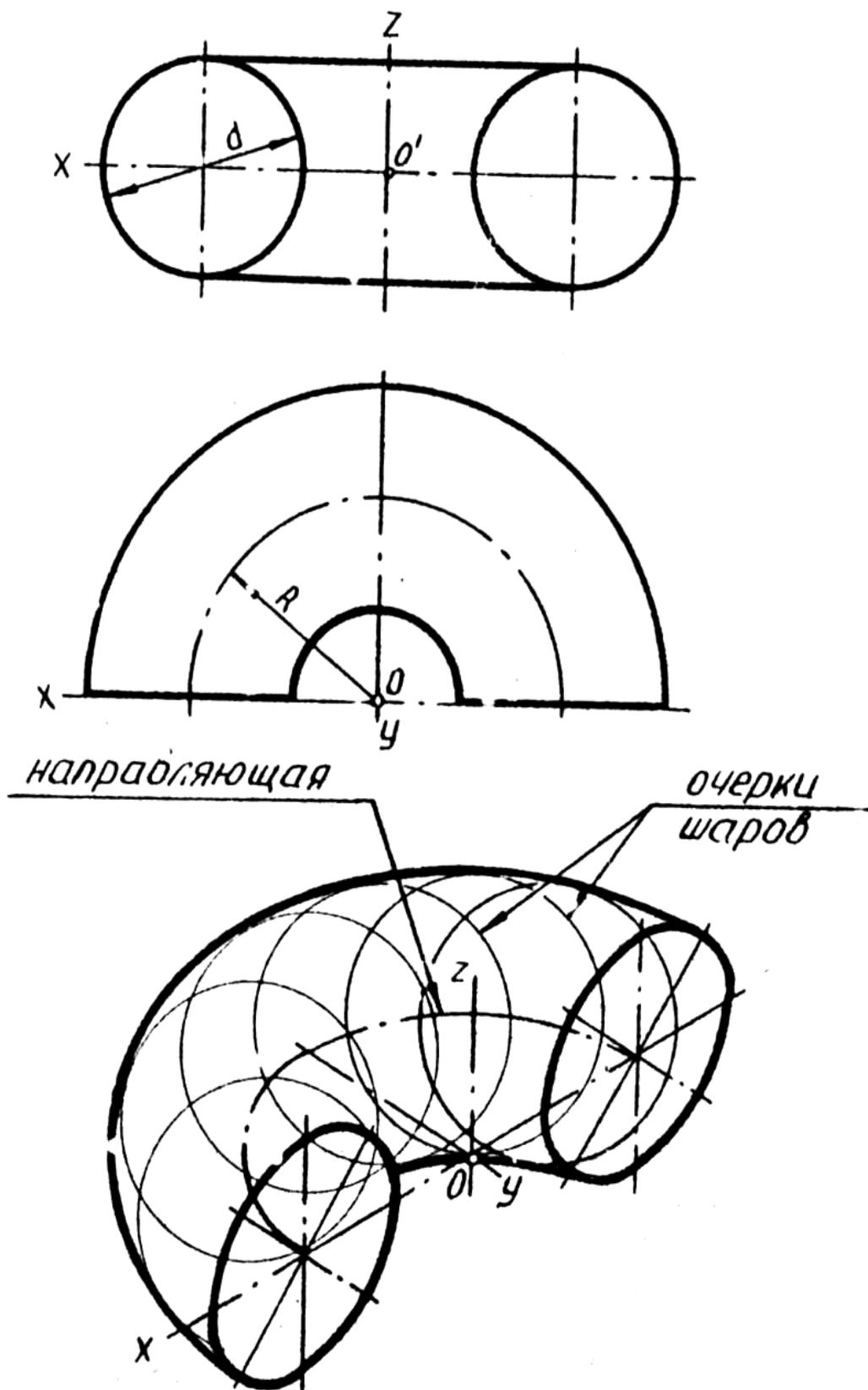
ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ ПЛОСКОСТЯМИ

Линии пересечения поверхностей плоскостями строятся при использовании комплексного чертежа, на котором вначале получаем ряд точек, принадлежащих линии пересечения, а затем эти точки по координатам переносим на аксонометрический чертеж. Полученные проекции точек соединяем при помощи лекала.

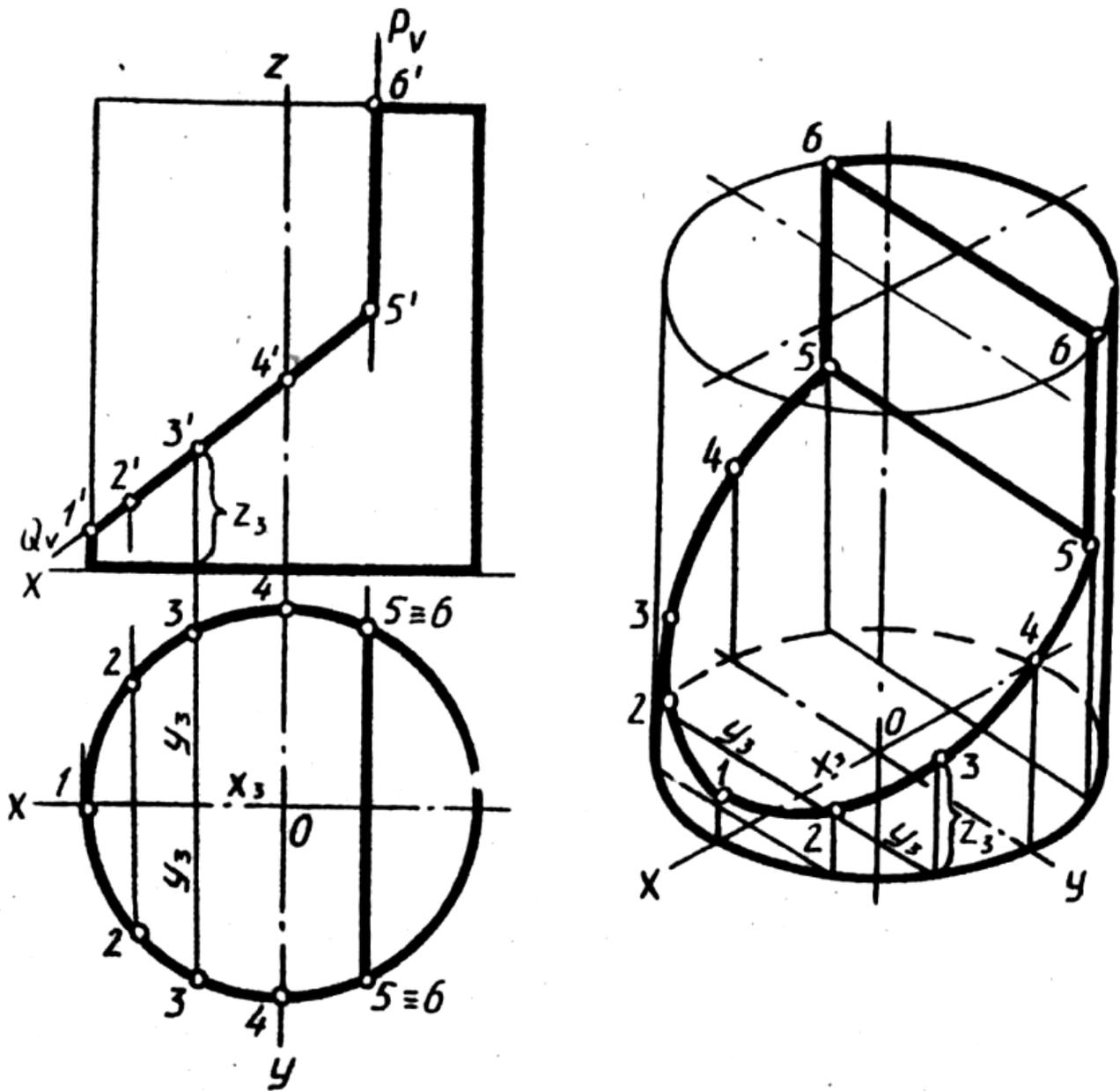
Рассмотрим несколько примеров построения линий пересечения различных поверхностей плоскостями.

На рис. 44 изображен цилиндр в прямоугольной изометрической проекции. Цилиндр пересекают две плоскости: профильная плоскость P – по прямоугольнику, фронтально проецирующая Q – по эллипсу. Аксонометрическая проекция эллиптической кривой построена по точкам, каждую из которых находим при помощи координатной ломаной (см. пример построения точки 3).

Построение линии пересечения конуса горизонтально проецирующей плоскостью P в прямоугольной диметрической проекции показано на рис. 45. Линией пересечения является гипербола, так как плоскость P параллельна двум образующим конуса одновременно. Вершина гиперболы, точка 3, лежит на середине отрезка 1–5. Построение остальных точек понятно из чертежа.

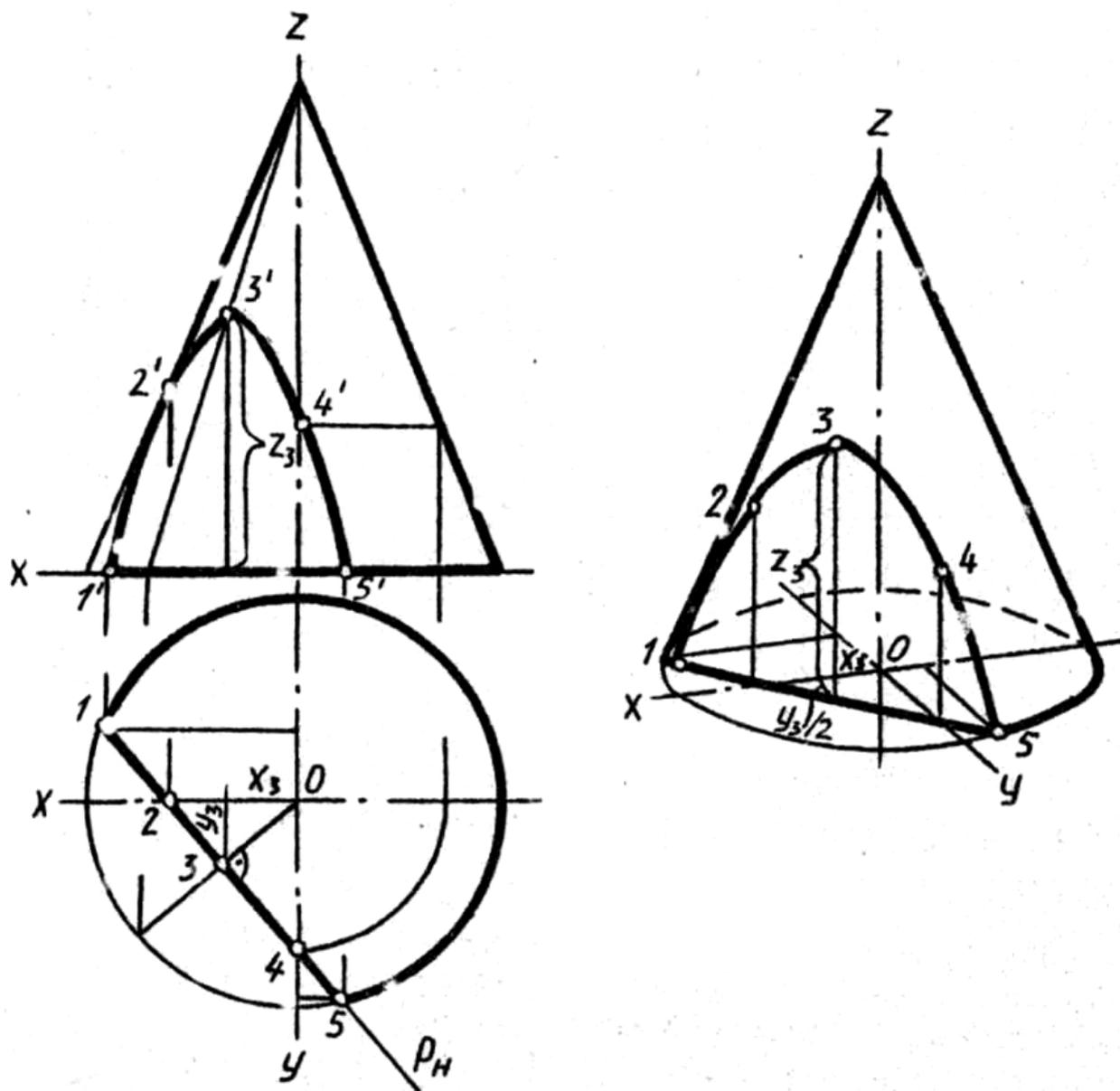


Р и с . 43. Построение аксонометрической проекции кругового кольца методом вписанных сфер

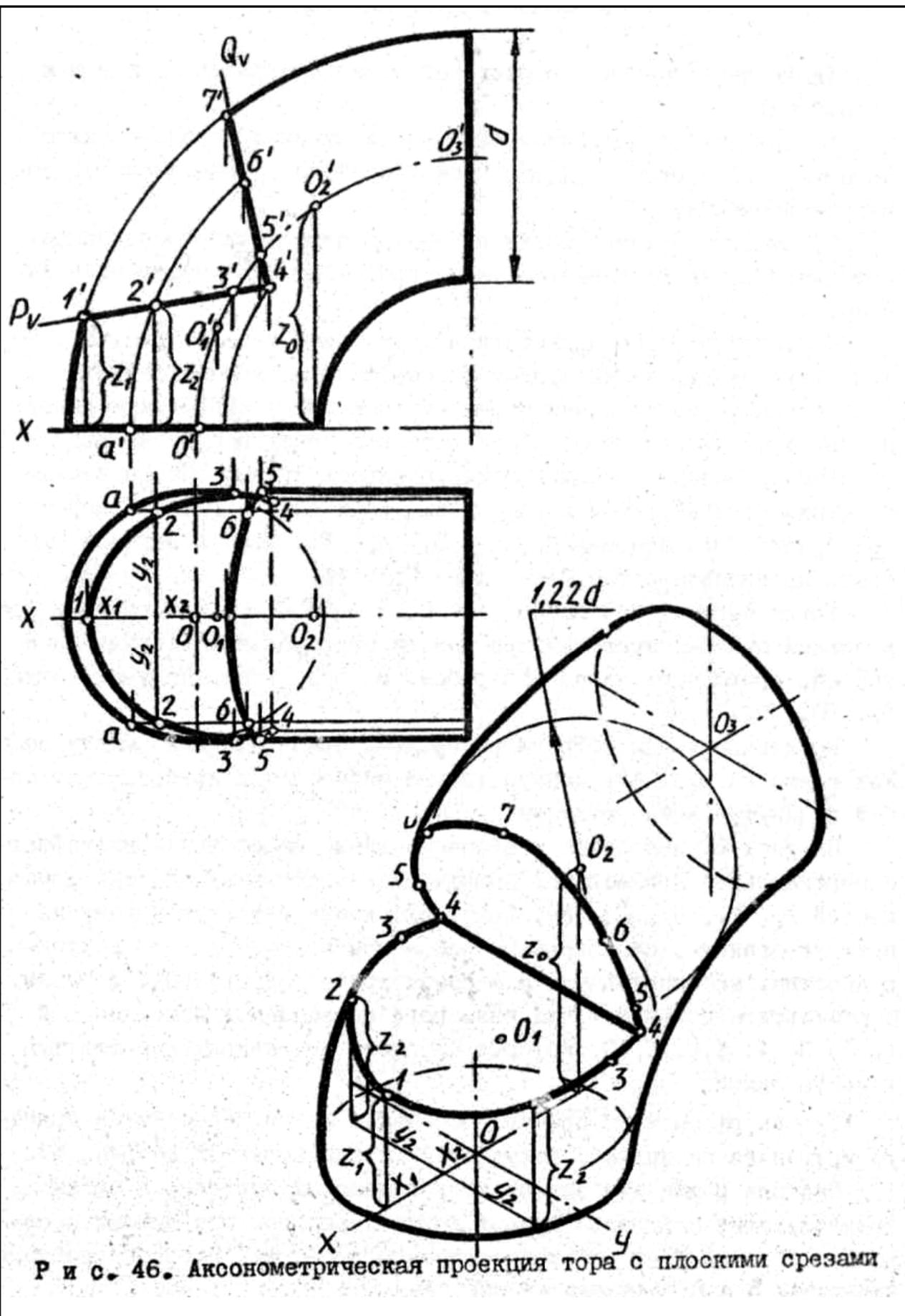


Р и с 44. Прямоугольная изометрическая проекция цилиндра с двумя плоскими срезами

На рис. 46 в прямоугольной изометрической проекции изображен тор, пересеченный двумя фронтально проецирующими плоскостями Р и Q. Аксонометрическую проекцию кривых линий, полученных в результате пересечения, строим по отдельным точкам, которые соединяем по лекалу плавной кривой. На чертеже показано построение при помощи координатной ломаной линии точек 1 и 2. Остальные точки линии пересечения строим аналогично.



Р и с . 45. Прямоугольная диметрическая проекция прямого кругового конуса с плоским срезом



Р и с. 46. Аксонометрическая проекция тора с плоскими срезами

ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Линию пересечения поверхностей можно построить двумя способами:

1) при помощи координатной ломаной линии с использованием комплексного чертежа найти несколько точек, принадлежащих линии пересечения;

2) Найти искомые точки с помощью плоскостей-посредников, которые пересекают поверхности по простейшим для построения линиям.

Построение линии пересечения двух призм дано на рис. 47. Вертикальную пятиугольную призму рассечем двумя горизонтальными плоскостями, проведенными через верхнюю грань $ABED$ треугольной призмы и ее нижнее ребро CN . При этом в сечении получим два пятиугольника, равные основаниям вертикальной призмы. По найденным сечениям наметим линии пересечения грани $ABED$ с гранями вертикальной призмы. Это ломаная $B_0 - 1_0 - 5_0 - 4_0 - E_0$. Теперь зафиксируем точки проницания ребра CN – точки C_0 и N_0 .

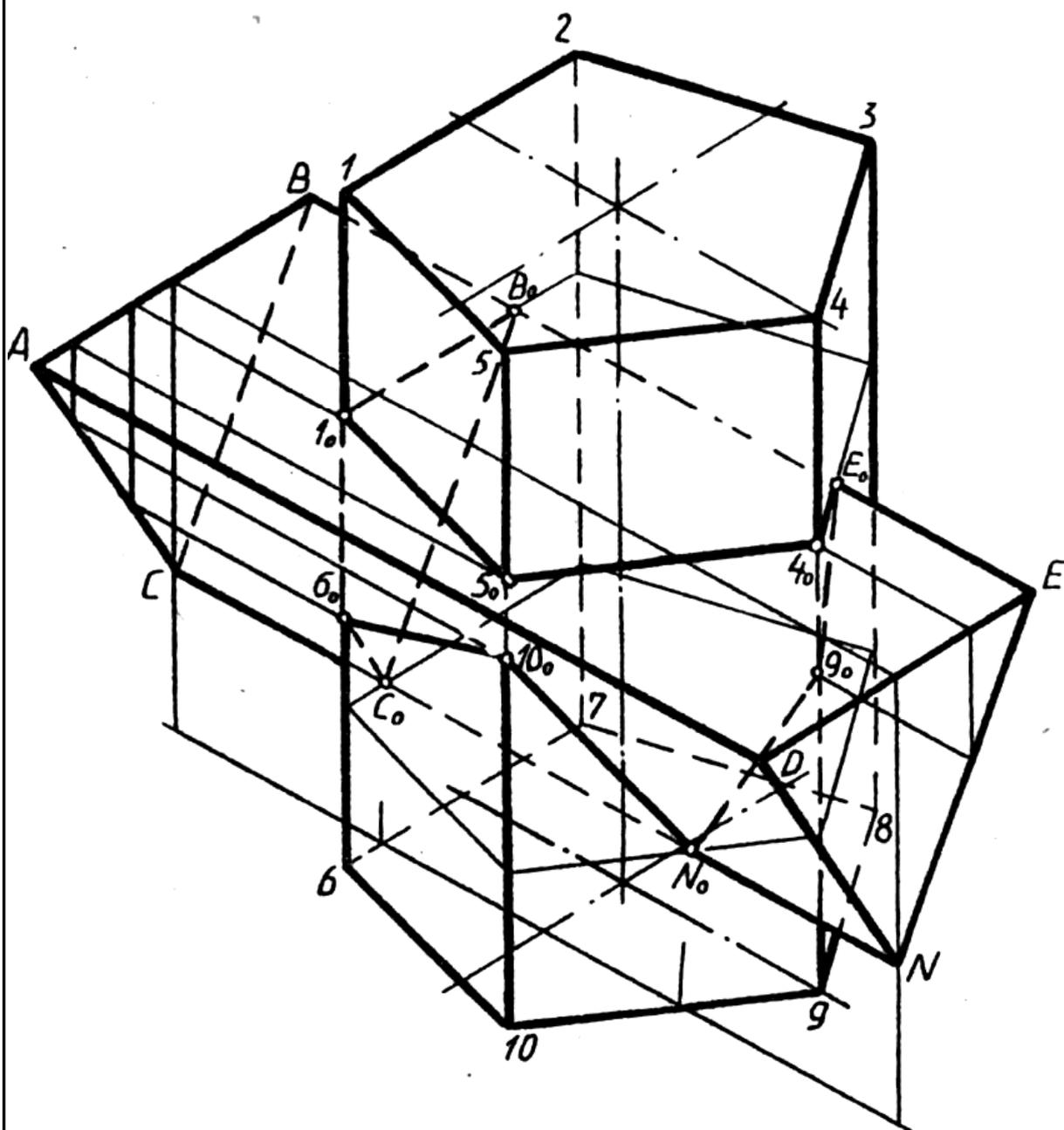
Точки пересечения ребер $1 - 6$, $5 - 10$ и $4 - 9$ с гранями треугольной призмы определим при помощи вертикальных секущих плоскостей, проходящих через эти ребра. В результате получим точки 6_0 , 10_0 , 9_0 .

Найденные точки встречи ребер двух призм соединим между собой. Как видно из рис. 47, контур такого пересечения представляет собой замкнутую ломаную линию.

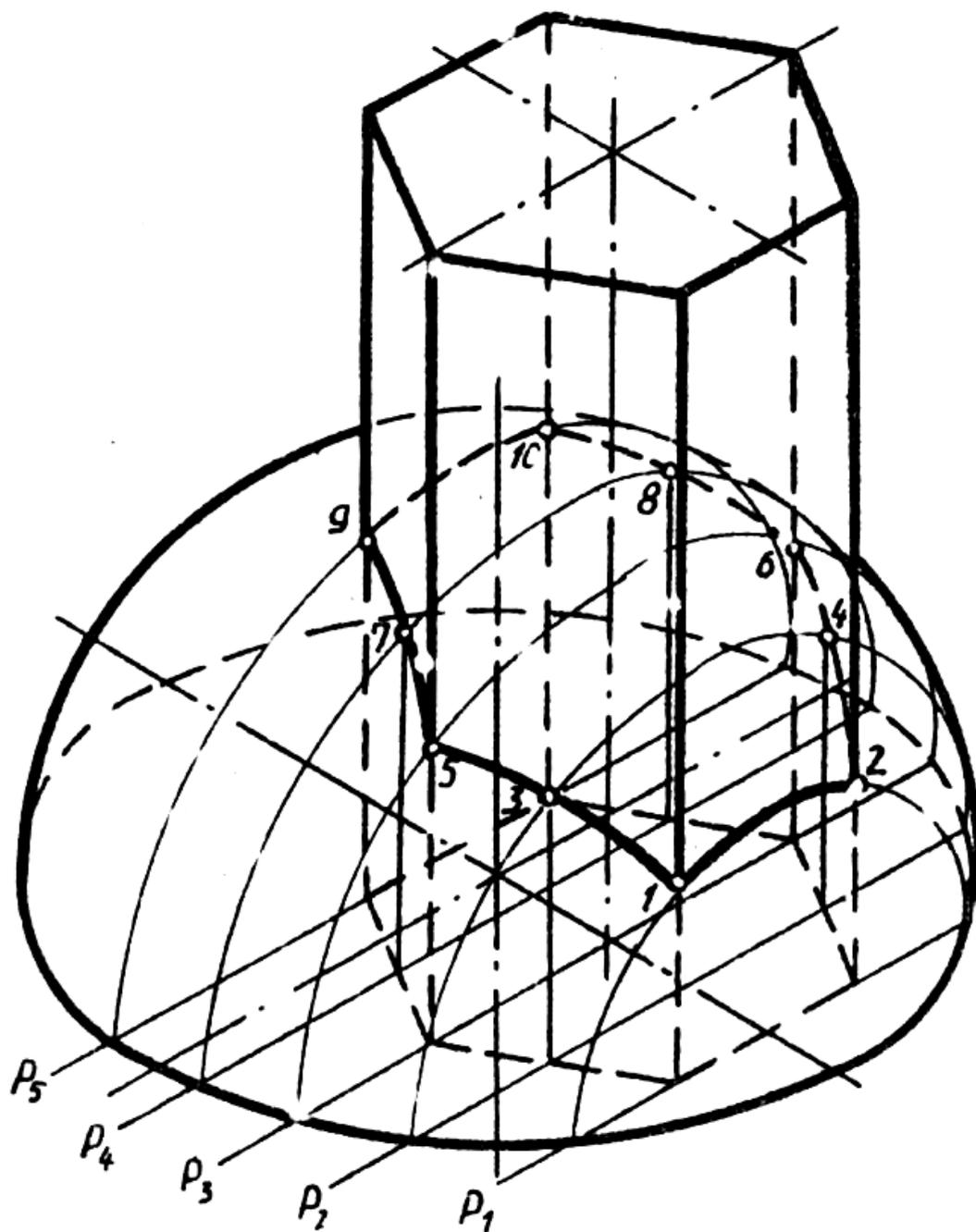
На рис. 48 выполнено построение линии пересечения полусферы с вертикальной призмой при помощи вспомогательных секущих плоскостей P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 . Такие плоскости рассекут призму по прямоугольникам, параллельным ребрам, а полусферу – по полуокружностям, проецирующимся в аксонометрической проекции в овалы. В результате получим точки взаимного пересечения поверхностей $1, 2, 3, 4, 5, \dots, 10$, которые соединим по лекалу в замкнутую ломаную линию.

Теперь рассмотрим пример построения линии пересечения прямого кругового цилиндра с полусферой, представленный на рис. 49.

Сначала решим эту задачу на комплексном чертеже, а затем принадлежащие найденной кривой точки перенесем при помощи координатной ломаной на аксонометрическую проекцию. Подробно построение точек 5 и 6 показано на чертеже.



Р и с . 47. Линия пересечения двух многогранников в прямоугольной изометрической проекции



Р и с. 48. Построение линии пересечения полусферы с вертикальной призмой в прямоугольной изометрической проекции

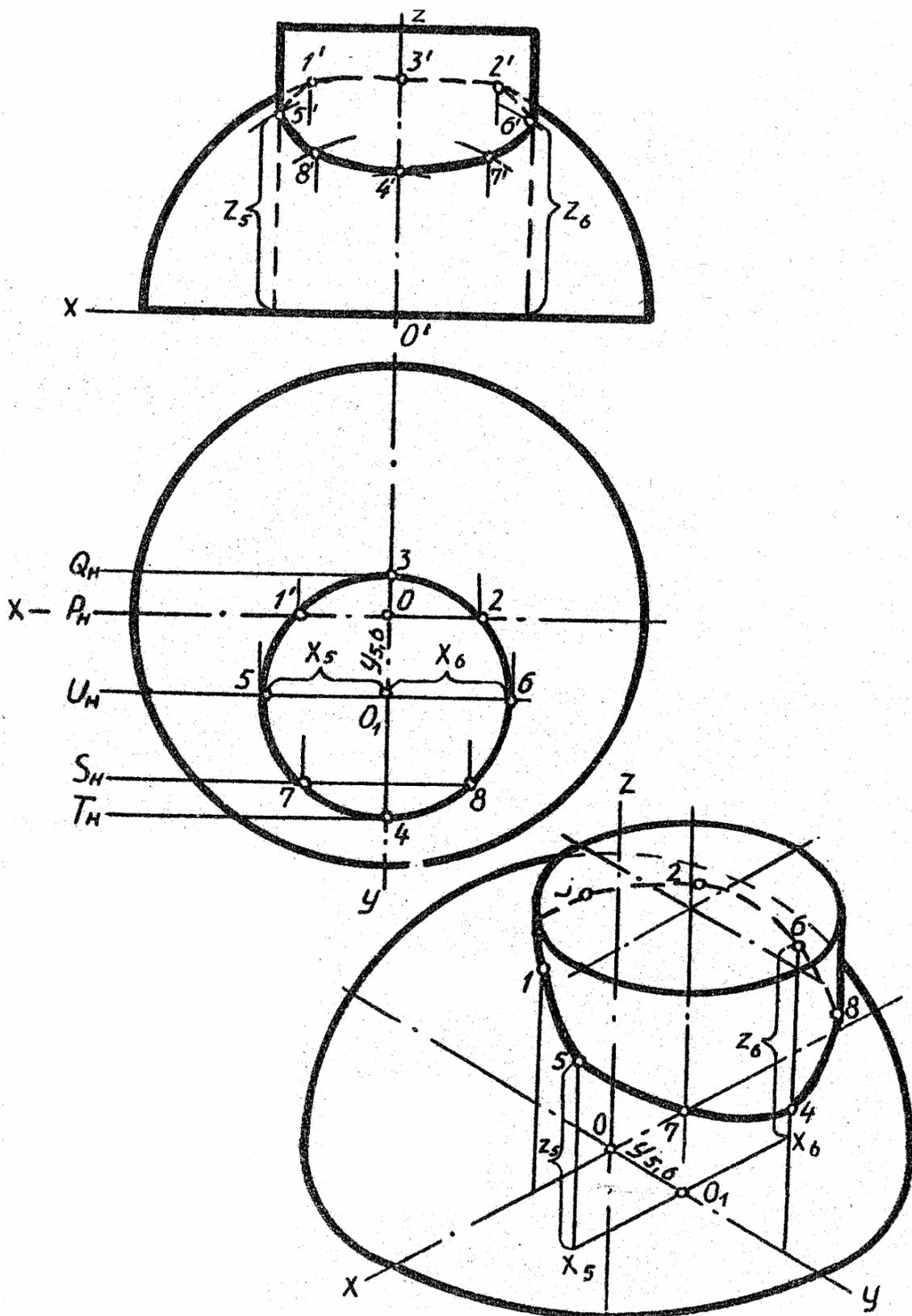
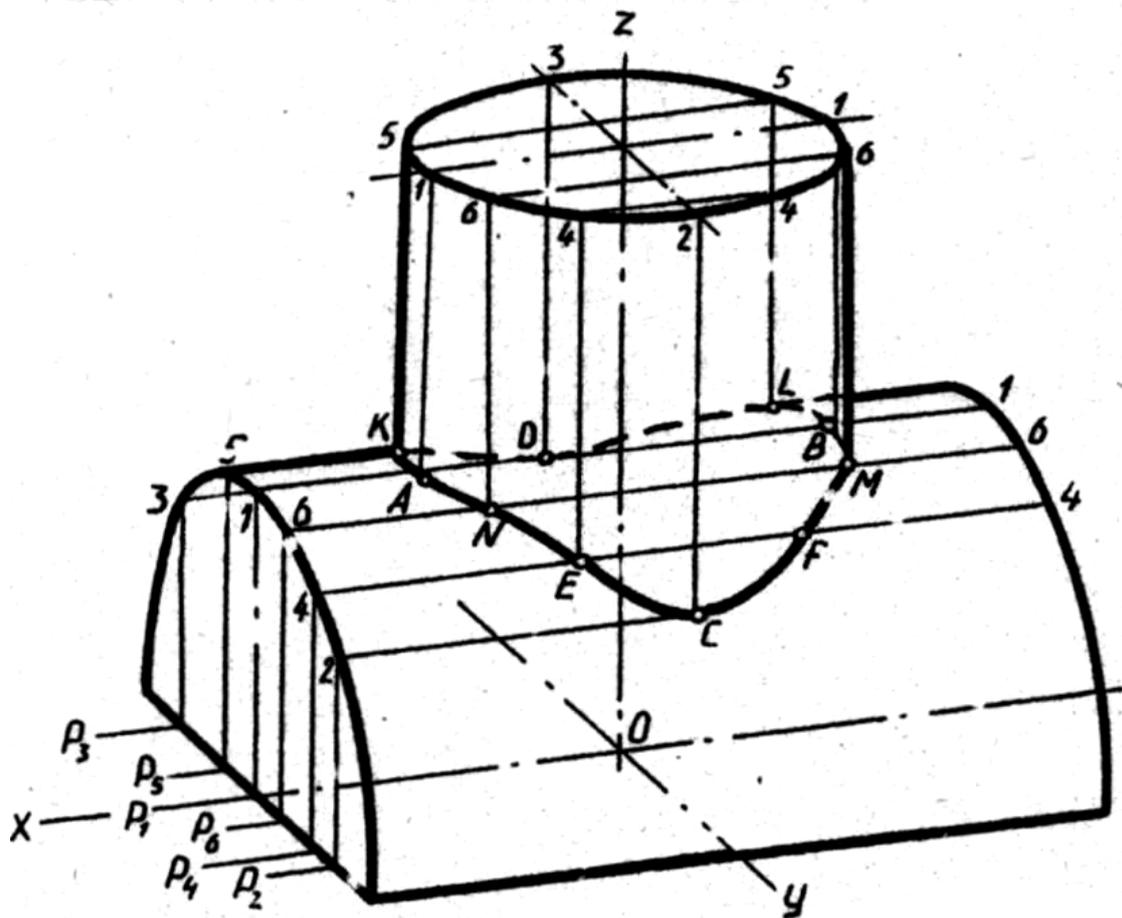


Рис. 49. Линия пересечения цилиндра с полусферой
в прямоугольной изометрической проекции

Построение линии пересечения двух цилиндров, в прямоугольной диметрической проекции при помощи метода секущих плоскостей показано на рис. 50. Оси цилиндров пересекаются и соответственно параллельны координатным осям Ox и Oz .

Вспомогательные плоскости проведем параллельно образующим обоих цилиндров, т. е. параллельно плоскости $V(xOz)$. Плоскость P_1 пересечет поверхности цилиндров по образующим 1, в пересечении которых получены точки A и B . Точки K , L и M , лежащие на очерковых образующих, найдены с помощью секущих плоскостей P_5 и P_6 . Нижние точки C и D построены при помощи плоскостей P_2 и P_3 .



Р и с . 50. Построение линии пересечения двух цилиндров припомощи метода секущих плоскостей в прямоугольной диметрической проекции

ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ДВОЙНЫМ ПРОНИЦАНИЕМ

В приведенных ниже примерах (рис. 51–52) изображены полые геометрические тела со сквозными боковыми призматическими отверстиями.

На рис. 51 показана прямая призма с отверстиями в прямоугольной диметрической проекции. Построение проводим в такой последовательности. Сначала изображаем два квадрата для нижнего и верхнего оснований на расстоянии высоты призмы H , затем, отложив размеры h_1 и h_2 от нижнего основания, намечаем контуры сквозного бокового призматического отверстия. После этого на основаниях и двух поперечных сечениях призмы построим четыре овала. Заканчиваем чертеж нанесением штриховки в плоскостях разреза.

Построение прямоугольной изометрической проекции полый сферы, срезанной сверху и снизу горизонтальными плоскостями и имеющей боковые призматические отверстия, рассмотрим на рис. 52. Сначала построим по намеченным осям овал в горизонтальной плоскости (проекция экватора), затем радиусом, равным большой полуоси овала, проведем из центра сферы окружность, которая является очерком поверхности. Теперь на высотах h_1 и h_2 от центра построим нижний и верхний срезы сферы, после чего вычертим по соответствующим размерам, взятым с комплексного чертежа, контуры поперечного призматического отверстия. Чертеж заканчиваем выполнением разреза.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ ДЕТАЛЕЙ

При построении аксонометрического изображения какого-либо предмета необходимо придерживаться такой последовательности:

- 1) выбрать вид аксонометрической проекции в зависимости от формы изображаемого предмета. Прямоугольную диметрическую проекцию следует применять в тех случаях, если изображаемый предмет имеет форму квадратной призмы или содержит подобные элементы (см. рис. 51). Косоугольные аксонометрические проекции удобны при изображении предметов, содержащих большое число окружностей, расположенных во взаимно параллельных плоскостях (см. рис. 22, 24, 26);

- 2) зафиксировать положение предмета относительно направления осей, то есть определить, какие стороны должны быть видимы. Если

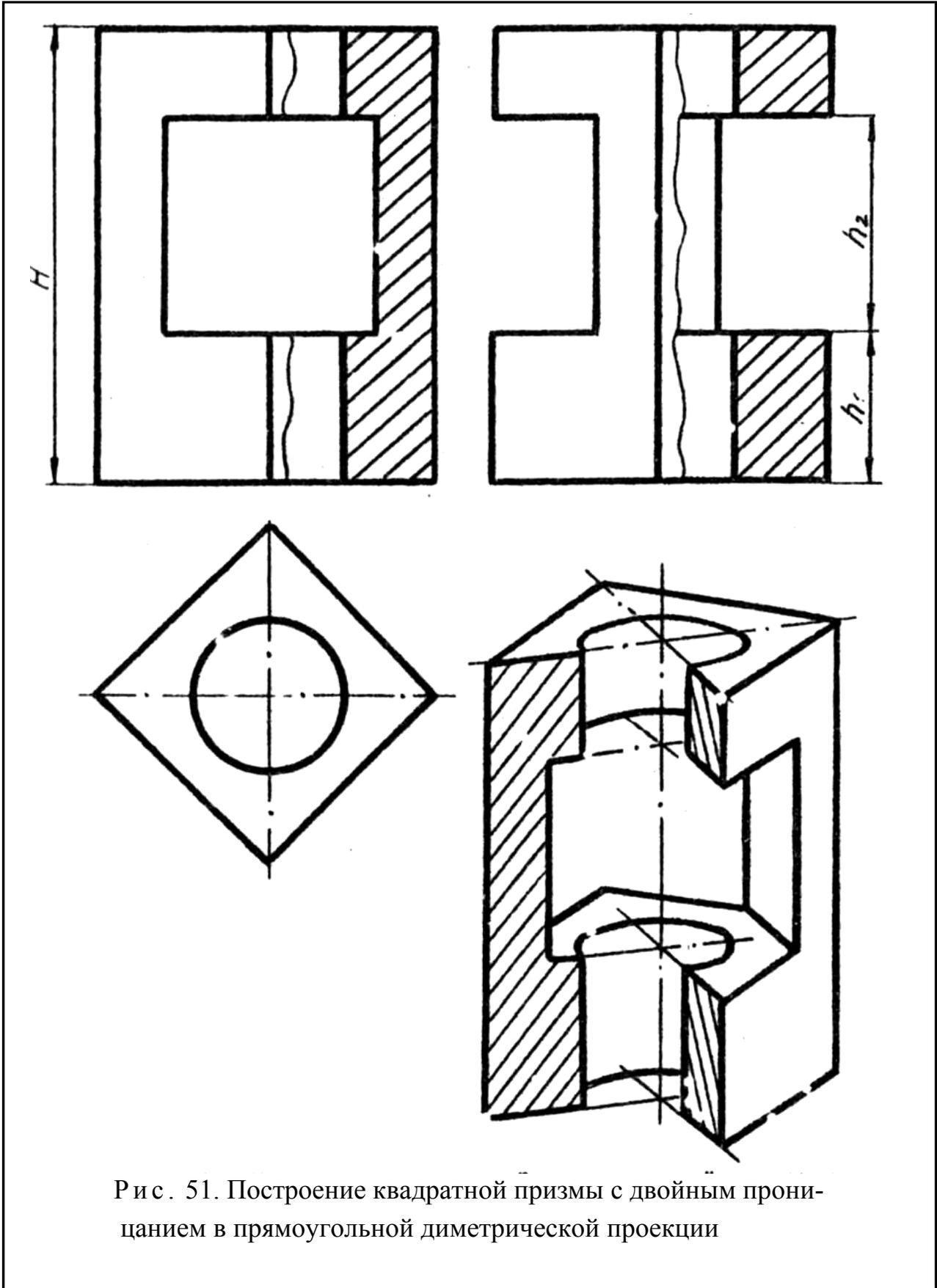


Рис. 51. Построение квадратной призмы с двойным прониканием в прямоугольной диметрической проекции

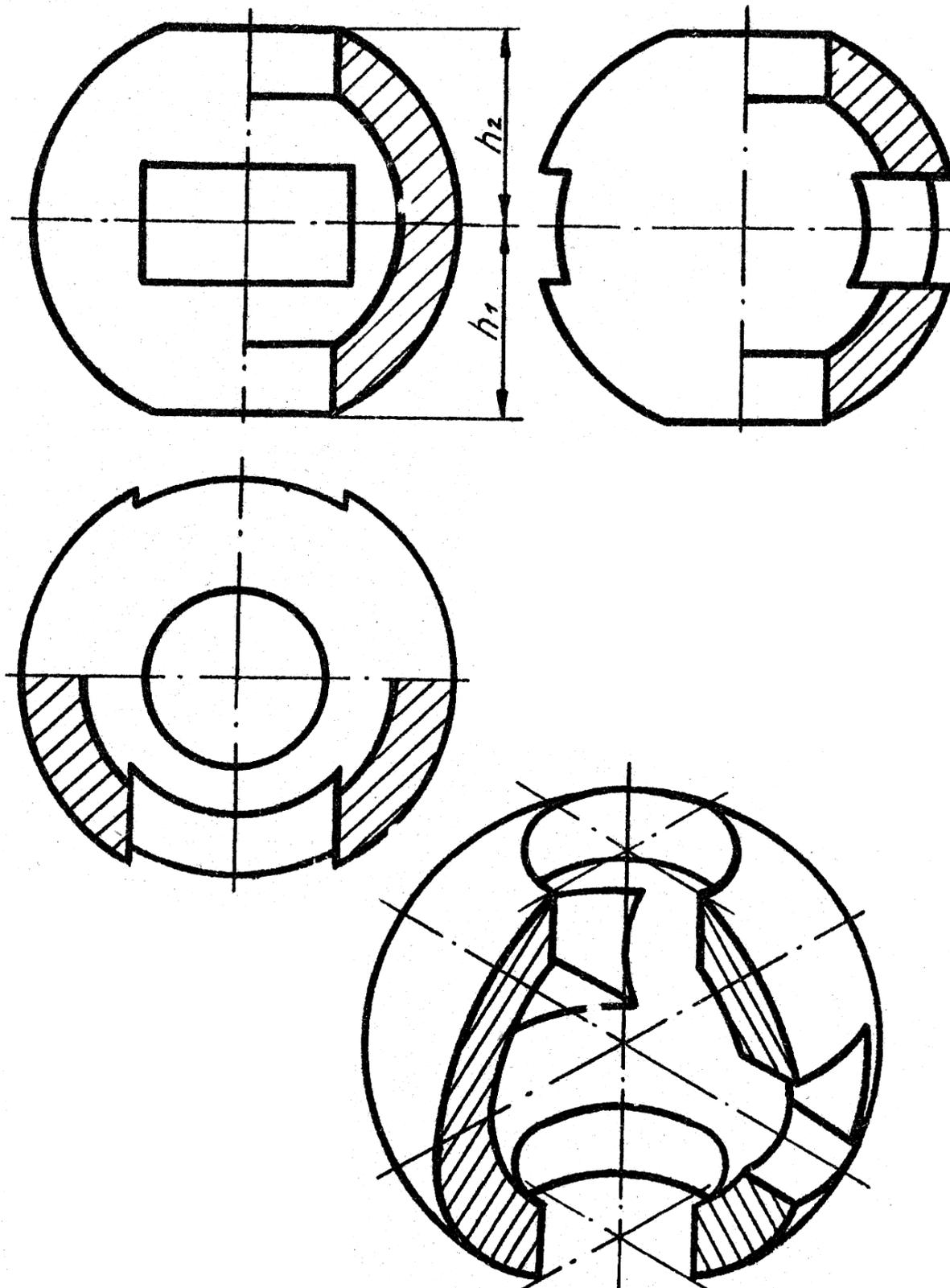


Рис. 52. Построение полой сферы с двойным прониканием
в прямоугольной изометрической проекции

аксонометрическая проекция строится по комплексному чертежу, то положение предмета на нем и в аксонометрической проекции должно быть одинаково ориентировано относительно осей;

3) на чертеже предмета задать проекцию прямоугольных осей координат так, чтобы было обеспечено наиболее простое построение его точек;

4) провести аксонометрические оси;

5) на осях выполнить аксонометрическую проекцию предмета одним из существующих способов.

Способ "наращивания частей" предмета (рис. 53):

– выявление и построение изображения наиболее крупной части предмета;

– "наращивание" на изображении остальных частей предмета.

Способ "удаления частей" предмета (рис. 54):

– построение изображения обобщенной формы предмета – заготовки;

– удаление частей предмета (вначале внешних, а затем и внутренних).

Комбинированный способ представляет собой сочетание двух первых. Порядок действий будет определяться формой предмета.

Применение того или иного способа следует выбирать с учетом формы предмета. Поэтому прежде, чем начать чертить, следует провести анализ формы предмета, мысленно расчленив его на отдельные геометрические тела, а затем уже выбрать соответствующий способ построения.

УСЛОВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

Разрезы в аксонометрических проекциях служат для выявления внутренних форм изображаемого предмета.

Плоскости разрезов располагаются параллельно координатным плоскостям. Чаще используются две или три взаимно перпендикулярные секущие плоскости. Как правило, они совпадают с плоскостями симметрии детали и соответствуют плоскостям разрезов, выполненных на комплексном чертеже (см. рис. 51, 52).

В аксонометрических проекциях полные продольные или поперечные разрезы не применяются, а показывается четвертая (рис. 51, 52) или восьмая часть выреза детали (рис. 39).

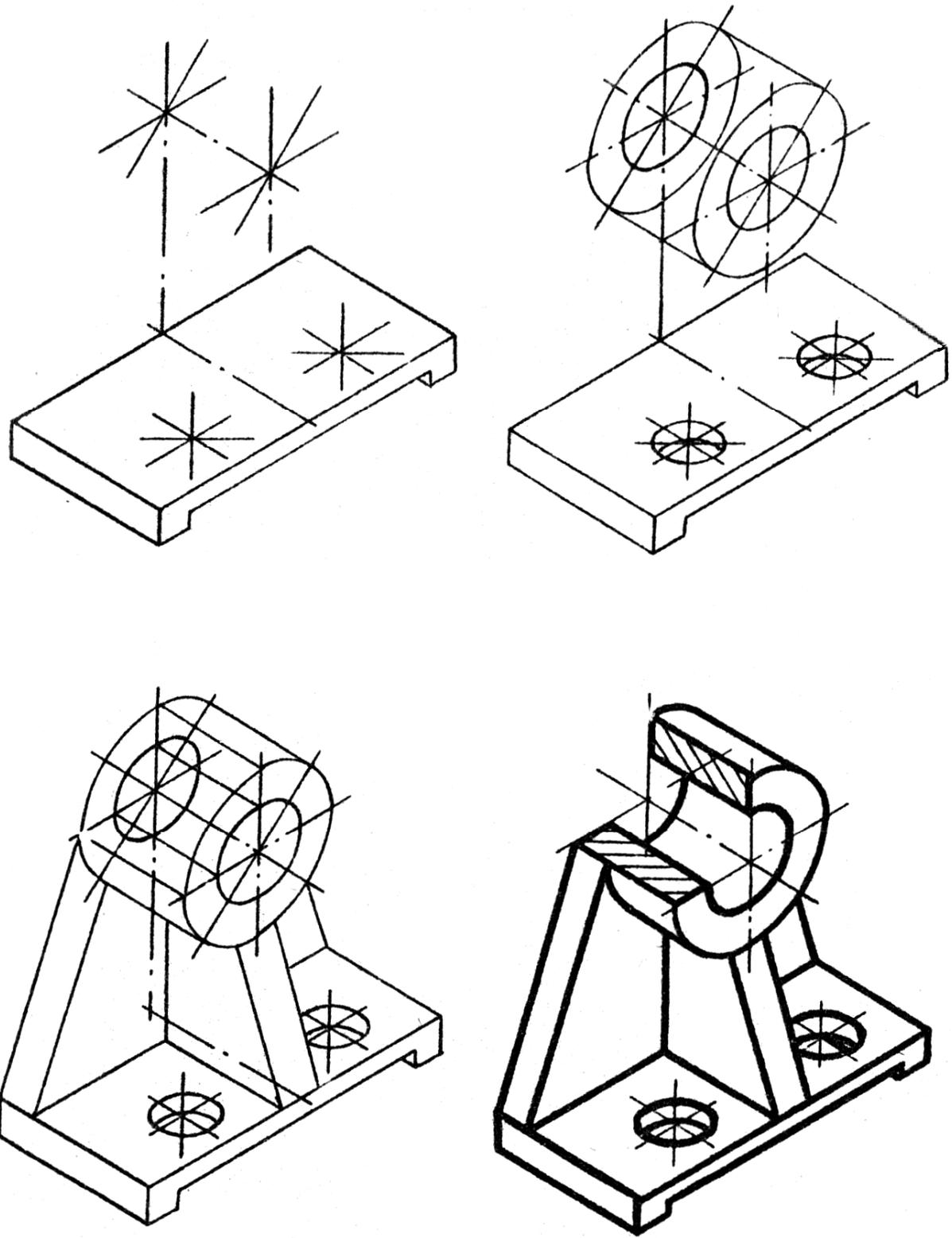
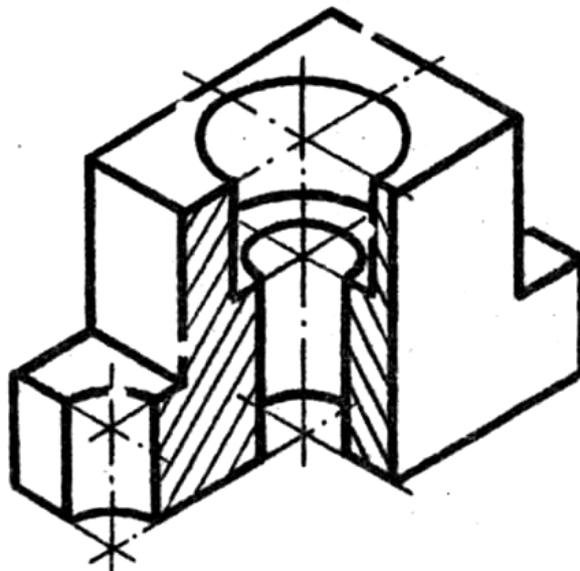
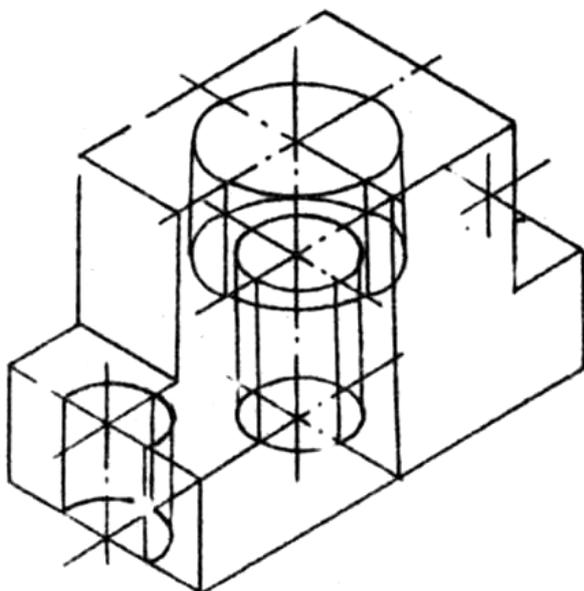
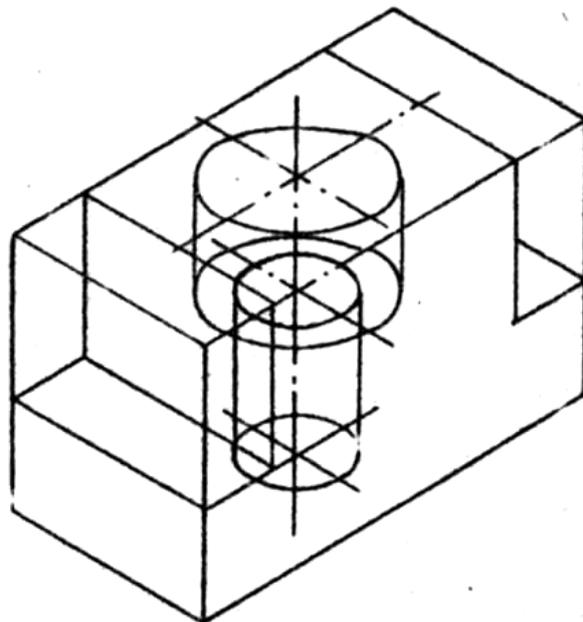
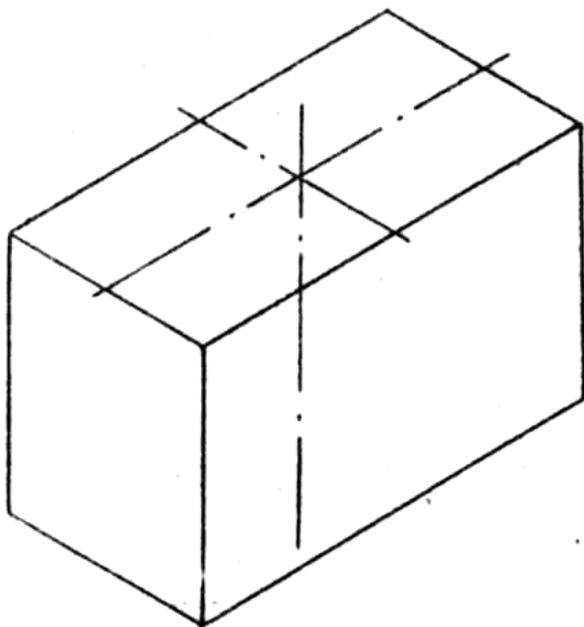
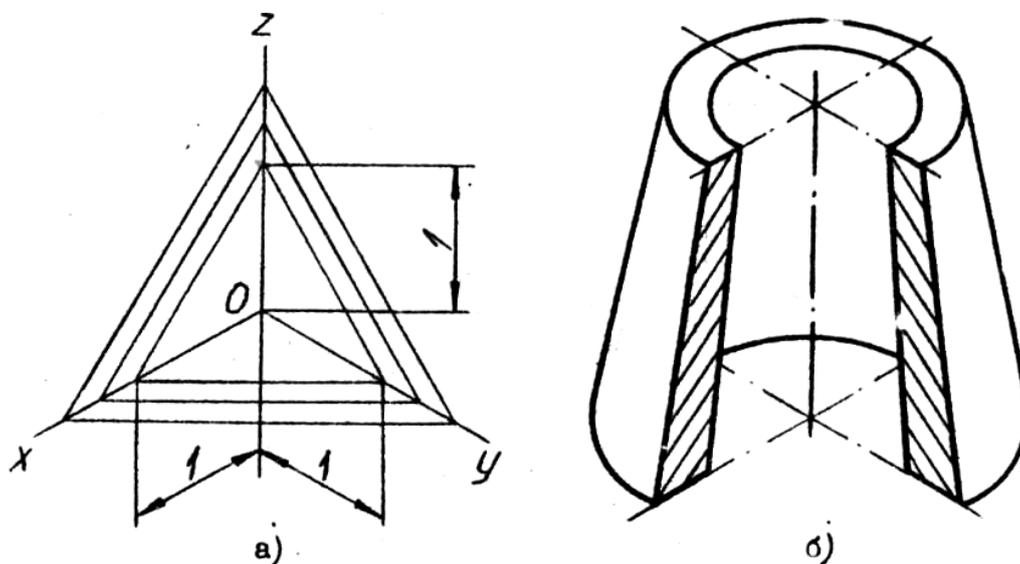


Рис. 53. Построение аксонометрической проекции детали методом "наращивания частей"



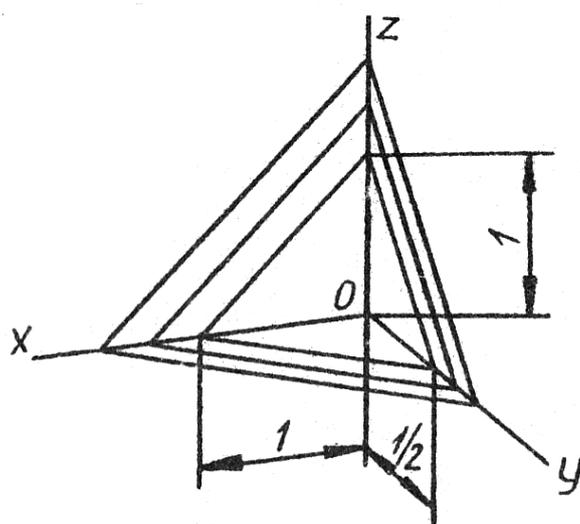
Р и с 54. Построение аксонометрической проекции детали методом "удаления частей"

Согласно ГОСТ 2.317 – 69 линии штриховки плоскостей сечений в прямоугольной изометрической проекции наносятся параллельно одной из диагоналей квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны изометрическим осям (рис. 55а, б).



Р и с . 55. Штриховка плоскостей разрезов в прямоугольной изометрической проекции: а) на трех координатных плоскостях; б) на примере изображения детали

Линии штриховки в прямоугольной диметрической проекции проводятся как показано на рис. 56.



Р и с . 56. Штриховка плоскостей разрезов в прямоугольной диметрии

Резь у в аксонометрических проекциях можно изображать условно по ГОСТ 2.311–68, но допускается изображать профиль резьбы полностью или частично, как это показано на рис. 57.

Спицы маховиков и шкивов, ребра жесткости и подобные элементы, попавшие в продольную секущую плоскость, штрихуются (см. рис. 24).

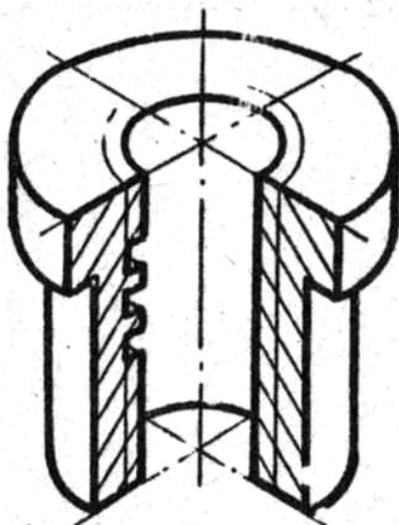


Рис. 57. Изображение резьбы в аксонометрических проекциях

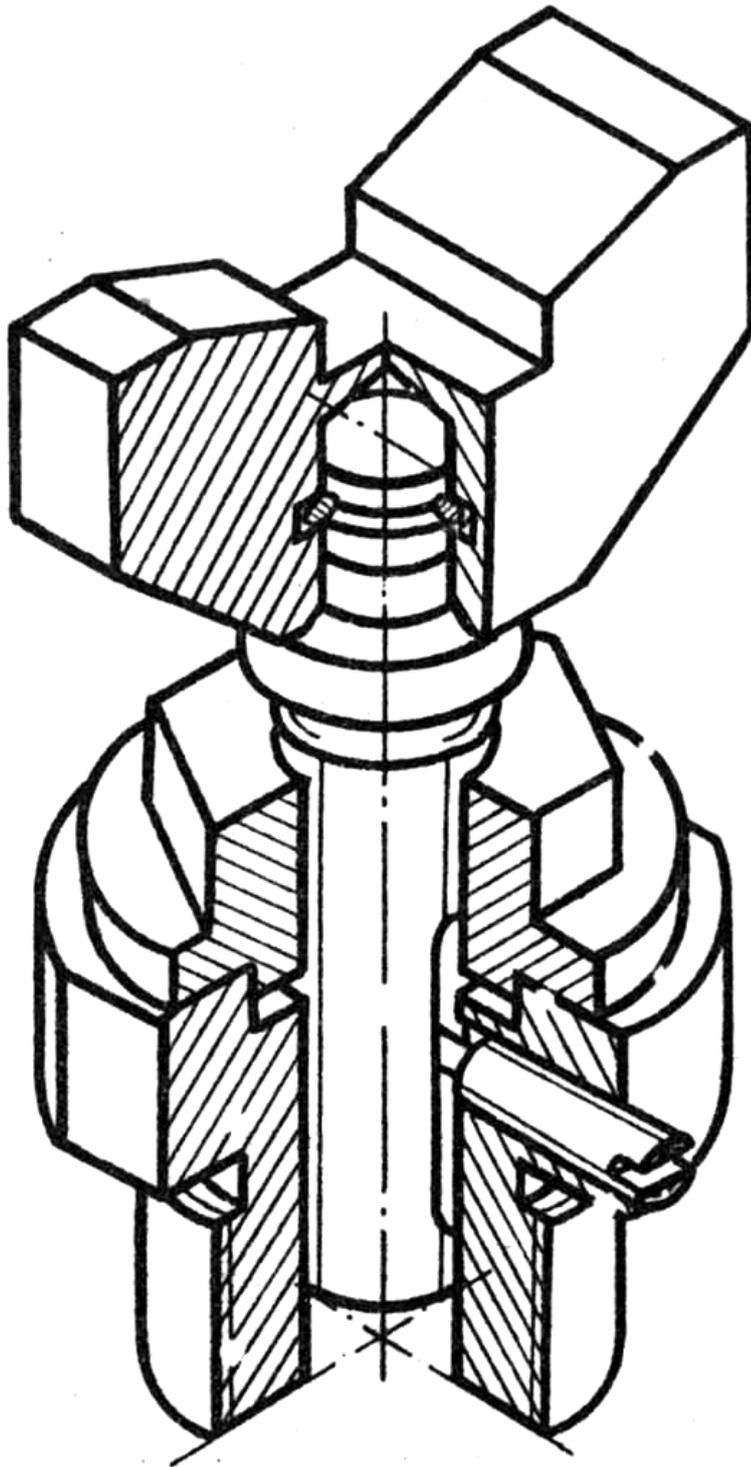
АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

АксонOMETрическая проекция сборочной единицы выполняется по готовому сборочному чертежу. Изображение, как правило, следует начинать с вычерчивания корпусных деталей, постепенно присоединяя остальные, более мелкие.

Пример изображения сборочной единицы с разрезом (домкрат) в прямоугольной изометрической проекции дан на рис. 58. Следует обратить внимание на условности выполнения этих чертежей. Так, штриховку смежных деталей, попавших в плоскости разреза, надо выполнять, изменяя направление и расстояние между штрихами или же сдвигая линии штриховки одной детали по отношению к другой.

Расстояние между линиями штриховки выбирается в пределах от 1 до 10мм с учетом площади сечений и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений.

Следует помнить, что такие детали, как болты, винты, шпильки,



Р и с. 58. Изображение сборочной единицы (домкрат) в прямоугольной изометрической проекции

шарики, гайки, непустотелые валы, рукоятки и т. п., в аксонометрических проекциях показывают не рассеченными в тех случаях, если секущая плоскость проходит вдоль оси (рис. 58).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие проекции называются аксонометрическими?
2. Какие проекции называются вторичными?
3. Что такое "коэффициент искажения"?
4. По каким признакам производится деление аксонометрических проекций?
5. Какие существуют виды аксонометрических проекций?
6. Чему равны коэффициенты искажения в изометрических и диметрических прямоугольных проекциях?
7. Чему равны коэффициенты искажения в косоугольных аксонометриях?
8. Какая аксонометрическая проекция называется практической?
9. Как построить оси в различных аксонометрических проекциях?
10. Какими методами можно построить аксонометрическую проекцию эллипсоида и кругового кольца?
11. Как построить аксонометрическую проекцию точки?

* * *

При написании учебного пособия автор стремился помочь студентам понять и усвоить раздел начертательной геометрии "Аксонометрические проекции", развить пространственное воображение и научить решать задачи данным методом.

Учебный материал расположен в логической последовательности, своевременно даны все необходимые понятия и определения, каждый рассматриваемый вопрос сопровождается чертежами, по которым легко понять содержание.

Учитывая различную степень подготовленности студентов, изложение материала начинается с простых задач.

Если студент внимательно прочтет это учебное пособие, то нет сомнения в том, что он сможет ответить на поставленные вопросы и самостоятельно решить предлагаемые ниже задачи.

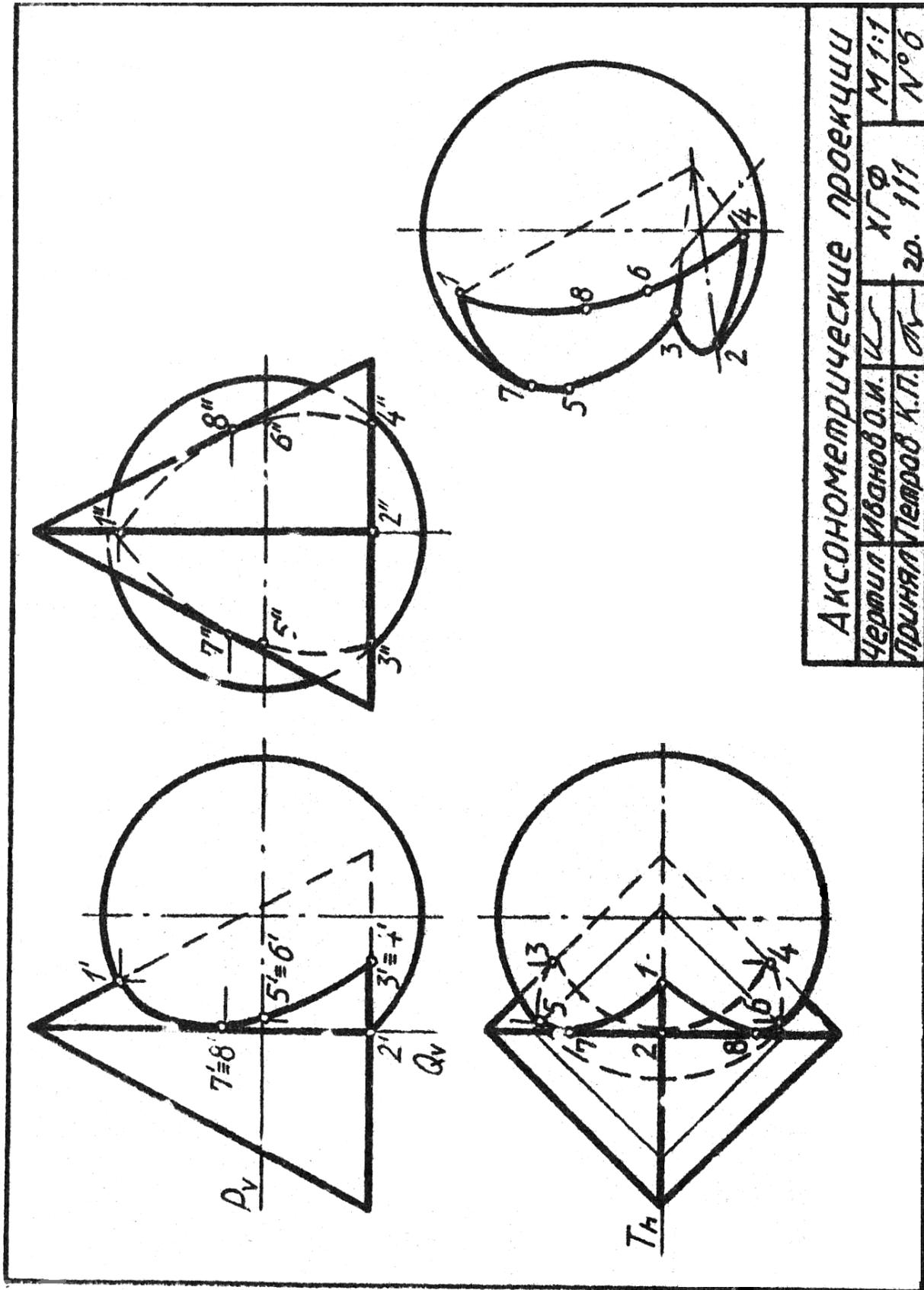
ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Для закрепления знаний предлагаем для самостоятельного решения задачи следующего содержания:

1) на комплексном чертеже в $M I : I$ построить линию взаимного пересечения двух поверхностей, определить видимость. Если проницание полное, то линий пересечения должно быть две, а если частично, – одна;

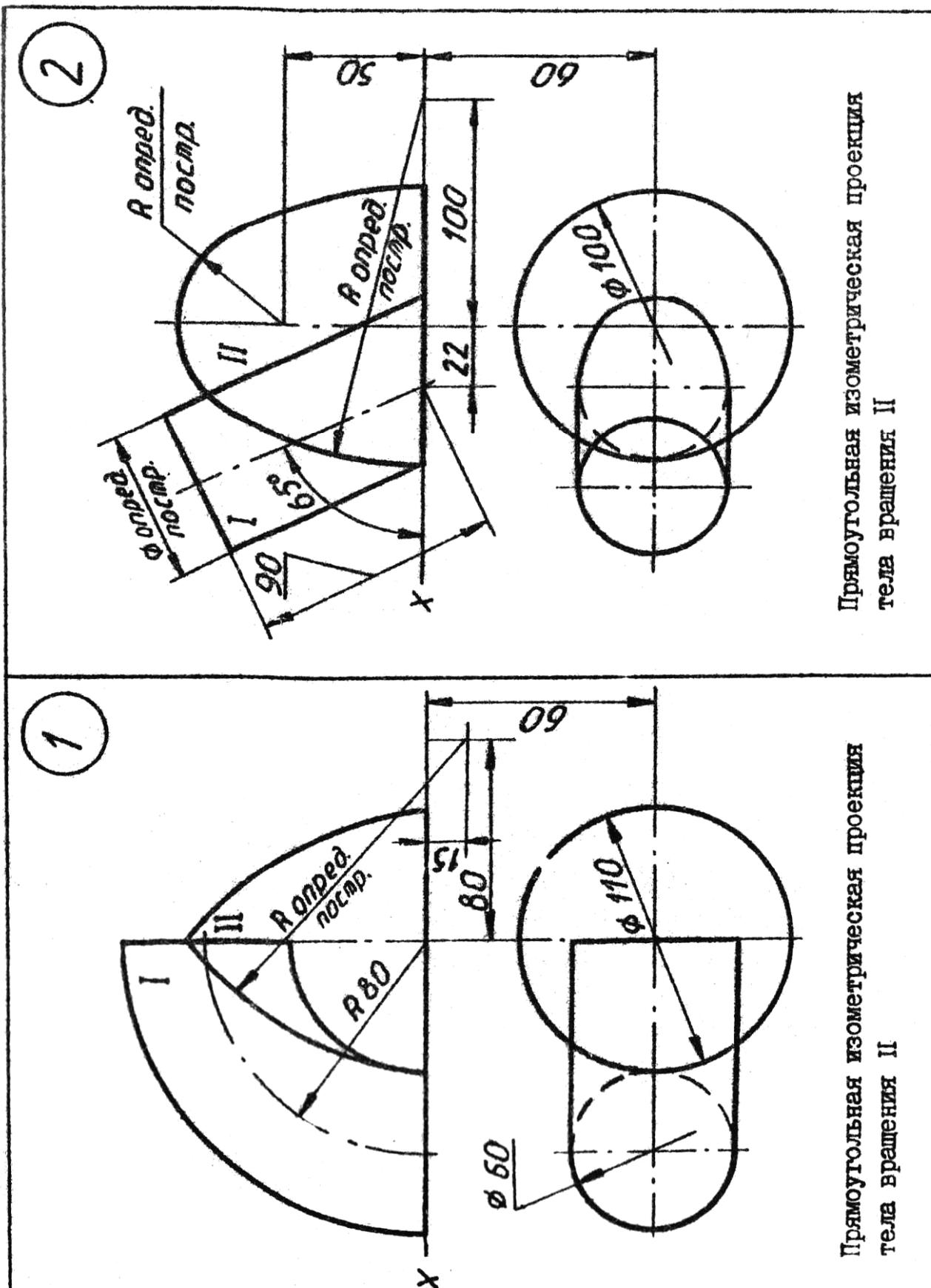
2) выполнить аксонометрическую проекцию одной из поверхностей (какой именно, указано в варианте), мысленно удалив другую.

Работу рекомендуем выполнять на формате А3 (297 х 420).
Образец выполнения и оформления задачи представлен на рис. 59.
Варианты заданий представлены на рис. 60–67.



АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ			
Чертил	Иванов Д.И.	К.П.	ХГФ
Масштаб	М 1:1		№ 6
Принял	Петров К.П.	С.П.	20.11.11

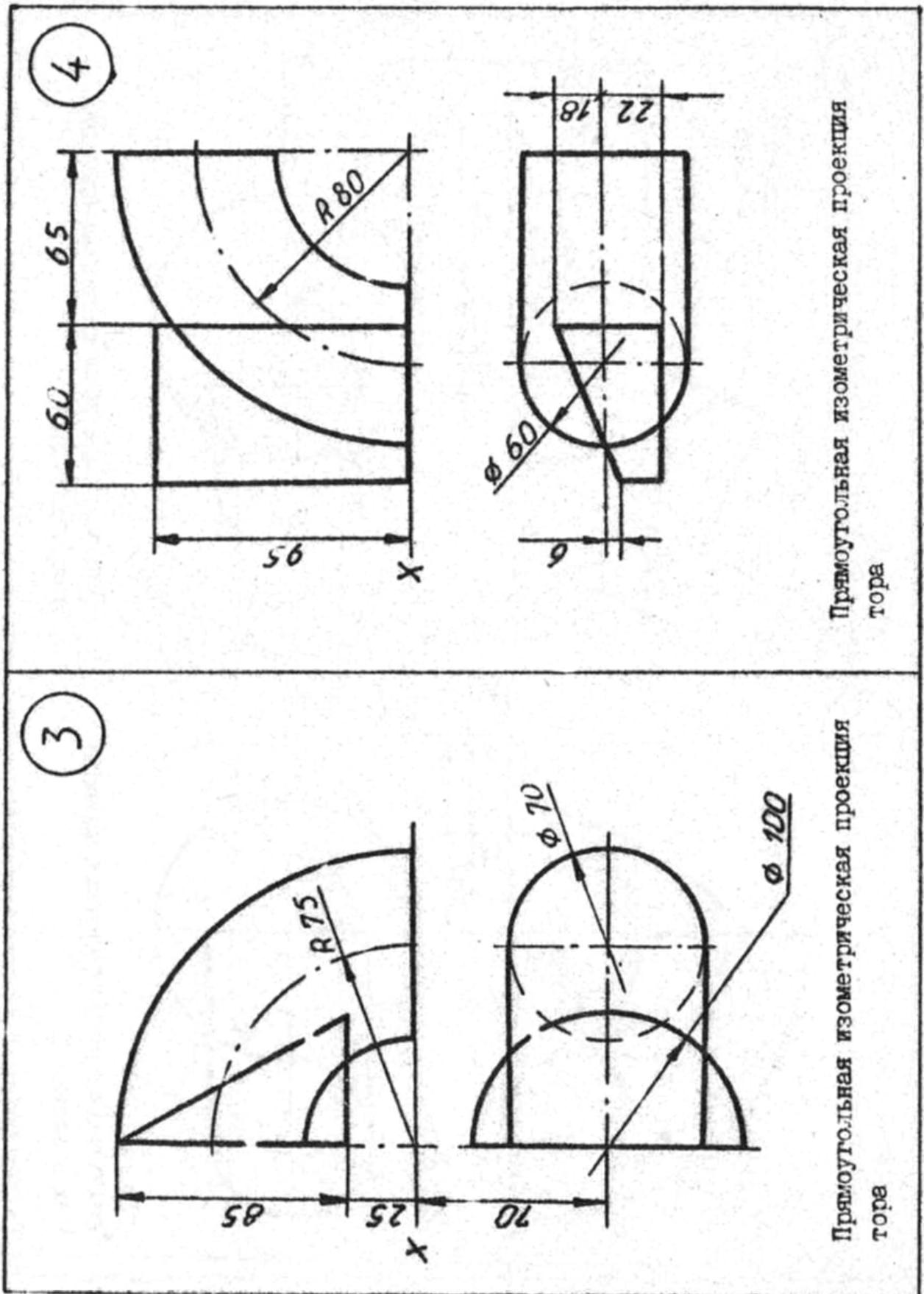
Р и с. 59. Пример выполнения задачи



Прямоугольная изометрическая проекция
тела вращения II

Прямоугольная изометрическая проекция
тела вращения II

Рис. 60

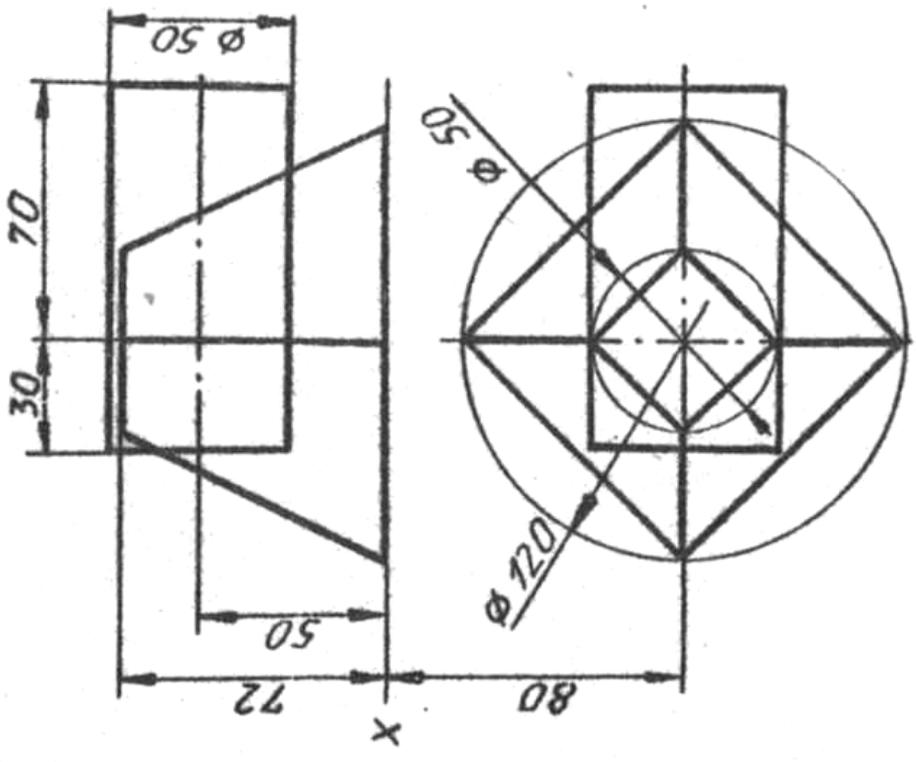


Прямоугольная изометрическая проекция тора

Прямоугольная изометрическая проекция тора

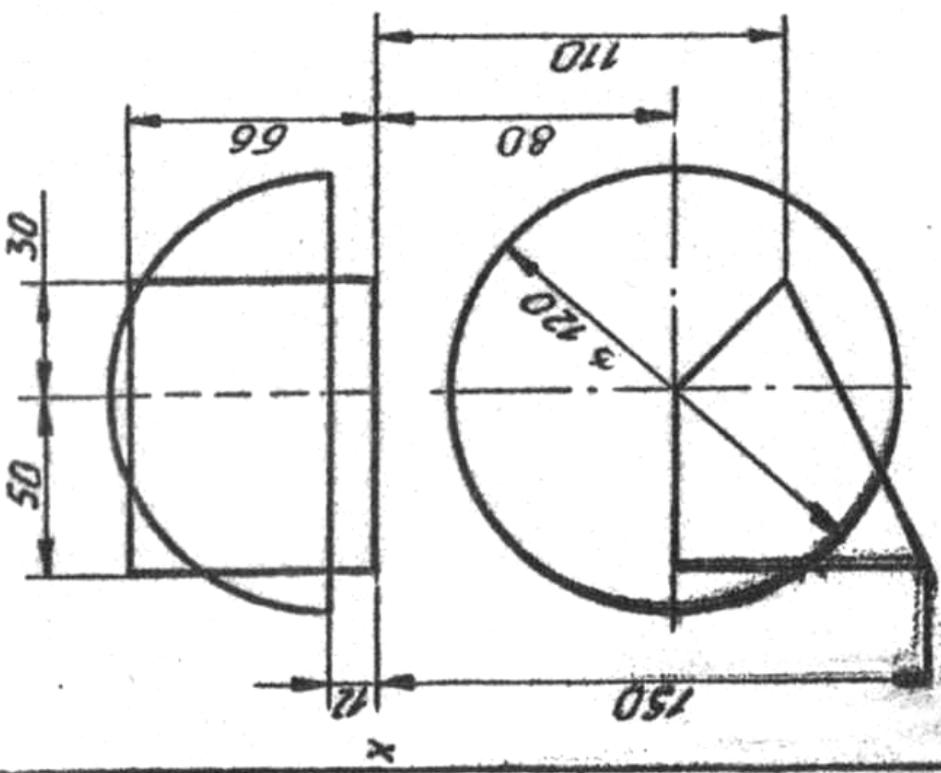
Рис.61

6



Прямоугольная изометрическая проекция пирамиды

5



Прямоугольная изометрическая проекция пирамиды

Рис. 62

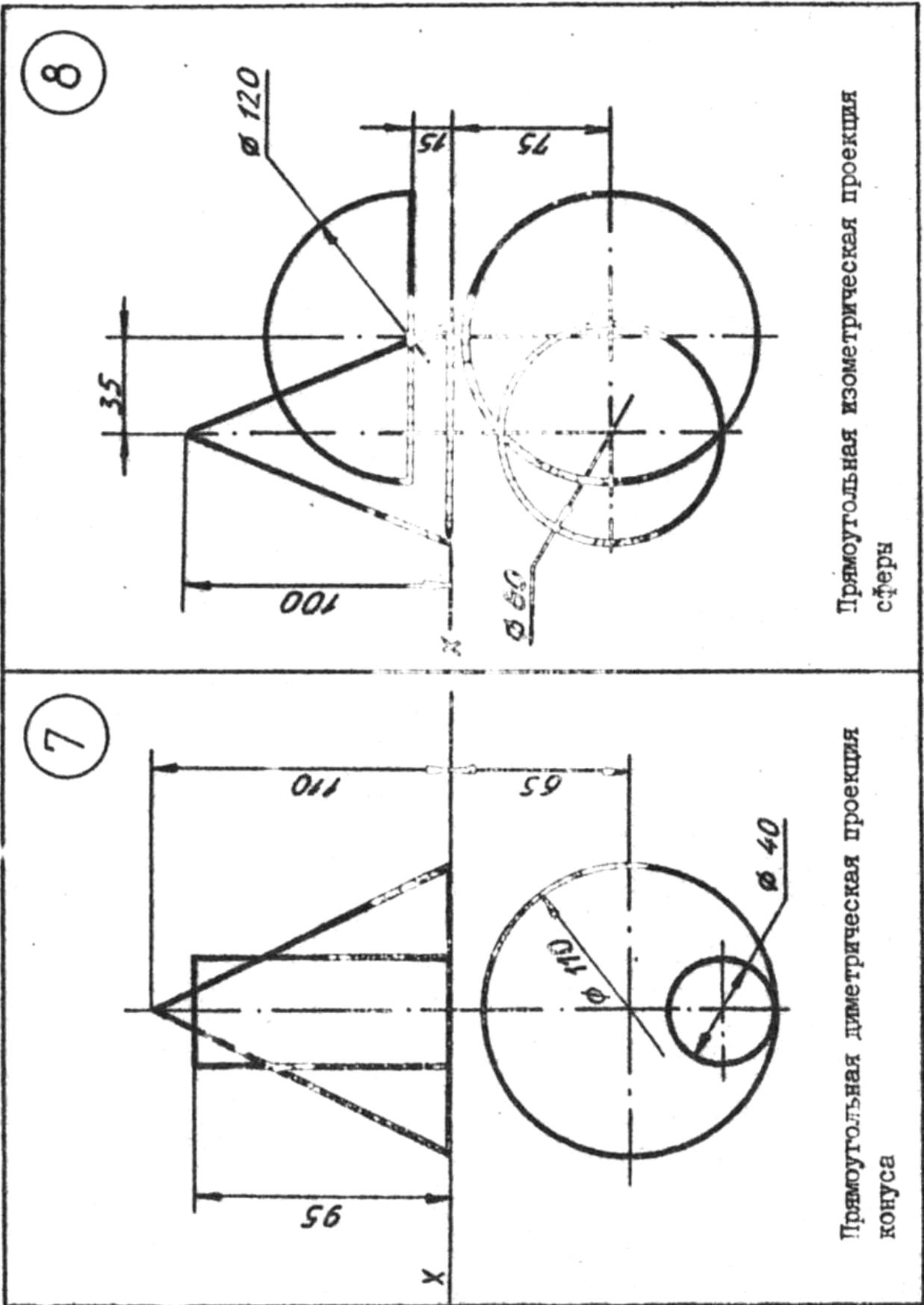
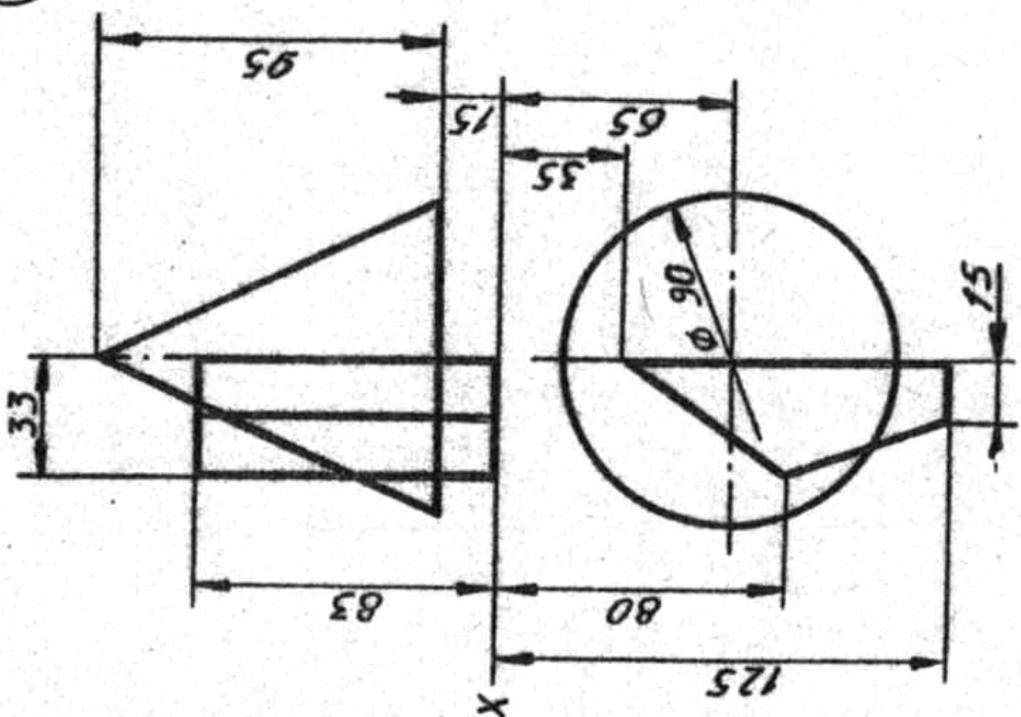


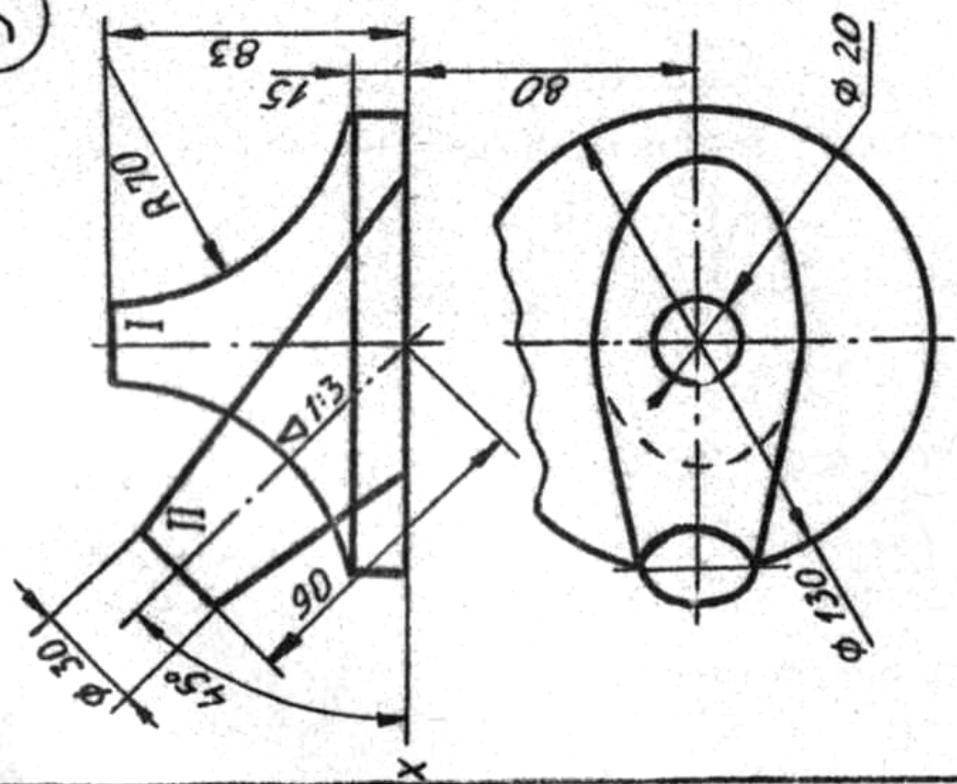
Рис. 63

10



Прямоугольная диметрическая проекция конуса

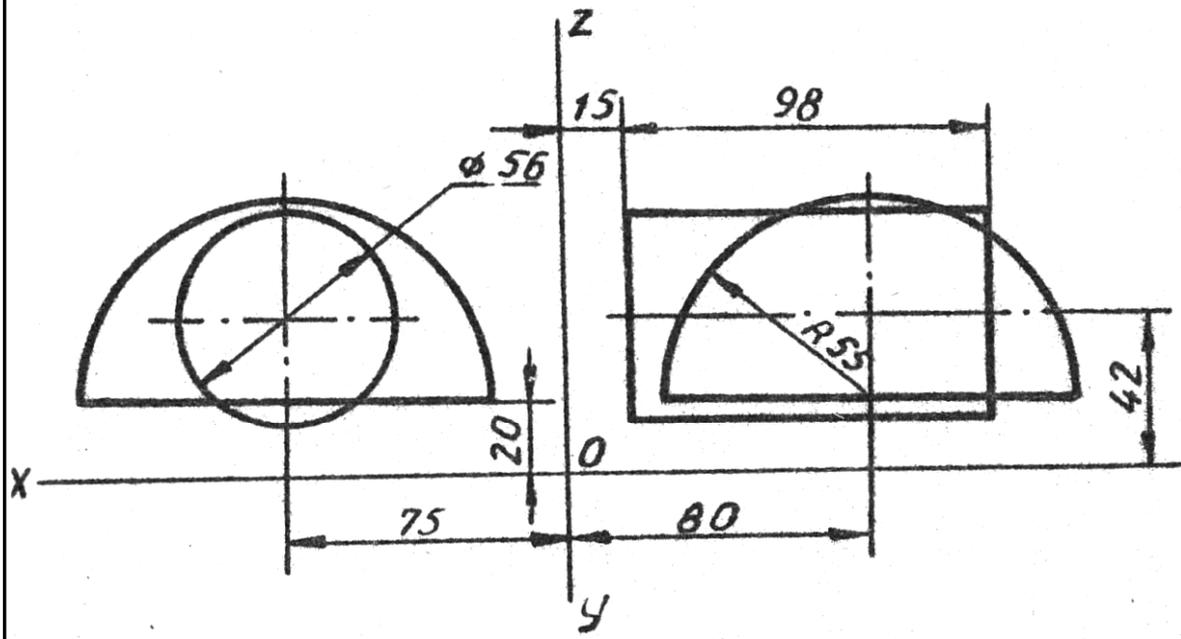
9



Прямоугольная изометрическая проекция тела вращения I

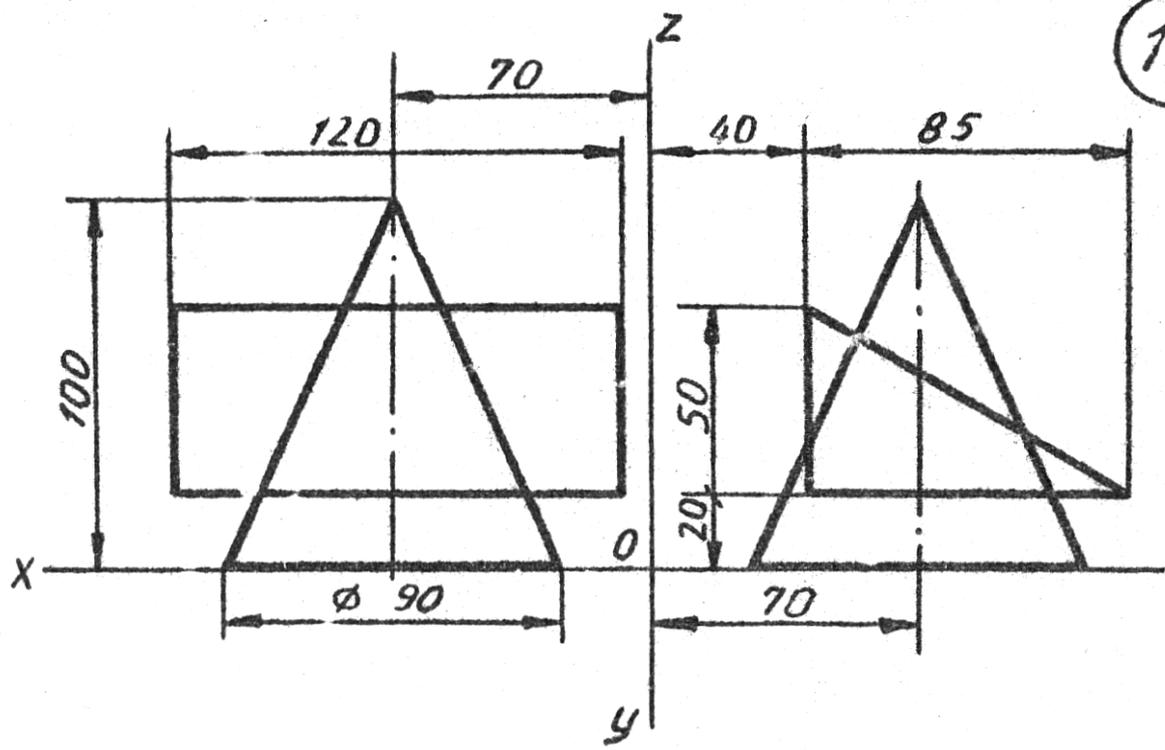
Рис. 64

11



Прямоугольная изометрическая проекция сферы

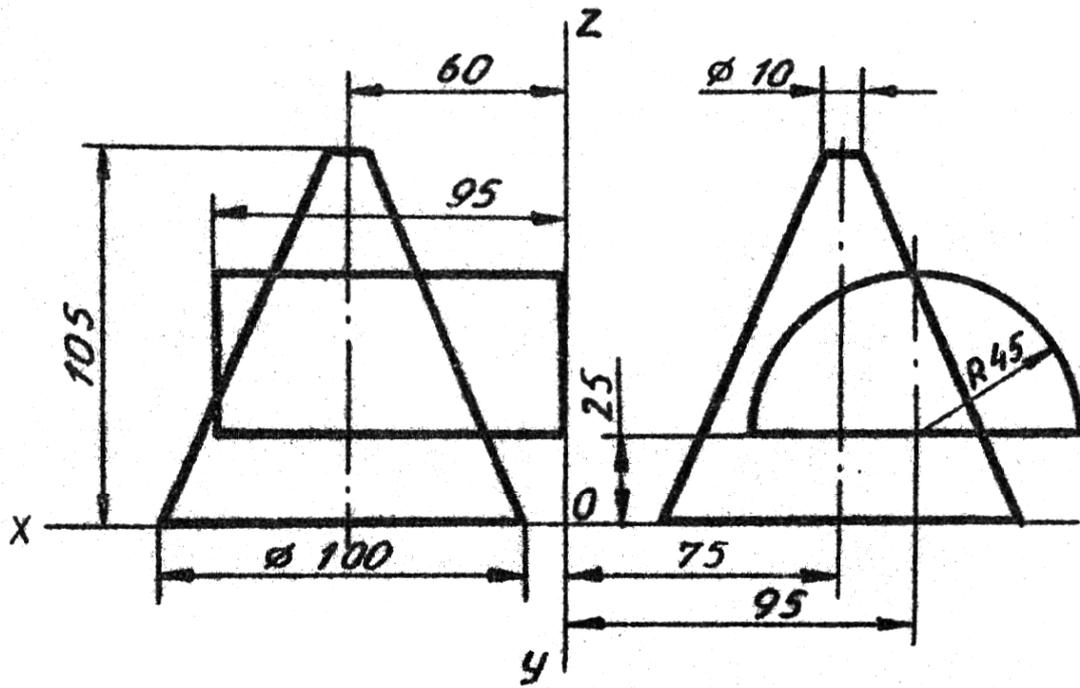
12



Прямоугольная диметрическая проекция призмы

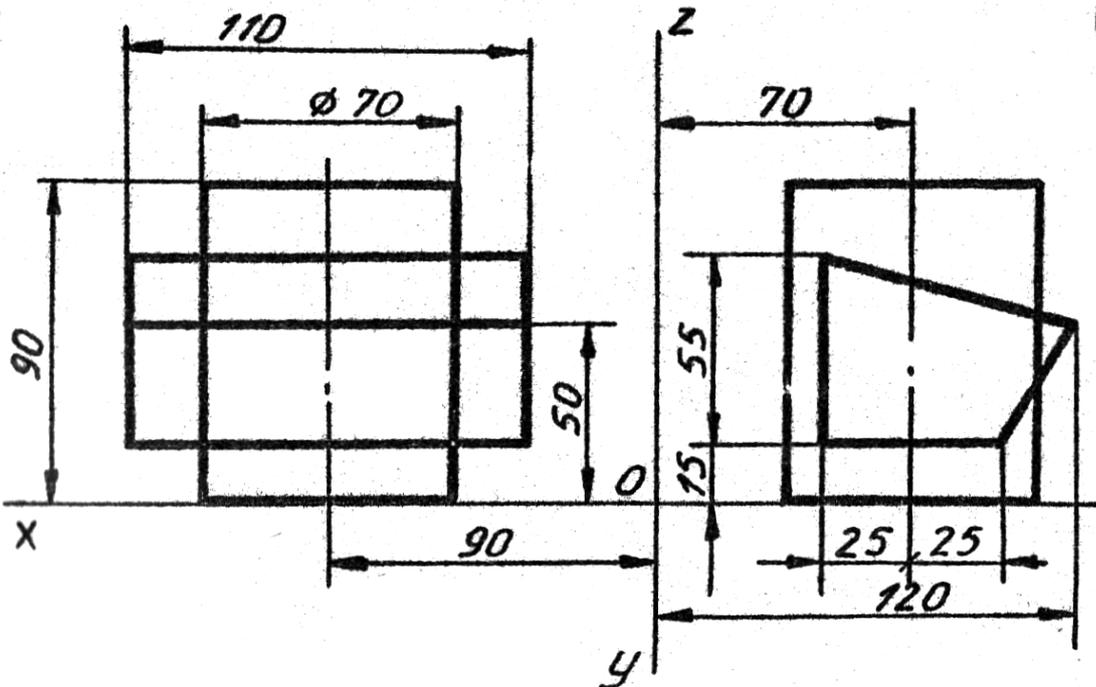
Рис. 65

13



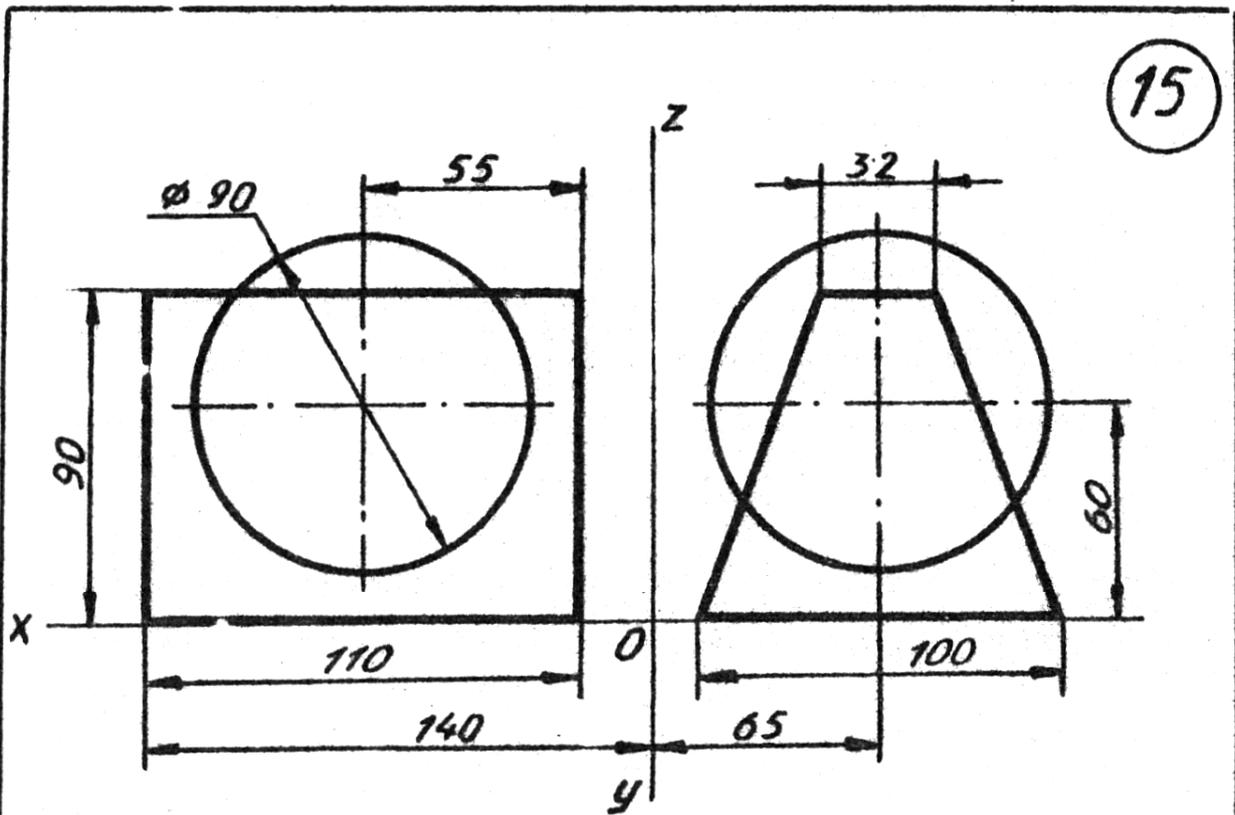
Прямоугольная изометрическая проекция конуса

14



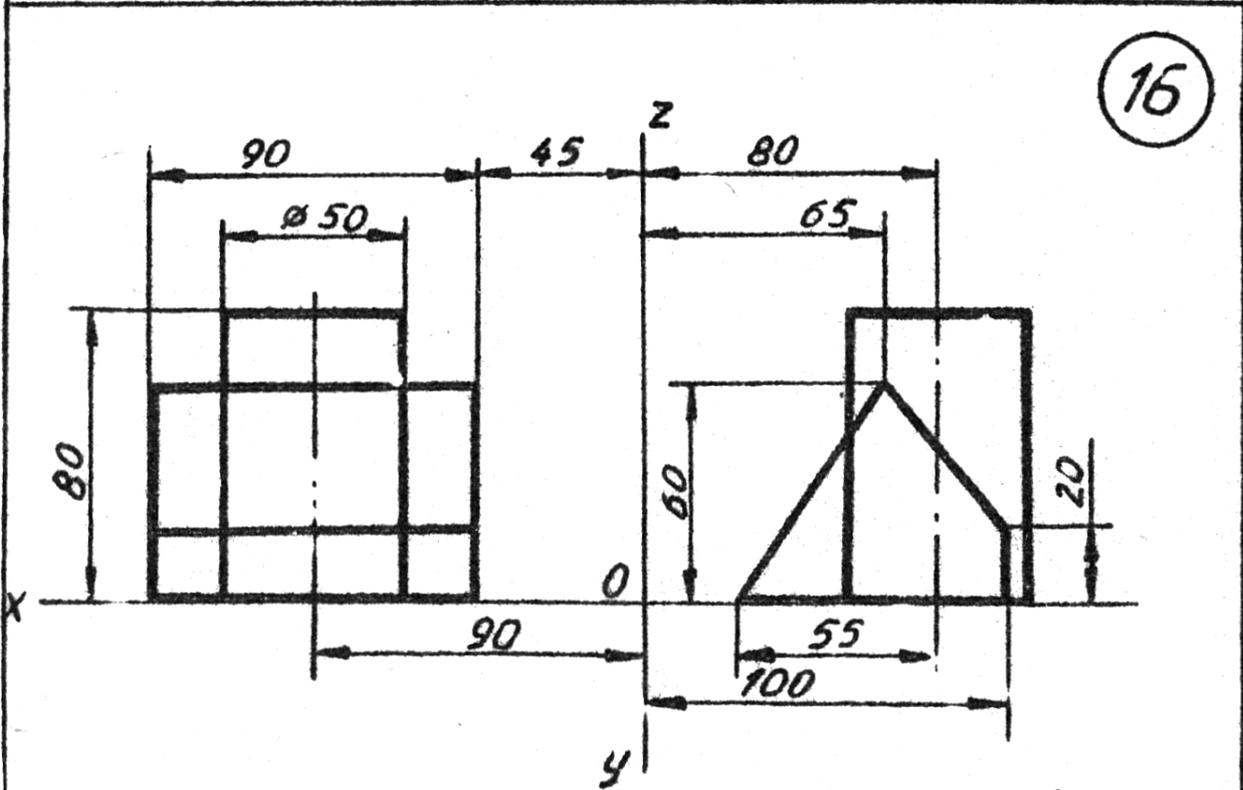
Прямоугольная изометрическая проекция призмы

Рис. 66



15

Прямоугольная диметрическая проекция призмы



16

Прямоугольная изометрическая проекция призмы

Рис. 67

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Единая система конструкторской документации: Общие правила выполнения чертежей. ГОСТ 2.301–68 – ГОСТ 2.320–82. М.: Изд. стандартов, 1984. 239 с.
 2. А к с е н о в а Е.А., Б ы к о в а Г.Ф., Ж у р а в л е в а В.Н. и др. Курс начертательной геометрии с учетом принципов программированного обучения / Под ред. проф. Н.Ф. Четверухина. М.: Высшая школа, 1968. 266 с.
 3. В и н о г р а д о в В.Н. Начертательная геометрия. 2-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1989. 239 с.
 4. П о п о в Н.А. Курс начертательной геометрии. М.; Л.: ОГИЗ, 1947. 459 с.
 5. Г о д и к Е.И., Х а с к и н А.М. Справочное руководство по черчению. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1974. 696 с.
 6. П у г а ч е в А.С., Н и к о л ь с к и й Л.П. Техническое рисование. Учебное пособие для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1976. 160 с.
 7. В а с и л е н к о Е. А. Карточки-задания по черчению для 9 класса: Пособие для учителей. 2-е изд. перераб. М.: Просвещение, 1979. 223 с.
 8. Б о г д а н о в В.Н., М а л е ж и к И.Ф., В е р х о л а А.П. и др. Справочное руководство по черчению. М.; Машиностроение, 1989. 864 с.
 9. П о с в я н с к и й А. Д. Краткий курс начертательной геометрии: Учебник для всех специальностей втузов, кроме строит. и архит. 3-е изд. М.: Высшая школа, 1970. 240 с.
 10. С о л о в ь е в С.А., Б у л а н ж е Г.В., Ш у л ь г а А.К. Черчение и перспектива: Учебник для учащихся техникумов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1982. 319 с.
 11. К л и м у х и ч А.Г. Начертательная геометрия: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1978. 334с.
 12. Ф р о л о в С.А. Начертательная геометрия: Учебник втузов. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
 13. Р а у ш е н б а х Б.В. Системы перспективы в изобразительном искусстве. Общая теория перспективы. М.: Наука, 1986. 225 с.
-

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Общие сведения	4
Прямоугольные аксонометрические проекции	6
Косоугольные аксонометрические проекции.....	13
Аксонометрическая проекция окружности	17
Аксонометрические проекции плоских фигур.....	28
Построение сопряжений.....	32
Построение кривых линий	32
Аксонометрические проекции геометрических тел	35
Пересечение поверхностей вращения плоскостями	45
Пересечение поверхностей	50
Построение поверхностей с двойным проницанием	55
Последовательность построения аксонометрических проекций деталей	55
Условности выполнения аксонометрических проекций	58
Аксонометрические проекции сборочных единиц	62
Вопросы для самопроверки	64
Задачи для самостоятельного решения.....	65
Рекомендуемая литература	75

Редактор Н.Г.Петрова

Технический редактор О.А.Осинцева

Подписано к печати 28.12.94. Формат бумаги 60x84/16. Печать
офсетная. Уч.-изд.л. 4,75. Усл.п.л. 4,42. Тираж 500 экз.

Заказ № 38

Педуниверситет, Новосибирск, 126, Вилюйская, 28
Редакционно-полиграфическое объединение СО РАСХН, ротاپринт
633128, Новосибирская область