

ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Г Л А В А 11

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДАХ ПРОЕЦИРОВАНИЯ

Предметы, которые мы видим: сооружения, машины, механизмы, детали — можно изображать на плоскости разными способами. Одним из этих способов является рисование. При рисовании предмет изображается от руки так, как это воспринимается нашим зрением или воображением. Рисунок передает форму предмета и его отдельные части с искажением, например деталь на рис. 81. По этому рисунку мы не можем получить точное представление о формах и размерах отверстий и отдельных элементах детали. Все круглые отверстия изображаются овалами. Поэтому такой передачей формы и размеров изделия пользуются в технике только для вспомогательных изображений.

В отличие от рисунка чертеж может передавать форму предмета не одним, а несколькими изображениями (проекциями, видами). При этом каждая отдельная проекция (вид) на чертеже изображает только одну сторону предмета. Такой вид изображения помогает точно установить формы и размеры изделия.

Чертежи выполняются методом прямоугольного проецирования с соблюдением ряда правил.

Рассмотрим существующие методы проецирования.

Способы изображения пространственных форм на плоскости рассматриваются и изучаются предметом, который называется начертательной геометрией.

На начертательной геометрии базируется проекционное черчение, которое является основой машиностроительного черчения. В проекционном черчении изучаются приемы изображения геометрических тел и их сочетаний.

Любую сложную форму детали машин можно представить как совокупность простейших геометрических тел или их частей. Поверхности деталей машин представляют собой плоскости и другие поверхности, чаще всего поверхности вращения (цилиндрическая, коническая, сферическая, торо-

вая, винтовая). Пример детали, ограниченной такими поверхностями, показан на рис. 81.

Изображение на плоскости предмета, расположенного в пространстве, полученное с помощью прямых линий — лучей, проведенных через каждую характерную точку предмета до пересечения этих лучей с плоскостью, называется проекцией этого предмета на данную плоскость.

Точки пересечения лучей с плоскостью называются проекциями точек предмета, а плоскость, на которую проецируются точки, — плоскостью проекций.

Если все лучи, называемые проецирующими прямыми, проводятся из одной точки (центра) O , то полученное на плоскости проекций изображение предмета называется его центральной проекцией.

Центральная проекция предмета получается следующим образом: из точки схода лучей O



РИС. 81

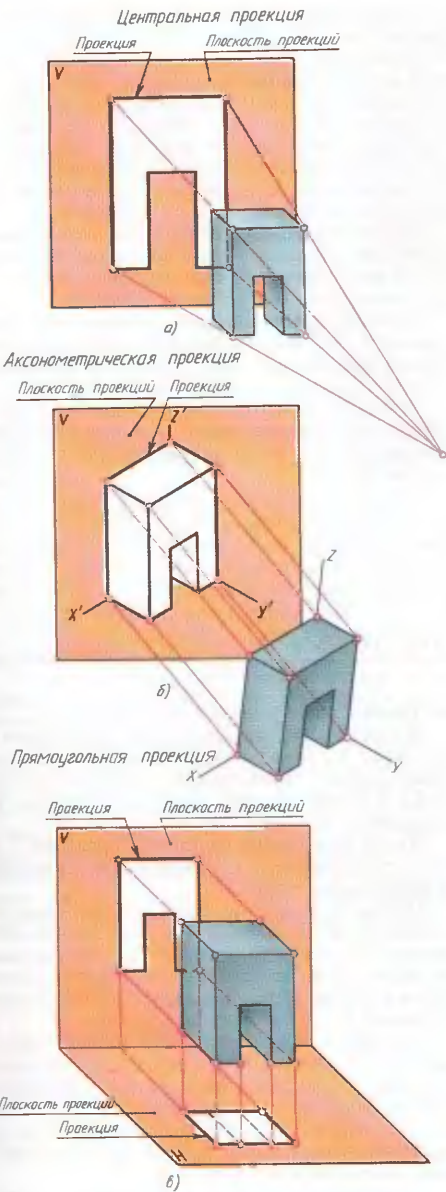


РИС. 82

(рис. 82, а), называемой центром проекций, проводят ряд проецирующих лучей через все наиболее характерные точки предмета до пересечения с плоскостью проекций V .

В результате получим изображение предмета, называемое его проекцией. Это изображение получается увеличенным — размеры изображения не соответствуют действительным размерам предмета — и дает представление только о форме предмета, а не о его размерах. Поэтому центральные проекции в машиностроительных чертежах почти не применяются.

АксонOMETРИЧЕСКАЯ проекция предмета получается, если точку схода лучей (центр проецирования) мысленно перенести в бесконечность (отодвинуть от плоскости проекций бесконечно далеко).

При построении аксонометрической проекции предмет также помещается перед плоскостью проекций V , проецируют предмет вместе с осями x , y и z на эту плоскость. Проецирующие лучи проводят параллельно друг другу (рис. 82, б).

АксонOMETРИЧЕСКИЕ проекции дают наглядное, но искаженное изображение предмета: прямые углы преобразуются в острые и тупые, окружности — в эллипсы и т.д. В технике аксонометрические

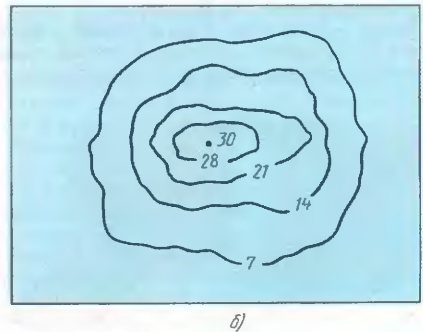
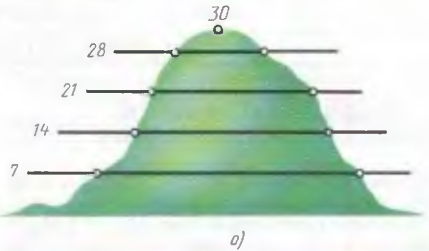


РИС. 83

кие проекции применяются только в тех случаях, когда требуется выполнить наглядное изображение.

Прямоугольные (ортогональные) проекции. Здесь центр проекции также удален от плоскости проекций бесконечно далеко, проецирующие лучи параллельны и составляют с плоскостью проекций прямой угол (отсюда и название — прямоугольные проекции).

Производные чертежи выполняют в прямоугольных проекциях. Предмет располагают перед плоскостью проекций так, чтобы большинство его линий и плоских поверхностей были параллельны этой плоскости (рис. 82, в). Тогда эти линии и поверхности будут изображаться на плоскости проекций в действительном виде.

Изображение на одну плоскость V в общем случае не дает представления об объеме предмета, поэтому прямоугольные проекции выполняют не на одной плоскости проекций, а на двух (плоскости V и H) или трех взаимно перпендикулярных плоскостях. По такому чертежу можно предста-

вить себе форму предмета и найти размеры всех элементов.

Проекция с числовыми отметками. В некоторых случаях применяют проекции с числовыми отметками, которые представляют собой прямоугольную (ортогональную) проекцию предмета на горизонтальную плоскость проекций, называемую плоскостью нулевого уровня. Расстояние каждой точки изображаемого объекта от плоскости нулевого уровня указывается числовой отметкой.

При этом используется только горизонтальная плоскость проекций. Например, на рис. 83, б показан топографический план, который изображает возвышенность (рис. 83, а).

Для построения профиля поверхности этой возвышенности все линии пересечения топографической поверхности с горизонталями переносят на чертеж.

Точки с одинаковым расстоянием от нулевого уровня образуют непрерывную линию, в разрыве которой ставится число, равное расстоянию до нулевого уровня.

Г Л А В А 12

ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ

§ 1. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ НА ДВЕ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ

Образование отрезка прямой линии AA_1 можно представить как результат перемещения точки A в какой-либо плоскости H (рис. 84, а), а образование плоскости — как перемещение отрезка прямой линии AB (рис. 84, б).

Точка — основной геометрический элемент линии и поверхности, поэтому изучение прямоугольного проецирования предмета начинается с

построения прямоугольных проекций точки.

В пространстве двугранного угла, образованного двумя перпендикулярными плоскостями — фронтальной (вертикальной) плоскостью проекций V и горизонтальной плоскостью проекций H , поместим точку A (рис. 85, а).

Линия пересечения плоскостей проекций V и H — прямая, которая называется осью проекций и обозначается буквой x .

Плоскость V здесь изображена в виде прямоугольника, а плоскость H — в виде параллелограмма. Наклонную сторону этого параллелограмма обычно проводят под углом 45° к его горизонтальной стороне. Длина наклонной стороны берется равной 0,5 ее действительной длины.

Из точки A опускают перпендикуляры на плоскости V и H . Тогда a' и a пересечения перпендикуляров с плоскостями проекций V и H являются прямоугольными проекциями точки A . Фигура Aaa_xa' в пространстве — прямоугольник. Сторона aa_x этого прямоугольника на наглядном изображении уменьшается в 2 раза.

Совместим плоскости H с плоскостью V , вращая V вокруг линии пересечения плоскостей x . В

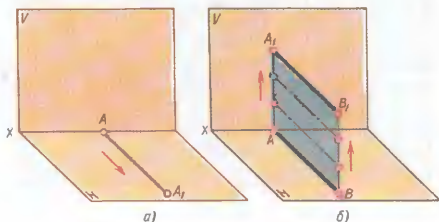


РИС. 84

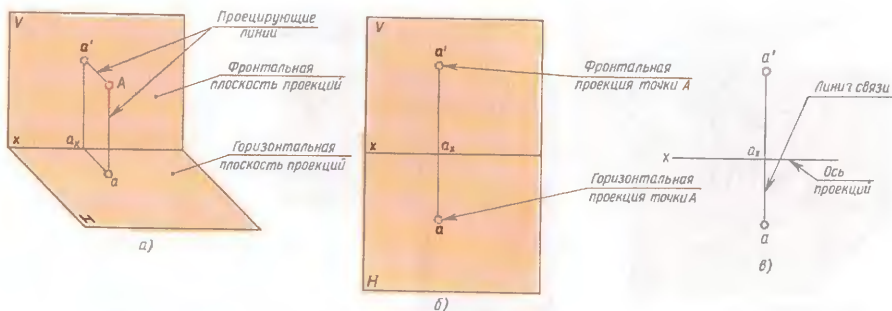


РИС. 85

результате получается комплексный чертёж точки A (рис. 85, б).

Для упрощения комплексного чертежа границы плоскостей проекций V и H не указывают (рис. 85, в).

Перпендикуляры, проведенные из точки A к плоскостям проекций, называются проецирующими линиями, а основания этих проецирующих линий — точки a и a' — называются проекциями точки A : a' — фронтальная проекция точки A , a — горизонтальная проекция точки A .

Линия $a'a$ называется вертикальной линией проекционной связи.

Расположение проекции точки на комплексном чертеже зависит от положения этой точки в пространстве.

Если точка A лежит на горизонтальной плоскости проекций H (рис. 86, а), то ее горизонтальная проекция a совпадает с заданной точкой, а фронтальная проекция a' располагается на оси x . При расположении точки B на фронтальной плоскости проекций V ее фронтальная проекция совпадает с этой точкой, а горизонтальная проекция лежит на оси x . Горизонтальная и фронтальная проекции заданной точки C , лежащей на оси x ,

совпадают с этой точкой. Комплексный чертёж точек A , B и C показан на рис. 86, б.

§ 2. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ НА ТРИ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ

В тех случаях, когда по двум проекциям нельзя представить себе форму предмета, его проецируют на три плоскости проекций. В этом случае вводится профильная плоскость проекций W , перпендикулярная плоскостям V и H . Наглядное изображение системы из трех плоскостей проекций дано на рис. 87, а.

Ребра трехгранного угла (пересечение плоскостей проекций) называются осями проекций и обозначаются x , y и z . Пересечение осей проекций называется началом осей проекций и обозначается буквой O . Опустим из точки A перпендикуляр на плоскость проекций W и, отметив основание перпендикуляра буквой a'' , получим профильную проекцию точки A .

Для получения комплексного чертежа точки A плоскости H и W совмещают с плоскостью V , вращая их вокруг осей Ox и Oz . Комплексный чертёж точки A показан на рис. 87, б и в.

Отрезки проецирующих линий от точки A до плоскостей проекций называются координатами точки A и обозначаются: x_A , y_A и z_A .

Например, координата z_A точки A , равная отрезку $a'a_x$ (рис. 88, а и б), есть расстояние от точки A до горизонтальной плоскости проекций H . Координата y_A от точки A , равная отрезку aa_x , есть расстояние от точки A до фронтальной плоскости проекций V . Координата x_A , равная отрезку aa_y , — расстояние от точки A до профильной плоскости проекций W .

Таким образом, расстояние между проекцией точки и осью проекции определяют координаты

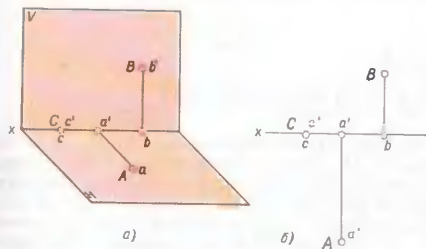


РИС. 86

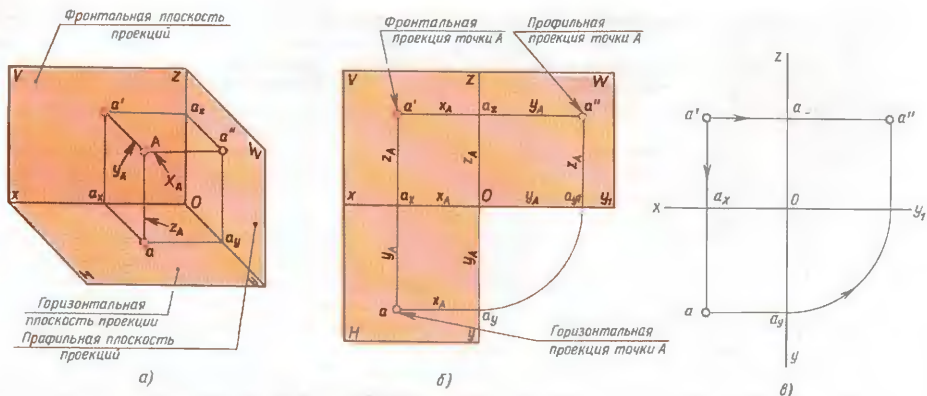


РИС. 87

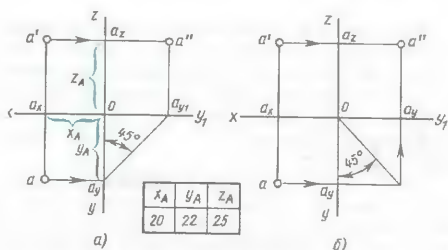


РИС. 88

точки и являются ключом к чтению ее комплексного чертежа. По двум проекциям точки всегда можно определить все три координаты точки.

Если заданы координаты точки A (например, $x_A = 20$ мм, $y_A = 22$ мм и $z_A = 25$ мм), то можно построить три проекции этой точки.

Для этого от начала координат O по направлению оси Oz откладывают вверх координату z_A и вниз координату y_A . Из концов отложенных отрезков — точек a_z и a_y (рис. 88, а) — проводят прямые, параллельные оси Ox , и на них откладывают отрезки, равные координате x_A . Полученные точки a' и a — фронтальная и горизонтальная проекции точки A .

По двум проекциям a' и a точки A построить ее профильную проекцию можно тремя способами:

- 1) из начала координат O проводят вспомогательную дугу радиусом Oa_y , равным координате y_A (рис. 87, б и в), из полученной точки a_{y1} проводят прямую, параллельную оси Oz , и откладывают отрезок, равный z_A ;
- 2) из точки a_y проводят вспомогательную прямую под углом 45° к оси Oy (рис. 88, а), получают точку a_{y1} и т.д.;
- 3) из начала координат O проводят вспомогательную прямую под углом 45° к оси Oy (рис. 88, б), получают точку a_{y1} и т.д.

Г Л А В А 13

ПРОЕЦИРОВАНИЕ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ ЛИНИИ

§ 1. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ ЛИНИИ НА ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ

Прямая линия AB определяется двумя точками, которые находятся на концах отрезка.

Прямоугольную проекцию отрезка AB можно построить следующим образом (рис. 89, а).

Опустив перпендикуляры из точек A и B на плоскость H , получим проекции a и b этих точек. Соединив точки a и b прямой линией, получим искомую горизонтальную проекцию отрезка AB .

Если взять на отрезке прямой линии AB точки A, C, D, E, B (рис. 89, б) и из каждой точки опустить перпендикуляры на плоскость H , то совокуп-

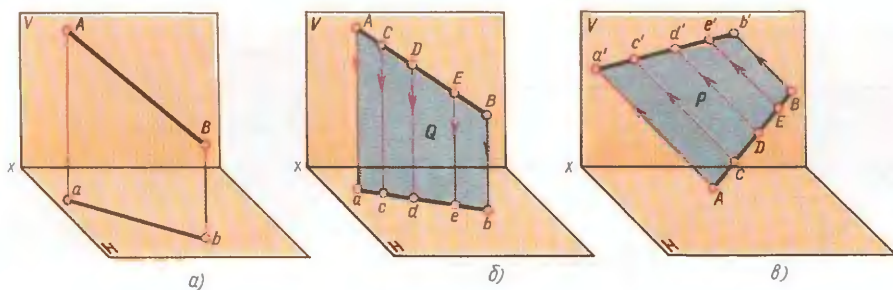


РИС. 89

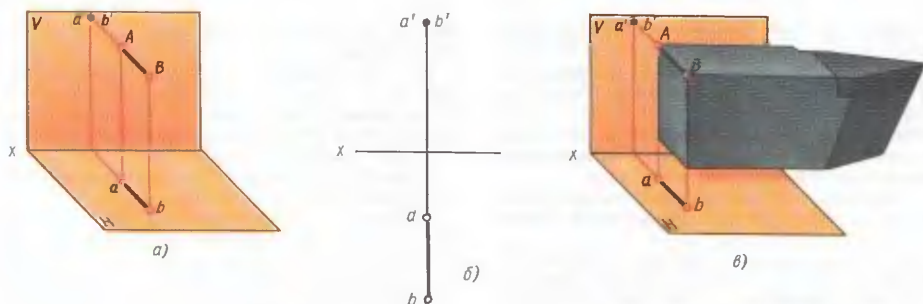


РИС. 90

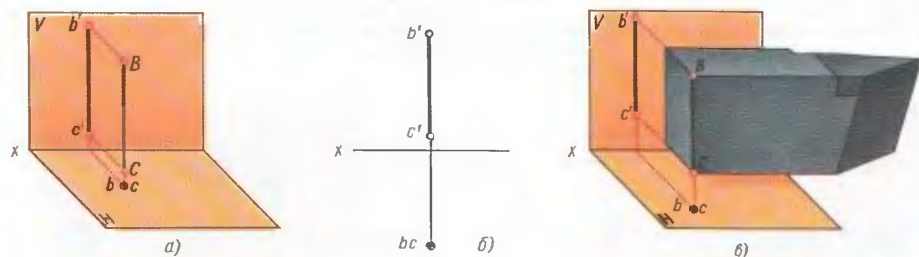


РИС. 91

ность этих перпендикуляров можно рассматривать как плоскость Q , перпендикулярную плоскости H . Плоскость Q пересечет плоскость H по прямой линии, на которой располагаются точки пересечения всех перпендикуляров с плоскостью H . Так как эти точки являются проекциями точек отрез-

ка AB , то, следовательно, и отрезок ab будет проекцией отрезка AB . Таким образом, проекцию отрезка AB на плоскости H можно получить, если через отрезок AB провести плоскость Q , перпендикулярную плоскости H , до их взаимного пересечения. Линия пересечения

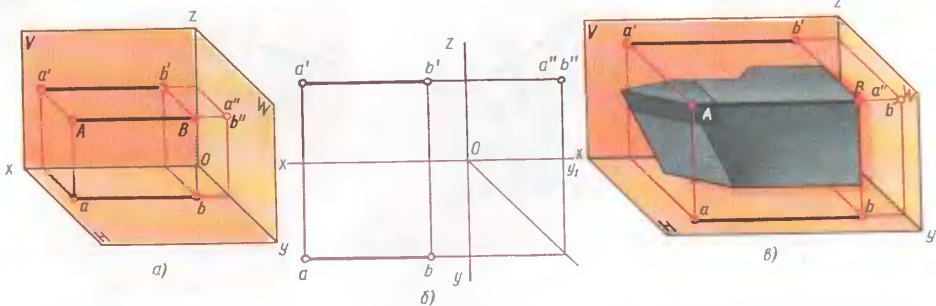


РИС. 92

плоскостей и будет горизонтальной проекцией отрезка AB .

На рис. 89, в показано построение фронтальной проекции отрезка AB . Плоскость P перпендикулярна плоскости V .

Рассмотрим различные случаи расположения отрезков прямой линии относительно плоскостей проекций H , V и W .

1. Прямая, перпендикулярная плоскости V , называется **фронтально-проецирующей прямой** (рис. 90, а).

Из комплексного чертежа отрезка AB (рис. 90, б) видно, что горизонтальная проекция ab перпендикулярна оси x и по длине равна отрезку AB , а фронтальная проекция $a'b'$ является точкой.

Если, например, резец расположить так, чтобы его длинные ребра были параллельны плоскостям V и H , то ребро AB будет фронтально-проецирующей прямой (рис. 90, в).

2. Прямая, перпендикулярная плоскости H

(рис. 91, а), называется **горизонтально-проецирующей прямой**.

Из комплексного чертежа отрезка BC (рис. 91, б) видно, что фронтальная проекция $b'c'$ перпендикулярна оси x и по длине равна отрезку BC , а горизонтальная проекция bc (точки совпадают) является точкой.

Ребро BC резца на рис. 91, в является горизонтально-проецирующей прямой.

3. Прямая, перпендикулярная плоскости W , называется **профильно-проецирующей прямой** (рис. 92, а). На комплексном чертеже обе проекции отрезка AB — фронтальная и горизонтальная — параллельны оси Ox и по длине равны отрезку AB (рис. 92, б). Профильная проекция $a''b''$ отрезка AB — точка.

Длинное ребро AB резца (рис. 92, в) — профильно-проецирующая прямая.

4. Прямая, параллельная горизонтальной плоскости проекций, называется **горизонтальной прямой** или **горизонталью** (рис. 93, а). На ком-

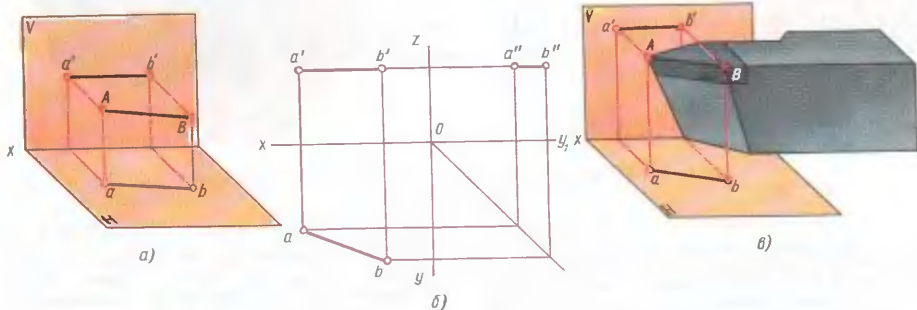


РИС. 93

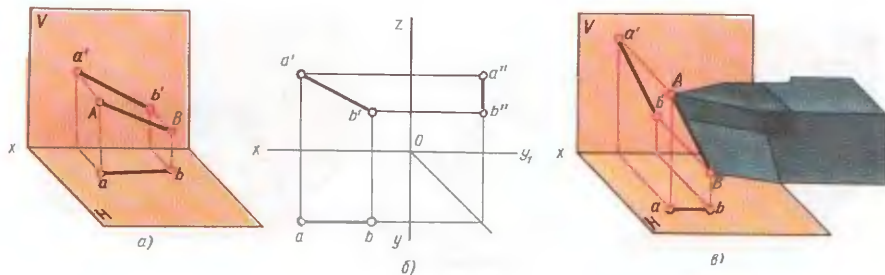


РИС. 94

плесном чертеже горизонтали AB (рис. 93, б) видно, что фронтальная $a'b'$ и профильная $a''b''$ проекции параллельны соответственно осям проекций Ox и Oy_1 . Горизонтальная проекция ab горизонтали AB расположена под углом к оси Ox и равна длине отрезка AB .

Ребро AB (режущая кромка) головки резца (рис. 93, в) параллельно плоскости H и представляет собой горизонталь.

5. Прямая, параллельная плоскости V , называется **фронтальной прямой** или **фронталью** (рис. 94, а).

Горизонтальная проекция ab фронтальной AB параллельна оси Ox (рис. 94, б). Фронтальная проекция $a'b'$ фронтальной наклонена к оси Ox и равна действительной длине отрезка AB . Профильная проекция $a''b''$ фронтальной AB параллельна оси Oz .

Ребро AB резца (рис. 94, в) параллельно плоскости V и, следовательно, представляет собой фронталь.

6. Прямая, не параллельная ни одной из трех плоскостей проекций, называется **прямой общего положения**.

Возьмем отрезок AB прямой общего положения (рис. 95, а) и построим горизонтальную ab и фронтальную $a'b'$ проекции этого отрезка. Комплексный чертеж отрезка прямой общего положения показан на рис. 95, б.

По двум проекциям $a'b'$ и ab отрезка прямой общего положения можно, применяя известное уже правило (см. рис. 86, б), построить третью проекцию $a''b''$ (рис. 95, б).

У отрезного резца (рис. 95, в) ребро AB представляет собой прямую общего положения.

Рассмотренные прямые часто применяются в построениях, поэтому, изучая их комплексные чертежи, надо запомнить, как та или иная проекция прямой располагается относительно осей проекций.

§ 2. УГОЛ МЕЖДУ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТЬЮ ПРОЕКЦИЙ

Горизонталь, фронталь, профильная прямая и прямая общего положения расположены под углом к соответствующим плоскостям проекций.

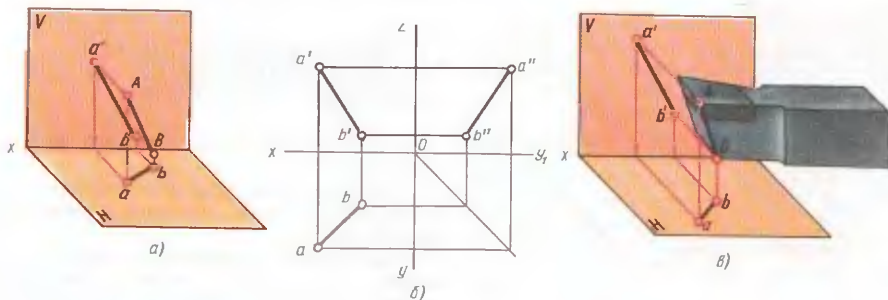


РИС. 95

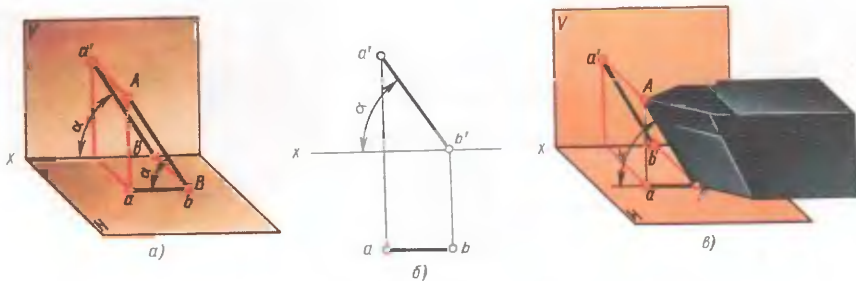


РИС. 96

Угол прямой линии с плоскостью проекций определяется как острый угол между этой прямой и ее проекцией на данную плоскость. Например, отрезок фронтали AB (рис. 96, a) составляет угол α с горизонтальной плоскостью проекций H .

Разберем способ определения угла между прямой и плоскостью проекций на комплексном чертеже. Если прямая — фронталь, то, как видно на рис. 96, b , угол между фронталью и горизонтальной плоскостью проекций H на комплексном чертеже равен углу между фронтальной проекцией фронтали $a'b'$ и осью проекций x .

Ребро AB резьбового резца (рис. 96, $в$) параллельно фронтальной плоскости проекций, т.е. ребро AB — фронталь. Так как основание резца расположено на горизонтальной плоскости проекций H , то угол α является углом между прямой AB и плоскостью H . Таким образом, по чертежу резца можно определить угол α между ребром AB и основанием резца. Следовательно, если прямая имеет какую-либо проекцию, равную действительной ее длине, то на комплексном чертеже

угол между проекцией этой прямой и плоскостью проекций будет действительным углом.

§ 3. СЛЕДЫ ПРЯМОЙ ЛИНИИ

Следом прямой линии называется точка пересечения прямой с плоскостью проекций.

Чтобы найти фронтальный след прямой AB (рис. 97, a), необходимо продолжить ее горизонтальную проекцию ab до пересечения с осью x в точке v , а затем из точки v восстановить перпендикуляр к оси x и найти точку v' пересечения этого перпендикуляра с продолжением фронтальной проекции отрезка. Тогда v' — искомый фронтальный след прямой AB или точнее — фронтальная проекция фронтального следа; точка v — горизонтальная проекция горизонтального следа; точка h' — фронтальная проекция горизонтального следа.

На комплексном чертеже отрезка AB эти построения выполняются аналогично (рис. 97, $б$).

Из чертежа видно, что одна из двух проекций каждого следа прямой расположена на оси x .

§ 4. ИЗОБРАЖЕНИЕ ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ДВУХ ПРЯМЫХ НА КОМПЛЕКСНОМ ЧЕРТЕЖЕ

Из курса начертательной геометрии известно, что:

а) если прямые параллельны в пространстве, то их одноименные проекции параллельны (рис. 98, a);

б) если прямые пересекаются в точке A , то их одноименные проекции тоже пересекаются (рис. 98, $б$); при этом проекции точки пересече-

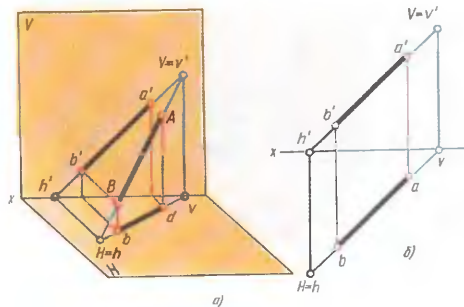


РИС. 97

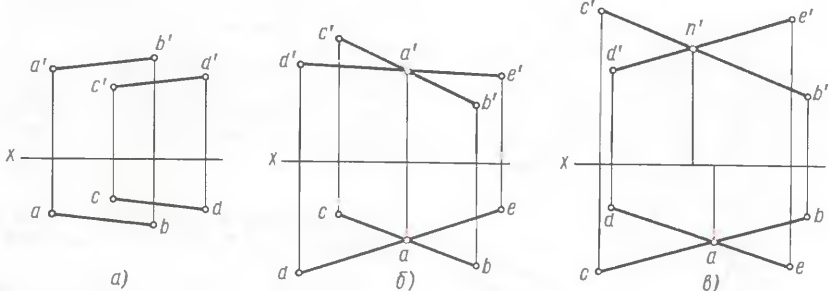


РИС. 98

ния A обязательно располагаются на одном перпендикуляре к оси (на одной линии связи);

в) если точки пересечения проекций прямых, например, n' и a не расположены на одном перпендикуляре к оси x (рис. 98, в), то прямые скрещиваются.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие прямые называются прямыми общего положения?
2. Назовите основные плоскости проекций.
3. Что такое комплексный чертёж и каковы правила его построения?
4. Назовите возможные относительные положения двух прямых линий.
5. Дайте определение горизонтально-, фронтально- и профильно-проецирующей прямой.
6. Что называется следом прямой?

Г Л А В А 14

ПРОЕЦИРОВАНИЕ ПЛОСКИХ ФИГУР

§ 1. ИЗОБРАЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ НА КОМПЛЕКСНОМ ЧЕРТЕЖЕ

Плоскостью называется поверхность, образуемая движением прямой линии, которая движется параллельно самой себе по неподвижной направляющей прямой (см. рис. 89, б и в).

Проекция плоскости на комплексном чертеже будут различны в зависимости от того, чем она задана. Как известно из геометрии, плоскость может быть задана: а) тремя точками, не лежащими на одной прямой; б) прямой линией и точкой, лежащей вне этой прямой; в) двумя пересекающимися прямыми; г) двумя параллельными прямыми.

На комплексном чертеже (рис. 99) плоскости задаются аналогично, например, на рис. 99, а — проекциями трех точек A , B и C , не лежащих на одной прямой; на рис. 99, б — проекциями прямой BC и точки A , не лежащей на этой прямой; на рис. 99, в — проекциями двух пересекающихся прямых; на рис. 99, г — проекциями двух параллельных прямых линий AB и CD .

На рис. 100 плоскость задана прямыми линиями, по которым эта плоскость пересекает плоскости проекций. Такие линии называются **следами плоскости**.

Линия пересечения данной плоскости P с горизонтальной плоскостью проекций H называется горизонтальным следом плоскости P и обозначается P_H .

Линия пересечения плоскости P с фронтальной плоскостью проекций V называется фронтальным следом этой плоскости и обозначается P_V .

Линия пересечения плоскости P с профильной плоскостью проекций W называется профильным следом этой плоскости и обозначается P_W .

Следы плоскости пересекаются на осях проекций. Точки пересечения следов плоскости с осями проекций называются точками схода следов. Эти точки обозначаются P_x , P_y и P_z .

Расположение следов плоскости P на комплексном чертеже относительно осей проекций определяет положение самой плоскости относительно плоскостей проекций. Например, если плоскость P имеет фронтальный и профильный следы P_V и

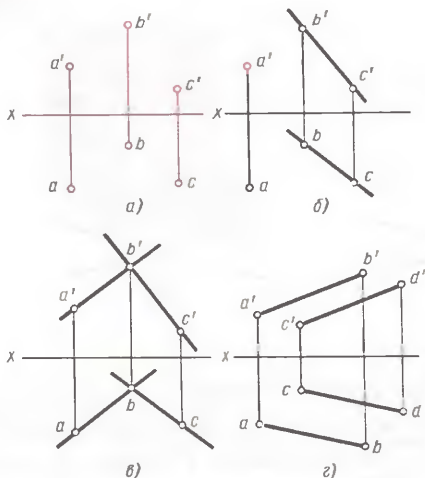


РИС. 99

P_W , параллельные осям Ox и Oy , то такая плоскость параллельна плоскости H и называется горизонтальной (рис. 101, а). Плоскость P со следами P_H и P_W , параллельными осям проекций Ox и Oz (рис. 101, б), называется фронтальной, а плоскость P со следами P_V и P_H , параллельными осям проекций Oy и Oz , — профильной (рис. 101, в).

Горизонтальная, фронтальная и профильная плоскости, перпендикулярные двум плоскостям

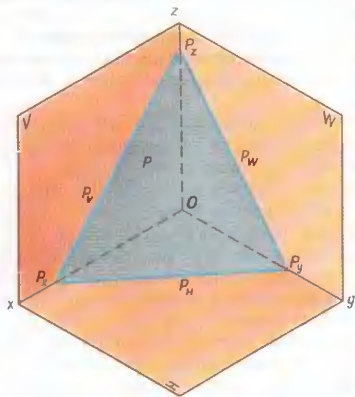


РИС. 100

проекций, называются плоскостями уровня. Если на комплексном чертеже плоскость уровня задана не следами, а какой-нибудь плоской фигурой, например треугольником или параллелограммом (рис. 101, г, д е), то на одну из плоскостей проекций эта фигура проецируется без искажения, а на две другие плоскости проекций — в виде отрезков прямых.

§ 2. ПРОЕЦИРУЮЩИЕ ПЛОСКОСТИ И ПЛОСКОСТЬ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ

Плоскость, перпендикулярная плоскости H (рис. 102, а), называется горизонтально-проецирующей плоскостью. Фронтальный след P_V этой плоскости перпендикулярен оси Ox , а горизонтальный след P_H расположен под углом к оси Ox (комплексный чертеж на рис. 102, а).

Если горизонтально-проецирующая плоскость задана не следами, а какой-либо фигурой, например треугольником ABC (рис. 102, б), то горизонтальная проекция этой плоскости представляет собой прямую линию, а фронтальная и профильная проекции — искаженный вид треугольника ABC .

Фронтально-проецирующей плоскостью называется плоскость, перпендикулярная фронтальной плоскости проекций (рис. 102, в).

Горизонтальный след этой плоскости перпендикулярен оси Ox , а фронтальный след расположен под некоторым углом к оси Ox (комплексный чертеж на рис. 102, в).

При задании фронтально-проецирующей плоскости не следами, а, например, параллелограммом $ABCD$ фронтальная проекция такой плоскости представляет собой прямую линию (рис. 102, г), а на горизонтальную и профильную плоскости проекций параллелограмм проецируется с искажением.

Профильно-проецирующей плоскостью называется плоскость, перпендикулярная плоскости W (рис. 102, д). Следы P_V и P_H этой плоскости параллельны оси Ox .

При задании профильно-проецирующей плоскости не следами, а, например, треугольником ABC (рис. 102, е) профильная проекция такой плоскости представляет собой прямую линию. Плоскости, перпендикулярные двум плоскостям проекций, как было сказано, называются плоскостями уровня.

Если плоскость P не перпендикулярна ни одной из плоскостей проекций (рис. 102, ж), то такая плоскость называется плоскостью общего положения. Все три следа P_V , P_H и P_W плоскости P наклонены к осям проекций.

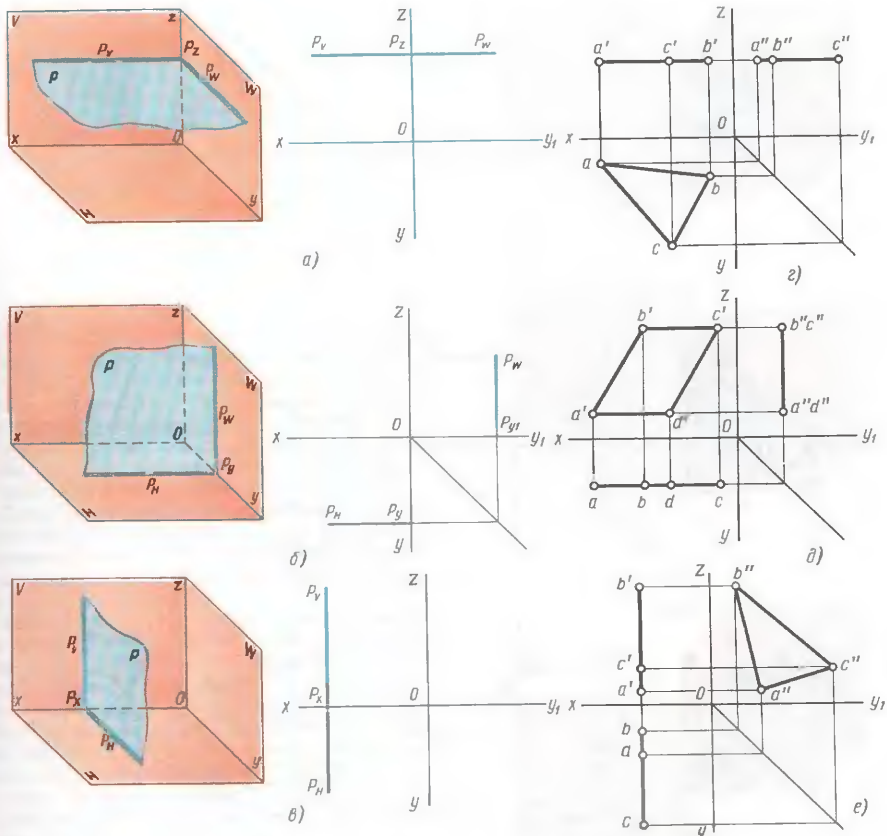


РИС. 101

Если плоскость общего положения задана не следами, а, например, треугольником ABC (рис. 102, а), то этот треугольник проецируется на плоскости H , V и W в искаженном виде.

§ 3. ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ПЛОСКОСТИ

Если прямая расположена на плоскости, то она должна проходить через две какие-либо точки, принадлежащие этой плоскости. Такие две точки могут быть взяты на следах плоскости — одна на горизонтальном, а другая на фронтальном. Так

как следы прямой и плоскости находятся на плоскостях проекций H и V , то следы прямой, принадлежащей плоскости, должны быть расположены на одноименных следах этой плоскости (рис. 103, а); например, горизонтальный след H прямой — на горизонтальном следе H_H плоскости, фронтальный след V прямой — на фронтальном следе V_V плоскости (рис. 103, б).

Для того чтобы на комплексном чертеже плоскости P , заданной следами, провести какую-либо прямую общего положения, необходимо наметить на следах плоскости точки v' и h и считать их следами искомой прямой (точнее, v' — фронтальной проекцией горизонтального следа прямой).

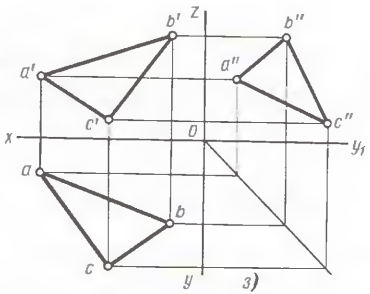
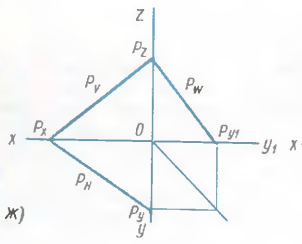
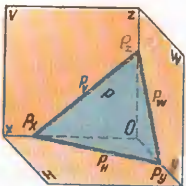
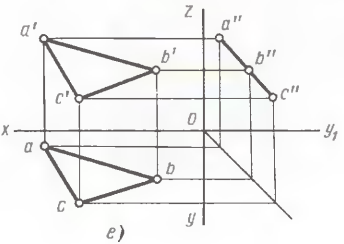
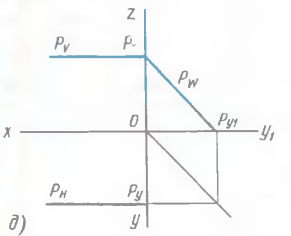
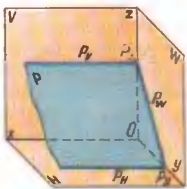
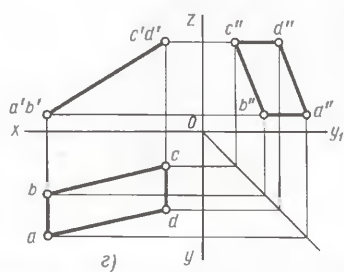
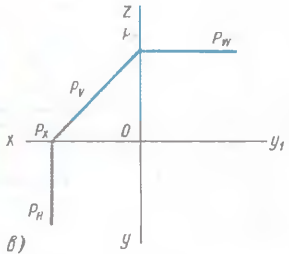
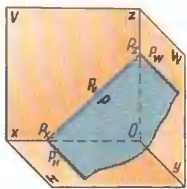
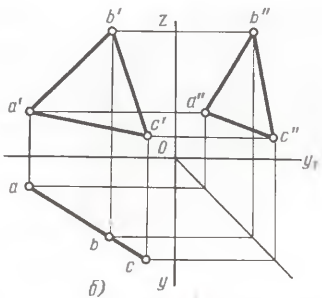
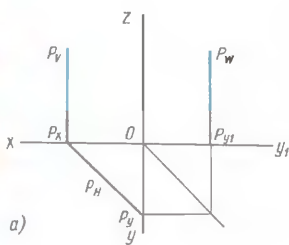
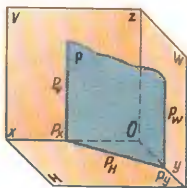


РИС. 102

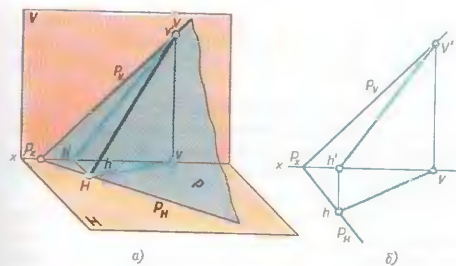


РИС. 103

Опустив перпендикуляры из v' и h на ось проекций x , находим на ней вторые проекции следов прямой: v — горизонтальную проекцию фронтального следа прямой и h' — фронтальную проекцию горизонтального следа прямой. Соединив одноименные проекции следов, т.е. $v'c$ и $h'c$ прямыми, получим две проекции прямой линии, расположенной в плоскости общего положения P .

Очень часто требуется провести на плоскости горизонталь и фронталь, которые называются линиями уровня плоскости. Главные линии помогают решать многие задачи проекционного черчения.

Горизонталь и фронталь имеют в системе двух плоскостей V и H только по одному следу (например, горизонталь имеет только фронтальный след). Поэтому, зная один след линии уровня, проекцию этой линии проводят по заранее известному направлению. Это направление для горизонтали видно из рис. 104, а, где показана плоскость общего положения и горизонталь, лежащая на ней. Из рисунка видно, что горизонтальная проекция горизонтали параллельна горизонтальному следу плоскости.

Таким образом, чтобы на комплексном чертеже плоскости P провести в этой плоскости какую-либо горизонталь, нужно наметить на следе P_V плоскости точку v' (рис. 104, б) и считать ее фронтальной проекцией фронтального следа горизонтали. Затем через точку v' параллельно оси x проводят прямую, которая будет фронтальной проекцией горизонтали.

Опустив перпендикуляр из точки v' на ось x , получают точку v , которая будет горизонтальной проекцией фронтального следа горизонтали. Прямая, проведенная из точки v параллельно следу P_H плоскости, представляет собой горизонтальную проекцию искомой горизонтали. Построение проекции фронтали показано на рис. 104, в и г.

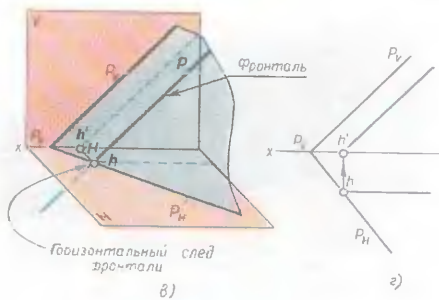
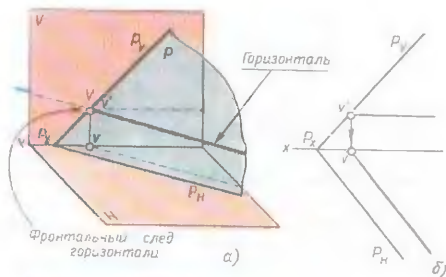


РИС. 104

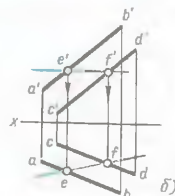
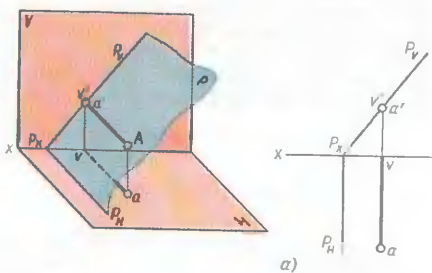


РИС. 105

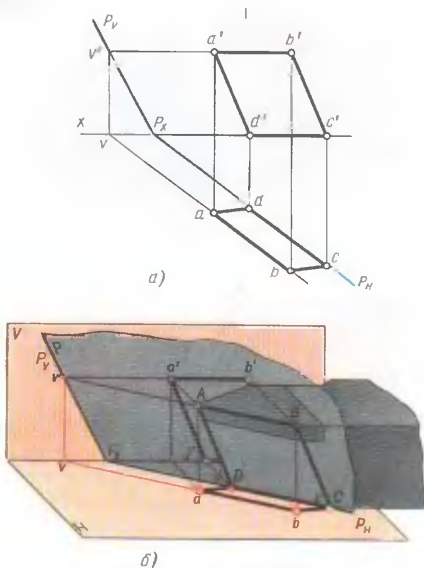


РИС. 106

Нередко требуется провести горизонталь и фронталь на проецирующих плоскостях. Рассмотрим, например, построение горизонтали на фронтально-проецирующей плоскости (рис. 105). На следе P_V плоскости P намечаем фронтальную проекцию v' фронтального следа горизонтали и на оси x находим его горизонтальную проекцию

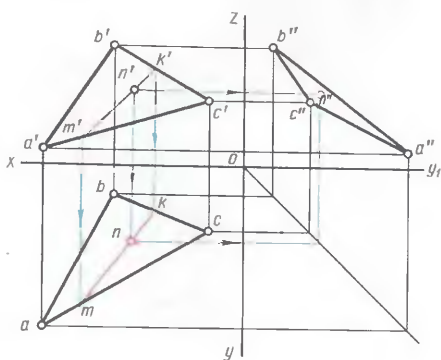


РИС. 107

v (рис. 105, а). Затем через точку v проводим параллельно P_H горизонтальную проекцию горизонтали; фронтальная проекция горизонтали совпадает с точкой v' .

Если плоскость задана не следами, а пересекающимися или параллельными прямыми, то построение проекций горизонтали или фронтали, расположенных в этой плоскости, выполняется следующим образом.

Пусть плоскость задана двумя параллельными прямыми AB и CD (рис. 105, б). Для построения горизонтали, лежащей в этой плоскости, проводим параллельно оси x фронтальную проекцию горизонтали и отмечаем точки e' и f' пересечения фронтальной проекции горизонтали с фронтальными проекциями параллельных прямых, которыми задана плоскость. Через точки e' и f' проводим вертикальные линии связи до пересечения с ab и cd в точках e и f . Точки e и f соединяем прямой линией, которая и будет горизонтальной проекцией горизонтали.

Если требуется найти следы плоскости, заданной пересекающимися или параллельными прямыми, надо найти следы этих прямых и через полученные точки провести искомые следы плоскости.

Рассмотрим комплексный чертеж параллелограмма $ABCD$ (рис. 106, а), который задает некоторую плоскость H , следовательно, его горизонтальная проекция dc является горизонтальным следом плоскости или горизонтальной проекцией горизонтального следа плоскости.

Чтобы найти фронтальный след этой плоскости, необходимо продолжить горизонтальную проекцию dc прямой DC до пересечения с осью x в точке P_x , через которую должен пройти искомый фронтальный след.

Второй точкой v' , через которую пройдет искомый фронтальный след плоскости, является фронтальный след прямой AB (фронтальная проекция фронтального следа). Фронтальную проекцию фронтального следа прямой AB находим, продолжив горизонтальную проекцию ab прямой AB до пересечения с осью x в точке v , которая будет горизонтальной проекцией искомого фронтального следа прямой AB . Фронтальная проекция фронтального следа этой прямой находится на перпендикуляре, восстановленном из точки v к оси x , в точке v' его пересечения с продолжением фронтальной проекции $a'b'$ прямой AB . Соединив точки P_x с v' , находим фронтальный след P_V плоскости.

Пример решения подобной задачи приведен на рис. 106, б.

Часто на комплексных чертежах приходится решать такую задачу: по одной из заданных про-

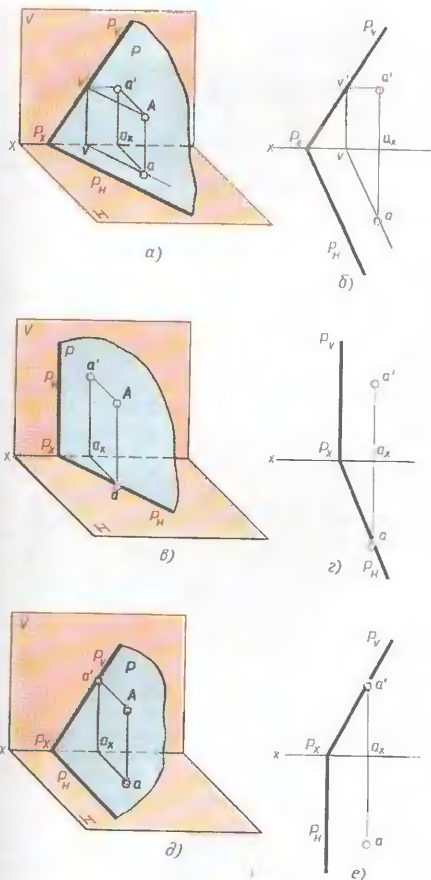


РИС. 108

екций точки, расположенной на заданной плоскости, определить две другие проекции точки.

Через заданную проекцию точки, например, фронтальную проекцию n' точки N , расположенной на плоскости треугольника ABC (рис. 107), проводим одноименную проекцию вспомогательной прямой любого направления, например, $m'k'$. Строим другую проекцию mk вспомогательной прямой. Для этого проводим вертикальные линии связи через точки m' и k' до пересечения с линиями ac и bc . Из точки n' проводим линию связи

до пересечения с проекцией mk в искомой точке n .

Профильную проекцию n'' находим по общим правилам проецирования.

В качестве вспомогательной прямой для упрощения построения чаще используются горизонталь или фронталь.

Чтобы найти какую-либо точку на плоскости P , например точку A (рис. 108, a и b), надо найти ее проекции a' и a , которые располагаются на одноименных проекциях горизонтали, проходящей через эту точку. Через точку A проведена горизонталь Av' .

Проводим проекции горизонтали: фронтальную — через v' параллельно оси x , горизонтальную — через v параллельно следу P_H плоскости P . На фронтальной проекции горизонтали намечаем фронтальную проекцию a' искомой точки и, проводя вертикальную линию связи, определяем горизонтальную проекцию a точки A .

Если точка лежит на проецирующей плоскости, то построение ее проекций упрощается. В этом случае одна из проекций точки всегда расположена на следу плоскости (точнее, на его проекции). Например, горизонтальная проекция a точки A , расположенной на горизонтально-проецирующей плоскости P , находится на горизонтальной проекции горизонтального следа плоскости (рис. 108, a и z).

При заданной фронтальной проекции a' точки A , лежащей на горизонтально-проецирующей плоскости P , найти вторую проекцию этой точки (горизонтальную) можно без вспомогательной прямой, посредством проведения линии связи через a' до пересечения со следом P_H .

Если точка расположена на фронтально-проецирующей плоскости P (рис. 108, d и e), то ее фронтальная проекция a' находится на фронтальном следе P_V плоскости P .

§ 4. ПРОЕКЦИИ ПЛОСКИХ ФИГУР

Зная построение проекций прямых и точек, расположенных на плоскости, можно построить проекции любой плоской фигуры, например, прямоугольника, треугольника, круга.

Как известно, каждая плоская фигура ограничена отрезками прямых или кривых линий, которые могут быть построены по точкам.

Проекции фигуры, ограниченной прямыми линиями (треугольника и многоугольника), строят по точкам (вершинам). Затем одноименные проекции вершин соединяют прямыми линиями и получают проекции фигур.

Проекции круга или другой криволинейной фигуры строят с помощью нескольких точек, ко-

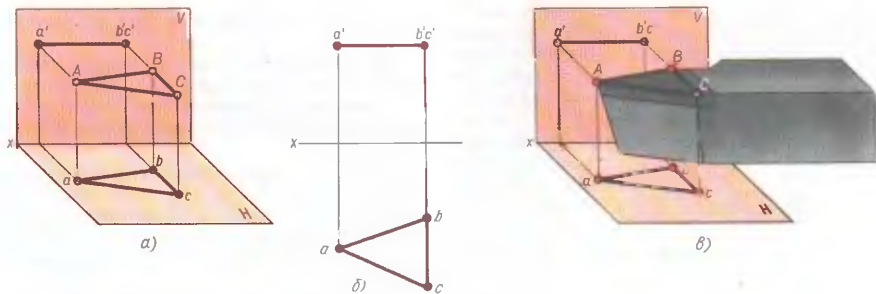


РИС. 109

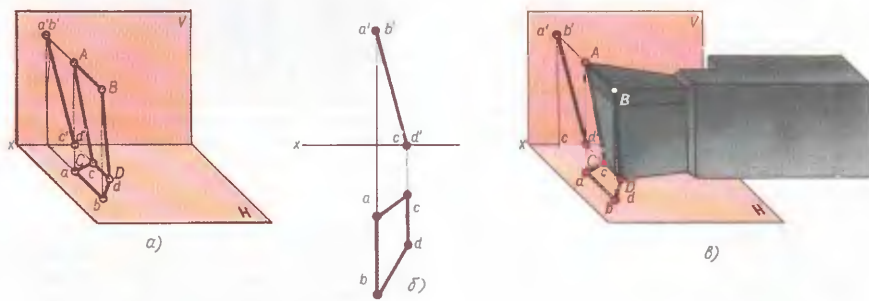


РИС. 110

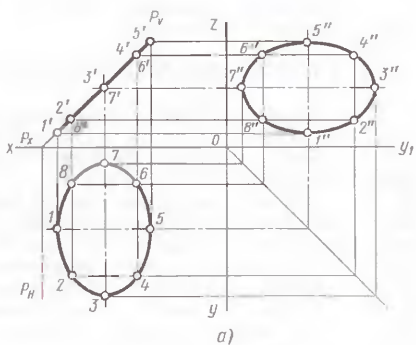


РИС. 111



торые берут равномерно по контуру фигуры. Одноименные проекции точек соединяют плавной кривой по лекалу.

Проекции плоской фигуры строят различными способами в зависимости от положения фигуры относительно плоскостей H и V . Наиболее просто построить проекции фигуры, расположенной параллельно плоскостям H и V ; сложнее — при расположении фигуры на проецирующей плоскости или на плоскости общего положения.

Рассмотрим несколько примеров.

Если треугольник ABC расположен на плоскости, параллельной плоскости H (рис. 109, а), то горизонтальная проекция этого треугольника будет его действительной величиной, а фронтальная проекция — отрезком прямой, параллельным оси x . Комплексный чертеж треугольника ABC показан на рис. 109, б. Такой треугольник можно видеть на изображении резьбового резца (рис. 109, в), передняя грань которого треугольная.

Трапеция $ABCD$ расположена на фронтально-проецирующей плоскости (рис. 110, а). Фронтальная проекция трапеции представляет собой отрезок прямой линии, а горизонтальная — трапецию (рис. 110, б).

Задняя грань отрезного резца (рис. 110, в) имеет форму трапеции.

Рассматривая плоскость, параллельную горизонтальной, фронтальной или профильной плоскости проекций (плоскость уровня), можно заметить, что любая фигура, лежащая в этой плоскости, имеет одну из проекций, представляющую собой действительный вид этой фигуры; вторая и третья проекции фигуры совпадают со следами этой плоскости.

Рассматривая проецирующую плоскость, заметим, что любая точка, отрезок прямой или кривой линии, а также фигуры, расположенные на проецирующей плоскости, имеют одну проекцию, расположенную на следе этой плоскости. Например, если круг лежит на фронтально-проецирующей плоскости P (рис. 111, а), то фронтальная проекция круга совпадает с фронтальным следом P_V плоскости P . Две другие проекции круга искажены и представляют собой эллипсы. Большие оси эллипсов равны проекциям диаметра круга 37. Малые оси эллипсов равны проекциям диаметра круга 15, перпендикулярного диаметру круга 37. Остальные точки проекций эллипса определяются следующим образом. Вспомогательная полуокружность делится на четыре равные части, методом проецирования определяются остальные проекции точек 2, 8, 4, 6.

На рис. 111, б показано колено трубы с двумя фланцами. Горизонтальная проекция контура нижнего фланца, который расположен в горизон-

тальной плоскости, будет действительным видом окружности. Горизонтальная проекция контура верхнего фланца изобразится в виде эллипса.

§ 5. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

Две плоскости могут быть взаимно параллельными или пересекающимися.

Из стереометрии известно, что если две параллельные плоскости пересекают какую-либо третью плоскость, то линии пересечения этих плоскостей параллельны между собой. Исходя из этого положения, можно сделать вывод, что одноименные следы двух параллельных плоскостей P и Q также параллельны между собой.

Если равны две профильно-проецирующие плоскости P и K (рис. 112, а), то параллельность их фронтальных и горизонтальных следов на комплексном чертеже в системе V и H недостаточна для того, чтобы определить, параллельны эти плоскости или нет. Для этого необходимо построить их профильные следы в системе V , H и W (рис. 112, б). Плоскости P и K будут параллельны только в том случае, если параллельны их профильные следы P_W и K_W .

Одноименные следы пересекающихся плоскостей P и Q (рис. 112, в) пересекаются в точках V

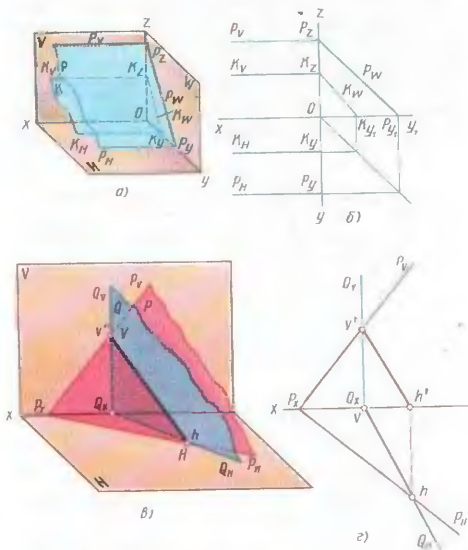


РИС. 112

и H , которые принадлежат обеим плоскостям, т.е. линии их пересечения. Так как эти точки расположены на плоскостях проекций, то, следовательно, они являются также следами линии пересечения плоскостей. Чтобы на комплексном чертеже построить проекции линии пересечения двух плоскостей P и Q , заданных следами P_H, P_H и Q_V, Q_V , необходимо отметить точки пересечения одноименных следов плоскостей, т.е. точки v' и h (рис. 112, z); точка v' — фронтальная проекция фронтального следа искомой линии пересечения плоскостей P и Q , h — горизонтальная проекция горизонтального следа этой же прямой. Опуская перпендикуляры из точек v' и h на ось x , находим точки V и H . Соединив прямыми одноименные проекции следов, т.е. точки v' и h' , v и h , получим проекции линии пересечения плоскостей P и Q .

§ 6. ПРЯМАЯ, ПРИНАДЛЕЖАЩАЯ ПЛОСКОСТИ

Дана плоскость, заданная треугольником ABC и прямая, заданная отрезком MN . На рис. 113, a треугольник ABC и отрезок MN заданы горизонтальными и фронтальными проекциями. Требуется определить, лежит ли прямая в плоскости данного треугольника.

Для этого фронтальную проекцию отрезка $m'n'$ продолжаем до пересечения с отрезками $a'b'$ и $d'e'$ (проекциями сторон треугольника ABC), получаем точки $e'k'$ (рис. 113, b).

Из точек $e'k'$ проводим линии связи на горизонтальную проекцию до пересечения с отрезками ab и ca , получаем точки ek . Продолжим горизон-

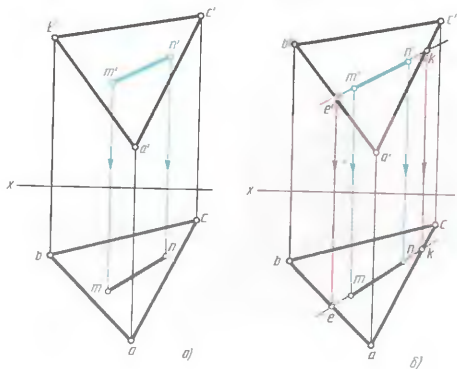


РИС. 113

тальную проекцию mk отрезка прямой MN до пересечения с проекциями сторон ba и ca , если точки пересечения совпадут с ранее полученными точками e и k , то прямая MN принадлежит плоскости треугольника.

§ 7. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ С ПЛОСКОСТЬЮ

Если прямая AB пересекается с плоскостью P , то на комплексном чертеже точка их пересечения определяется следующим образом.

Через прямую AB проводят любую вспомогательную плоскость Q . Для упрощения построений плоскость Q обычно берется процирующей (рис. 114, a). В данном случае проведена вспомогательная горизонтально-проецирующая плоскость Q . Через горизонтальную проекцию ab прямой AB проводят горизонтальный след Q_H плоскости Q и продолжают его до пересечения с осью x в точке Q_X . Из точки Q_X к оси x восстанавливают перпендикуляр Q_XQ_V , который будет фронтальным следом Q_V вспомогательной плоскости Q .

Вспомогательная плоскость Q пересекает данную плоскость P по прямой VH , следы которой лежат на пересечении следов плоскостей P и Q . Заметив точки пересечения следов P_V и Q_V — точку v' и следов P_H и Q_H — точку h , опускают из этих точек на ось x перпендикуляры, основания которых — точки v' и h' — будут вторыми проекциями следов плоскостей P и Q . Соединяя точки v' и h' , получают фронтальную VH . Соединяя точки v' и h' , получают фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения плоскостей.

Точка пересечения M заданной прямой AB и найденной прямой VH и будет искомой точкой пересечения прямой AB с плоскостью P . Фронтальная проекция m' этой точки расположена на пересечении проекций $a'b'$ и $v'h'$. Горизонтальную проекцию m точки M находят, проводя вер-

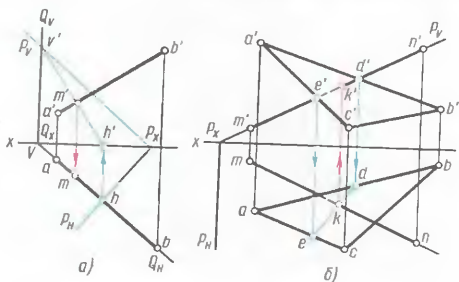


РИС. 114

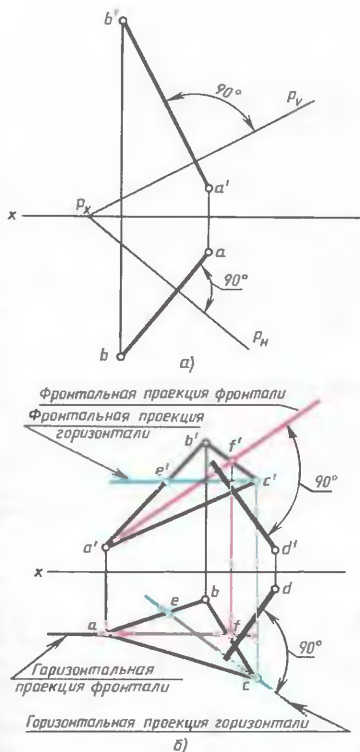


РИС. 115

тикальную линию связи из точки m' до пересечения с ab .

Если плоскость задана не следами, а плоской фигурой, например треугольником (рис. 114, б), то точку пересечения прямой MN с плоскостью треугольника ABC находят следующим образом.

Через прямую MN проводят вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость P . Для этого через точки m' и n' проводят фронтальный след плоскости P_V , продолжают его до оси x и из точки пересечения следа плоскости P_V с осью x опускают перпендикуляр P_H , который будет горизонтальным следом плоскости P .

Затем находят линию ED пересечения плоскости P с плоскостью данного треугольника ABC . Фронтальная проекция $e'd'$ линии ED совпадает с $m'n'$. Горизонтальную проекцию ed находят, проводя вертикальные линии связи из точек e' и

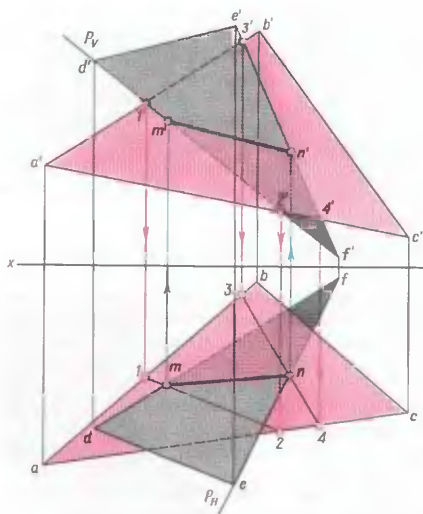


РИС. 116

d' до встречи с проекциями ab и ac сторон треугольника ABC . Точки e и d соединят прямой. На пересечении горизонтальной проекции ed линии ED с горизонтальной проекцией mn прямой MN находят горизонтальную проекцию k искомой точки K . Проведя из точки k вертикальную линию связи, находят фронтальную проекцию k' . Точка K — искомая точка пересечения прямой MN с плоскостью треугольника ABC .

В частном случае прямая AB может быть перпендикулярна плоскости P . Из условия перпендикулярности прямой к плоскости следует, что прямая перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна двум пересекающимся прямым, лежащим на этой плоскости (в частности, этими прямыми могут быть следы плоскости). Тогда проекции прямой AB будут перпендикулярны одноименным следам этой плоскости (рис. 115, а). Фронтальная проекция $a'b'$ перпендикулярна фронтальному следу P_V , а горизонтальная проекция ab перпендикулярна горизонтальному следу P_H плоскости P .

Если плоскость задана параллельными или пересекающимися прямыми, то проекции прямой, перпендикулярной этой плоскости, будут перпендикулярны горизонтальной проекции горизонтали и фронтальной проекции фронтали, лежащих на плоскости.

Таким образом, если, например, на плоскость, заданную треугольником ABC , необходимо опустить перпендикуляр, то построение выполняется следующим образом (рис. 115, б).

На плоскости проводят горизонталь CE и фронталь FA . Затем из заданных проекций d и d' точки D опускают перпендикуляры соответственно на ce и $f'd'$. Прямая, проведенная из точки D , будет перпендикулярна плоскости треугольника ABC .

§ 8. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

Задачи на построение линии пересечения плоскостей, заданных пересекающимися прямыми, можно решать подобно задаче на пересечение плоскости с прямыми линиями. На рис. 116 показано построение линии пересечения плоскостей, заданных треугольниками ABC и DEF . Прямая MN построена по найденным точкам пересечения сторон DF и EF треугольника DEF с плоскостью треугольника ABC .

Например, чтобы найти точку M , через прямую DF проводят фронтально-проецирующую плос-

кость P , которая пересекается с плоскостью треугольника ABC по прямой $l2$. Через полученные точки l' и $2'$ проводят вертикальные линии связи до пересечения их с горизонтальными проекциями ab и ac сторон треугольника ABC в точках 1 и 2 . На пересечении горизонтальных проекций df и $l2$ получают горизонтальную проекцию m искомой точки M , которая будет точкой пересечения прямой DF с плоскостью ABC . Затем находят фронтальную проекцию m' точки M . Точку N пересечения прямой EF с плоскостью ABC находят так же, как и точку M .

Соединив попарно точки m' и n' , m и n , получают проекции линий пересечения MN плоскостей ABC и DEF .

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие плоскости называются проектирующими?
2. Что называется следом плоскости?
3. Каковы отличительные особенности плоскости общего положения?
4. Что называется горизонтально и фронтально плоскости?
5. Как может быть задана плоскость на комплексном чертеже?

Г Л А В А 15

СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ

§ 1. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ

На чертежах некоторые элементы изображаются в искаженном виде. В некоторых случаях требуется определить действительную величину этих элементов, например, при выполнении чертежей разверток поверхностей геометрических тел.

Изучая прямоугольное проецирование отрезков прямых или плоских кривых линий, а также фигур (треугольника, круга и др.) на три плоскости V , H и W , можно отметить, что действительные размеры и виды этих линий и фигур получаются на той плоскости проекций, параллельно которой расположены эти линии и фигуры (рис. 117). Например, отрезок прямой AB , параллельный плоскости V (отрезок фронтали), проецируется в действительную длину на плоскость V или, иначе, длина фронтальной проекции $a'b'$ отрезка фронтали равна действительной длине этого отрезка.

Если плоскость фигуры, например, треугольника ABC , параллельна фронтальной плоскости проекций, то фронтальная проекция $a'b'c'$ является его действительной величиной.

В техническом черчении иногда приходится по данным прямоугольным проекциям (комплексному чертежу) детали определять действительную величину какого-либо элемента этой детали, расположенного в плоскости общего положения. Для этого применяются особые способы построения,

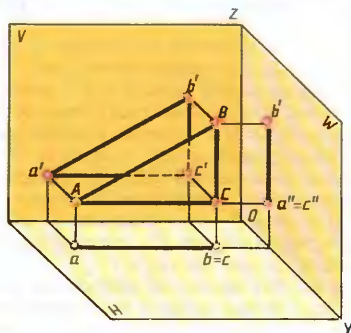


РИС. 117

цель которых получить новую проекцию элемента детали, представляющую собой его действительную величину.

Такими способами являются: способ вращения, способ совмещения (частный случай предыдущего способа) и способ перемены плоскостей проекций.

§ 2. СПОСОБ ВРАЩЕНИЯ

Способ вращения заключается в том, что заданные точка, линия или плоская фигура вращаются вокруг оси, перпендикулярной к одной из плоскостей проекций, до требуемого положения относительно какой-либо плоскости проекций. Если вращается фигура или тело, то каждая их точка будет перемещаться по окружности.

Рассмотрим вращение простейшего геометрического элемента — точки A (рис. 118, а). Пусть ось вращения MN будет перпендикулярна плоскости H . При вращении вокруг оси MN точка A перемещается по окружности, лежащей в плоскости, перпендикулярной оси вращения. Точка пересечения этой плоскости с осью называется центром вращения.

Так как окружность, по которой движется точка A , расположена в плоскости, параллельной плоскости H , то горизонтальная проекция этой окружности является ее действительным видом, а фронтальная проекция — отрезком прямой, параллельной оси x . Длина этого отрезка равна диаметру окружности, лежащей в плоскости вращения.

Таким образом, при вращении точки A вокруг оси, перпендикулярной какой-либо плоскости проекций, проекция точки на эту плоскость перемещается по окружности, а вторая проекция — по прямой, параллельной оси проекций.

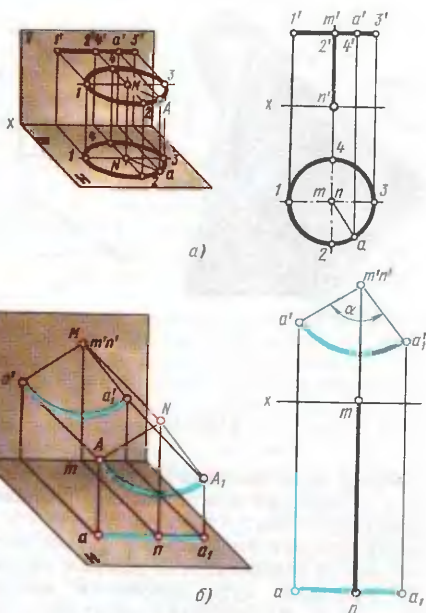


РИС. 118

Повернем данную точку A вокруг оси MN , перпендикулярной плоскости V , на заданный угол α . Для этого на комплексном чертеже необходимо выполнить следующие построения (рис. 118, б).

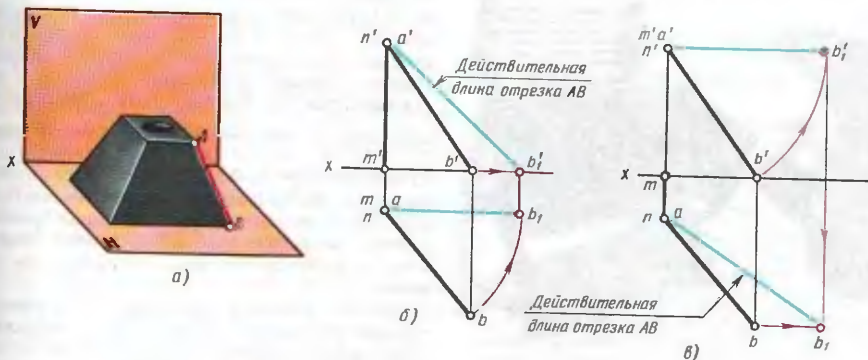


РИС. 119

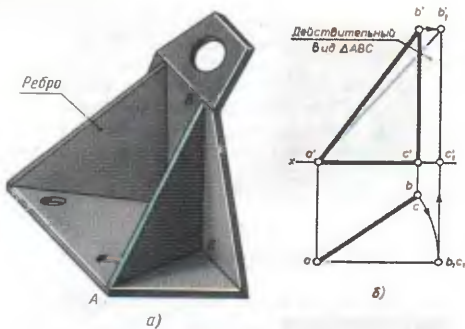


РИС. 120

Фронтальную проекцию оси вращения — точку $m' n'$ — соединяют прямой линией с фронтальной проекцией a' точки A и получают отрезок $m' a'$, равный действительной величине (длине) радиуса окружности вращения. Этим радиусом из центра m' описывают дугу окружности вращения (рис. 118, б). На плоскости V строят угол α , одна из сторон которого является радиусом вращения $a' m'$. На пересечении дуги окружности вращения с другой стороной угла α получаем точку a_1' — новую фронтальную проекцию точки A . Новую горизонтальную проекцию точки A находят, проводя вертикальную линию связи из точки a_1' до пересечения с прямой, проведенной из точки a параллельно оси x .

Вращение отрезка прямой вокруг оси, перпендикулярной плоскости проекций, можно рассматривать как вращение двух точек этого отрезка.

Построения на комплексном чертеже упрощаются, если ось вращения провести через какую-либо конечную точку вращаемого отрезка прямой. В этом случае достаточно повернуть только одну точку отрезка, так как другая точка, расположенная на оси вращения, остается неподвижной.

Пусть требуется определить способом вращения действительную длину отрезка AB прямой общего положения (рис. 119, а).

Через конец отрезка A (рис. 119, б) проводят ось вращения MA перпендикулярно плоскости H . Относительно этой оси вращается второй конец отрезка — точка B . Чтобы получить на комплексном чертеже действительную длину отрезка, надо повернуть его так, чтобы он был параллелен плоскости V .

После вращения горизонтальная проекция отрезка должна быть параллельна оси x , поэтому на этой плоскости проекций и начинается построение. Из точки a радиусом ab описывают дугу окружности до пересечения с прямой, проведенной из точки a параллельно оси x (рис. 119, б). Точка пересечения b_1 — новая горизонтальная проекция точки B . Фронтальную проекцию b_1' точки B находят, проводя вертикальную линию связи из точки b_1 до пересечения с прямой, проведенной из точки b' параллельно оси x (в данном случае эта прямая совпадает с осью x). Соединив точки b_1' и a' , на плоскости V получают действительную длину $a' b_1'$ отрезка AB .

Эту задачу можно решить вращением отрезка AB относительно оси, перпендикулярной плоскости V . Через конец отрезка A проводят ось вращения MN (рис. 119, в). Из точки a' радиусом, равным $a' b'$, проводят дугу окружности до пересечения с прямой, проведенной из точки a' параллельно оси x , и получают новую фронтальную проекцию b_1' точки B . Проведя из точки b прямую, параллельную оси x , а через точку b_1' вертикальную линию связи, на их пересечении получают новую горизонтальную проекцию b_1 точки B (после поворота отрезка AB). Соединив точки b_1 и a , находят действительную длину ab_1 отрезка AB .

Способом вращения можно определить действительный вид фигуры. На рис. 120, а изображена стойка поддерживающего ролика ленточного конвейера. Пусть требуется определить действитель-



РИС. 121

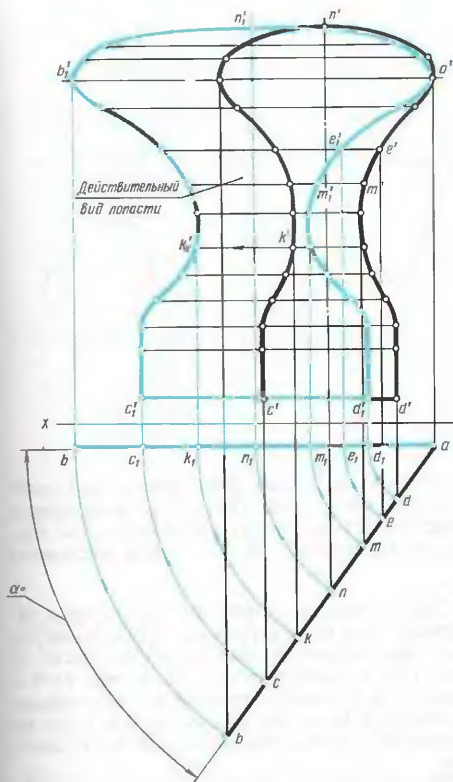


РИС. 122

ный вид ребра стойки ролика — прямоугольного треугольника ABC .

Как видно из рис. 120, плоскость треугольника горизонтально-проецирующая, поэтому действительный вид треугольника можно получить на плоскости V вращением этого треугольника вокруг вертикальной оси до тех пор, пока плоскость треугольника не станет параллельной плоскости V .

На комплексном чертеже (рис. 120, б) ось вращения, перпендикулярная плоскости H , проведена через вершину треугольника A . Вращаются одновременно две вершины треугольника — B и C . После поворота новая горизонтальная проекция треугольника $a_1b_1c_1$ должна быть параллельна оси x . Фронтальные проекции — точки b'_1 и c'_1 — вершин B и C после поворота находят, проводя

вертикальные линии связи из точек c_1 и b_1 . Соединив точки a'_1 , b'_1 и c'_1 , получим на плоскости V действительный вид треугольника ABC .

Способом вращения на комплексном чертеже можно найти действительный вид фигуры криволинейного контура, например, лопасти мешалки (рис. 121, б). На рис. 121, а дано наглядное изображение одной лопасти этой мешалки и части вала. Так как лопасть расположена под углом к оси вала, на котором она установлена, а ось вала на комплексном чертеже должна быть параллельна на оси x , то на фронтальной и профильной проекциях лопасть будет изображена в искаженном виде.

Действительный вид контура лопасти находят вращением лопасти вокруг оси, перпендикулярной плоскости H . Для этого на фронтальной проекции контура берут несколько произвольных точек — a' , e' , m' , d' , c' , n' (рис. 122). Проводя из этих точек вертикальные линии связи, находят их горизонтальные проекции — a , e , m , d , c , n , которые будут располагаться на горизонтальной проекции контура лопасти, т.е. на прямой ab , наклонной под углом α к оси x . Вертикальная ось вращения проведена через точку A . Горизонтальную проекцию ab контура лопасти поворачивают вокруг центра вращения (точки a) на угол α и получают новую горизонтальную проекцию ab_1 лопасти.

Для определения новой фронтальной проекции какой-либо точки контура, например точки b'_1 , через точку b_1 проводят вертикальную линию связи до пересечения с прямой, проведенной из b' параллельно оси x . Также находят и остальные новые фронтальные проекции точек контура — e'_1 , m'_1 , d'_1 , c'_1 , k'_1 , n'_1 . Соединяя их плавной кривой по лекалам, получим действительный вид контура лопасти.

§ 3. СПОСОБ СОВМЕЩЕНИЯ

Способ совмещения заключается в том, что плоскость, заданную следами, вращают вокруг одного из следов этой плоскости до совмещения с соответствующей плоскостью проекций, например, вокруг следа P_H до совмещения с горизонтальной плоскостью проекций (рис. 123, а). Изображения отрезка прямой или плоской фигуры, лежащей в заданной плоскости P , получаются без искажения.

Построения на комплексном чертеже упрощаются, если через совмещаемые геометрические элементы можно провести какую-либо проецирующую плоскость, например горизонтально-прое-

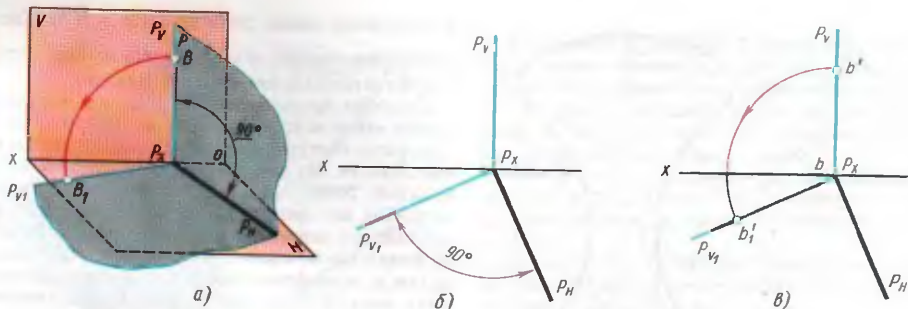


РИС. 123

цирующую. При любом расположении горизонтально-проецирующей плоскости P относительно V и H ее следы после совмещения будут располагаться под прямым углом (рис. 123, а и б). Совмещая горизонтально-проецирующую плоскость с плоскостью H вращением около горизонтального следа P_H , видим, что совмещенный фронтальный след P_{V1} находится под прямым углом к неподвижному горизонтальному следу P_H (рис. 123, б).

Если на горизонтальном следе P_H , который является осью вращения горизонтально-проецирующей плоскости P и, следовательно, неподвижен, взять какую-либо точку, то после совмещения плоскости P с плоскостью H положение точки не изменится.

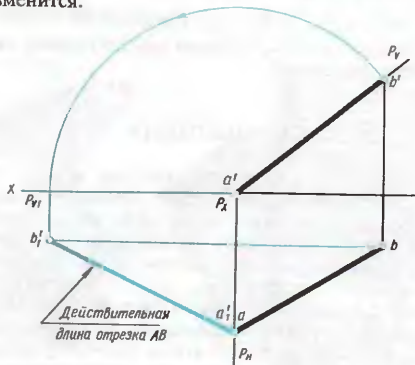


РИС. 124

Если же взять точку B на фронтальном следе P_V плоскости P (рис. 123, в), то совмещенная точка B будет лежать на совмещенном следе P_{V1} , при этом расстояние $P_x b'$ будет равно расстоянию $P_x b'_1$.

Отрезок прямой определяется двумя точками. Поэтому, если через отрезок AB провести, например, фронтально-проецирующую плоскость P (рис. 124) и совместить ее с H , то при этом с плоскостью H совместятся и концы этого отрезка — точки A и B , т.е. весь отрезок прямой. Тогда на плоскости H отрезок спроецируется без искажения.

Таким образом, задача определения действительной длины отрезка прямой AB способом совмещения решается следующим путем.

Через точку a (рис. 124), расположенную на плоскости H , проводят перпендикулярно оси x горизонтальный след P_H фронтально-проецирующей плоскости P . Через точки a' и b' проводят след P_V . Плоскость P совмещают с плоскостью H , совмещенное положение следа P_V совпадает с осью x . Из точки P_x радиусом $P_x b'$ делают засечку дугой окружности на совмещенном следе P_{V1} и из точки пересечения восстанавливают перпендикуляр к оси x . Из точки b опускают перпендикуляр на след P_H и, продолжая его до пересечения с прямой, перпендикулярной оси x , получают совмещенное положение точки B — точку b'_1 . Соединив точки a'_1 и b'_1 находят совмещенное положение отрезка AB , которое и будет его действительной длиной.

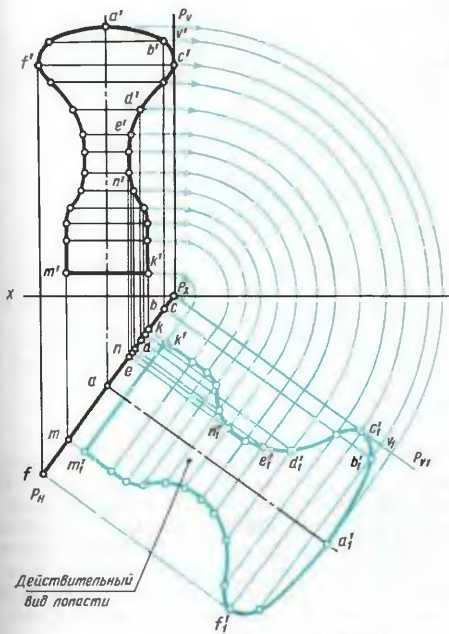


РИС. 125

Определение действительного вида фигуры криволинейного контура, например лопасти мешалки, способом совмещения показано на рис. 125.

Проводят вспомогательную горизонтально-проецирующую плоскость, заданную следами P_V и P_H . Затем на контуре фигуры берут несколько произвольно расположенных точек A, B, C, \dots , через которые проводят горизонтали этой плоскости. Плоскость P совмещают с плоскостью H вместе с горизонталями. На совмещенных горизонталях находят точки a'_1, b'_1, c'_1 , которые соединяют плавной кривой и получают действительный вид контура лопасти.

Например, для совмещения с плоскостью H точки B криволинейного контура через точку B проводят горизонталь плоскости P . Фронтальная проекция горизонтали параллельна оси x ; горизонтальная проекция горизонтали совпадает с горизонтальным следом P_H . Затем эту горизонталь совмещают с плоскостью H . Совмещение произведено таким образом. Фронтальная проекция горизонтали пересекает фронтальный след P_V плоскости P в точке v' , которая является фронтальным

следом горизонтали. Совмещенное положение этого следа находится на совмещенном фронтальном следе P_{V1} в точке v_1 . Из точки v_1 проведена прямая, параллельная P_V , которая и будет совмещенным положением горизонтали, проходящей через точку B .

Из горизонтальной проекции b'_1 точки восстановлен перпендикуляр к P_H и продолжен далее до пересечения с совмещенной горизонталью в точке b'_1 . Эта точка и будет являться искомым совмещенным положением точки B с плоскостью H .

§ 4. СПОСОБ ПЕРЕМНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ

Способ перемены плоскостей проекций заключается в том, что одна из плоскостей проекций заменяется новой, на которую проецируются данная точка, отрезок или фигура. В отличие от двух предыдущих способов эти элементы не меняют своего положения в пространстве. Например, фронтальная плоскость проекций V может быть заменена новой плоскостью проекции V_1 (рис. 126, а), причем плоскость V_1 должна быть так же, как и плоскость V , перпендикулярна плоскости H .

На комплексном чертеже (рис. 126, б) новая ось проекций x_1 , которая образуется при пересечении новой плоскости V_1 с плоскостью H . Новая

система плоскостей проекций обозначается $\frac{V_1}{H}$.

На наглядном изображении проекций точки A (рис. 126, а) видно, что при перемене фронтальной плоскости проекций V на новую V_1 расстояние от новой фронтальной проекции a'_1 точки A до новой оси проекций x_1 равно расстоянию от фронтальной проекции a' точки A до оси проекции x , т.е. координате z_A . Это правило надо запомнить. В дальнейшем оно применяется при решении различных задач способом перемены плоскостей проекций.

Таким образом, при замене плоскости V на плоскость V_1 на комплексном чертеже прежде всего должна быть проведена новая ось проекций x_1 (рис. 126, б), а затем построена новая фронтальная проекция точки. Для этого из горизонтальной проекции a точки A опускают перпендикуляр на новую ось проекций x_1 и на продолжении этого перпендикуляра откладывают от новой оси координату z_A . В результате получают новую фронтальную проекцию a'_1 точки A .

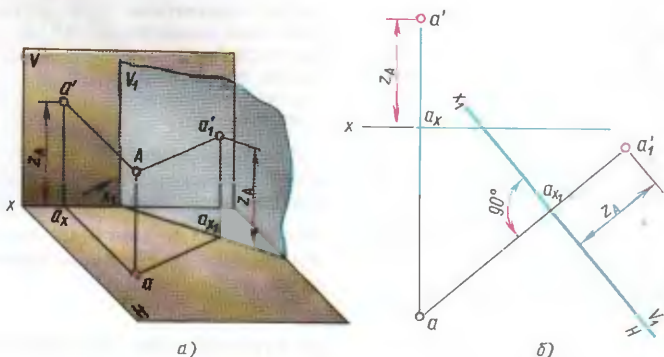


РИС. 126

Иногда заменяется и горизонтальная плоскость проекций H на новую плоскость H_1 .

Если новая фронтальная плоскость проекций V_1 по своему положению являлась, как и замсненная V , вертикальной плоскостью, то новая горизонтальная плоскость проекций H_1 по своему положению не будет горизонтальной, а называется так только условно.

В некоторых случаях для решения задач на комплексном чертеже приходится последовательно замснять две плоскости проекций, например, фронтальную V на V_1 и горизонтальную H на H_1 .

Если на комплексном чертеже точки A нужно заменить горизонтальную плоскость проекций, то для нахождения новой горизонтальной проекции a_1 точки A надо (рис. 127, a и b) из фронтальной проекции a' опустить на новую ось x_1 перпендикуляр и на его продолжении отложить координату y_A точки A .

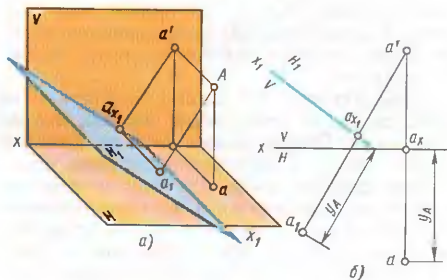


РИС. 127

Определим способом перемены плоскостей проекций действительную длину отрезка AB (рис. 128). В этом случае новая плоскость проекций V_1 или H_1 должна быть выбрана так, чтобы она была параллельна отрезку AB . Иначе отрезок AB относительно новой плоскости проекций должен быть или фронталью (при замене плоскости V на плоскость V_1), или горизонталью (при замене плоскости H на плоскость H_1).

Решим эту задачу двумя вариантами.

Первый вариант. Заменим плоскость V новой фронтальной плоскостью проекций V_1 (рис. 128, a).

Для упрощения построений новая ось проекций x_1 может совпадать с горизонтальной проекцией ab отрезка прямой. Координата z_B точки B равна нулю (так как точка B расположена на плоскости H), поэтому новая фронтальная проекция b'_1 совпадает с горизонтальной проекцией b .

Новая горизонтальная проекция a'_1 точки A находится на перпендикуляре, восстановленном к новой оси проекций x_1 . Отрезок $a'_1 a$, отложенный на этом перпендикуляре, равен расстоянию от прежней фронтальной проекции a' точки A до прежней оси x или координате z_A точки A . Соединив точки a'_1 и b'_1 , получим действительную длину отрезка AB .

Второй вариант. Заменим плоскость H новой горизонтальной плоскостью проекций H_1 (рис. 128, b).

Новую ось проекций x_1 проведем (для упрощения построений) через фронтальную проекцию отрезка $a'b'$. Координату y_A откладываем на пер-

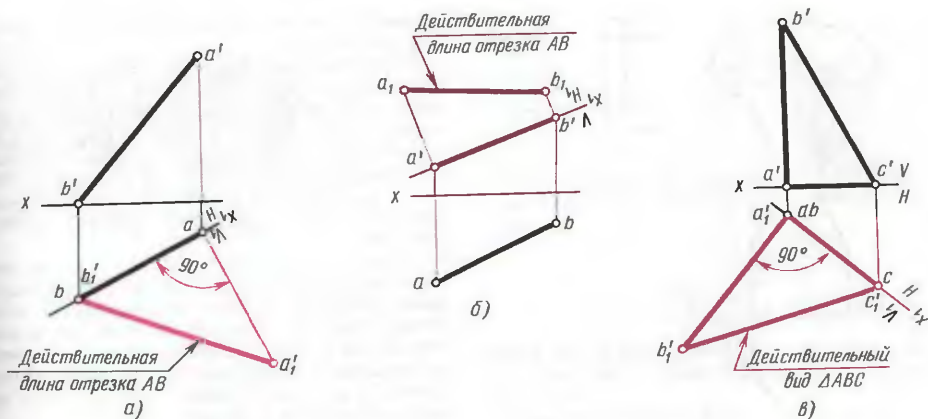


РИС. 128

пендикуляре к новой оси x_1 от точки a' , а координату y_B — от точки b' . Отложив эти координаты, получаем новые горизонтальные проекции a_1 и b_1 точек A и B . Соединив точки a_1 и b_1 на новой горизонтальной плоскости проекций H_1 , получим действительную

длину отрезка AB .

Действительный вид плоской фигуры также можно определить способом перемены плоскостей проекций. Для примера возьмем прямоугольный треугольник ABC (см. рис. 128, в), который расположен в горизонтально-проецирующей плоскости.

В данном примере заменяется плоскость проекций V новой плоскостью V_1 так, чтобы новая фронтальная проекция треугольника ABC была его искомым действительным видом. Новая ось проекций x_1 должна быть проведена на комплексном чертеже параллельно горизонтальной проекции треугольника или (для упрощения построений) так, как показано на рис. 128, в, где новая ось x_1 совпадает с горизонтальной проекцией abc треугольника. В этом случае новые фронтальные проекции a_1 и c_1 совпадут с горизонтальными проекциями a и c вершин треугольника.

Для определения действительного вида треугольника остается найти только одну новую фронтальную проекцию третьей точки — вершины B . Для этого нужно из прежней горизонтальной проекции b точки B восставить перпендикуляр к новой оси проекций x_1 и от нее отложить на перпендикуляре расстояние от фронтальной проекции b' до оси x или координату z_B . Соединив точку b_1 с точками a_1 и c_1 прямыми линиями, получим действительный вид треугольника ABC .

Подобными приемами построений можно определить действительный вид горизонтальной проекции многоугольника 12345 , плоскость которого является фронтально-проецирующей (рис. 129).

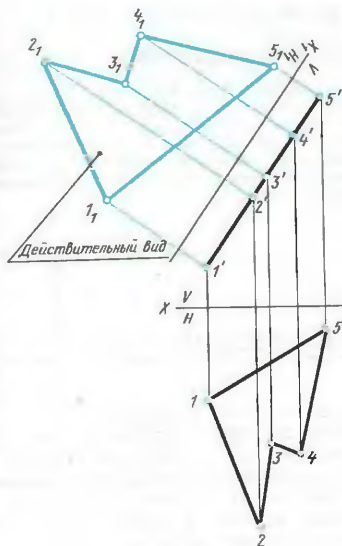


РИС. 129

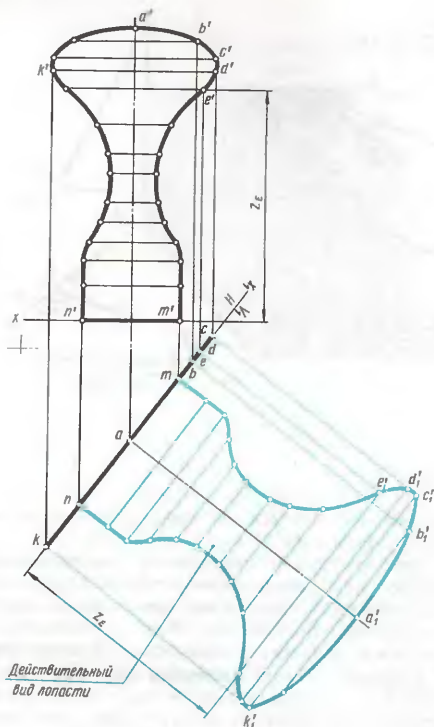


РИС. 130

В этом случае требуется заменить H на H_1 , ось проекций которой проводится параллельно фрон-

тальной проекции многоугольника на произвольном расстоянии.

Для нахождения, например, новой горизонтальной проекции точки 3 из точки $3'$ восстанавливают перпендикуляр и от оси x_1 откладываем на этом перпендикуляре расстояние, равное расстоянию от точки 3 до оси x . Точка 3_1 будет новой горизонтальной проекцией точки 3 . Так же находят точки $1_1, 2_1, 4_1$ и 5_1 . Затем, соединив их прямыми линиями, получают действительный вид многоугольника.

Построение действительного вида контура лопасти, расположенной в горизонтально-проецирующей плоскости, показано на рис. 130. В этом случае плоскость проекции V заменена новой плоскостью V_1 . Для упрощения построений новая ось проекций x_1 проведена через горизонтальную проекцию фигуры, а лопасть опущена вниз до соприкосновения с плоскостью H .

Для определения действительного вида контура фигуры строят новые фронтальные проекции нескольких ее точек способом, описанным выше. Например, для построения новой фронтальной проекции какой-либо точки E криволинейного контура лопасти из горизонтальной проекции e к новой оси проекций x_1 восстанавливают перпендикуляр, на котором от точки e откладывают отрезок, равный расстоянию фронтальной проекции e' до оси x , т.е. координату z точку E . Точка e'_1 — новая фронтальная проекция точки E .

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается способ вращения?
2. В чем заключается способ перемены плоскостей проекций?
3. Какие способы преобразования чертежа применяют для определения действительных форм плоских фигур?
4. Укажите номер рисунка, на котором действительная форма плоской фигуры определена способом перемены плоскостей проекций.

Г Л А В А 16

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для изображения на плоскости какого-либо предмета используют:

- а) обычный рисунок;
- б) способ перспективного изображения, основанный на методе центрального проецирования;
- в) чертеж, состоящий из прямоугольных (ортогональных) проекций;

г) аксонометрические проекции.

Обычный рисунок изображает предмет, как он представляется глазу наблюдателя (рис. 131). Способ перспективного изображения используют при создании архитектурных проектов (рис. 132). Применение рисунка в производстве неудобно, так как он искажает форму и размеры предмета.

Чертеж дает представление о форме и размерах предмета, но часто уступает в наглядности. В этих



РИС. 131

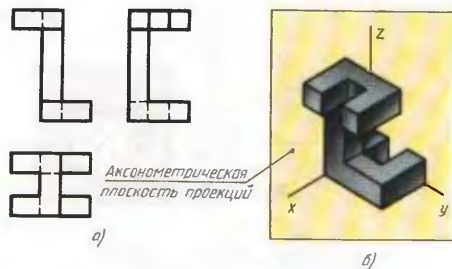


РИС. 133

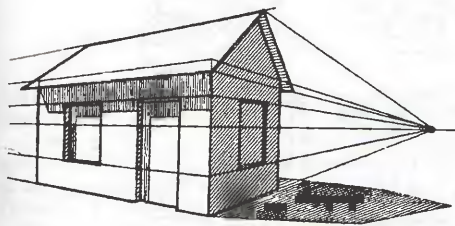


РИС. 132

случаях дают дополнительно изображение этого предмета в аксонометрической проекции.

На рис. 133, а приведены ортогональные проекции предмета, по которым довольно трудно пред-

ставить его форму. Значительно нагляднее аксонометрическая проекция этого предмета (рис. 133, б).

Рассмотрим способ получения аксонометрических проекций.

На рис. 134 изображен в трех проекциях куб. Все три видимые его грани 1, 2, 3 проецируются без искажения. На рис. 135, а тот же куб поставлен относительно наблюдателя под углом и изображен в перспективе. Мы видим все три грани 1, 2, 3 одновременно, но все грани и ребра изображены с искажением. Однако можно спроецировать куб так, чтобы видеть в проекции три грани куба с меньшим искажением.

Для этого куб располагаем внутри трехгранного угла, образованного плоскостями проекций H , V и W (рис. 135, б). Куб вместе с плоскостями проекций спроецирован на аксонометрическую плоскость проекции P_{ν} . Поэтому оси обозначаются со

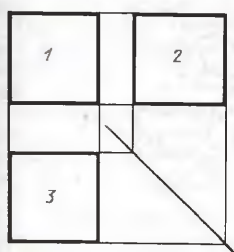


РИС. 134

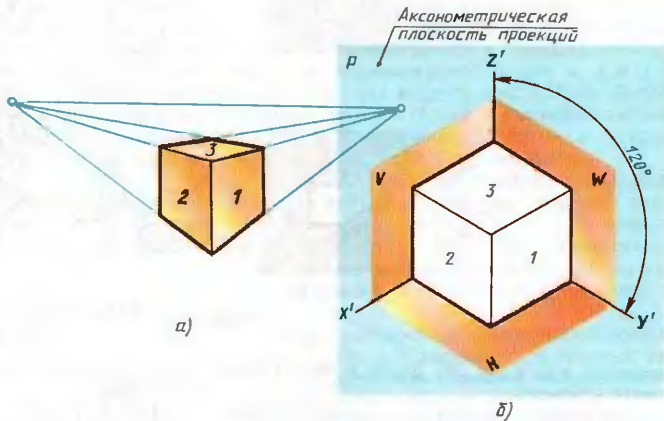
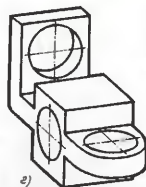
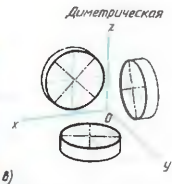
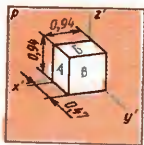
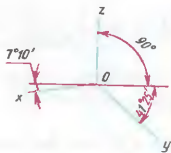
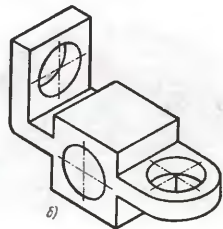
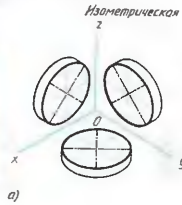
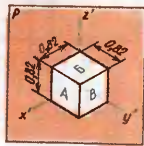
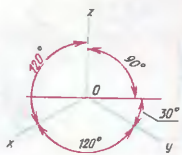


РИС. 135

Прямоугольные проекции



Косозубые проекции

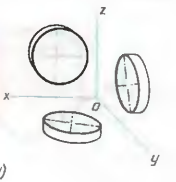
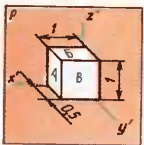
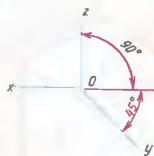
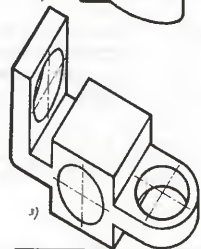
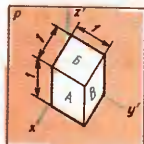
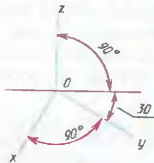
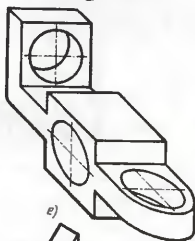
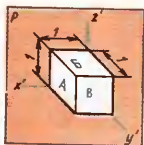
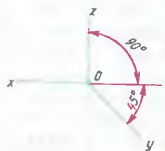


РИС. 136

штрихами, т.е. x' , y' , z' . Далее в обозначении штрихи убираем.

Таким образом, мы подошли к способу построения аксонометрических проекций. Остается опре-

делить, на какой угол целесообразнее всего повернуть предмет.

ГОСТ 2.317—69 устанавливает аксонометрические проекции, применяемые в чертежах всех

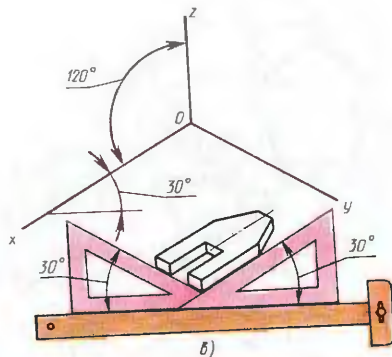
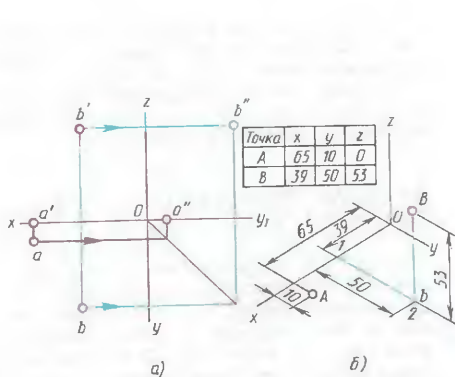


РИС. 137

отраслей промышленности и строительства (рис. 136).

В зависимости от направления проецирующих прямых и искажения линейных размеров предмета аксонометрические проекции делятся на прямоугольные и косоугольные.

Если проецирующие прямые перпендикулярны аксонометрической плоскости проекции, то такая проекция называется прямоугольной аксонометрической проекцией. К прямоугольным аксонометрическим проекциям относятся изометрическая (рис. 136, а, б) и диаметрическая (рис. 136, в, з) проекции.

Если проецирующие прямые направлены не под углом 90° к аксонометрической плоскости проекции, то получается косоугольная аксонометрическая проекция. К косоугольным аксонометрическим проекциям относятся фронтальная изометрическая (рис. 136, д, е), горизонтальная изометрическая (рис. 136, ж, з) и фронтальная диаметрическая (рис. 136, и, к) проекции.

Прямоугольные аксонометрические проекции дают наиболее наглядные изображения и поэтому чаще применяются в машиностроительном черчении.

Виды аксонометрических проекций, расположение аксонометрических осей и коэффициенты искажения линейных размеров показаны на рис. 136.

§ 2. ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ ОТРЕЗКОВ И ПЛОСКИХ ФИГУР

На рис. 136, а и б представлена изометрическая проекция.

Рассмотрим построение изометрической проекции куба.

Как и при ортогональном (прямоугольном) проецировании, куб расположен внутри трехгранного угла, образованного плоскостями проекций H , V и W . В прямоугольной изометрической проекции оси x , y , z расположатся под углом 120° друг к другу. Все три коэффициента искажения по аксонометрическим осям одинаковы и равны $0,82$, поэтому длина ребер куба на изображении одинаковая и равна $0,82$ действительной длины. Обычно для упрощения построений такого сокращения не делают; отрезки, параллельные аксонометрическим осям, откладывают действительной длины.

Простейшим элементом является точка, поэтому построение изометрических проекций начнем с точки.

Если даны ортогональные проекции точек A и B (рис. 137, а), то известны их координаты. Для построения изометрической проекции этих точек проводят аксонометрические оси x , y и z под углом 120° друг к другу (рис. 137, б). Далее от начала координат O по оси x откладывают отрезок, равный координате x_B точки B , в данном примере $x_B = 39$ мм. Получим точку 1 .

Из точки 1 проводят прямую, параллельную оси y , и на ней откладывают отрезок, равный координате y_B , точку 2 . Из точки 2 проводят прямую, параллельную оси z , на которой откладывают отрезок, равный координате z_B . Полученная точка B — искомая изометрическая проекция точки B .

Аналогично строят изометрическую проекцию точки A . Так как координата z точки A равна нулю, то достаточно отложить координаты x и y (по соответствующим осям) точки A .

Аксонометрические оси изометрической проекции, а также отрезки прямых, параллельные этим

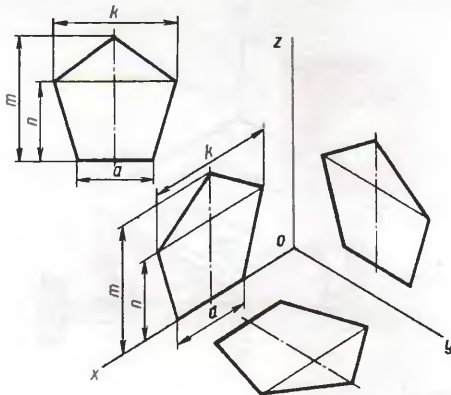


РИС. 138

осям, удобно строить с помощью угольника с углами 30° и 60° (рис. 137, в).

Изометрическая проекция отрезка прямой AB может быть легко построена по двум точкам — концам этого отрезка. Найдя по координатам изометрические проекции этих точек, соединим их прямой линией. По точкам может быть выполнена изометрическая проекция любой фигуры. При этом расположение фигур относительно оси x , y и z может быть различным.

Рассмотрим, например, построение изометрической проекции правильных пятиугольников (рис. 138). В этом случае для упрощения построения рассматриваются пятиугольники, расположенные на плоскостях проекций H , V , W . Тогда одна из координат вершин пятиугольника будет равна

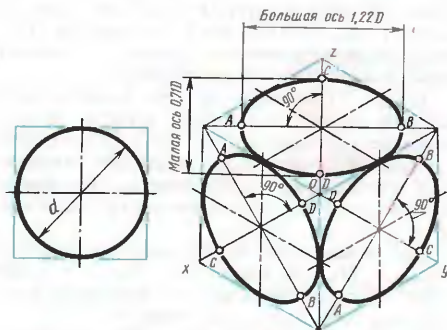


РИС. 139

нулю и изометрическую проекцию каждой вершины можно строить по двум координатам, подобно построению точки A (см. рис. 137, б).

Построив изометрические проекции вершин, соединим их прямыми и получаем изометрическую проекцию прямоугольника.

§ 3. ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ ОКРУЖНОСТИ

На рис. 139 изображена изометрическая проекция куба с окружностями, вписанными в его грани. Квадратные грани куба будут изображаться в виде ромбов, а окружности в виде эллипсов. Надо запомнить, что малая ось CD каждого эллипса всегда должна быть перпендикулярна большой оси AB .

Если окружность расположена в плоскости, параллельной плоскости H , то большая ось AB должна быть перпендикулярна оси z , а малая ось CD — параллельна оси z (рис. 139).

Если окружность расположена в плоскости, параллельной плоскости V , то большая ось эллипса должна быть проведена под углом 90° к оси y .

При расположении окружности в плоскости, параллельной плоскости W , большая ось эллипса располагается под углом 90° к оси x .

Заметим, что большие оси всех трех эллипсов направлены по большим диагоналям ромбов.

При построении изометрической проекции окружности без сокращения по осям x , y и z длина большой оси эллипсов берется равной $1,22$ диаметра d изображаемой окружности, а длина малой оси эллипса — $0,71d$ (рис. 139).

В учебных чертежах вместо эллипсов рекомендуется применять овалы, очерченные дугами окружностей. Упрощенный способ построения овалов приведен на рис. 140.

Для построения овала соответствующей изометрической проекции окружности, параллельной плоскости H , проводят вертикальную и горизонтальную оси овала (рис. 140, а). Из точки пересечения осей O проводят вспомогательную окружность диаметром d , равным действительной величине диаметра изображаемой окружности, и находят точки n_1, n_2, n_3, n_4 пересечения этой окружности с аксонометрическими осями x и y . Из точек m_1 и m_2 пересечения вспомогательной окружности с осью z , как из центров радиусом $R = m_1n_3$, проводят две дуги 23 и 14 , принадлежащие овалу. Пересечения этих дуг с осью z дают точки C и D .

Из центра O радиусом OC , равным половине малой оси овала, засекают на большой оси овала AB точки O_1 и O_2 . Точки $1, 2, 3$ и 4 сопряжений

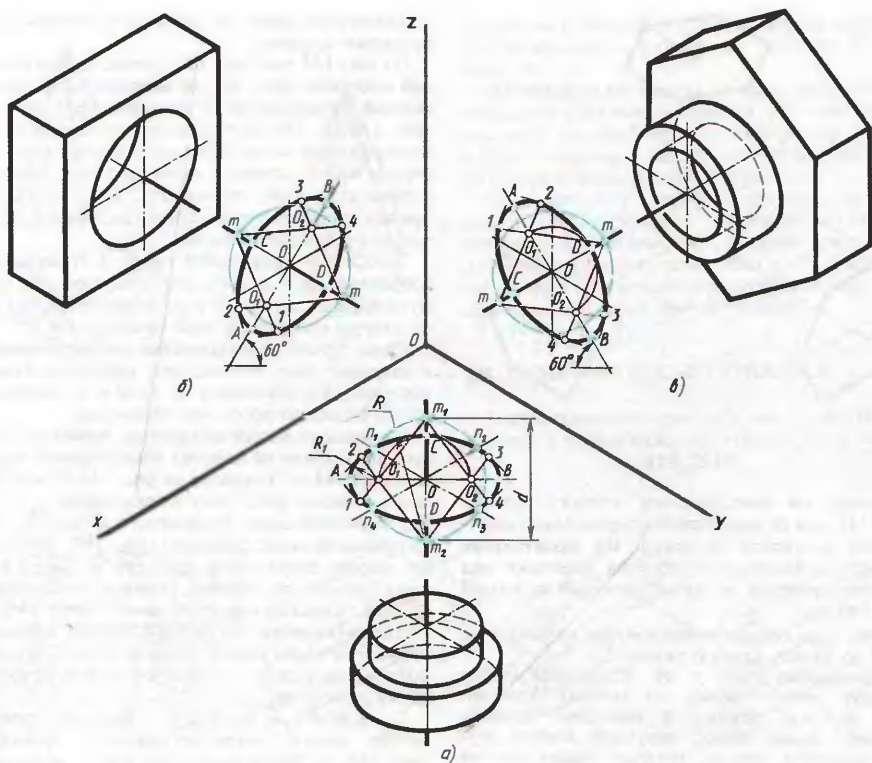


РИС. 140

дуг радиусов R и R_1 находят, соединяя точки m_1 и m_2 с точками O_1 и O_2 и продолжая прямые до пересечения с дугами 23 и 14 . Из точек O_1 и O_2 радиусом $R_1 = O_1 I$ проводят две дуги.

Так же строят овалы, расположенные в плоскостях, параллельных плоскостям V и W (рис. 140, б и в).

§ 4. ИЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Изображение геометрического тела в изометрической проекции, например правильной шестиугольной призмы, выполняют в такой последовательности (рис. 141).

Если основные призмы — правильный многоугольник (например, шестиугольник), то построение вершин основания по координатам можно

упростить, проведя одну из осей координат через центр основания. На рис. 141 оси x , y и z проведены через центры правильных шестиугольников призмы.

Построив изометрическую проекцию основания призмы, из вершин шестиугольника основания проводим прямые, параллельные соответственно осям x , y или z (для каждой из рассматриваемых на рис. 141 призм). На этих прямых от вершин основания отложим высоту призмы и получим точки $1, 2, 3, 4, 5, 6$ вершин другого основания призмы. Соединив эти точки прямыми, получим изометрическую проекцию призмы. В заключение устанавливаем видимые и невидимые линии; невидимые линии надо проводить штриховыми линиями.

На рис. 142 показано построение изометрической проекции плоской детали криволинейного

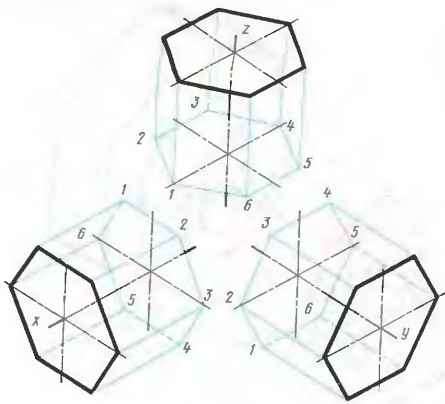


РИС. 141

очертания по комплексному чертежу. Деталь (рис. 142, а и б) расположена параллельно фронтальной плоскости проекций. На фронтальной проекции комплексного чертежа намечают ряд точек и строят их на изометрической проекции (рис. 142, в).

Через построенные точки контура кулачка проводят по лекалу кривую линию.

Параллельно оси y от найденных точек проводят прямые линии, на которых откладывают отрезки, равные A (толщине детали). Соединяя новые точки, получают контур другой плоскости детали, который также обводят по лекалу.

Аналогично строят по чертежу изометрическую проекцию кулачка.

На рис. 143 показано построение изометрической проекции (рис. 143, б) неправильной пятиугольной пирамиды по ее комплексному чертежу (рис. 143, а). Определяем координаты всех точек основания пирамиды, затем по координатам x и y строим изометрическую проекцию пяти точек — вершин основания пирамиды A, B, C, D, E . Например, изометрическая проекция точки A получается следующим образом.

По оси x от намеченной точки O откладываем координату $x_A = a'd$. Из конца ее проводим прямую, параллельную оси y , на которой откладываем вторую координату этой точки $y_A = a'd$.

Далее строят по координатам высоту пирамиды и получают точку S — вершину пирамиды. Соединяя точку S с точками A, B, C, D и E , получают изометрическую проекцию пирамиды.

Последовательность построения изометрической проекции детали по данному комплексному чертежу (рис. 144, а) показана на рис. 144, б — г). Деталь мысленно разделяют на отдельные простейшие геометрические элементы, в данном случае на призматические элементы (рис. 144, б). Находят центры окружностей (рис. 144, в). Затем удаляют лишние построения, контур изображения обводят сплошной основной линией (рис. 144, г).

Для выявления внутренней формы предмета применяют вырез одной четверти детали. Вырез в аксонометрических проекциях можно строить двумя способами.

Первый способ. Вначале строят в тонких линиях аксонометрическую проекцию (рис. 145, а). Затем выполняют вырез, направляя

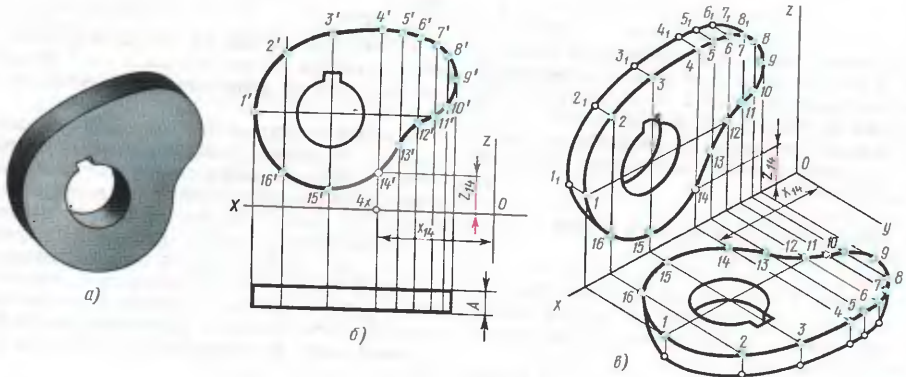


РИС. 142

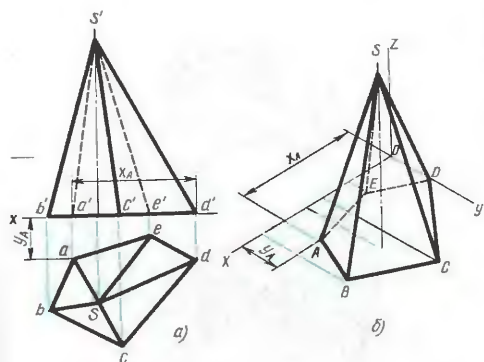


РИС. 143

Штриховку сечений в изометрической проекции удобно выполнять угольником с углами 30° и 60° (рис. 147, б).

Изометрическая проекция шара (рис. 148) выполняется следующим образом. Из намеченного центра O проводят окружность диаметра, равного $1,22d$ (d — диаметр шара); это и будет изображение шара в изометрической проекции.

Если требуется построить половину, четверть или три четверти шара, то необходимо сначала вычертить овалы (рис. 148), большие оси которых AB и CD перпендикулярны осям z и y . Тогда овалы и точки m и n пересечения этих овалов определяют границы трех четвертей шара.

§ 5. ДИМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ

В диметрической проекции ось z — вертикальная; ось x расположена под углом $7^\circ 10'$, а ось y —

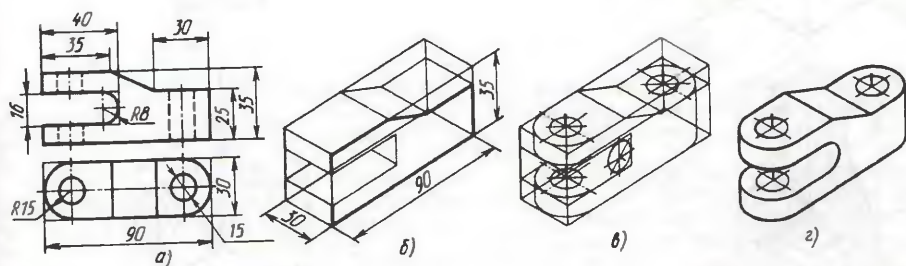


РИС. 144

две секущие плоскости по осям x и y (рис. 145, б). Удаляют часть изображаемого предмета (рис. 145, в), после чего штрихуют сечения и обводят изображение сплошными толстыми линиями (рис. 145, г).

Второй способ построения разреза при изображении деталей в аксонометрической проекции показан на рис. 146, а. Сначала строят аксонометрические проекции фигур сечения, а затем дочерчивают части изображения предмета, расположенные за секущими плоскостями (рис. 146, б).

Второй способ упрощает построение, освобождает чертёж от лишних линий.

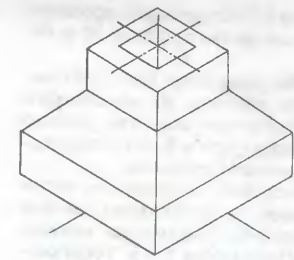
Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят, как показано на рис. 147, а, параллельно диагоналям проекций квадратов, которые лежат в плоскостях проекций и стороны которых параллельны аксонометрическим осям.

под углом $41^\circ 25'$ к горизонтальной прямой (см. рис. 136, в и г).

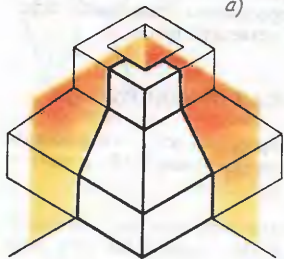
Коэффициенты искажения по осям x и z равны $0,94$, а по оси y — $0,47$, но обычно отрезки прямых по осям x и y откладывают без искажения, а по оси z коэффициенты искажения берут $0,5$.

Все отрезки прямых линий предмета, которые были параллельны осям x , y и z на комплексном чертеже, останутся параллельными соответствующим осям в диметрической проекции.

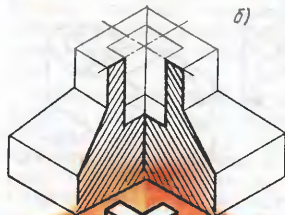
Положение плоскости фигуры относительно осей диметрической проекции может быть различным. На рис. 149 показано, как изменяется изображение фигуры в диметрии в зависимости от того, на какой из плоскостей проекций расположена фигура. Это изменение вызывается тем обстоятельством, что при построении вершин многоугольника их координаты по оси y в диметрической проекции сокращаются вдвое против действи-



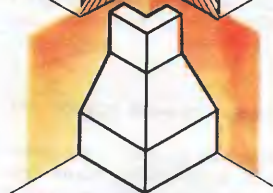
a)



b)



b)



e)

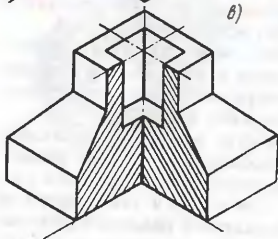
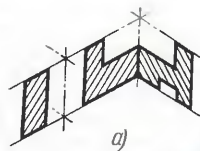
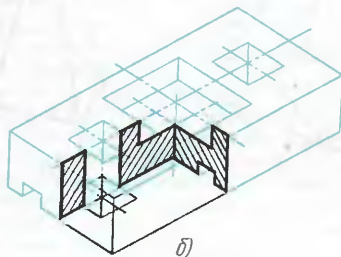


РИС. 145

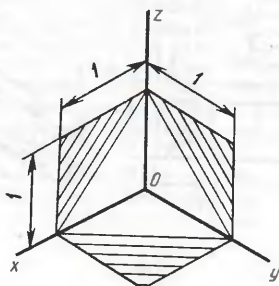


a)

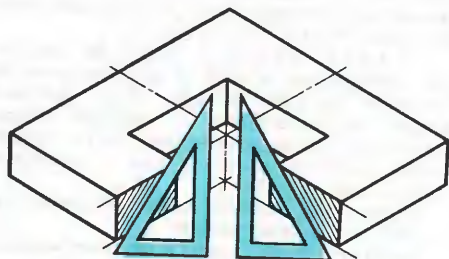


b)

РИС. 146



a)



b)

РИС. 147

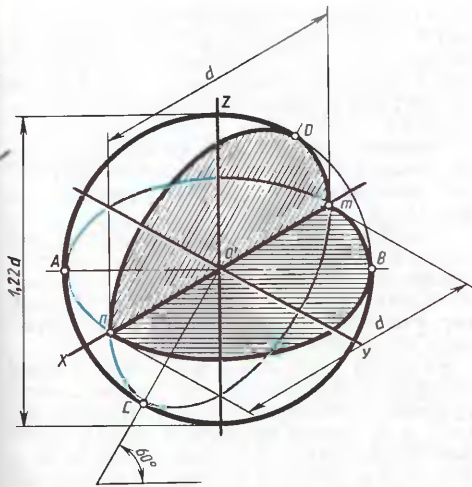


РИС. 148

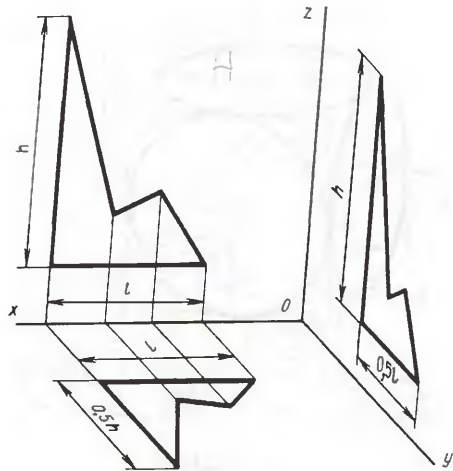


РИС. 149

тельной величины. Например, высота h фигуры, расположенной в плоскости H , и длина l фигуры, расположенной в плоскости W , уменьшаются в два раза.

В диметрической проекции изображения геометрических тел строят так же, как в изометрической, с учетом коэффициента искажения по оси y .

На рис. 150 показано изображение треугольной призмы в диметрической проекции. Если ребра призмы параллельны оси x или z , то размер их высоты не меняется, но искажается форма основания. При расположении ребер параллельно оси y сокращается вдвое их высота.

§ 6. ДИМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ ОКРУЖНОСТИ

Окружности в диметрической проекции изображаются в виде эллипсов. Большая ось AB эллипсов во всех случаях равна $1,06d$, где d — диаметр окружности. Малые оси CD эллипсов, расположенных на плоскостях, параллельных плоскости проекций W и H , равны $0,35d$, а на плоскости, параллельной плоскости V , — $0,95d$ (рис. 151).

В диметрической проекции окружности эллипсы иногда заменяются овалами. На рис. 152 приведены примеры построения диметрических проекций окружностей, где эллипсы заменены овалами, построенными упрощенным способом.

Разберем упрощенное построение диметрической проекции окружности, расположенной параллельно фронтальной плоскости проекций (рис. 152, а).

Через точку O проводим оси, параллельные осям x и z . Из центра O радиусом, равным радиусу данной окружности, проводим вспомогательную окружность, которая пересекается с осями x и z в точках $1, 2, 3, 4$.

Из точек 1 и 3 (по направлению стрелок) проводим горизонтальные линии до пересечения с осями AB и CD овала и получаем точки O_1, O_2 ,

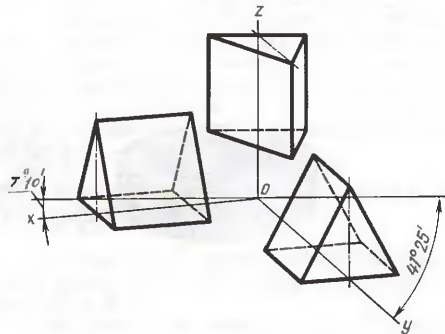


РИС. 150

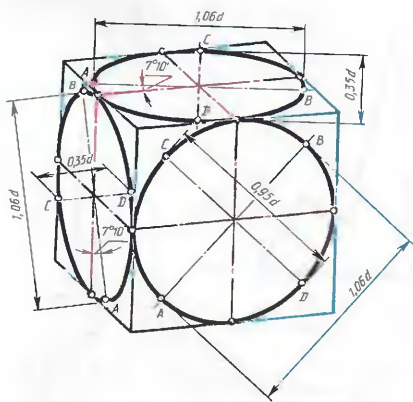


РИС. 151

O_3 и O_4 . Приняв за центры точки O_1 и O_4 радиусом $R = O_4I$, проводим дуги 12 и 34. Приняв за центры точки O_2 и O_3 , проводим радиусом $R_1 = O_2J$ замыкающие овал дуги 23 и 14. Большая ось AB овала примерно будет равняться $1,06d$, а малая $CD - 0,95d$.

Построение диметрической проекции окружности, лежащей в плоскости, параллельной профильной плоскости проекции W , приведено на рис. 152, б.

Из центра O проводим прямые, параллельные осям x и z , а также большую ось овала AB перпендикулярно малой оси CD . CD параллельна оси x . Из точки O радиусом, равным радиусу данной окружности, проводим вспомогательную окружность и получаем точки n и n_1 .

На прямой, параллельной оси x , вправо и влево от центра O откладываем отрезки, равные диаметру вспомогательной окружности, и получаем точки O_1 и O_2 . Приняв эти точки за центры, проводим (по направлению стрелок) радиусом $R = O_1n = O_2n_1$ дуги овалов. Пересечения полученных дуг с вспомогательной окружностью дают

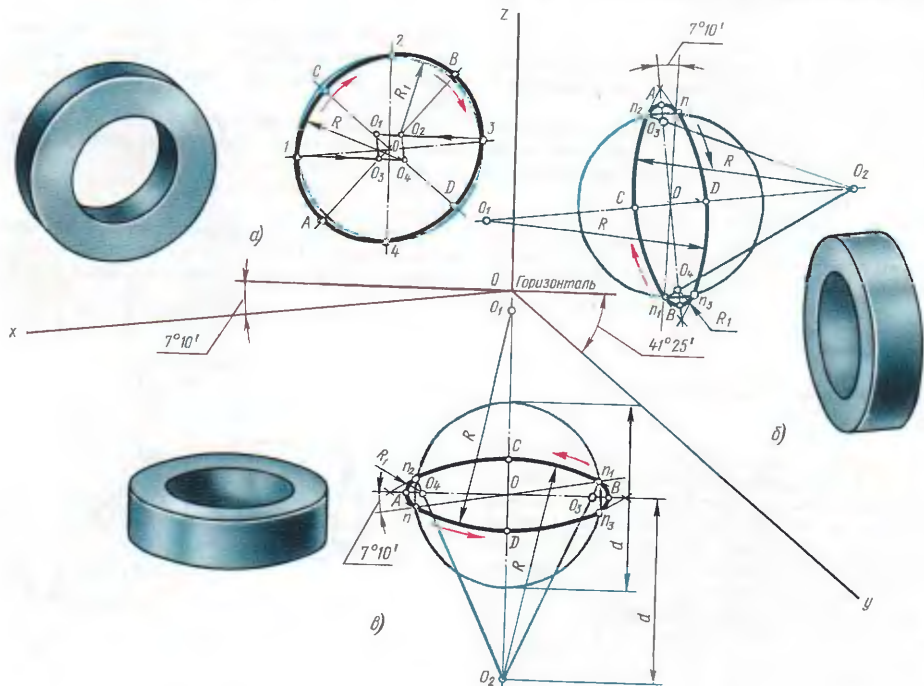


РИС. 152

точки n_2 и n_3 . Соединяя точки O_2 и n_1 , O_2 и n_2 прямыми на линии большой оси овала, получим точки O_3 и O_4 . Приняв их за центры, проводим радиусом R_1 замыкающие овал дуги.

На рис. 152, в показано аналогичное упрощенное построение диметрической проекции окружности, расположенной в плоскости, параллельной горизонтальной плоскости проекций.

§ 7. ВЫПОЛНЕНИЕ ДИМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ ДЕТАЛЕЙ

Последовательность выполнения детали в диметрической проекции показана на рис. 153.

Деталь мысленно разделяют на отдельные простейшие геометрические элементы, в данном примере — на прямоугольные параллелепипеды (рис. 153, а). По оси y откладывают половину соответствующей длины ребра.

Далее находят положения центров отверстий в детали, используя метод координат, и строят овалы. Разрез детали выполняют по двум плоскостям, параллельным плоскостям V и W . На таком разрезе видно, что отверстия с вертикальными и горизонтальными осями — цилиндрические сквозные. Затем удаляют линии построения, контур изображения обводят сплошной основной линией (рис. 153, б) и штрихуют сечения (рис. 153, в).

§ 8. ФРОНТАЛЬНАЯ ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ

Положение аксонометрических осей при изображении предметов в фронтальной изометрической проекции показано на рис. 136, д и е.

Фронтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям x , y и z . Все изображения, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, изображаются без искажения (рис. 136, д и рис. 154, а).

Окружности, расположенные в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в окружности без искажения по осям.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций H и W , проецируются в эллипсы.

Для построения эллипсов из центров O радиусом, равным радиусу данной окружности, проводят вспомогательные окружности. Через центры O проводят прямые под углом $22^\circ 30'$ к аксонометрическим осям x и z и от центра откладывают большие оси эллипсов. Малые оси эллипсов должны быть перпендикулярны большим.

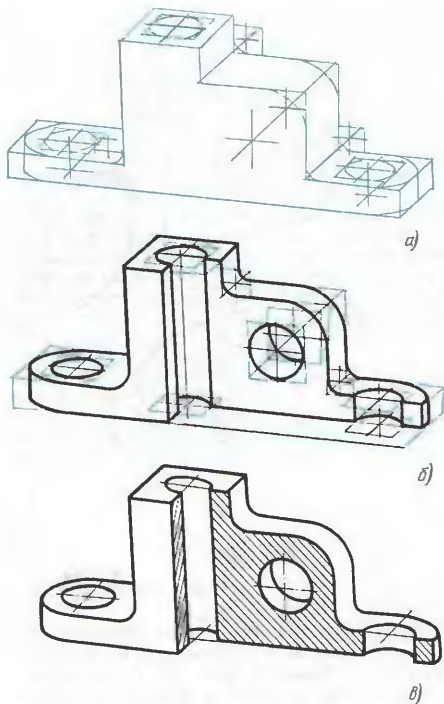


РИС. 153

Длина большой оси эллипса равна $1,3d$, а малой — $0,54d$, где d — диаметр окружности.

Предмет во фронтальной изометрической проекции следует располагать относительно осей так, чтобы окружности дуги плоских кривых находились в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций (рис. 154, б). Тогда построение их упрощается, так как они изображаются без искажений.

§ 9. ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ

Положения аксонометрических осей горизонтальной изометрической проекции показаны на рис. 136, ж и з.

В горизонтальной изометрической проекции линейные размеры предметов изображаются без искажения по всем трем осям. При построении

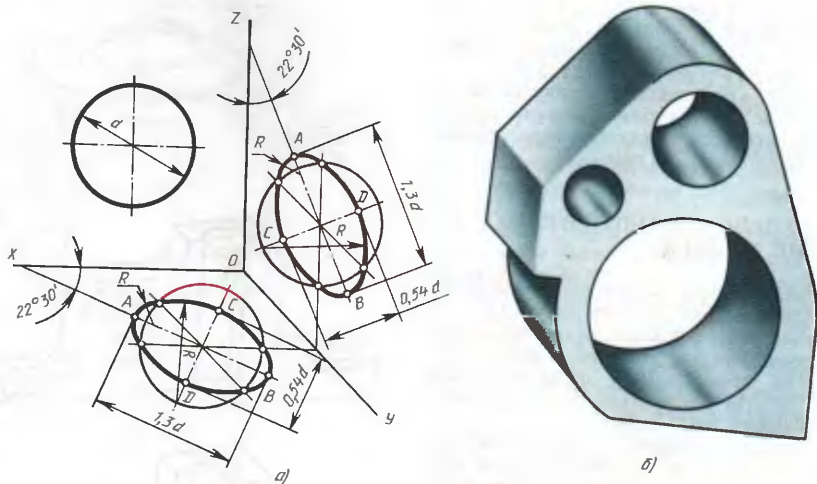


РИС. 154

осей пользуются угольниками с углами 30° и 60° , как показано на рис. 155, а.

Окружность, расположенная в плоскости, параллельной плоскости H , проецируется в окружность того же диаметра (рис. 155, б, окружность 2). Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций V и W , — в эллипсы (рис. 155, б, эллипсы 1 и 3).

Большая ось эллипса 1 равна $1,37d$, а малая — $0,37d$ (d — диаметр изображаемой окружности).

Большая ось эллипса 3 равна $1,22d$, а малая — $0,71d$.

На рис. 155, в изображена деталь в горизонтальной изометрической проекции.

§ 10. КОСОУГОЛЬНАЯ ФРОНТАЛЬНАЯ ДИМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ

Положения аксонометрических осей фронтальной диметрической проекции показаны на

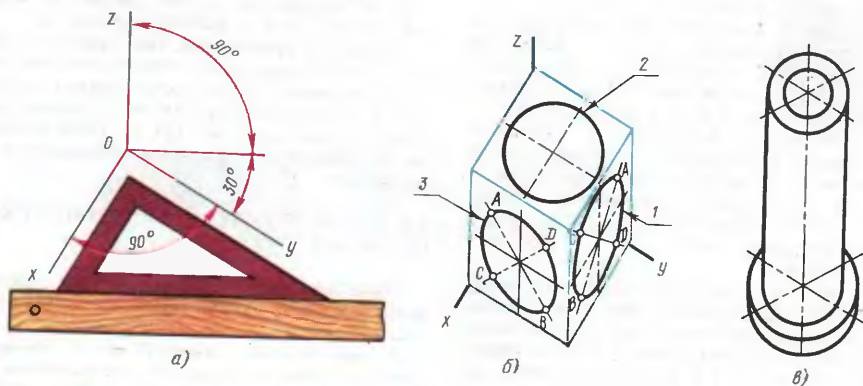


РИС. 155

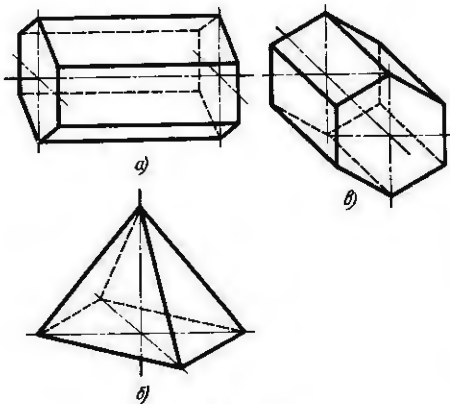


РИС. 156

рис. 136, и и к. Допускается применять фронтальные диметрические проекции с углом наклона оси u 30° и 60° . Длина отрезков прямых, отложенных в направлении осей x и z , выполняется без искажения, а в направлении оси y линейные размеры сокращают вдвое (см. рис. 136, и и к). Это можно видеть и на рис. 156, а—в, где даны фронтальные проекции призм и пирамиды. На рис. 156, а основание призмы (правильный шестиугольник) искажено, а на рис. 156, в — без искажения.

Окружность, лежащая в плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций (см. рис. 136, и и к), проецируется на аксонометрическую плоскость проекций в окружность того же диаметра, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных профильной и горизонтальной плоскостям проекций, — в эллипсы. Большая ось эллипсов равна $1,07d$, а малая ось — $0,33d$ (d — диаметр окружности). Для упрощения построения эллипсы заменяют овалами.

Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствую-

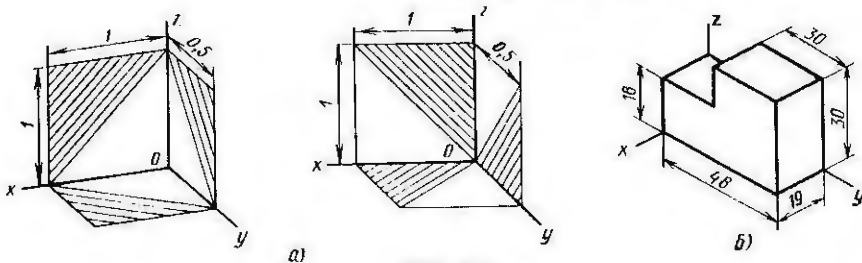


РИС. 157

ющих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рис. 157, а). При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии — параллельно измеряемому отрезку (рис. 157, б).

В аксонометрических проекциях спицы маховиков и шкивов, ребра жесткости и подобные элементы штрихуют (рис. 158, а).

При выполнении в аксонометрических проекциях зубчатых колес, реек, червяков, резьб и подобных элементов допускается применять условности по ГОСТ 2.402—68 и ГОСТ 2.311—68 (рис. 158, б и в).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какая плоскость называется аксонометрической плоскостью проекций и как она обозначается?
2. Назовите виды аксонометрических проекций.
3. Как располагаются координатные оси в изометрии?
4. Каков коэффициент искажения в диметрии?
5. Каков коэффициент искажения в фронтальной диметрии?
6. В какой последовательности строят проекции прямого кругового цилиндра в изометрии?

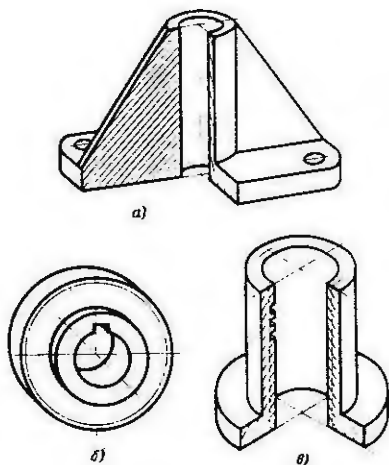


РИС. 158

§ 1. ФОРМЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Деталь любой формы можно представить как совокупность отдельных геометрических тел.

Для примера возьмем деталь (рис. 159, а) и проанализируем ее форму. Мысленно разделив ее на отдельные элементы, получим следующие геометрические тела (рис. 159, б): 1 — усеченный прямой круговой конус с цилиндрическим отверстием, 2 — прямой круговой цилиндр, 3 — прямоугольный параллелепипед, 4 — два прямоугольных параллелепипеда с цилиндрическими отверстиями, 5 — два полых полуцилиндра. Для выполнения комплексных чертежей необходимо усвоить методы проецирования отдельных геометрических тел, а также точек и линий, расположенных на поверхности этих тел.

Геометрические тела, ограниченные плоскими многоугольниками, называются многогранниками (рис. 160, а). Эти многоугольники называются гранями, их пересечения — ребрами. Угол, образованный гранями, сходящимися в одной точке — вершине, называется многогранным углом.

Тела вращения ограничены поверхностями, которые получаются в результате вращения какой-либо линии вокруг неподвижной оси (рис. 160, б и в). Линия АВ, которая при своем движении образует поверхность, называется образующей. Наиболее часто встречаются такие тела вращения, как цилиндр, конус, шар, тор.



РИС. 159

§ 2. ПРОЕКЦИИ ПРИЗМ

Построение проекций правильной прямой шестиугольной призмы (рис. 161) начинается с выполнения ее горизонтальной проекции — правильного шестиугольника. Из вершин этого шестиугольника проводят вертикальные линии связи и строят фронтальную проекцию нижнего основания призмы. Эта проекция изображается отрезком горизонтальной прямой. От этой прямой вверх откладывают высоту призмы и строят фронтальную проекцию верхнего основания. Затем вычерчивают фронтальные проекции ребер — отрезки вертикальных прямых, равные высоте призмы. Фронтальные проекции передних и задних ребер совпадают. Горизонтальные проекции боковых граней изображаются в виде отрезков прямых. Передняя боковая грань 1243 изображается на плоскости V без искажения, а на плоскости W — в виде прямой линии. Фронтальные и профильные проекции остальных боковых граней изображаются с искажением.

На чертеже оси x , y и z не показывают, что делает чертеж более простым.

Несколько сложнее построение проекций наклонной призмы.

Рассмотрим порядок построения проекций наклонной шестиугольной призмы.

1. Призма, основание которой лежит на плоскости H , наклонена к этой плоскости под углом α (рис. 162, а). Ребра призмы параллельны плоскости V, т.е. являются фронтальными.

Вначале выполняется построение горизонтальной проекции основания призмы, которое проецируется на плоскость H без искажения (правильный шестиугольник). Фронтальная проекция основания представляет собой отрезок прямой, параллельной оси x .

Из точек $1'$, $2'$, $3'$ фронтальной проекции основания проводят прямые проекции ребер под углом α к оси x и на них откладывают действительную длину бокового ребра призмы.

Строят фронтальную проекцию верхнего основания призмы в виде отрезка прямой, и параллельного фронтальной проекции нижнего основания.

Из точек 1, 2, 3, 4, 5, 6 горизонтальной проекции нижнего основания проводят прямые — проекции ребер — параллельно оси x и на них с помощью вертикальных линий связи находят шесть точек — горизонтальные проекции вершин верхнего основания призмы.

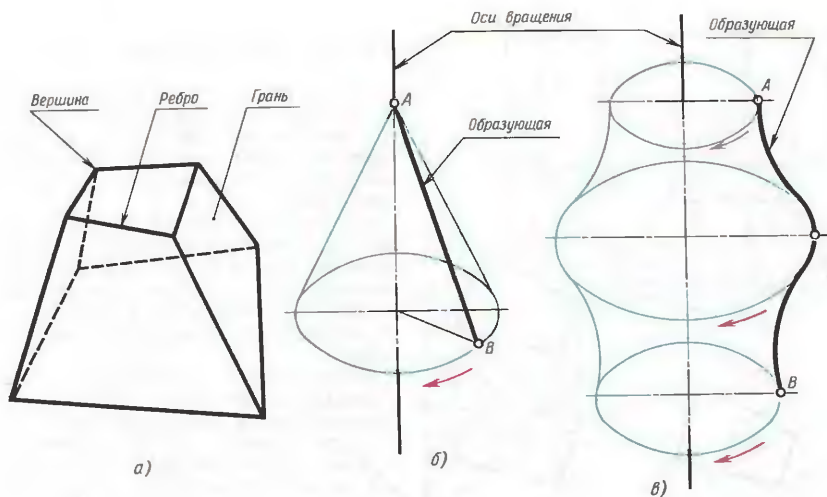


РИС. 160

2. Прямая правильная шестиугольная призма наклонена под углом α к плоскости H . Основание призмы наклонено к плоскости H под углом β (рис. 162, б).

В этом случае необходимо вначале построить фронтальную проекцию основания. Эта проекция представляет собой отрезок, равный расстоянию между параллельными сторонами шестиугольника. Если этот отрезок разделить пополам и из его

середины провести линию связи, то на ней будут расположены точки 2 и 5 — горизонтальные проекции вершин основания призмы. Расстояние между точками 2, 5 равно действительному расстоянию между вершинами основания призмы. Так как горизонтальные проекции сторон 16 и 34 представляют собой их действительные длины, то, воспользовавшись этим обстоятельством, можно построить полностью горизонтальную проекцию основания.

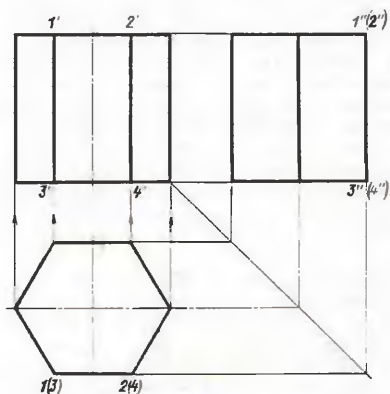


РИС. 161

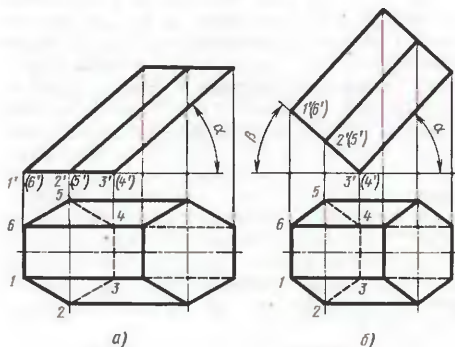


РИС. 162

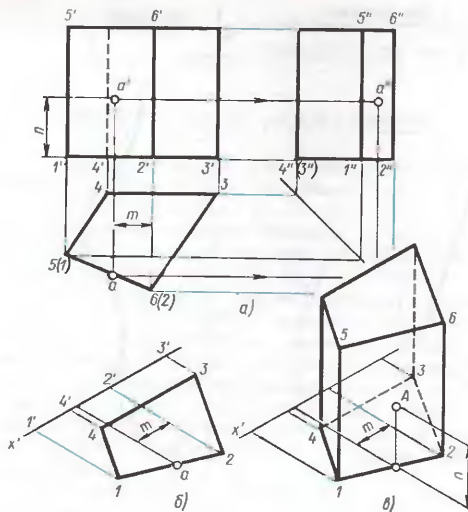


РИС. 163

Дальнейший процесс построения, показанный на рис. 162, б, аналогичен приведенному на рис. 162, а.

На комплексных чертежах предметов часто приходится строить проекции линий и точек, расположенных на поверхности этих тел, имея только одну проекцию линии или точки. Рассмотрим решение такой задачи.

Дан комплексный чертеж четырехугольной прямой призмы и фронтальная проекция a' точки A .

Прежде всего надо отыскать на комплексном чертеже две проекции грани, на которой расположена точка A . На комплексном чертеже видно (рис. 163, а), что точка A лежит на грани призмы 1262 . Фронтальная проекция a' точки A лежит на фронтальной проекции $1'2'6'5'$ грани призмы. Горизонтальная проекция 1562 этой грани — отрезок 56 . На этом отрезке и находится горизонтальная проекция a точки A . Профильную проекцию призмы и точки A строят, применяя линии связи.

По имеющемуся комплексному чертежу призмы можно выполнить ее изометрическую проекцию по координатам вершин. Для этого вначале строят ниже основание призмы (рис. 163, б), а затем вертикальные ребра и верхнее основание (рис. 163, в).

По координатам m и n точки A , взятым с комплексного чертежа, можно построить аксонометрическую проекцию этой точки.

§ 3. ПРОЕКЦИИ ПИРАМИД

Построение проекций треугольной пирамиды начинается с построения основания, горизонтальная проекция которого представляет собой треугольник без искажения (рис. 164, а). Фронтальная проекция основания — отрезок горизонтальной прямой.

Из горизонтальной проекции точки s (вершины, пирамиды) проводят вертикальную линию связи, на которой от оси x откладывают высоту пирамиды и получают фронтальную проекцию s' вершины. Соединяя точку s' с точками $1'$, $2'$ и $3'$, получают фронтальные проекции ребер пирамиды.

Горизонтальные проекции ребер получают, соединяя горизонтальную проекцию точки s с горизонтальными проекциями точек 1 , 2 и 3 .

Пусть, например, дана фронтальная проекция a' точки A , расположенной на грани пирамиды $1s2$, и требуется найти другую проекцию этой точки. Для решения этой задачи проведем через a' произвольную вспомогательную прямую и продолжим ее до пересечения с фронтальными проекциями $1's'$ и $2's'$ ребер в точках n' и m' . Затем проведем из точек n' и m' линии связи до пересечения с горизонтальными проекциями $1s$ и $2s$ этих ребер в точках n и m . Соединив n с m , получим горизонтальную проекцию вспомогательной прямой, на которой с помощью линии связи найдем искомую горизонтальную проекцию a точки A . Профильную проекцию этой точки находят по линиям связи.

Другой способ решения задачи на построение проекции точки по заданной ее проекции показан на рис. 164, б. Дана четырехугольная правильная пирамида. Через заданную фронтальную проекцию a' точки A проводят вспомогательную прямую, проходящую через вершину пирамиды и расположенную на ее грани. Горизонтальную проекцию ns вспомогательной прямой находят с помощью линии связи. Искомая горизонтальная проекция a точки A находится на пересечении линии связи, проведенной из точки a' , с горизонтальной проекцией ns вспомогательной прямой.

Фронтальная пирамидическая проекция рассматриваемой пирамиды выполняется следующим образом (рис. 164, в).

Вначале строят основание, для чего по оси x откладывают длину диагонали 13 , а по оси y — половину длины диагонали 24 . Из точки O пересечения диагоналей проводят ось z и на ней откладывают высоту пирамиды. Вершину S соединяют с вершинами основания прямыми линиями — ребрами.

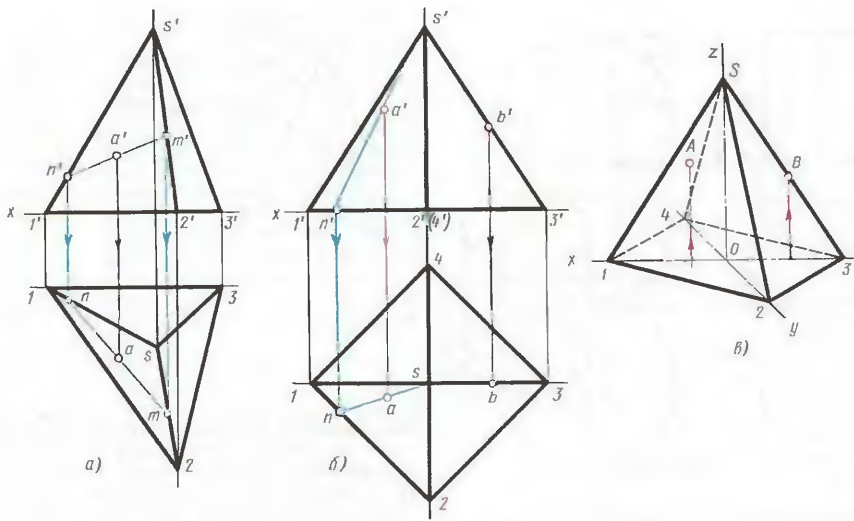


РИС. 164

Фронтальную диметрическую проекцию точки A , расположенной на грани пирамиды, строят по координатам, которые берут с комплексного чертежа. От начала координат O по оси x откладывают координату x_A , из ее конца параллельно оси y — половину координаты y_A и из конца этой координаты параллельно оси z — третью координату z_A . Построение точки B , расположенной на ребре пирамиды, более простое. От точки O по оси x откладывают координату x_B и из конца ее проводят прямую, параллельную оси z , до пересечения с ребром пирамиды в точке B .

тальной прямой линии, равный диаметру окружности основания.

После построения основания на фронтальной проекции проводят две очерковые (крайние) образующие и на них откладывают высоту цилиндра. Проводят отрезок горизонтальной прямой, который является фронтальной проекцией верхнего основания цилиндра (рис. 165, в).

Определение недостающих проекций точек A и

§ 4. ПРОЕКЦИИ ЦИЛИНДРОВ

Боковая поверхность прямого кругового цилиндра получается вращением отрезка AB образующей вокруг оси, параллельной этому отрезку. На рис. 165, а представлена изометрическая проекция цилиндра.

Построение горизонтальной и фронтальной проекций цилиндра показано на рис. 165, б и в.

Построение начинают с изображения основания цилиндра, т.е. двух проекций окружности (рис. 165, б). Так как окружность расположена на плоскости H , то она проецируется на эту плоскость без искажения. Фронтальная проекция окружности представляет собой отрезок горизон-

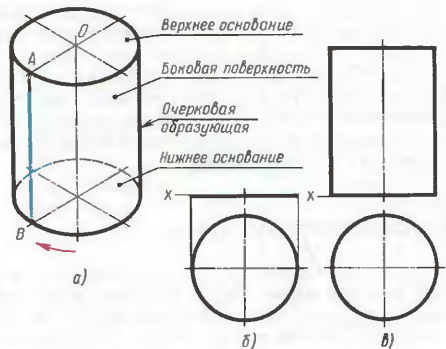


РИС. 165

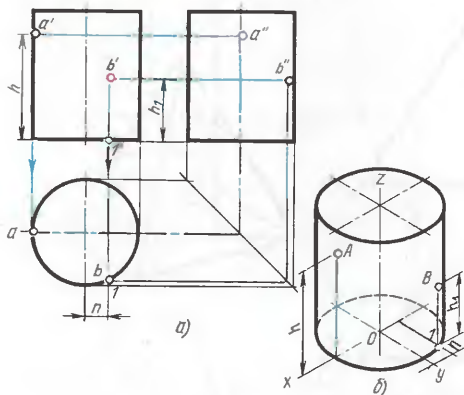


РИС. 166

B , расположенных на поверхности цилиндра, по заданным фронтальным проекциям в данном случае затруднений не вызывает, так как вся горизонтальная проекция боковой поверхности цилиндра представляет собой окружность (рис. 166, а). Следовательно, горизонтальные проекции точек a' и b' вертикальные линии связи до их пересечения с окружностью в искомых точках a и b .

Профильные проекции точек A и B строят также с помощью вертикальных и горизонтальных линий связи.

Изометрическую проекцию цилиндра вычерчивают, как показано на рис. 166, б.

В изометрии точки A и B строят по координатам. Например, для построения точки B от начала координат O по оси x откладывают координату $x_B = n$, а затем через ее конец проводят прямую, параллельную оси y , до пересечения с контуром основания в точке I . Из этой точки параллельно оси z проводят прямую, на которой откладывают координату $z_B = h_1$ точки B .

§ 5. ПРОЕКЦИИ КОНУСОВ

Наглядное изображение прямого кругового конуса показано на рис. 167, а. Боковая поверхность конуса получена вращением отрезка BS вокруг оси, пересекающей отрезок в точке S . Последовательность построения двух проекций конуса показана на рис. 167, б и в. Сначала строят две проек-

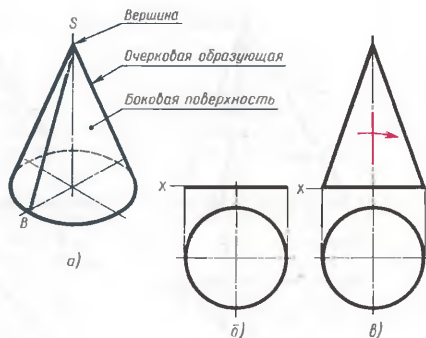


РИС. 167

ции основания. Горизонтальная проекция основания — окружность. Фронтальной проекцией будет отрезок горизонтальной прямой, равный диаметру этой окружности (рис. 167, б). На фронтальной проекции из середины основания восстанавливают перпендикуляр и на нем откладывают высоту конуса (рис. 167, в). Полученную фронтальную проекцию вершины конуса соединяют прямыми с концами фронтальной проекции основания и получают фронтальную проекцию конуса.

Если на поверхности конуса задана одна проекция точки A (например, фронтальная проекция на рис. 168, а), то две другие проекции этой точки определяют с помощью вспомогательных линий — образующей, расположенной на поверхности конуса и проведенной через точку A , или окружности, расположенной в плоскости, параллельной основанию конуса.

В первом случае (рис. 168, а) проводят фронтальную проекцию $s'a'f'$ вспомогательной образующей. Пользуясь вертикальной линией связи,

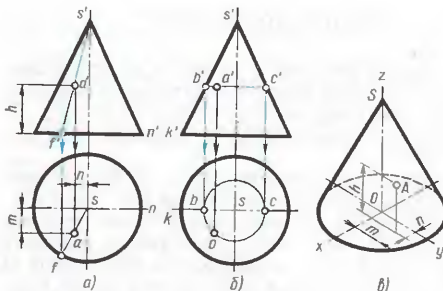


РИС. 168

проведенной из точки f' , расположенной на фронтальной проекции окружности основания, находят горизонтальную проекцию sf этой образующей, на которой с помощью линии связи, проходящей через a' , находят искомую точку a .

Во втором случае (рис. 168, б) вспомогательной линией, проходящей через точку A , будет окружность, расположенная на конической поверхности и параллельная плоскости H . Фронтальная проекция этой окружности изображается в виде отрезка $b'c'$ горизонтальной прямой, величина которого равна диаметру вспомогательной окружности. Искомая горизонтальная проекция a точки A находится на пересечении линии связи, опущенной из точки a' , с горизонтальной проекцией вспомогательной окружности.

Если заданная фронтальная проекция b' точки B расположена на контурной (очерковой) образующей SK , то горизонтальная проекция точки находится без вспомогательных линий (рис. 168, б).

В изометрической проекции точку A , находящуюся на поверхности конуса, строят по трем координатам (рис. 168, в): $x_A = n$, $y_A = m$, $z_A = h$. Эти координаты последовательно откладывают по направлениям, параллельным изометрическим осям. В рассматриваемом примере от точки O по оси x отложена координата $x_A = n$; из конца ее параллельно оси y проведена прямая, на которой отложена координата $y_A = m$; из конца отрезка, равного m , параллельно оси z проведена прямая, на которой отложена координата $z_A = h$. В результате построений получим искомую точку A .

§ 6. ПРОЕКЦИИ ШАРА

На рис. 169, а изображена половина шара, сферическая поверхность этого шара образована вращением четверти окружности AB вокруг радиуса AO .

Проекция этой фигуры приведены на рис. 169, б. Горизонтальная проекция — окружность радиуса, равного радиусу сферы, а фронтальная — полуокружность того же радиуса.

Если точка A расположена на сферической поверхности (рис. 169, в), то вспомогательная линия $b'c'$, проведенная через эту точку параллельно горизонтальной плоскости проекций, проецируется на горизонтальную плоскость проекций окружностью. На горизонтальной проекции вспомогательной окружности находят с помощью линии связи искомую горизонтальную проекцию a точки A .

Величина диаметра вспомогательной окружности равна фронтальной проекции $b'c'$.

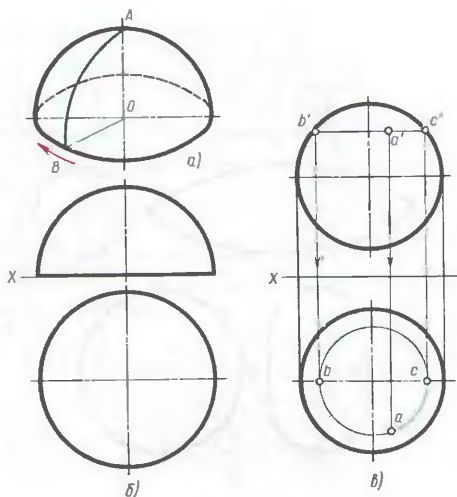


РИС. 169

§ 7. ПРОЕКЦИИ КОЛЬЦА И ТОРА

Поверхность кругового кольца (рис. 170, а) образована вращением образующей окружности $ABCD$ вокруг оси OO_1 .

Тор — поверхность, образованная вращением части дуги окружности, являющейся образующей, вокруг оси OO_1 , расположенной в плоскости этой окружности и не проходящей через ее центр.

На рис. 171, а и б приведены два вида тора. В первом случае образующая дуга окружности радиуса R отстоит от оси вращения на расстоянии меньше радиуса R , а во втором случае — больше.

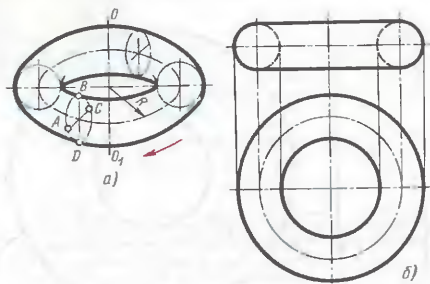


РИС. 170

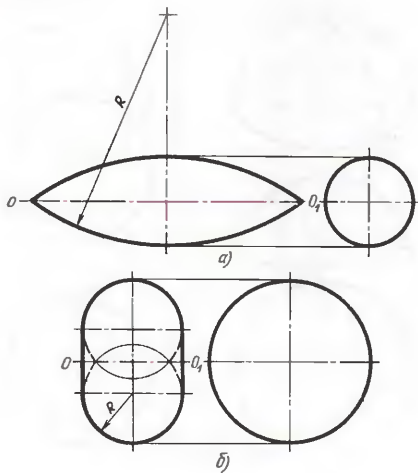


РИС. 171

В обоих случаях фронтальные проекции тора представляют собой действительный вид двух образующих дуг окружности радиуса R , расположенных симметрично относительно фронтальной проекции оси вращения. Профильными проекциями тора будут окружности.

Круговое кольцо (или открытый тор) имеет горизонтальную проекцию в виде двух concentric окружностей, разность радиусов которых равна толщине кольца или диаметру образующей окружности (рис. 170, б). Фронтальная проекция ограничивается справа и слева дугами полуокружностей диаметра образующей окружности.

В случае, когда точка A лежит на поверхности кругового кольца и дана одна ее проекция, для

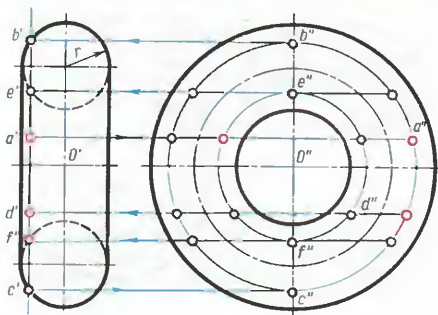


РИС. 172

нахождения второй проекции этой точки применяется вспомогательная окружность, проходящая через данную точку A и расположенная на поверхности кольца в плоскости, перпендикулярной оси кольца (рис. 172).

Если задана фронтальная проекция a' точки A , лежащей на поверхности кольца, то для нахождения ее второй проекции (в данном случае — профильной) через a' проводят фронтальную проекцию вспомогательной окружности — отрезок вертикальной прямой линии $b'c'$. Затем строят профильную проекцию $b''c''$ этой окружности и на ней, применяя линию связи, находят точку a'' .

Если задана профильная проекция a'' точки D , расположенной на поверхности этого кольца, то для нахождения фронтальной проекции точки D через d'' проводят профильную проекцию вспомогательной окружности радиуса $O''d''$. Затем через верхнюю и нижнюю точки $e''f''$ этой окружности проводят горизонтальные линии связи до пересечения с фронтальными проекциями образующей окружности радиуса r и получают точки e' и f' . Эти точки соединяют вертикальной прямой, которая представляет собой фронтальную проекцию вспомогательной окружности (она будет невидима). Проводя горизонтальную линию связи из точки d'' до пересечения с прямой $e'f'$, получаем искомую точку d' .

Такие же приемы построения применимы и для точек, находящихся на поверхности тора.

§ 8. КОМПЛЕКСНЫЕ ЧЕРТЕЖИ ГРУППЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ И МОДЕЛЕЙ

Для развития пространственного воображения полезно выполнять комплексные чертежи группы геометрических тел и несложных моделей с натуры.

Наглядное изображение группы геометрических тел показано на рис. 173, а. Построение комплексного чертежа этой группы геометрических тел следует начинать с горизонтальной проекции, так как основания цилиндра, конуса и шестигранной пирамиды проецируются на горизонтальную плоскость проекции без искажений. С помощью вертикальных линий связи строят фронтальную проекцию. Профильную проекцию строят с помощью вертикальных и горизонтальных линий связи (рис. 173, б).

Чтобы перейти к более сложным моделям, необходимо усвоить построение простых комплексных чертежей. Проекция моделей следует располагать таким образом, чтобы фронтальная проекция давала наиболее полное представление о форме и размерах модели (рис. 174).

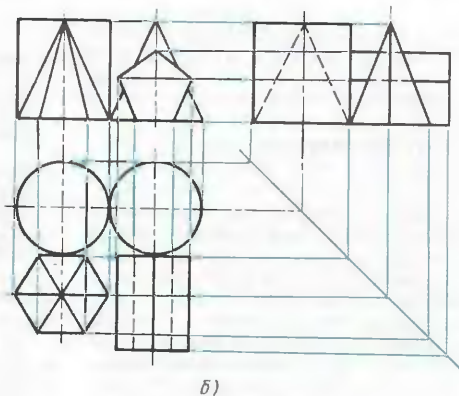
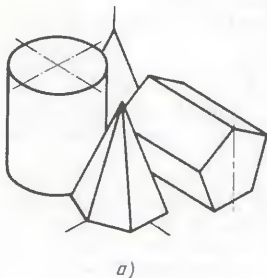


РИС. 173

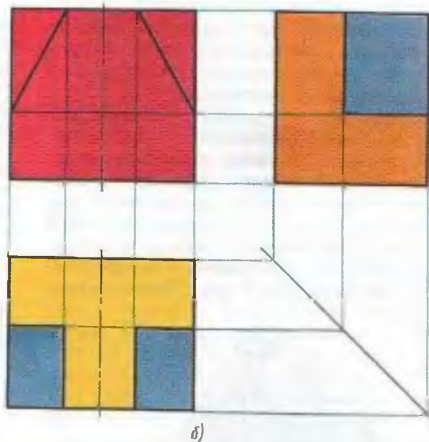
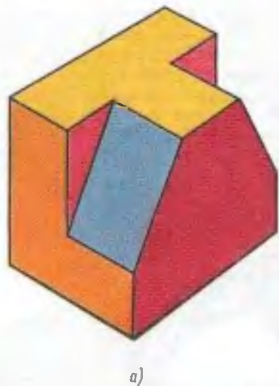


РИС. 174

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В какой последовательности строят проекции прямого кругового цилиндра и правильной шестигранной призмы, основания которых расположены на фронтальной плоскости проекций?
2. Какими приемами определяют недостающие проекции точек, лежащих на поверхности конуса, шара и тора?
3. Какие тела называются телами вращения?
4. Чем отличается пирамида от призмы?

СЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ
ПЛОСКОСТЯМИ И РАЗВЕРТКИ ИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

§ 1. ПОНЯТИЕ О СЕЧЕНИЯХ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Детали машин и приборов очень часто имеют формы, представляющие собой различные геометрические поверхности, рассеченные плоскостями (рис. 175). Кроме того, иногда необходимо выполнить развертки поверхности полых деталей, усеченных плоскостью. Это применяется в раскрое листового материала, из которого изготавливаются полые детали. Такие детали обычно представляют собой части всевозможных трубопроводов, вентиляционных устройств, кожухов для закрытия механизмов, ограждения станков и т.п. (рис. 176).

Построения прямоугольных и аксонометрических проекций усеченных тел, а также определение истинного вида сечений и разверток поверхностей геометрических тел часто используются на практике.

Расская геометрическое тело плоскостью, получают сечение — ограниченную замкнутую линию, все точки которой принадлежат как секущей плоскости, так и поверхности тела.

При пересечении плоскостью многогранника (например, призмы, пирамиды) в сечении получается многоугольник с вершинами, расположенными на ребрах многогранника. При пересечении плоскостью тел вращения (например, цилиндра, конуса) фигура сечения часто ограничена кривой линией. Точки этой кривой находят с помощью вспомогательных линий — прямых или окружностей, взятых на поверхности тела. Точки пересечения

этих линий с секущей плоскостью будут искомыми точками контура криволинейного сечения.

Пример сечения плоскостью P геометрического тела — куба, лежащего на горизонтальной плоскости проекции H , показан на рис. 177.

В первом случае (рис. 177, а) куб усечен фронтально-проецирующей плоскостью P . Фигурой сечения является прямоугольник.

При построении двух проекций такого сечения (рис. 177, б) следует иметь в виду, что фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с фронтальным следом секущей плоскости P_V .

Горизонтальная проекция фигуры сечения — прямоугольник.

Во втором случае (рис. 177, в) куб усечен горизонтально-проецирующей плоскостью P . Фигура сечения — прямоугольник.

На рис. 177, г приведено построение проекций этого сечения. Горизонтальная проекция фигуры сечения совпадает с горизонтальным следом P_H секущей плоскости. Фронтальной проекцией сечения будет прямоугольник, одной стороной которого является линия пересечения плоскости P с плоскостью передней грани куба.

Если куб пересечен плоскостью общего положения (рис. 177, д, е), то полученная фигура сечения в данном случае (треугольник) проецируется на плоскости проекций V и H с искажением.

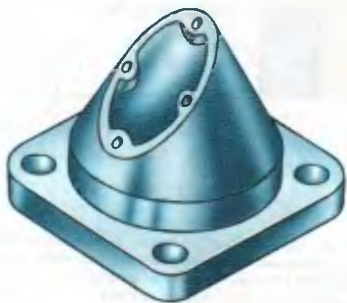


РИС. 175

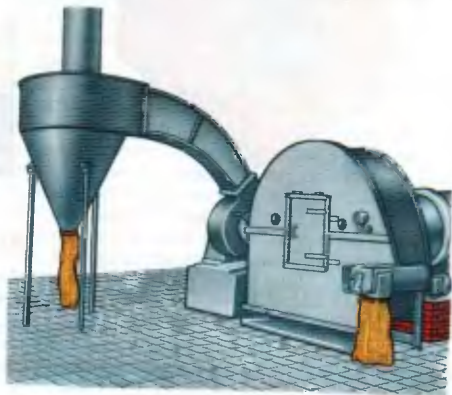


РИС. 176

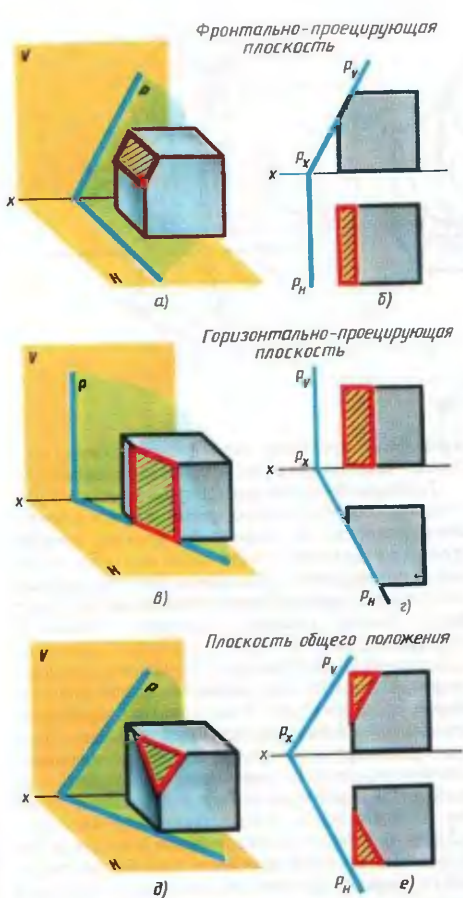


РИС. 177

§ 2. СЕЧЕНИЕ ПРИЗМЫ ПЛОСКОСТЬЮ

Фигура сечения прямой пятиугольной призмы фронтально-проецирующей плоскостью P (рис. 178, *а*) представляет собой плоский пятиугольник $1\ 2\ 3\ 4\ 5$.

Для построения проекций фигуры сечения находят проекции точек пересечения плоскости P с ребрами призмы и соединяют их прямыми линиями. Фронтальные проекции этих точек получают сразу при пересечении фронтальных проекций ребер

призмы с фронтальным следом P_V секущей плоскости P (точки $1''...5''$).

Горизонтальные проекции точек пересечения $1...5$ совпадают с горизонтальными проекциями ребер. Имея две проекции этих точек, с помощью линий связи находят профильные проекции $1'''...5'''$. Полученные точки $1''...5''$ соединяют прямыми линиями и получают профильную проекцию фигуры сечения.

Действительный вид фигуры сечения можно определить любым из способов: вращения, совмещения или перемены плоскостей проекций (см. гл. 15).

В данном примере (рис. 178, *а*) применен способ перемены плоскостей проекций. Горизонтальная плоскость проекций заменена новой H_1 , причем ось x_1 (для упрощения построений) совпадает с фронтальным следом плоскости P .

Для нахождения новой горизонтальной проекции какой-либо точки фигуры сечения (например, точки 1) необходимо выполнить следующие построения. Из точки $1'$ восстанавливают перпендикуляр к новой оси x_1 и откладывают на нем расстояние от прежней оси x до прежней горизонтальной проекции точки 1 , т.е. отрезок h . В результате получают точку 1_0 . Так же находят и новые горизонтальные проекции точек $2...5$. Соединив прямыми линиями новые горизонтальные проекции $1_0...5_0$, получают действительный вид фигуры сечения.

Разверткой называется плоская фигура, полученная при совмещении поверхности геометрического тела с одной плоскостью (без наложения граней или иных элементов поверхности друг на друга).

Развертку боковой поверхности (рис. 178, *б*) с основанием и фигурой сечения призмы строят следующим образом. Проводят прямую, на которой откладывают пять отрезков, равных длинам сторон пятиугольника, лежащего в основании призмы. Из полученных точек проводят перпендикуляры, на которых откладывают действительные длины ребер усеченной призмы, беря их с фронтальной или профильной проекции (рис. 178, *а*), получают развертку боковой поверхности призмы.

К развертке боковой поверхности пристраивают фигуру нижнего основания — пятиугольник и фигуру сечения. При этом используют метод триангуляции (см. рис. 50, *б*) или метод координат, известный из геометрического черчения. На рис. 178, *а* показано построение вершины 5 методом триангуляции. Линии сгиба по ГОСТ 2.303—68 показывают на развертке штрихпунктирной линией с двумя точками.

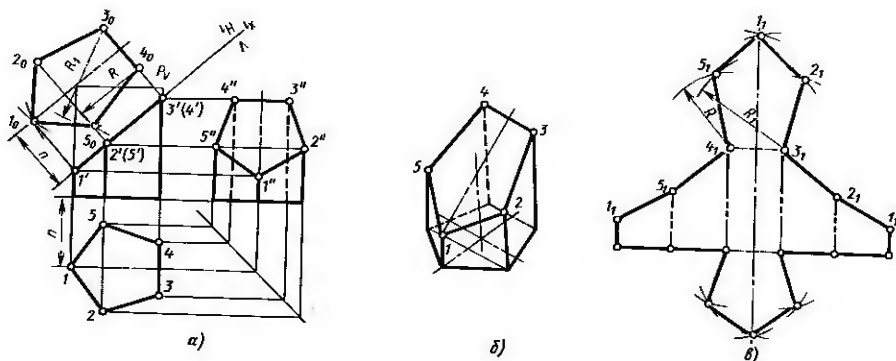


РИС. 178

Для наглядности выполним построение усеченного тела в аксонометрической проекции. На рис. 178, *в* построена изометрическая проекция усеченной призмы. Порядок построения изометрической проекции следующий. Строят изометрическую проекцию основания призмы; проводят в вертикальном направлении линии ребер, на которых от основания откладывают их действительные длины, взятые с фронтальной или профильной проекции призмы. Полученные точки $1' \dots 5'$ соединяют прямыми линиями.

§ 3. СЕЧЕНИЕ ЦИЛИНДРА ПЛОСКОСТЬЮ

Построение сечения прямого кругового цилиндра аналогично построению сечения призмы, так как прямой круговой цилиндр можно рассматривать как прямую призму с бесчисленным множеством ребер — образующих цилиндра (рис. 179, *а*).

Выполнение чертежа начинают с построения трех проекций прямого кругового цилиндра. На поверхности цилиндра проводят несколько равномерно расположенных образующих, в данном примере двенадцать. Для этого горизонтальную проекцию основания делят на 12 равных частей. С помощью линий связи проводят фронтальные проекции образующих цилиндра (рис. 179, *а*).

Из комплексного чертежа видно, что плоскость P пересекает не только боковую поверхность, но и верхнее основание цилиндра. Как известно, плоскость, расположенная под углом к оси цилиндра, пересекает его по эллипсу. Следовательно, фигура сечения в данном случае представляет собой часть эллипса (рис. 179, *в*).

Фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с фронтальным следом P_V плоскости P . Гори-

зонтальная проекция этой фигуры совпадает с горизонтальной проекцией основания цилиндра.

Профильная проекция фигуры сечения представляет собой проекцию части эллипса и может быть построена по нескольким точкам, которые строятся с помощью линий связи по горизонтальной и фронтальной проекциям фигуры сечения. Полученные таким образом профильные проекции точек фигуры сечения соединяют кривой по лекалу.

Действительный вид фигуры сечения получен на рис. 179, *а* способом перемены плоскостей проекций. Горизонтальная плоскость проекций заменена новой. Новая ось проекций x_1 может быть проведена параллельно следу P_V на произвольном расстоянии, но для упрощения построений она выполнена совпадающей с P_V (аналогично рис. 178). От оси x_1 откладывают отрезки $5'5'_0 = 55_x$, $4'4'_0 = 44_x$, т.е. отрезки m , n и т.д., так как расстояние от новой проекции этой точки до новой оси проекций равно расстоянию от прежней проекции этой точки до прежней оси проекций.

Развертка боковой поверхности усеченного цилиндра с основанием и фигурой сечения показана на рис. 179, *б*.

Для построения развертки боковой поверхности на горизонтальной прямой откладывают длину окружности основания, равную πD и делят ее на 12 равных частей. Из точек деления восстанавливают перпендикуляры к отрезку πD , на них откладывают действительные длины образующих цилиндра от основания до секущей плоскости P , которые взяты с фронтальной или профильной проекции цилиндра. Полученные точки $1_1 \dots 9_1$ соединяют по лекалу плавной кривой. Затем фигуру сечения соединяют с частью верхнего основания цилиндра, ограниченного хордой $1_1 9_1$ (сегмент), а фигуру

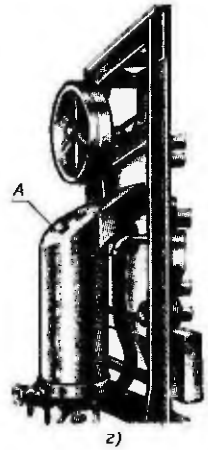
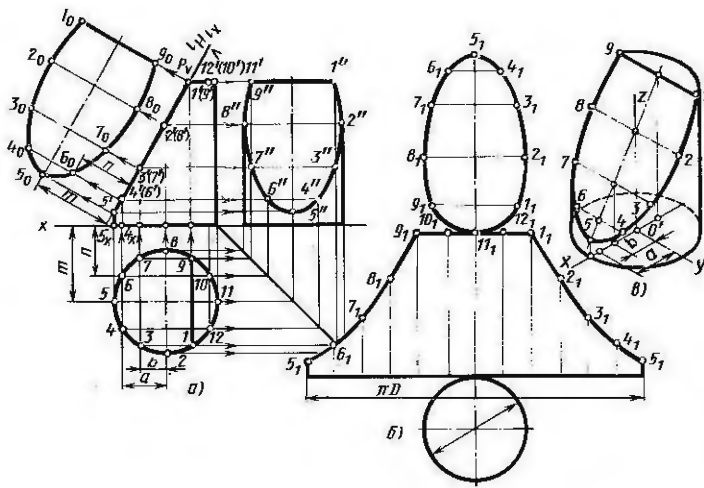


РИС. 179

нижнего основания цилиндра (окружность) соединяют с нижней частью развертки.

Изометрическую проекцию усеченного цилиндра строят следующим образом (рис. 179, в). Сначала строят изометрию нижнего основания (овал) и части верхнего основания — сегмента (часть овала). На диаметре окружности нижнего основания от центра O' откладывают отрезки a , b и т.д., взятые с горизонтальной проекции основания. Затем из намеченных точек проводят прямые, параллельные оси цилиндра до пересечения с осью эллипса.

Через полученные точки проводят прямые, параллельные оси u , и на них откладывают отрезки, взятые с действительного вида сечения. Полученные точки соединяют по лекалу. Заканчивают построение проведением очерковых образующих, касательных к основаниям — овалам.

Пылесборник машины для очистки литых деталей (рис. 179, г) представляет собой усеченный цилиндр. Форма крышки A трубы пылесборника является фигурой сечения прямого кругового цилиндра и представляет собой эллипс.

§ 4. СЕЧЕНИЕ ПИРАМИДЫ ПЛОСКОСТЬЮ

Правильная шестиугольная пирамида, пересеченная фронтально-проецирующей плоскостью P , показана на рис. 180.

Как и в предыдущих примерах, фронтальная проекция сечения совпадает с фронтальным сле-

дом P_V плоскости. Горизонтальную и профильную проекции фигуры сечения строят по точкам, которые являются точками пересечения плоскости P с ребрами пирамиды.

Действительный вид фигуры сечения в этом примере определяется способом совмещения.

Развертка боковой поверхности усеченной пирамиды с фигурой сечения и фигурой основания приведена на рис. 180, б.

Сначала строят развертку неусеченной пирамиды, все грани которой, имеющие форму треугольника, одинаковы. На плоскости намечают точку s_1 (вершину пирамиды) и из нее, как из центра, проводят дугу окружности радиусом R , равным действительной длине бокового ребра пирамиды. Действительную длину ребра можно определить по профильной проекции пирамиды, например отрезки $s''e''$ или $s''b''$, так как эти ребра параллельны плоскости W и изображаются на ней действительной длиной. Далее по дуге окружности от любой точки, например a_1 , откладывают шесть одинаковых отрезков, равных действительной длине стороны шестиугольника — основания пирамиды. Действительную длину стороны основания пирамиды получаем на горизонтальной проекции (отрезок ab). Точки $a_1...f_1$ соединяют прямыми с вершиной s_1 . Затем от вершины a_1 на этих прямых откладывают действительные длины отрезков ребер до секущей плоскости.

На профильной проекции усеченной пирамиды имеются действительные длины только двух от-

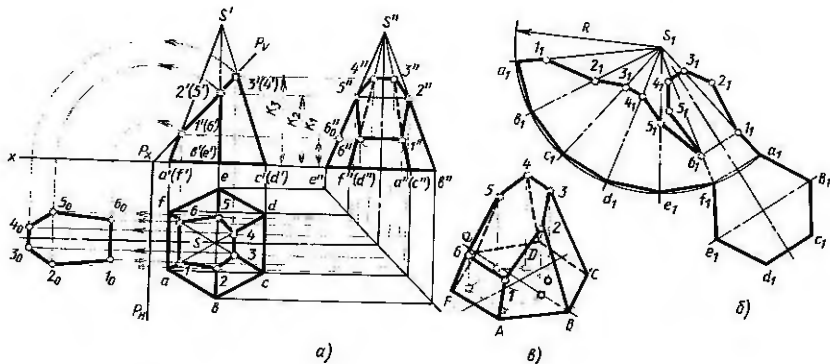


РИС. 180

резков — $s''5$ и $s''2$. Действительные длины остальных отрезков определяют способом вращения их вокруг оси, перпендикулярной к плоскости H и проходящей через вершину s . Например, повернув отрезок $s''6''$ около оси до положения, параллельного плоскости W , получим на этой плоскости его действительную длину. Для этого достаточно через точку $6''$ провести горизонтальную прямую до пересечения с действительной длиной ребра SE или SB . Отрезок $s''6_0''$ (см. рис. 180).

Полученные точки $1_1, 2_1, 3_1$ и т.д. соединяют прямыми и пристраивают фигуры основания и сечения, пользуясь методом триангуляции. Линиигиба на развертке проводят штрихпунктирной линией с двумя точками.

Построение изометрической проекции усеченной пирамиды начинают с построения изометрической проекции основания пирамиды по размерам, взятым с горизонтальной проекции комплексного чертежа. Затем на плоскости основания по координатам точек $1...6$ строят горизонтальную проекцию сечения (см. тонкие синие линии на рис. 180, а, е). Из вершин полученного шестиугольника проводят вертикальные прямые, на которых откладывают координаты, взятые с фронтальной или профильной проекций пирамиды, например, отрезки K_1, K_2, K_3 и т.д. Полученные точки $1...6$ соединяем, получаем фигуру сечения. Соединив точки $1...6$ с вершинами шестиугольника, основания пирамиды, получим изометрическую проекцию усеченной пирамиды. Невидимые ребра изображают штриховыми линиями.

Пример сечения треугольной неправильной пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью показан на рис. 181.

Все ребра на трех плоскостях проекций изображены с искажением. Горизонтальная проекция

основания представляет собой его действительный вид, так как основание пирамиды расположено на плоскости H .

Действительный вид $1_0, 2_0, 3_0$ фигуры сечения получен способом перемены плоскостей проекций. В данном примере горизонтальная плоскость проекций H заменена новой плоскостью, которая параллельна плоскости P_V ; новая ось x_1 совмещена со следом P_V (рис. 181, а).

Развертку поверхности пирамиды строят следующим образом. Способом вращения находят действительную длину ребер пирамиды и их отрезков от основания до ссущей плоскости P .

Например, действительные длины ребра SC и его отрезка $C3$ равны соответственно длине фронтальной проекции $s'c'$ ребра и отрезка $c'_1 3_1$ после поворота.

Затем строят развертку треугольной неправильной пирамиды (рис. 181, в). Для этого из произвольной точки S проводят прямую, на которой откладывают действительную длину ребра SA . Из точки s делают засечку радиусом R_1 , равным действительной длине ребра SB , а из точки A — засечку радиусом R_2 , равным стороне основания пирамиды AB , в результате чего получают точку b_1 и грань $s_1 b_1 a_1$. Затем из точек s и b_1 , как из центров, делают засечки радиусами, равными действительной длине ребра SC и стороне BC , и получают грань $s_1 b_1 c_1$ пирамиды. Также строится грань $s_1 c_1 a_1$.

От точек $a_1 b_1$ и c_1 откладывают действительные длины отрезков ребер, которые берут на фронтальной проекции (отрезки $a'_1 1'_1, b'_1 2'_1, c'_1 3'_1$). Используя метод триангуляции, пристраивают основание и фигуру сечения.

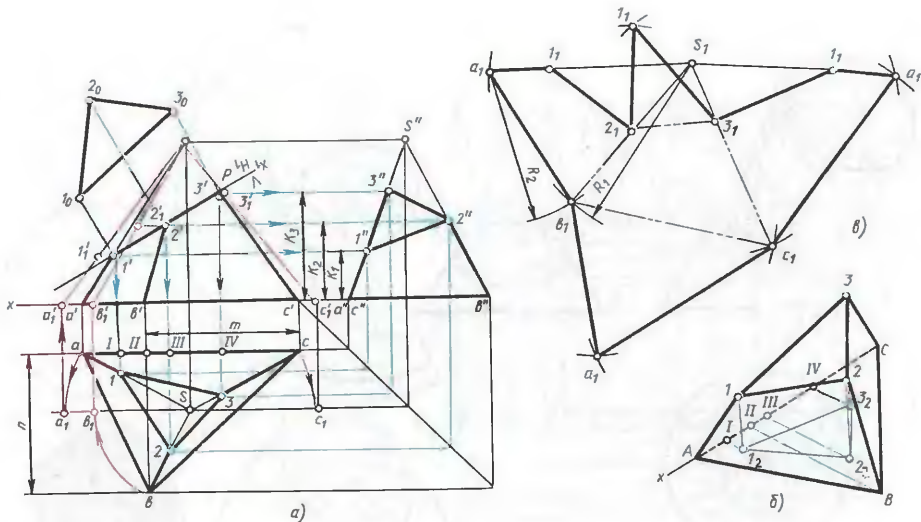


РИС. 181

Для построения изометрической проекции усеченной пирамиды (рис. 181, б) проводят изометрическую ось x . По координатам m и n строят основание пирамиды ABC . Сторона основания AC параллельна оси x или совпадает с осью x . Как и в предыдущем примере, строят изометрическую проекцию горизонтальной проекции фигуры сечения $1_2 2_2 3_2$ (используя точки I, III и IV). Из этих точек проводят вертикальные прямые, на которых откладывают отрезки, взятые с фронтальной или профильной проекции призмы K_1 , K_2 и K_3 . Полученные точки 1, 2, 3 соединяют прямыми между собой и с вершинами основания.

§ 5. СЕЧЕНИЕ ПРЯМОГО КРУГОВОГО КОНУСА ПЛОСКОСТЬЮ

В зависимости от расположения сечения плоскостью P относительно оси прямого кругового конуса получаются различные фигуры сечения, ограниченные кривыми линиями.

Сечение прямого кругового конуса фронтально-проецирующей плоскостью P рассматривается на рис. 182. Основание конуса расположено на плоскости H . Фигура сечения в данном случае будет ограничена эллипсом.

Фронтальная проекция фигуры сечения расположена на фронтальном следе плоскости P (рис. 182, а).

Для построения горизонтальной проекции контура сечения горизонтальную проекцию основания конуса (окружности) делят, например, на 12 равных частей. Через точки деления на горизонтальной и фронтальной проекциях проводят вспомогательные образующие. Сначала находят фронтальные проекции точек сечения $1' \dots 12'$, лежащих на плоскости P_1 . Затем с помощью линии связи находят их горизонтальные проекции. Например, горизонтальная проекция точки 2, расположенной на образующей s_2 , проектируется на горизонтальную проекцию этой же образующей в точку 2.

Найденные горизонтальные проекции точек контура сечения соединяют по ласкалу. Действительный вид фигуры сечения в данном примере найден способом перемены плоскости проекций. Плоскость H заменяется новой плоскостью проекции H_1 .

На фронтальной плоскости проекции V фигура сечения — эллипс изображается в виде прямой $1'7'$, совпадающей с фронтальной проекцией секущей плоскости P . Эта прямая $1'7'$ является большой осью эллипса. Малая ось эллипса $a'b'$ перпендикулярна к большой оси $1'7'$ и проходит

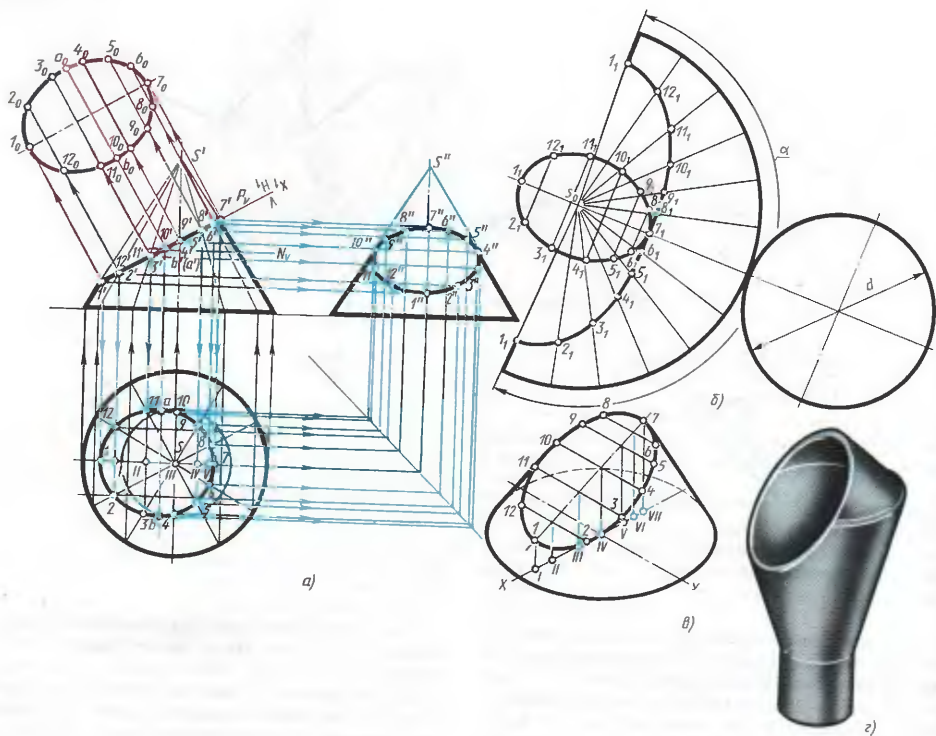


РИС. 182

через ее середину. Чтобы найти малую ось сечения, через середину большой оси $I'7'$ эллипса проводят горизонтальную плоскость N , которая рассечет конус по окружности, диаметр которой будет равняться малой оси эллипса (a_0b_0).

Построение развтки поверхности конуса (рис. 182, б) начинают с проведения дуги окружности радиусом, равным длине образующей конуса из точки s_0 . Длина дуги определяется углом α :

$$\alpha = 180^\circ \frac{d}{l},$$

где d — диаметр окружности основания конуса ; l — длина образующей конуса .

Дугу делят на 12 частей и полученные точки соединяют с вершиной s_0 . От вершины откладывают действительные длины отрезков образующих от вершины конуса до секущей плоскости P .

Действительные длины этих отрезков находят,

как и в примере с пирамидой, способом вращения около вертикальной оси, проводящей через вершину конуса. Так, например, чтобы получить действительную длину отрезка S_2 , надо из $2'$ провести горизонтальную прямую до пересечения в точке b' с контурной образующей конуса, являющейся действительной ее длиной.

К развтке конической поверхности пристраивают фигуры сечения и основания конуса.

Построение изометрической проекции усеченного конуса (рис. 182, в) начинают с построения основания — эллипса. Изометрическую проекцию любой точки кривой сечения находят с помощью трех координат, как показано на рис. 182, а.

На оси x откладывают точки $I...VII$, взятые с горизонтальной проекции конуса. Из полученных точек проводят вертикальные прямые, на которых откладывают координаты z , взятые с фронтальной проекции. Через полученные на наклонной оси

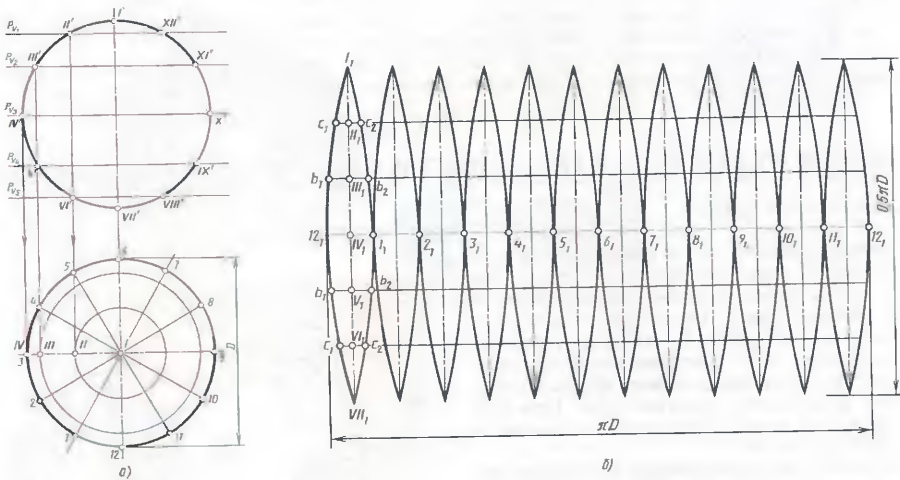


РИС. 183

эллипса точки проводят прямые, параллельные оси y , и на них откладывают отрезки $6_0 8_0$ и $4_0 10_0$, взятые на действительном виде сечения.

Найденные точки соединяют по лекалу. Крайние очерковые образующие проводят по касательной к контуру основания конуса и эллипса.

Пример сечения прямого кругового конуса приведен на рис. 182, г. Колпак сепаратора представляет собой сварную конструкцию из тонкой листовой стали и состоит из двух конусов.

§ 6. РАЗВЕРТКА СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Горизонтальную проекцию сферической поверхности делим горизонтально-проецирующими плоскостями на несколько равных частей (клиньев), например на 12 (рис. 183, а). Фронтальную проекцию сферы поверхности тоже делят на несколько равных частей (желательно на 12).

Через полученные точки деления $II...VI$ проводят фронтально-проецирующие плоскости $P_{V1}...P_{V5}$ (рис. 183, а).

Для построения развертки сферической поверхности на горизонтальной прямой откладывают длину окружности диаметра D , равную πD (рис. 183, б). Полученный отрезок делят на 12 равных частей.

Через середину каждого деления проводят перпендикуляр и откладывают на нем отрезок $I-VII$,



РИС. 184



РИС. 185

равный 0,5 длине окружности диаметра D . Отрезок I—VII делят на 6 равных частей, через полученные точки деляния проводят горизонтальные прямые, на которых откладывают отрезки, равные $1/12$ части окружности соответствующего радиуса, например, отрезок c_1c_2 соответствует $1/12$ длине

окружности радиуса I—II, взятого с горизонтальной проекции. Полученные точки соединяют по лекалу. Развертки остальных одиннадцати клиньев строят аналогично.

На рис. 184 и 185 приведены примеры использования развертки сферической поверхности.

Г Л А В А 19

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЛА КАК ЭЛЕМЕНТЫ МОДЕЛЕЙ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН

§ 1. ЧЕРТЕЖ МОДЕЛИ

Часто встречаются детали машин со сложными отверстиями и вырезами, при выполнении чертежей которых требуются особые приемы и построения. Примеры таких деталей представлены на рис. 186. Все они состоят из сочетания элементов геометрических тел и поверхностей. В этих деталях имеются отверстия различной формы, ограниченные различными поверхностями. Проекции контуров этих отверстий строят с помощью вспомогательных линий.

Рассмотренные выше примеры построения проекций точек, расположенных на разных геометрических телах и поверхностях, достаточно полно поясняют методы и приемы этих построений.

Геометрические тела или модели могут быть сплошными и полыми, с отверстиями, выемками и т.д. Пример наглядного изображения модели с отверстиями цилиндрической формы показан на рис. 187, а. Комплексный чертеж этой модели выполнен на рис. 187, б.

Построение начинают с фронтальной проекции. Цилиндрические отверстия изображаются в виде окружностей. Далее строят горизонтальную и профильную проекции. На этих двух проекциях

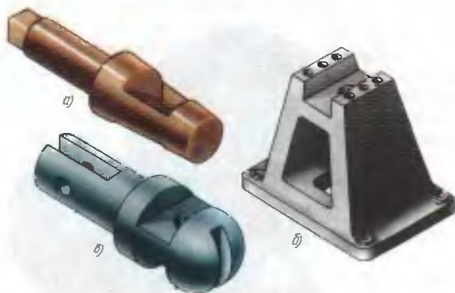
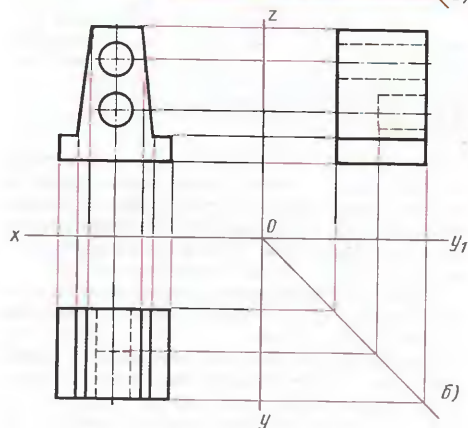
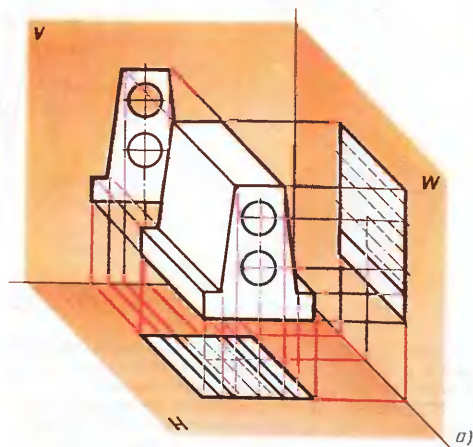


РИС. 186

РИС. 187

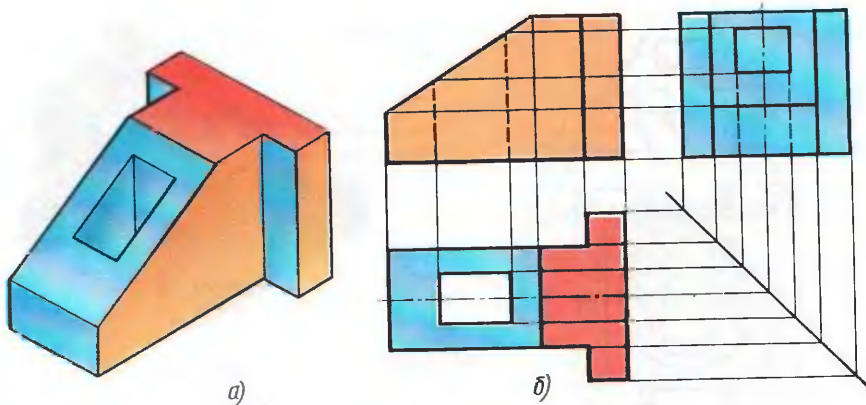


РИС. 188

цилиндрические отверстия показаны линиями невидимого контура, т.е. штриховыми.

В рассмотренном примере геометрическое тело имело отверстие несложной формы, и построение проекций этой модели особых затруднений не вызвало. На рис. 188 изображена более сложная модель и ее комплексный чертеж.

На рис. 189 приведены комплексные чертежи различных моделей, имеющих отверстия и вырезы.

Надо заметить, что если плоские поверхности отверстий располагаются параллельно основанию геометрического тела, то для определения проекции характерных точек контуров отверстий очень удобно применять вспомогательные секущие плоскости, параллельные основанию (см. рис. 189).

На рис. 186, а изображена деталь пробки кра-

на, при выполнении чертежа которой необходимо построить чертеж отверстия сложной формы, для чего необходимо уметь строить проекции линий, расположенных на конической поверхности (рис. 189, а). В данном примере линии AB и CD представляют собой дуги окружностей. Горизонтальные проекции этих дуг строят следующим образом.

Фронтальные проекции дуг продолжают до пересечения с контурными (очерковыми) образующими. Радиусами, равными расстояниям от полученных точек пересечения до оси на горизонтальной проекции, проводят окружности, на которых, пользуясь линиями связи, находят искомые горизонтальные проекции точек A , B , C и D .

Вторая деталь — тяга (рис. 186, в) — имеет вырез в сферической поверхности. В этом случае

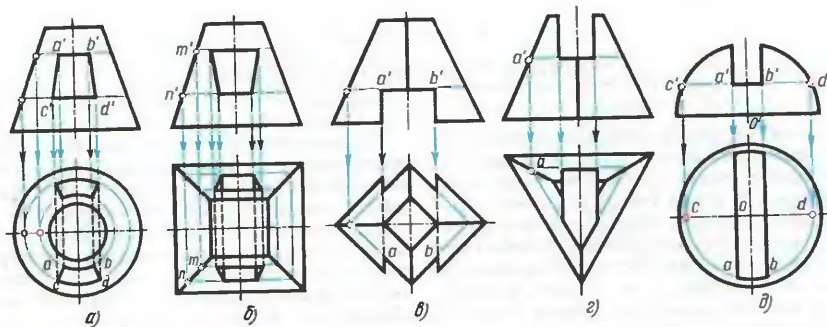


РИС. 189

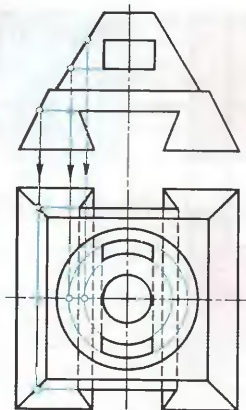


РИС. 190

проекции дуг окружностей строят подобно построению проекций дуги AB на рис. 189, д. Так как эта дуга окружности расположена в горизонтальной плоскости, то фронтальная проекция дуги будет отрезком прямой линии $a'b'$, а горизонтальная проекция представляет собой дугу окружности радиуса, равного половине отрезка $c'd'$.

Третья деталь — станина (рис. 186, б) — ограничена поверхностью усеченной четырехугольной пирамиды. Сбоку станины имеется сквозной вырез трапецидальной формы, который можно построить на чертеже, используя приемы построения, показанные на рис. 189, б. В этом случае применяют вспомогательные секущие плоскости, которые параллельны основанию пирамиды. Находят



РИС. 191

точки пересечения n' и m' фронтальных проекций горизонтальных плоскостей и ребер пирамиды. Горизонтальные проекции m и n этих точек находят, применяя линии связи. Затем из точек m и n проводят прямые, параллельные линиям проекции основания до пересечения с проекциями ребер, получают точки, определяющие горизонтальную проекцию выреза (рис. 189, б).

Этот способ построения используется и для нахождения проекций вырезов у пирамид, изображенных на рис. 189, в и г.

Рассмотренные выше примеры построения контуров отверстий, расположенных в разных геометрических телах, облегчат выполнение комплексного чертежа, показанного на рис. 190.

После выполнения комплексных чертежей подобных моделей легко будет выполнять чертежи учебных моделей или деталей машин более сложной формы, например детали на рис. 191.

Г Л А В А 20

ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ МОДЕЛЕЙ

Под чтением чертежа понимают процесс, при котором происходит формирование пространственного (объемного) образа предмета на основе плоских изображений (проекций). При чтении сложного заводского чертежа пространственного воображения недостаточно, необходима дополнительная информация, касающаяся технологического процесса изготовления детали. Чтение производственного чертежа значительно сложнее и требует знаний не только из области проекционного черчения.

Начинать надо с чертежей деталей, состоящих из простых геометрических форм. Выполнение комплексных чертежей моделей способствует развитию навыков в чтении чертежей.

Если, например, требуется прочитать чертеж модели (рис. 192, а), то вначале мысленно разбиваем изображенную модель на простые геометрические формы и представляем себе, как эти геометрические формы изображаются на всех трех проекциях, выясняем общую форму модели. Представляя форму модели в целом, выполняют

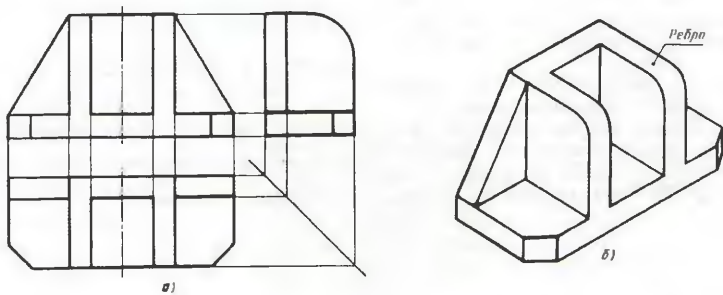


РИС. 192

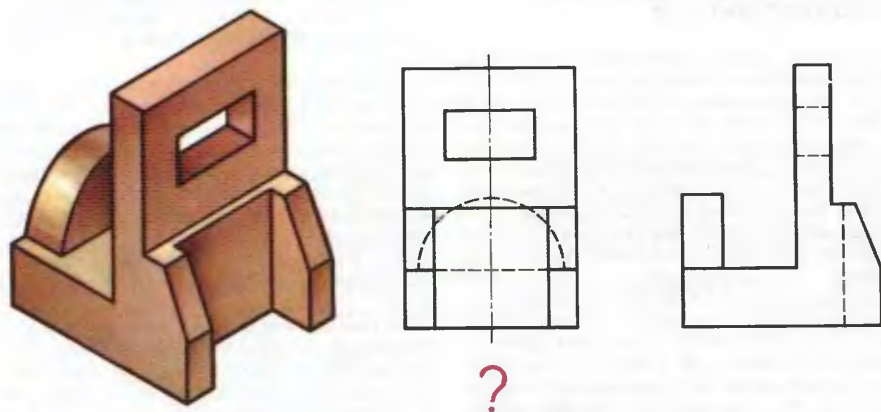


РИС. 193

аксонометрическую проекцию или рисунок (рис. 192, б), которые помогут определить правильность прочитанного чертежа.

В данном случае при чтении чертежа необходимо использовать все проекции чертежа. Так, если при чтении чертежа не учитывать профильную проекцию, то на аксонометрическом изображении ребро может оказаться без закруглений, а если не учитывать горизонтальную проекцию, то трудно определить форму основания.

Особенно важно уметь строить третью проекцию по двум заданным. Для этого необходимо построить самостоятельно две проекции модели с натуры, а третью проекцию построить не глядя на модель, применяя линии связи. Это развивает пространственное воображение (рис. 193).

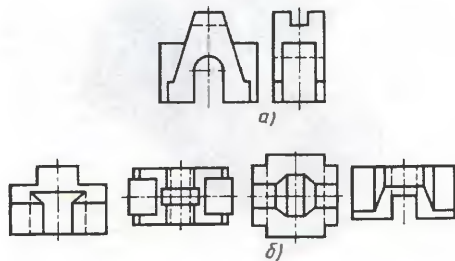


РИС. 194

Выполнив самостоятельно по наглядному изображению модели две ее проекции, закройте изображение и постройте ее третью проекцию.

Построение недостающих видов учит понимать чертежи при минимальном числе видов.

Такое упражнение, как выбор третьей проекции модели из числа изображенных, также способствует развитию навыков по чтению чертежей. Например, по двум проекциям модели

(рис. 194, а) выбрать ее третью проекцию из числа изображенных (рис. 194, б).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как определяется на комплексном чертеже действительный вид сечения?
2. Какими линиями на чертеже изображаются линии сгиба разверток?
3. В каком случае фигура сечения конуса ограничена параболой?
4. Что показывают в сечении?

Г Л А В А 21

ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕЛ

§ 1. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ С ПОВЕРХНОСТЯМИ ТЕЛ

Конструкции деталей можно рассматривать как сочетание различных геометрических тел. Необходимо уметь строить линии пересечения поверхностей этих тел. Пример, где требуется подобное построение, показан на рис. 195, на котором изображен бункер, ограниченный цилиндрической поверхностью *A*, пересекающейся с конической поверхностью *B* и поверхностью пирамиды *B*.

В зависимости от вида поверхностей тел линии пересечения могут быть лекальными кривыми или ломаными.

Для решения задач на построение линий пересечения поверхностей необходимо предварительно усвоить построение точек пересечения прямой с поверхностями различных геометрических тел.

Если прямая пересекается с поверхностью тела, получаются две точки, одновременно принадлежащие как поверхности тела, так и прямой линии.

Такие точки называются точками входа и выхода (рис. 196, а; точки *N* и *M*). Для нахождения этих точек выполняются построения в следующем порядке.

Через данную прямую проводят вспомогательную плоскость (обычно проецирующую). Например, на рис. 196, а, где изображено пересечение прямой *AB* с поверхностью пирамиды, через прямую проведена вспомогательная горизонтально-проецирующая плоскость *P*. Затем находят линии пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью данного геометрического тела (линии *KC* и *ED*). На пересечении полученных линий с заданной прямой находят искомые точки (точки *N* и *M*).

На комплексном чертеже точки входа и выхода определяют следующим образом (рис. 196, б). Горизонтальные проекции *kc* и *ed* прямых *KC* и *ED* совпадают с горизонтальным следом плоскости *P_H*. Фронтальные проекции точек *k'*, *c'*, *e'* и *d'* определяют, пользуясь вертикальными линиями

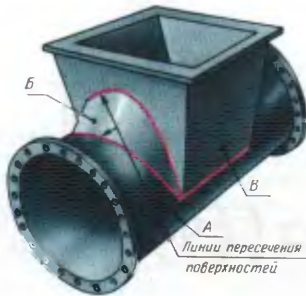


РИС. 195

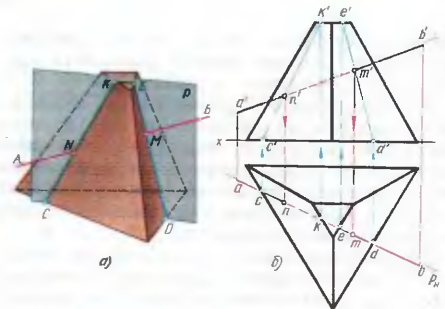


РИС. 196

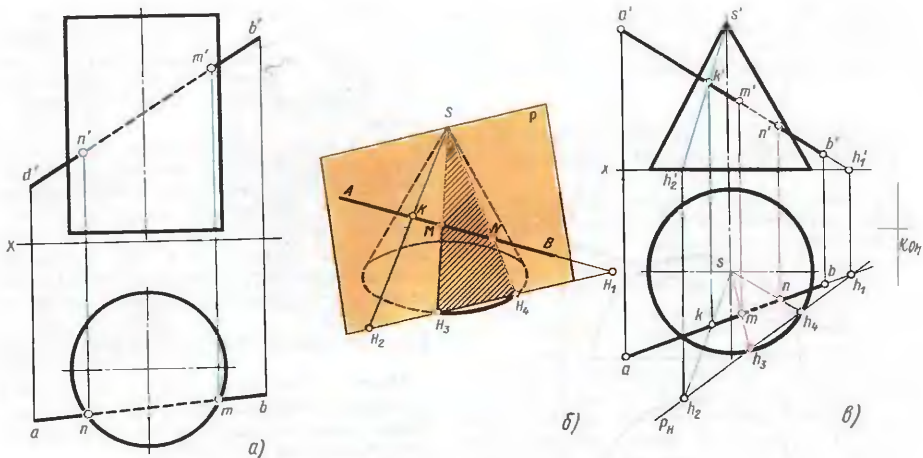


РИС. 197

связи, проведенными из точек k , c , e и d до пересечения с фронтальными проекциями основания пирамиды. Соединяют точки k' с c' и e' с d' прямыми. На пересечении фронтальных проекций найденных прямых с проекцией $a'b'$ данной прямой получают фронтальные проекции n' и m' искомых точек входа и выхода. Проведя через них вертикальные линии связи, находят горизонтальные проекции n и m этих точек.

В некоторых частных случаях можно обойтись без применения вспомогательной плоскости. Например, точки входа и выхода прямой AB с поверхностью прямого кругового цилиндра (рис. 197, *a*) определяют следующим образом.

Горизонтальная проекция цилиндрической поверхности представляет собой окружность, поэтому горизонтальные проекции всех точек, расположенных на цилиндрической поверхности, в том числе и двух искомых точек, будут расположены на этой окружности (рис. 197, *a*).

Фронтальные проекции n' и m' искомых точек определяют, проводя через точки n и m вертикальные линии связи до встречи с данной фронтальной проекцией $a'b'$ прямой AB .

На рис. 197, *б, в* показано построение точек входа и выхода прямой AB и поверхности прямого кругового конуса. Через прямую AB проводят вспомогательную плоскость P , проходящую через вершину конуса. Плоскость P пересечет конус по образующим SH_3 SH_4 .

На комплексном чертеже изображение плоскости P строят следующим образом. На прямой AB берут произвольную точку K и соединяют ее с вершиной S конуса прямой линией. Две пересекающиеся прямые AB и SK определяют плоскость P .

Чтобы найти точки входа и выхода, необходимо построить горизонтальные проекции образующих SH_3 и SH_4 . Для этого продолжим $s'k'$ и $a'b'$ до пересечения с осью x в точках h_2' и h_1' . Опустим линию связи из точки k' до пересечения с ab , полученную точку k соединим с s . Продлим горизонтальную проекцию прямой SK до пересечения с линией связи, опущенной из точки h_2' , получим

точку h_2 . Из точки h_1' проведем линию связи до пересечения с продолжением прямой ab , получим точку h_1 . Через следы h_1 и h_2 пройдет горизонтальный след плоскости P . Точки h_1 и h_2 соединим прямой и получим горизонтальный след P_H плоскости P .

Основание конуса является горизонтальным следом конической поверхности. Поэтому, определив точки пересечения этого следа со следом P_H плоскости P , можно найти и те две образующие, по которым коническая поверхность пересекается вспомогательной плоскостью P . На комплексном чертеже горизонтальная проекция основания конуса (окружность) пересекается со следом P_H в точках h_3 и h_4 . Эти точки соединяют с вершиной

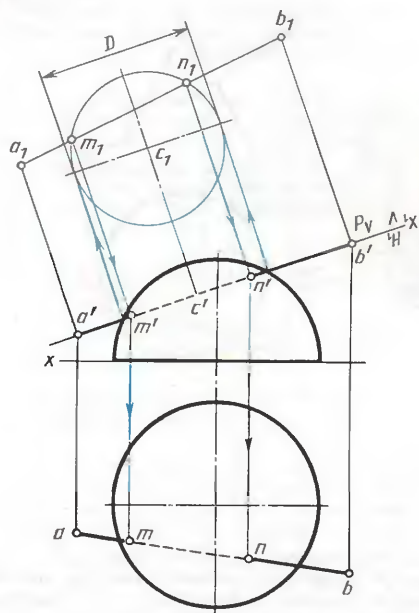


РИС. 198

s и получают следы sh_3 и sh_4 образующих SH_3 и SH_4 .

На пересечении найденных образующих с данной прямой AB находят искомые точки M и N — точки входа и выхода прямой AB с конической поверхностью.

Горизонтальные проекции точек m и n находят на пересечении горизонтальных проекций образующих sh_3 и sh_4 с горизонтальной проекцией прямой ab . Через точки m и n проводят вертикальные линии связи до пересечения $a'b'$ и находят фронтальные проекции m' и n' точек входа и выхода.

Точки входа и выхода прямой AB с поверхностью сферы (рис. 198) находят, проведя через прямую AB вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость P .

Вспомогательная плоскость P пересекает сферу по окружности, которая проецируется на плоскость H в виде эллипса, что затрудняет построение. Поэтому в данном случае необходимо применить способ перемены плоскостей проекций. Новую плоскость проекций выбирают так, чтобы

вспомогательная плоскость P была бы ей параллельна, т.е. следует провести новую ось проекций x_1 так, чтобы она была параллельна фронтальной проекции $a'b'$ прямой AB (для упрощения построений на рис. 198 ось x_1 проведена через проекцию $a'b'$).

Затем необходимо построить новую горизонтальную проекцию a_1b_1 прямой AB и новую горизонтальную проекцию окружности диаметра D , по которой плоскость P пересекает сферу. На пересечении новых горизонтальных проекций двух искомых точек m_1 и n_1 . Обратным построением определяем фронтальные m' и n' и горизонтальные m и n проекции точек входа и выхода.

§ 2. ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И ПЕРЕХОДА

Многие детали машин представляют собой конструкции из пересекающихся геометрических тел. Общая линия пересекающихся поверхностей называется линией пересечения.

На чертежах линии пересечения поверхностей изображаются сплошной основной линией (рис. 199, а). В местах перехода поверхностей в местах штампованных деталей нет четкой линии пересечения. Воображаемая линия пересечения называется линией перехода и условно изображается на чертежах сплошной тонкой линией. Эта линия начинается и заканчивается в точках пересечения продолжения контура взаимно пересекающихся поверхностей (рис. 199, б).

Встречаются детали, имеющие всевозможные линии пересечения и перехода поверхностей. Особенно много линий перехода у поверхностей деталей, изготовленных литьем.

На рис. 200, а на приборе для испытания твердости видны линии переходов различных поверхностей.

Кожух и крышка смесительного аппарата (рис. 200, б) имеют разнообразные линии перехода. Здесь можно видеть линии взаимного пересечения цилиндрических и других поверхностей.

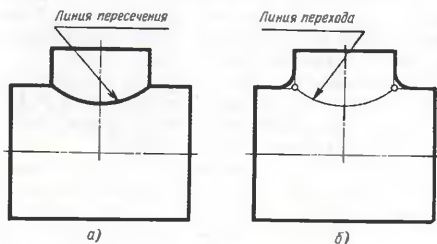


РИС. 199

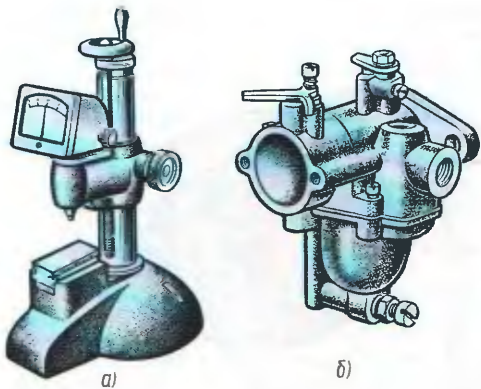


РИС. 200

Построение линий пересечения и перехода поверхностей при выполнении чертежей трубопроводов, вентиляционных устройств, резервуаров, кожухов машин, станков требует точности.

§ 3. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Метод построения линий пересечения поверхностей тел заключается в проведении вспомогательных секущих плоскостей и нахождении отдельных точек линий пересечения данных поверхностей в этих плоскостях.

Построение линий пересечения поверхностей тел начинают с нахождения очевидных точек. Например, на рис. 201, где изображены линии пересечения призмы с конусом, такими точками являются точки *A* и *B*. Затем определяют характерные точки, расположенные, например, на очерковых образующих поверхностей вращения или крайних ребрах, отделяющих видимую часть

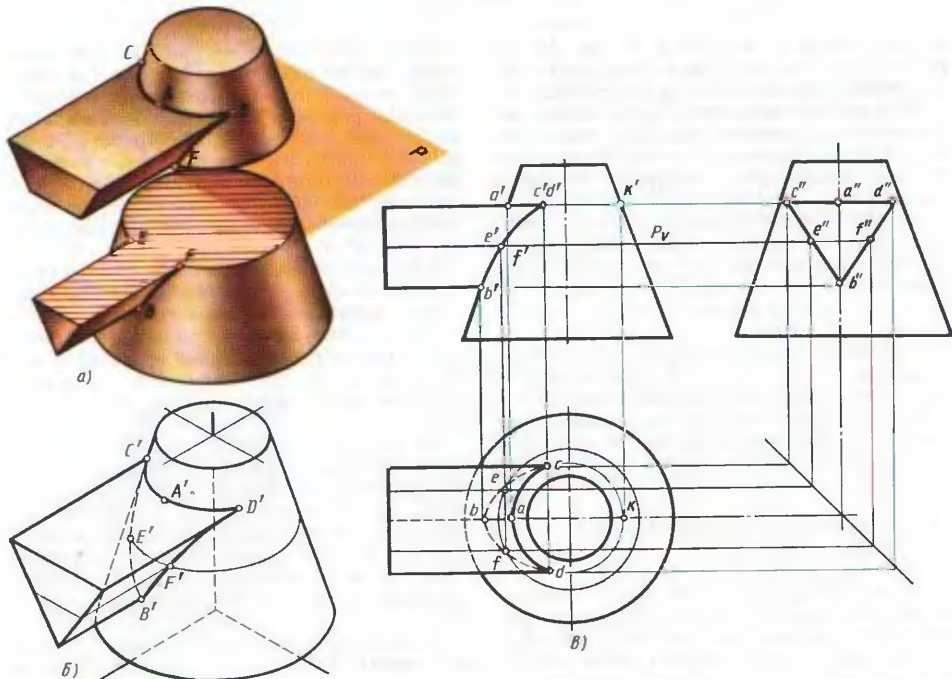


РИС. 201

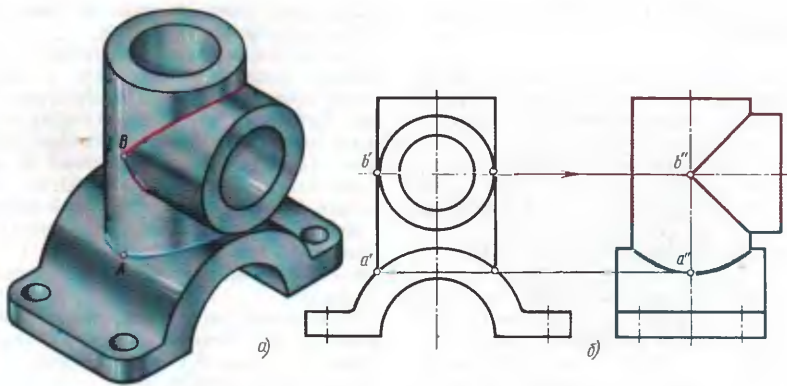


РИС. 204

ческая поверхность корпуса имеет вертикальную ось, а другая (половина цилиндра) — горизонтальную.

Если диаметры пересекающихся цилиндрических поверхностей одинаковы, то профильная про-

екция линии пересечения представляет собой две пересекающиеся прямые (рис. 204, б).

Если пересекающиеся цилиндрические поверхности имеют оси, расположенные под углом, отличным от прямого угла, то линию их пересече-

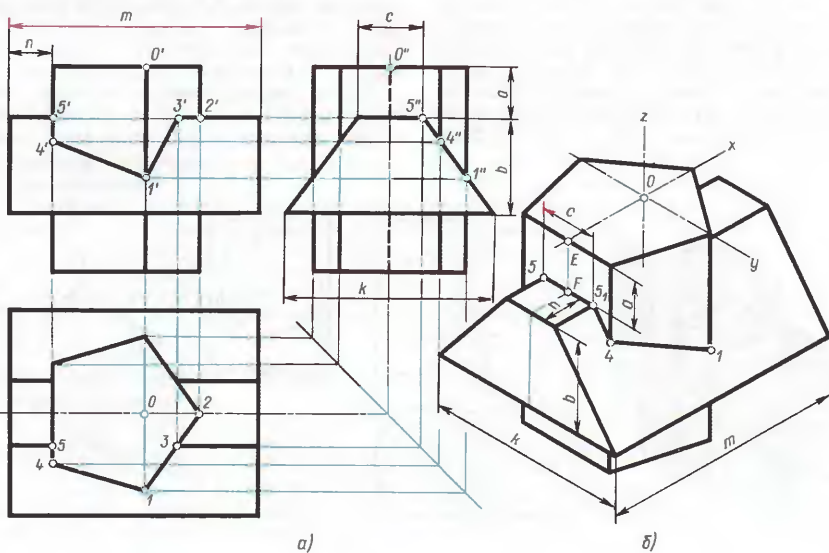


РИС. 205

ния строят с помощью вспомогательных секущих плоскостей или другими способами (например, способом сфер).

§ 6. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ МНОГОГРАННИКОВ

При пересечении двух многогранников линия пересечения поверхностей представляет собой ломаную линию.

Если ребра двух призм взаимно перпендикулярны (рис. 205, а), то линия пересечения призм строится следующим образом.

Горизонтальная и профильная проекции линии пересечения совпадают соответственно с горизонтальной проекцией пятиугольника (основания одной призмы) и с профильной проекцией четырехугольника (основания другой призмы). Фронтальную проекцию ломаной линии пересечения строят по точкам пересечения ребер одной призмы с гранями другой.

Например, взяв горизонтальную 1 и профильную $1''$ проекции точки 1 пересечения ребра пятиугольной призмы с гранью четырехугольной (рис. 205, а) и пользуясь известным приемом построения, с помощью линии связи можно легко найти фронтальную проекцию $1'$ точки 1 , принадлежащей линии пересечения призм.

Изометрическая проекция двух пересекающихся призм (рис. 205, б) может быть построена по координатам соответствующих точек.

Например, изометрическую проекцию двух точек 5 и 5_1 , симметрично расположенных на левой грани пятиугольной призмы, строят так. Принимая для удобства построений за начало координат точку O , лежащую на верхнем основании пятиугольной призмы, откладываем влево от O по оси x отрезок OE , величину которого берут с комплексного чертежа на фронтальной или горизонтальной проекции. Далее из точки E вниз параллельно оси z откладываем отрезок EF , равный a , и, наконец, от точки F влево и вправо параллельно оси u откладываем отрезки $F5$ и $F5_1$, равные $c/2$.

Далее от точки F параллельно оси x откладываем отрезок h , взятый с комплексного чертежа. Через его конец проводим прямую, параллельную оси u , и откладываем на ней отрезок, равный s . Вниз параллельно оси z откладываем отрезок, равный b , и параллельно u — отрезок, равный k .

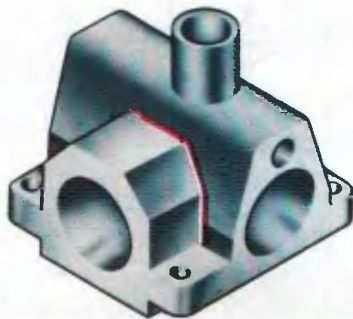


РИС. 206

В результате получаем изометрию основания четырехугольной призмы.

Точки 1 и 4 на ребрах пятиугольной призмы можно построить, используя только одну координату z .

Примеры, где требуются подобные построения, показаны на рис. 206, на которых видны линии пересечения поверхностей призм.

Линию пересечения поверхностей четырехугольной призмы с четырехугольной пирамидой (рис. 207, а) строят по точкам пересечения ребер одного многогранника с гранями другого многогранника.

Например, проекции точек 1 и 3 искомой линии пересечения находят следующим образом. Фронтальные проекции $1'$ и $3'$ очевидны. Профильные проекции $1''$ и $3''$ и горизонтальные 1 и 3 находят с помощью линий связи. Аналогично находят точки 2 и 4 .

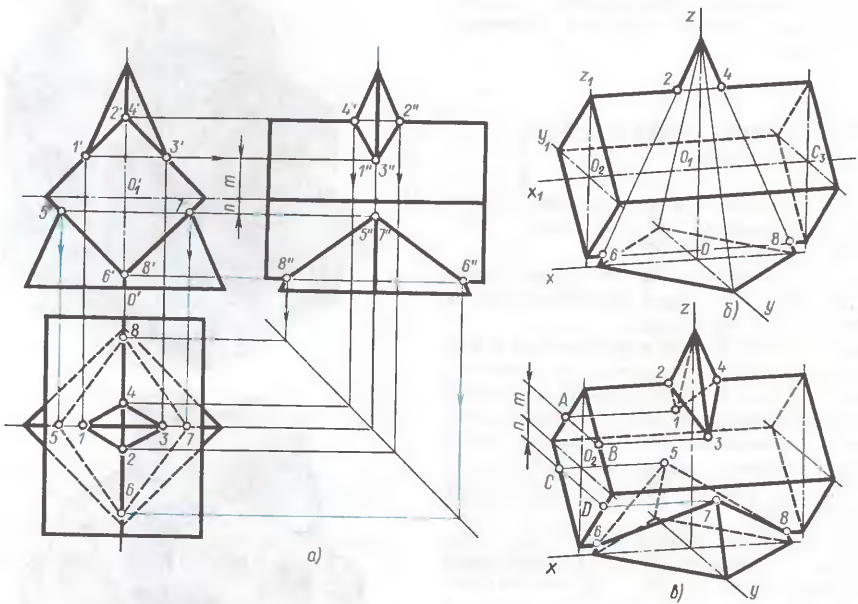


РИС. 207

На рис. 207, б и в показана последовательность построения диметрической проекции. Сначала

строят пирамиду. Для построения пирамиды от точки O откладывают отрезок OO_1 , взятый с фронтальной проекции комплексного чертежа ($O'O_1'$), и получают точку O_1 (рис. 207, б). Через точку O_1 проводят параллельно оси x ось симметрии пирамиды и по ней от точки O_1 откладывают вправо и влево половины высоты пирамиды. Через точки O_2 и O_3 проводят прямые, параллельные осям y и z , на которых откладывают соответственно половину и целую длину диагоналей четырехугольника основания пирамиды. Соединив концы диагоналей прямыми, получают диметрическую проекцию основания пирамиды.

Диметрические проекции точек пересечения 2, 4, 6, 8 ребер пирамиды и пирамиды получаются без дополнительных построений (рис. 207, в).

Диметрические проекции точек пересечения 1, 3, 5, 7 ребер пирамиды с гранями пирамиды находят по координатам известным способом.

В этом примере диметрические проекции точек 1, 3, 5 и 7 можно построить иначе. От середины левого основания пирамиды — точки O_2 — откладываем вверх и вниз по оси z соответственно отрезки m и n , взятые с комплексного чертежа. Через



РИС. 208

концы отрезков m и n проводят прямые, параллельные оси y , до пересечения с контуром основания призмы в точках A, B, C и D . Через эти точки проводят прямые, параллельные оси x , до пересечения с ребрами пирамиды. В результате получают искомые точки $1, 3, 5$ и 7 .

На рис. 208 показан корпус оптического компаратора, который имеет элементы пересечения поверхностей пирамид и призм. На рисунке видна линия пересечения поверхностей этих тел.

§ 7. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЦИЛИНДРА И КОНУСА

Пример пересечения поверхностей цилиндра и конуса показан на рис. 209, б. Построение линии пересечения поверхностей прямого кругового усеченного конуса, имеющего вертикальную ось, с цилиндром, расположенным горизонтально, показано на рис. 209, а. Оси цилиндра и конуса пересекаются в точке O_1 и лежат в одной плоскости.

Как и ранее, сначала определяют проекции очевидных $1, 7$ и характерных $4, 10$ точек линии пересечения.

Для определения промежуточных точек проводят вспомогательные горизонтальные секущие

плоскости $P_1...P_5$ (рис. 209, а). Они будут рассекать конус по окружности, а цилиндр по образующим (рис. 209, б). Искомые точки линии пересечения находятся на пересечении образующих с окружностями.

Для определения горизонтальных проекций точек пересечения из центра O_1 проводят горизонтальные проекции дуг окружностей (рис. 209, а), по которым вспомогательные плоскости $P_1...P_5$ пересекают конус. Размеры радиусов этих дуг окружностей взяты с профильной проекции.

Так как профильные проекции точек $1''...12''$ известны, то, проводя линии связи до пересечения с соответствующими дугами окружностей, находят горизонтальные проекции точек $1...12$. Используя линии связи, по двум имеющимся проекциям, профильной и горизонтальной, находим фронтальные проекции точек пересечения $1'...12'$.

Полученные на фронтальной и горизонтальной проекциях точки, принадлежащие к линии пересечения, обводят по лекалу.

На горизонтальной проекции часть линии пересечения будет видимой, а часть — невидимой. Границу этих частей линии пересечения опреде-

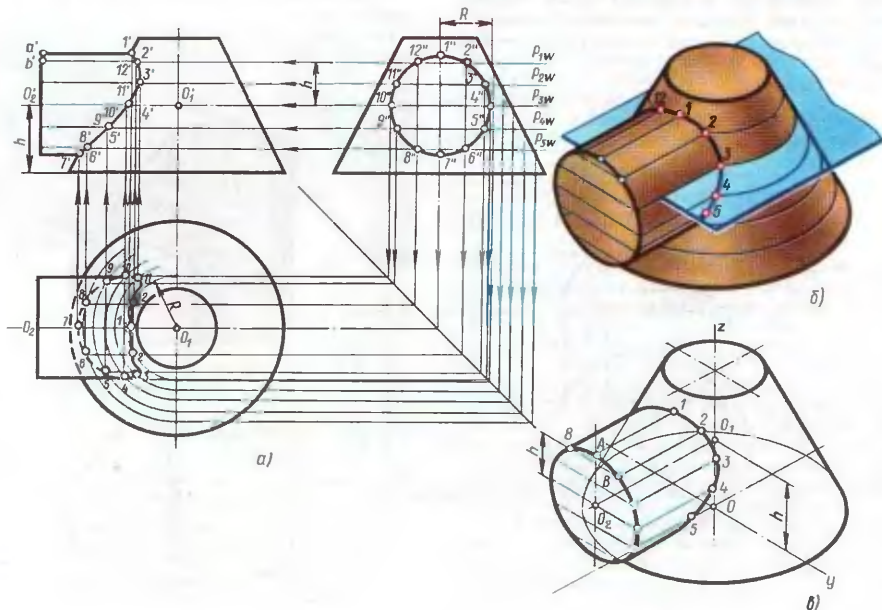


РИС. 209

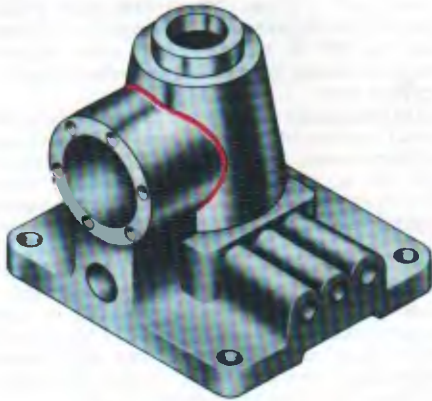


РИС. 210

ляют с помощью вспомогательной секущей плоскости P_3 , проведенной через ось цилиндра. Точки, расположенные над плоскостью P_3 (см. профильную проекцию), будут на плоскости H видимы, а точки, расположенные под плоскостью P_3 , — невидимы.

Изометрическую проекцию пересекающихся поверхностей цилиндра и конуса вычерчивают в такой последовательности. Вначале выполняют изометрическую проекцию конуса (рис. 209, а). Затем от центра O нижнего основания конуса по его оси вверх откладывают координату $OO_1 = h$ и получают точку O_1 , через которую проводят ось цилиндра параллельно изометрической оси x . От точки O_1 по этой оси откладывают координату $x = O_1O_2$ точки O_2 — центра окружности основания цилиндра.

Для построения линии пересечения находят изометрические проекции точек этой линии с помощью их координат, взятых с комплексного чертежа. За начало координат принимается точка O_2 (центр основания цилиндра). Параллельно оси $у$ проводят до пересечения с овалом следы плоскостей сечения с координатами по оси z , взятых с профильной проекции. Из полученных точек A, B, C, \dots параллельно оси x проводят прямые — образующие цилиндра, на них откладывают координаты $A1, B2, \dots$, взятые с фронтальной проекции комплексного чертежа, и получают точки $2...12$, принадлежащие искомой линии пересечения.

Через найденные точки проводят кривую линию по лекалу.

На рис. 210 показана деталь. Линию пересечения конической поверхности с ци-

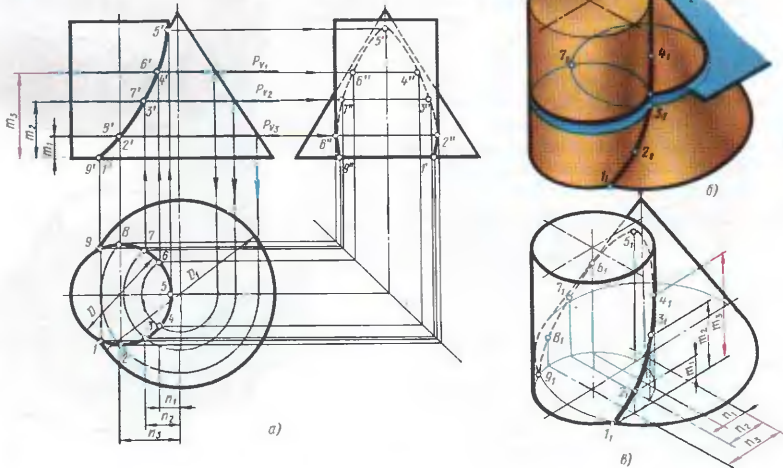


РИС. 211



РИС. 212

линдрической строят описанным выше способом.

Построение линии пересечения поверхностей цилиндра и конуса, оси которых параллельны (рис. 211), аналогично построению, рассмотренному на рис. 209.

Выбирают вспомогательные горизонтальные плоскости, например P_1 , P_2 и P_3 , которые пересе-

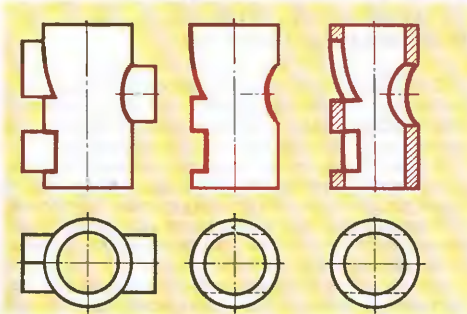


РИС. 213

кают конус и цилиндр по окружностям (рис. 211, б). Диаметр окружностей, образованных в результате пересечения этих плоскостей с цилиндром, одинаков и равен D ; диаметры окружностей, полученных в результате пересечения плоскостей с конусом, — различные. Взаимное пересечение горизонтальных проекций этих окружностей дают искомые горизонтальные проекции точек $1...9$ линии пересечения (рис. 211, а). Фронтальные проекции $1'...9'$ этих точек находят с помощью линий связи на фронтальных следах P_{V1} , P_{V2} , P_{V3} вспомогательных плоскостей. Профильные проекции точек строят по двум их известным проекциям.

Характерными точками в данном примере являются: высшая точка линии пересечения — точка 5, нахождение проекций которой начинают с имеющейся горизонтальной проекции, и точки 1, 9. Точки 1 и 9 получились от пересечения оснований цилиндра и конуса.

Построение изометрической проекции пересекающихся конуса и цилиндра (рис. 211, в) выполняется по этапам, подробно описанным в предыдущем примере (см. рис. 209, в). Построение начинается проведением изометрических осей конуса и цилиндра, затем их оснований (эллипсов) с центрами на расстоянии друг от друга, определяемом координатой x_3 . Для построения линий пересечения находят изометрические проекции точек этой линии с помощью координат, взятых с чертежа.

На рис. 212 показана деталь, имеющая форму двух цилиндров, пересекающихся с конусом. Оси цилиндра и конуса параллельны.

Примеры пересечения поверхностей даны на рис. 213. Линии пересечения показаны красным цветом.

§ 8. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ СФЕРЫ И ЦИЛИНДРА

Прямой круговой цилиндр, расположенный перпендикулярно плоскости H , пересекается с шаром, центр которого расположен на оси цилиндра, по окружности, которая изображается на фронтальной проекции отрезком прямой (рис. 214). Проводя через точки A и B пересечения контурных образующих цилиндра и очерка шара вспомогательную горизонтальную плоскость P , заметим следующее. Плоскость P пересечет как цилиндр, так и шар по окружности одинакового диаметра, которая расположена в проецирующей плоскости. Следовательно, ее фронтальная проекция будет изображаться в виде прямой $a'b'$.

При пересечении поверхности конуса или поверхности вращения с шаром, центр которого расположен на оси этих поверхностей, также получается окружность (рис. 214, а).

Если центр шара расположен вне оси цилиндра (рис. 214, б), то для построения линии пересечения применяют вспомогательные горизонтальные плоскости. Например, вспомогательная горизон-

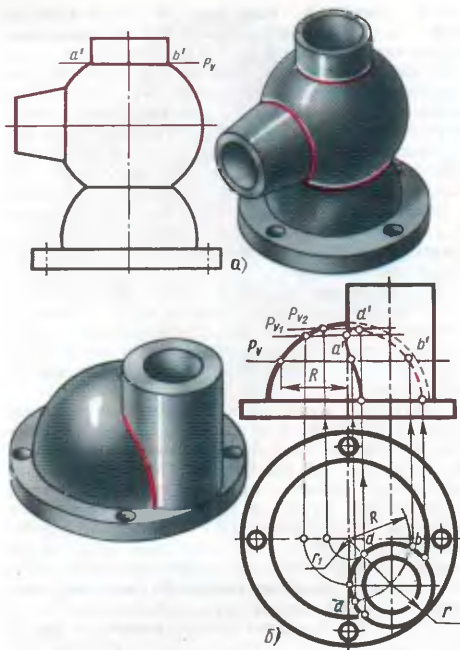


РИС. 214

Горизонтальная плоскость P пересекает цилиндр по окружности радиуса r , а шар — по окружности радиуса R . Точки пересечения a и b горизонтальных проекций этих окружностей принадлежат горизонтальной проекции линии пересечения. Фронтальные проекции a' и b' строят, используя линии связи.

Одной из характерных точек данной линии пересечения является верхняя точка D . Горизонтальная проекция этой точки находится на пересечении прямой, соединяющей центры окружностей радиусов r и R с горизонтальной проекцией основания цилиндрической поверхности. Для построения фронтальной проекции точки D через точку d проводят дугу радиуса r_1 , строят фронтальную проекцию дуги (отрезок прямой, параллельной оси x) и с помощью линии связи находят точку d' .

§ 9. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОРА И ЦИЛИНДРА

Патрубок, форма которого образована пересекающимися поверхностями тора и цилиндра, показан на рис. 215. Выполнен комплексный чертеж с

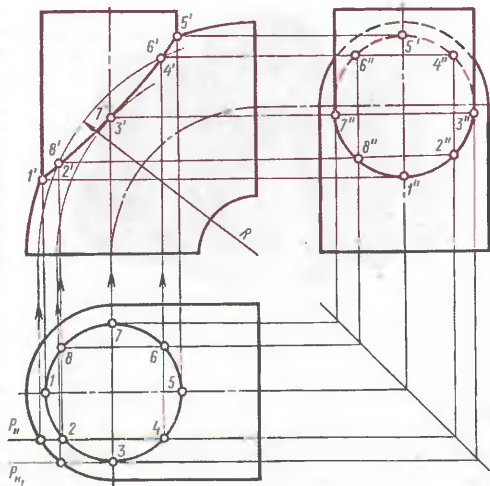


РИС. 215

построением линии пересечения поверхностей и тора, и цилиндра. В этом примере очевидные точки 1 и 5 . Для определения проекций промежуточных точек используют вспомогательные плоскости проекций. Например, плоскость P_H пересекает поверхность тора по окружности радиуса R , а поверхность цилиндра — по двум образующим. Взаимное пересечение этих образующих с дугой окружности радиуса R дает на фронтальной проекции две точки $2'$ и $4'$, принадлежащие искомой линии пересечения.

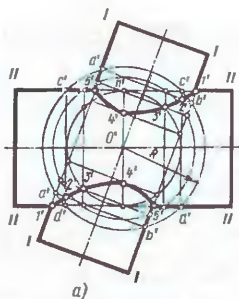
§ 10. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ СПОСОБОМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СФЕР

Для построения линии пересечения поверхностей вместо вспомогательных секущих плоскостей при определенных условиях удобно применять вспомогательные сферические поверхности.

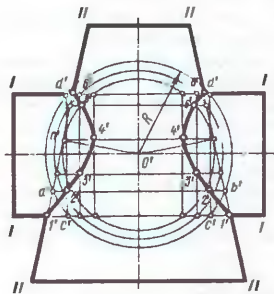
В отличие от метода вспомогательных секущих плоскостей метод вспомогательных сфер имеет преимущество, так как при построении фронтальной проекции линии пересечения поверхностей не используются две другие проекции пересекающихся поверхностей (рис. 216).

Вспомогательные сферические поверхности для построения линий пересечения поверхностей тел можно применять лишь при следующих условиях:

- а) пересекающиеся поверхности должны быть поверхностями вращения;

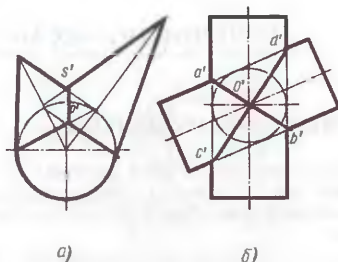


а)



б)

РИС. 216



а)

б)

РИС. 217

тей — отрезков $a'b'$ и $c'd'$ — находят проекцию $2'$ промежуточной точки линии пересечения.

Вводя еще целый ряд вспомогательных сферических поверхностей, можно построить необходимое число точек линии пересечения.

Пределы радиусов сферических поверхностей находят следующим образом (рис. 216, а и б): наибольшая окружность сферической поверхности должна пересекаться с контурными образующими $I-I$ и $II-II$ цилиндра и наименьшая должна быть касательной к одной из данных пересекающихся поверхностей и пересекаться с образующими другой поверхности.

Если поверхности двух конусов (рис. 217, а) описаны около шара, то они касаются шара по двум окружностям; эти окружности пересекаются в двух точках, которые проецируются на фронтальную плоскость проекций в точку p' . Плоскости, в которых лежат эти окружности, пересекаются по прямой, соединяющей точки пересечения линий касания конусов с шаром. Окружности проецируются на фронтальную плоскость проекций в виде прямых линий.

Соединив очевидную точку s' пересечения конусов с точкой p' , получим линию пересечения конусов с шаром, которая представляет собой фронтальную проекцию эллипса.

Разберем второй подобный пример. Если два прямых круговых цилиндра с осями, пересекающимися в точке O' (рис. 217, б), описаны около шара с центром в точке O , то фронтальная проекция шара будет окружностью, касательной к контурным образующим цилиндров. Линии пересечения поверхностей этих цилиндров представляют собой эллипсы, фронтальные проекции которых изображаются в виде прямых линий $a'b'$ и $c'd'$.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется линией перехода?
2. Как строится линия пересечения поверхностей?
3. В чем заключается принцип решения задач на взаимное пересечение поверхностей?

СЕЧЕНИЕ ПОЛЫХ МОДЕЛЕЙ И ЛИНИИ СРЕЗА ДЕТАЛЕЙ

§ 1. СЕЧЕНИЕ ПОЛЫХ МОДЕЛЕЙ

Разберем примеры сечений различных геометрических тел, построения линий пересечения поверхностей и определения действительного вида сечений.

Выполним упражнение, приведенное на рис. 218. Сначала выполняется комплексный чертеж усеченной полой модели, которая имеет отверстие, перпендикулярное оси призмы. Чертеж выполняется без определения действительного вида сечений. Затем для наглядности выполняется фронтальная диметрическая проекция.

На рис. 219 дана модель, конструкция которой состоит из трех геометрических тел с вертикальным цилиндрическим отверстием. Плоскость сечения P пересекает поверхности всех трех геометрических тел: пирамиды, цилиндра и призмы.

При выполнении комплексного чертежа этой полой усеченной модели (рис. 219) предваритель-

но определяют форму отдельных контуров тел, составляющих общую форму сечения. С помощью линий связи выполняются все три проекции этой модели.

Построение фронтальной диметрической проекции (рис. 219) начинают с построения трех геометрических тел: пирамиды, конуса и призмы, по координатам x , y , z находят точки, принадлежащие контуру фигуры сечения.

Действительный вид сечения строят способом перемены плоскостей проекции.

Освоив построение сечений различных геометрических поверхностей и тел, определение действительного вида сечения и построения разверток поверхностей, необходимо выполнить ряд упражнений для развития пространственного воображения. Например, по двум проекциям усеченной полой модели (рис. 220, *a*) построить ее третью проекцию или найти ее третью проекцию из приведенных на рис. 220, *b* изображений.

§ 2. ЛИНИИ СРЕЗА ДЕТАЛИ

Линиями среза называют линии, получаемые от пересечения поверхностей вращения плоскостями. Часто на чертежах деталей требуется построить проекции таких кривых. На рис. 221, *b* изображен стол прибора для испытания твердости металла. Боковая поверхность этой детали получается при сечении поверхностей сферы, цилиндра и конуса плоскостью.

Секущая плоскость (или плоскость среза) является фронтальной плоскостью, поэтому горизонтальная и профильная проекции линий среза совпадают соответственно с горизонтальным и профильным следами P плоскости среза (рис. 221, *a*). Фронтальную проекцию линии среза строят следующим образом.

В этом примере, где срезаются сферическая, цилиндрическая и коническая поверхности (рис. 221, *b*), фронтальная проекция линии состоит из трех участков: первый — окружность радиуса R , по которой плоскость пересекает сферическую поверхность; второй — прямая (образующая), полученная от пересечения плоскостью цилиндрической поверхности, и третий — кривая (часть гиперболы), полученная от пересечения плоскости с конической поверхностью.

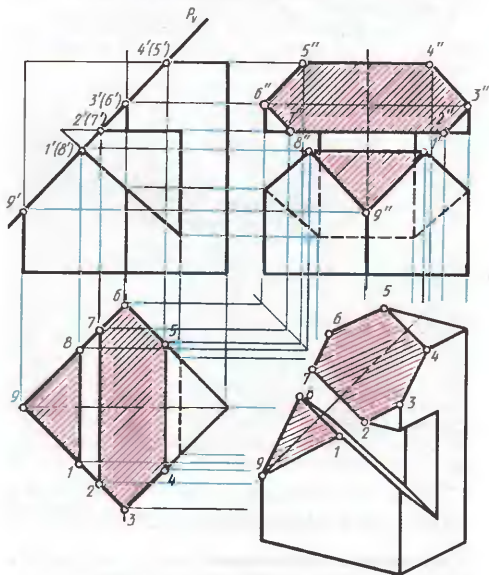


РИС. 218

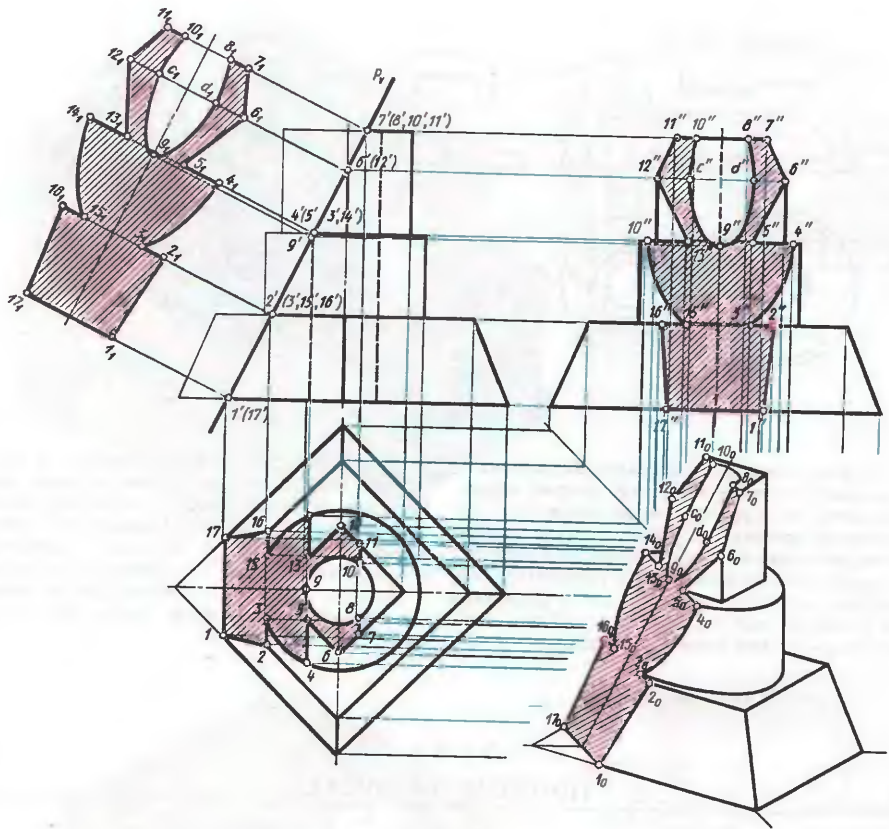


РИС. 219

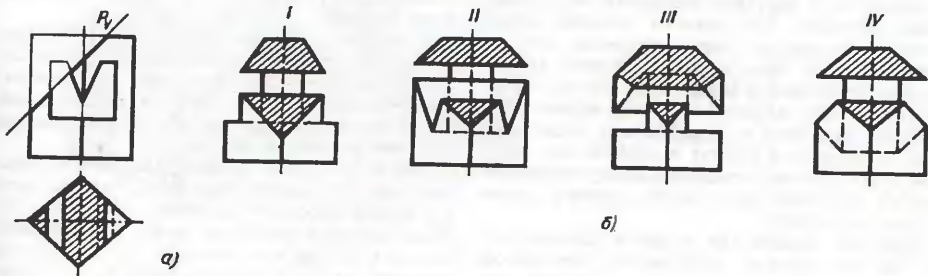


РИС. 220

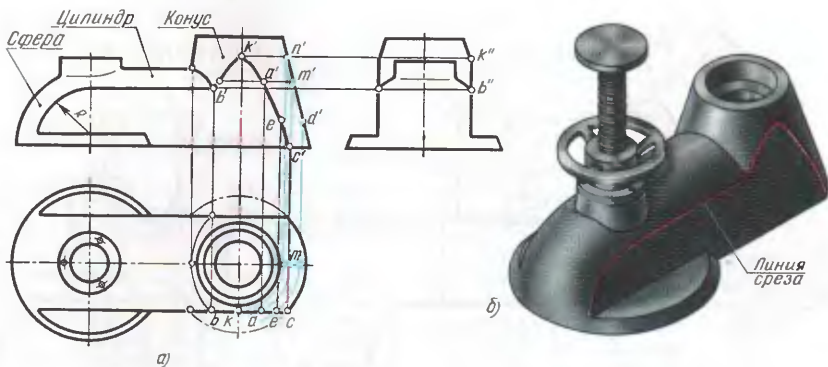


РИС. 221

Гипербола строится по точкам с помощью вспомогательных секущих плоскостей, которые пересекают конус по окружностям, расположенным на конической поверхности. Например, если провести такую вспомогательную плоскость и соответствующую ей окружность через горизонтальную проекцию a точки гиперболы и найти фронтальную проекцию этой окружности (это будет отрезок горизонтальной прямой, проведенной через

точку m' ; точка m' найдена с помощью вертикальной линии связи), то с помощью линии связи, проведенной через точку a , можно определить искомые проекции a' и b' . Наивысшую точку k' фронтальной проекции гиперболы определяют проецированием точки k'' с профильной проекции.

Точка C , лежащая на окружности основания конуса, является крайней правой точкой гиперболы.

ГЛАВА 23

ПОНЯТИЕ О РАЗРЕЗАХ

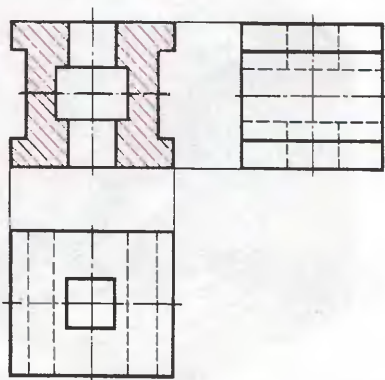
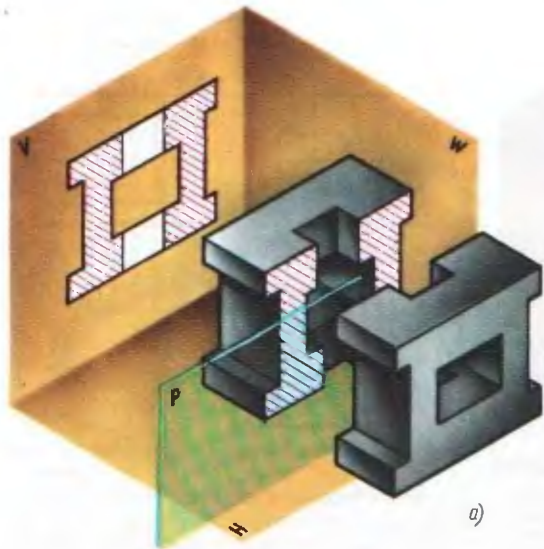
Линии внутреннего (невидимого) контура предмета на чертежах изображаются штриховыми линиями. Большинство деталей имеют сложные внутренние очертания, из-за чего на чертеже может быть много штриховых линий, которые пересекаются между собой и со сплошными контурными линиями, что делает чертеж трудночитаемым и ведет к неправильному представлению о внутренних формах изображаемого изделия. В этих случаях прибегают к искусственному способу выявления внутреннего строения детали с помощью разрезов.

Принцип выполнения разрезов заключается в том, что условно представляют отсеченной и удаленной одну из частей детали так, что становится ясно внутреннее очертание оставшейся части. При этом линии невидимого

контура станут видимыми и будут изображаться не штриховыми, а сплошными основными линиями.

В четвертой части учебника "Машиностроительное черчение" имеются подробные сведения о назначении разрезов (вертикальных и горизонтальных), применяемых на комплексных чертежах учебных моделей.

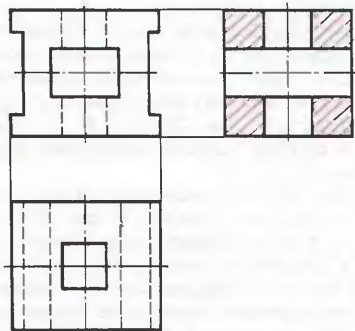
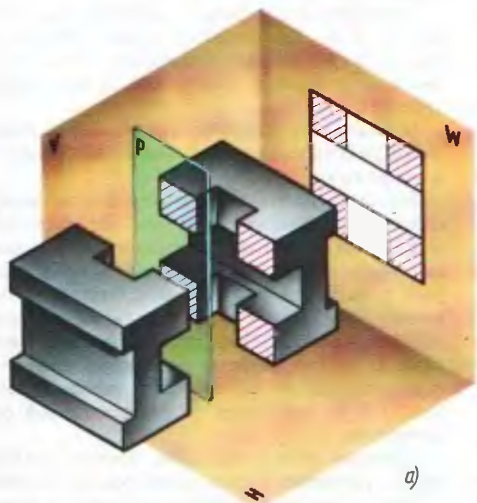
Деталь или учебную модель обычно мысленно разрезают (рассекают) плоскостью, параллельной какой-либо плоскости проекций — H , V или W . Часть модели, находящуюся между секущей плоскостью и плоскостью проекций, проецируют на плоскость проекций обычным способом. Для большей наглядности чертежа фигуру сечения, расположенную в секущей плоскости, заштриховывают



a)

б)

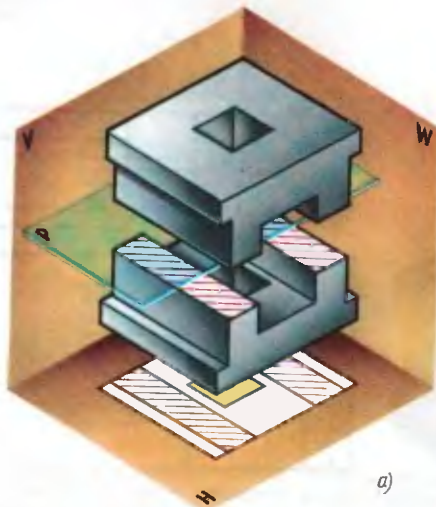
РИС. 222



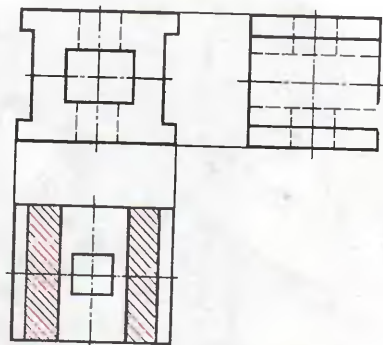
a)

б)

РИС. 223



а)



б)

РИС. 224

сплошными тонкими параллельными линиями под углом 45° к рамке чертежа.

В зависимости от положения секущей плоскости проекций относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы делятся на вертикальные и горизонтальные.

При вертикальном разрезе секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций. Вертикальный разрез называется фронтальным, если секущая плоскость P параллельна плоскости V (рис. 222, а и б), и профильным, если секущая плоскость параллельна плоскости W (рис. 223, а и б).

При горизонтальном разрезе секущая плоскость P параллельна плоскости H (рис. 224, а и б).

Разрезы называются продольными, если секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты модели, и поперечными, если секущие плоскости перпендикулярны длине или высоте модели.

При выполнении фронтального разреза (см. рис. 222, а) переднюю часть модели мысленно удаляют, а остальную часть проецируют на плоскость V , при этом вычерчивают все линии, расположенные как в секущей плоскости, так и за ней.

Фигуру сечения заштриховывают сплошными тонкими линиями под углом 45° к рамке чертежа.

Таким же образом выполняют разрез модели профильной плоскостью (рис. 223).

Горизонтальный разрез показан на рис. 224, б. При изображении такого разреза на плоскости H удаляют верхнюю часть детали, расположенную над секущей плоскостью (рис. 224, а).

На различных проекциях данной модели разрезы могут быть выполнены различными секущими плоскостями.

Если какая-либо проекция модели представляет собой симметричную фигуру (рис. 225, б), то при выполнении вертикальных разрезов можно соединить часть вида (с левой стороны от оси симметрии) с частью разреза (с правой стороны от оси симметрии). Когда разрез делается горизонтальной плоскостью, можно также соединять часть вида с частью разреза, располагая при этом разрез справа от вертикальной оси симметрии (рис. 225, а) или снизу от горизонтальной оси симметрии.

Половину вида от половины разреза отделяет штрихпунктирная осевая линия (ось симметрии).

Если на наружной поверхности предмета расположена какая-либо контурная линия, совпадающая с осью симметрии, например ребро призмы

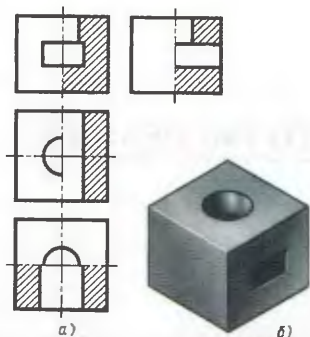


РИС. 225

(рис. 226, а), то разрез делают несколько меньше половины.

Если подобная проекция контурной линии лежит на оси симметрии внутренней поверхности предмета (рис. 226, б), то разрез делают несколько больше половины изображения.

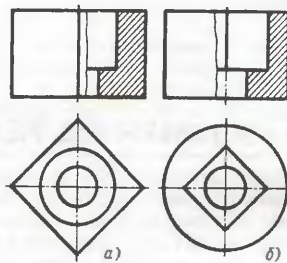


РИС. 226

В этих случаях линию раздела вида и разреза изображают от руки тонкой сплошной волнистой линией.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как называются разрезы на рис. 222, 223 и 224?
2. Что такое разрез и с какой целью он выполняется?
3. Какие разрезы являются продольными и поперечными?
4. Как наносят штриховку фигур сечения?