

# 1. ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ. ОТОБРАЖЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ НА ЧЕРТЕЖЕ

В основу построения изображений изделий в инженерной графике положен метод прямоугольного (ортогонального) проецирования. При рассмотрении примеров проецирования, объект проецирования будем именовать предметом, понимая под ним объект достаточно простых геометрических форм, состоящий из одного и того же материала (металла, пластмассы, дерева и т. п.). Объект проецирования располагают между наблюдателем и плоскостью проекций, как показано на рис. 1. Предмет проецируют на одну, две или большее количество плоскостей. Изображение, полученное на фронтальной плоскости проекций, считается главным. Предмет нужно располагать так, чтобы главное изображение давало наиболее полное и характерное представление о его форме и размерах. Примеры разного расположения предмета в выбранной системе плоскостей проекций показаны ниже (рис. 1, *а, б*).

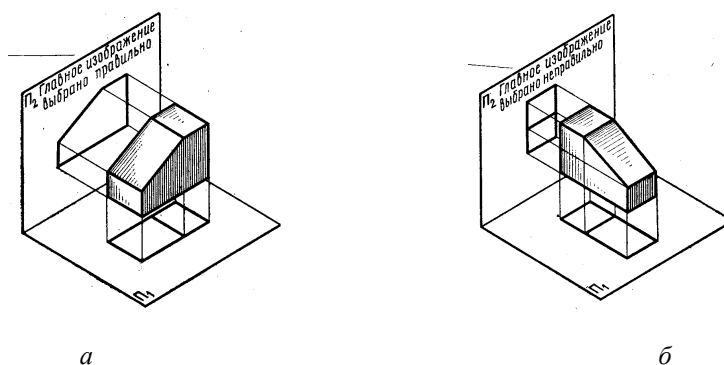


Рис. 1. Возможные положения для отображения форм предмета:  
*а* – рациональное положение; *б* – нерациональное положение

На рис. 1, *б* предмет расположен таким образом, что на главном изображении не создается представление о форме скоса на предмете, т. е. изображения на двух имеющихся плоскостях проекций не дают полного представления о предмете. Это означает, что такой выбор ориентации предмета неправилен.

Общее количество изображений предмета должно быть наименьшим, но достаточным для определения его формы, размеров и других необходимых сведений об этом предмете. При выполнении чертежей применяется ряд условностей, такие как совмещение плоскостей сечений и развертка поверхности в подразделах 1.1.2 и 1.1.3, округление коэффициентов искажений размеров в подразделах 1.2.1 и 1.2.2 и т. д.

## 1.1. Построение и варианты ортогональных изображений

Чертеж любого предмета содержит графические изображения видимых непосредственно и скрытых участков поверхности этого предмета. Изображения являются ортогональными проекциями поверхности на основные плоскости проекций. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания подразделяют на виды, разрезы и сечения.

### 1.1.1. Виды

Отображение фрагментов поверхностей предмета выполняется на выбранной основной плоскости проекций. Изображаемый предмет считается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. Система таких плоскостей проекций представляет собой грани пустотелого куба, причем изображаемый предмет помещается внутри этого куба и проецируется попеременно на каждую его грань (рис. 2).

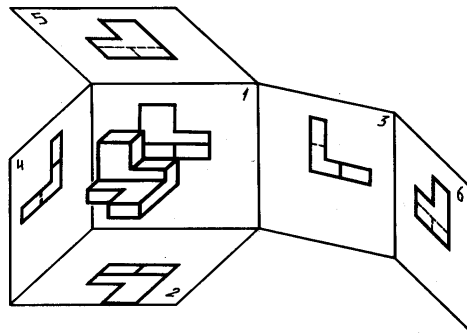


Рис. 2. Проецирование предмета на 6 граней (плоскостей) куба

Грани этого куба, на которые спроецированы изображения предмета, называемые видами, разворачиваются до совмещения с единой плоскостью, проходящей, например, через первую грань (рис. 3). Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

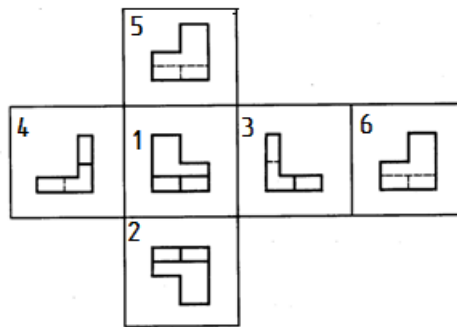


Рис. 3. Основные виды

Изображение на задней грани (1) куба называют видом спереди. Ещё этот вид называют главным. Главный вид должен наиболее полно и характерно представлять форму предмета. На нижней грани (2) куба располагают вид сверху, а на правой боковой грани (3)– вид слева. Изображение на противоположной левой грани (4) называется видом справа. На оставшихся двух гранях: верхней (5) и передней (6) изображают вид снизу и вид сзади. Перечисленные виды называют основными и размещают на чертеже в определенном порядке, так как на рис. 3. Все перечисленные виды располагаются, как правило, в проекционной связи друг с другом. Чертеж предмета, представленный несколькими видами этого предмета, называют проекционным чертежом. При таком расположении никаких обозначений или дополнительных названий видам не дают. Если же виды расположены не в проекционной связи либо отделены от главного вида другими изображениями, то они должны иметь соответствующее обозначение (по стандарту).

В большинстве случаев для отображения и представления геометрических форм предмета вполне достаточно трех видов: спереди, сверху и слева (рис.4). Эти виды соответствуют трем прямоугольным проекциям предмета на основные плоскости проекций: фронтальную, горизонтальную и профильную.

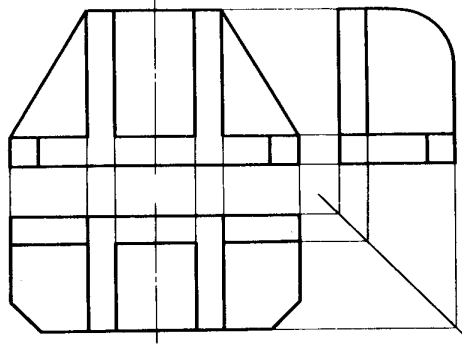


Рис. 4. Пример проекционного чертежа (3 вида)

Изображение же на видах не только видимых, но и невидимых очертаний элементов предмета, позволяет уточнить его формы и сократить количество видов (рис. 5).

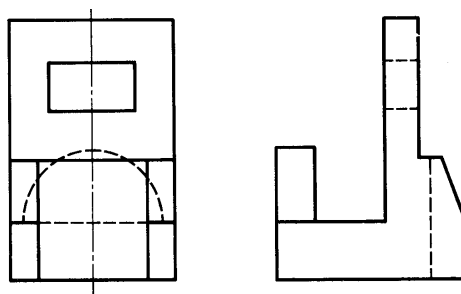


Рис. 5. Пример проекционного чертежа (2 вида)

Если же требуется присутствие дополнительного вида предмета, либо какой-нибудь основной вид располагается не на своем месте, т. е. нарушена проекционная связь, необходимо обозначение этого вида. Обозначение вида выполняется с указанием направления взгляда (стрелкой) и постановкой прописной буквы русского алфавита (кириллицы). Эта же буква ставится над изображением, т. е. над видом (рис. 6). Буквы выполняют номером шрифта, большим, чем размерные цифры. Стрелка выполняется размерами, указанными на рис. 7.

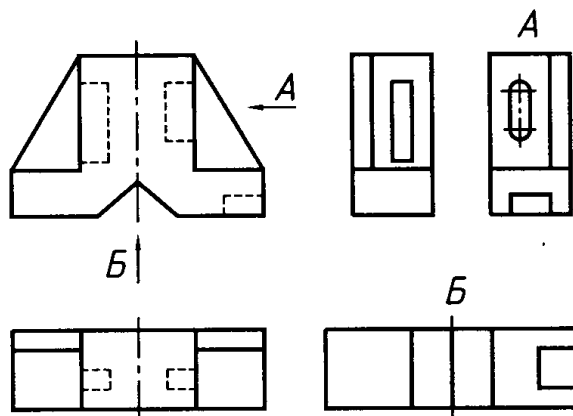


Рис. 6. Обозначение и отображение видов:  
*А* – вид справа, *Б* – вид снизу

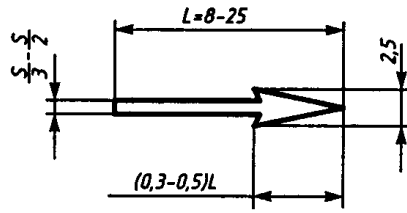


Рис. 7. Размеры стрелки ( $S = 0.5 \dots 1,4$  мм).

Помимо основных видов применяют виды дополнительные, т. е. виды, полученные проецированием на плоскости проекций, непараллельные основным плоскостям. Применение дополнительной плоскости проекций вызывается тем, что изображение предмета на основной плоскости искажается. Такие виды, как правило, обозначают по нижеуказанному способу (рис. 8, а). Однако если изображение дополнительного вида расположено в проекционной связи с основным видом, то обозначение не выполняется (рис. 8, б). Изображение вида можно поворачивать, сопровождая обозначение специальным знаком поворота (рис. 8, в).

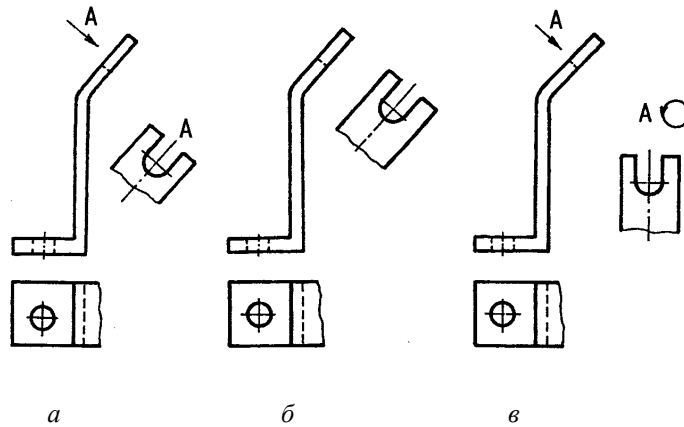


Рис. 8. Применение дополнительного вида:

- а – обозначение дополнительного вида;
- б – изображение вида без обозначения;
- в – повернутое изображение обозначенного дополнительного вида.

Форма и размеры знаков поворота и разворота приводятся на рис. 9.

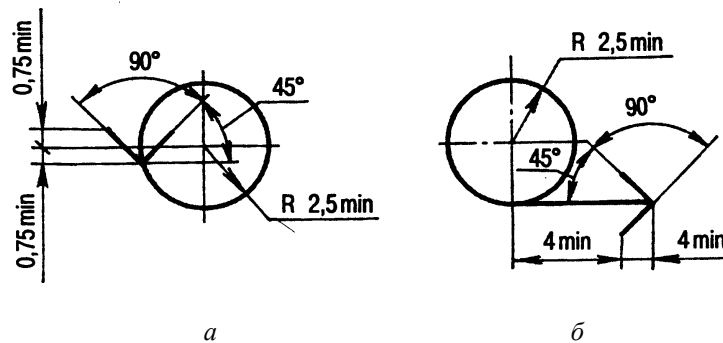


Рис. 9. Знаки поворота и разворота изображений:

- а – повернуто, б – развернуто

Иногда достаточно показать сравнительно небольшой участок поверхности предмета. Изображение ограниченного места такой поверхности называется местным видом (рис. 10).

Он может быть ограничен тонкой волнистой линией – линией обрыва. Применяется вычерчивание местных видов и без линии обрыва. Обозначение местного вида выполняется так же, как и для дополнительного вида, например вид Б на рис. 10. При условии проекционной связи местного вида с основным (левая часть вида сверху, ограниченная линией обрыва) обозначения не требуется.

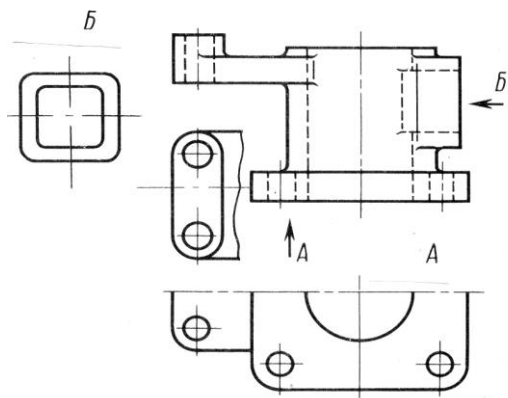


Рис. 10. Примеры основных и местных видов:  
*А* – половина вида снизу;  
*Б* – местный вид правой части детали

### 1.1.2. Разрезы

Разрез – это изображение предмета, рассеченного воображаемой плоскостью, в большинстве случаев параллельной основной плоскости проекций (рис. 11). На разрезе показывают формы предмета, попадающие в плоскость, рассекающую предмет, а также ту часть предмета, которая видна дальше, т. е. за секущей плоскостью. Виртуальное (мысленное) рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменение других изображений предмета. Положение секущей плоскости должно иметь конкретное место на рассекаемом предмете (детали). В связи с этим положение секущей плоскости определяется ее обозначением или плоскостью симметрии детали, если геометрическая форма предполагает наличие этой плоскости.

Разрезы разделяются на вертикальные, горизонтальные и наклонные. Вертикальные разрезы получаются, если секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (рис. 11), а горизонтальные, если секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (рис. 12).

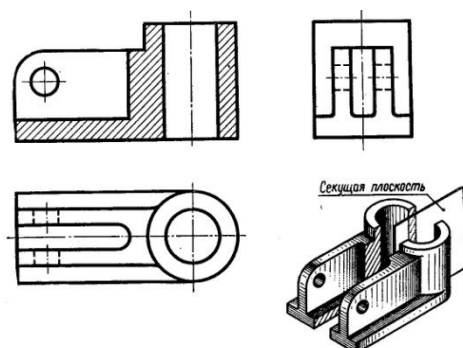


Рис.11. Изображение вертикального разреза

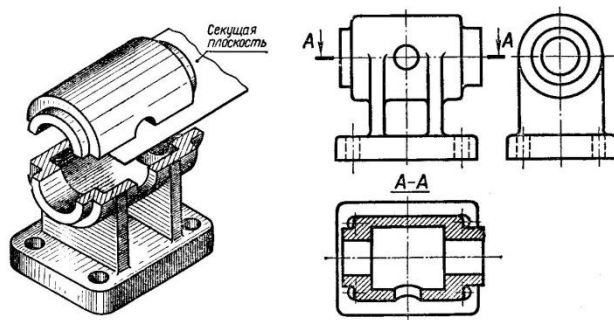


Рис. 12. Изображение горизонтального разреза

Наклонные разрезы образуются, если секущая плоскость наклонена к горизонтальной плоскости под острым или тупым углом (рис. 13).

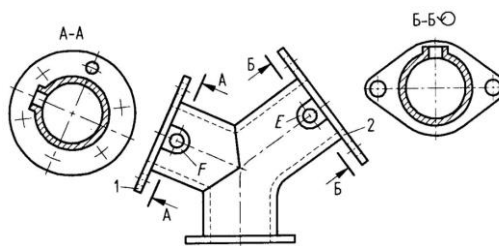
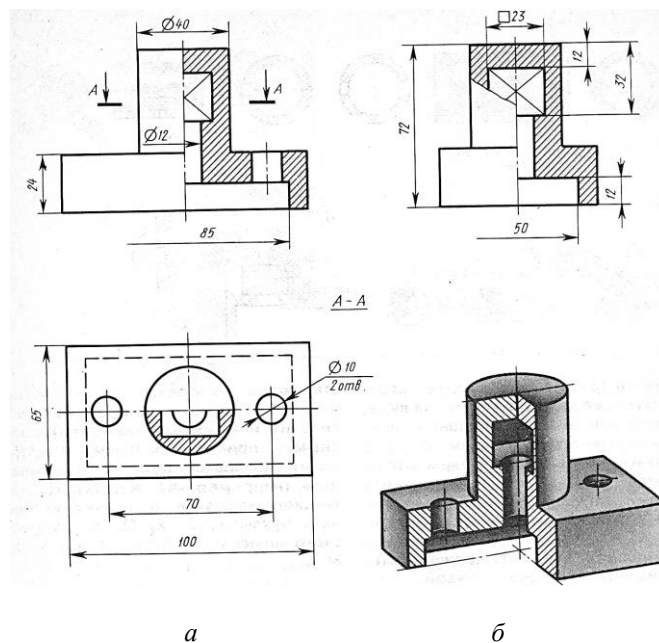


Рис. 13. Наклонные разрезы: *A-A*, *Б-Б*

Разрезы, в зависимости от числа секущих плоскостей, участвующих в их образовании, разделяются на простые и сложные. Простой разрез образуется при рассечении предмета только одной секущей плоскостью (рис. 11 – 13) либо двумя взаимоперпендикулярными плоскостями (рис. 14), проходящими по направлению плоскостей симметрии предмета (детали). Аналогичный приём применяется для построения разреза в аксонометрии, рис. 14, б.



*a*

*б*

Рис. 14. Простые разрезы:

*a* – ортогональные изображения; *б* – аксонометрическое изображение

Простые разрезы в большинстве случаев не требуют никаких обозначений. Примеры таких случаев видны на рис. 11 и 14 (вертикальные разрезы). Чтобы не проставлять обозначения для разрезов, нужно наличие ряда условий. Во-первых, разрез должен являться простым. Во-вторых, разрез должен проходить по плоскости симметрии предмета. В-третьих, изображение разреза должно выполняться на месте одного из основных видов, т. е. находиться в проекционной связи с другими изображениями. В-четвертых, между двумя изображениями (разреза и вида) не должно быть никаких посторонних изображений. При нарушении любого из этих условий разрез должен обозначаться. Так, например, на рис. 14 фронтальный и профильный разрезы не требуют обозначений, а горизонтальный должен обозначаться, чтобы конкретизировать положение секущей плоскости. Обозначение разреза состоит в следующем: во-первых, указывается с помощью разомкнутой линии положение секущей плоскости; во-вторых, наносят две стрелки, упирающиеся в разомкнутую линию, указывающие направление взгляда и рядом с ними пишут прописную букву кириллицы; в-третьих, над изображением разреза надписывают через тире эти же две буквы кириллицы (см. рис. 13, 14). Если обозначается несколько изображений (видов, разрезов), то буквы выбираются по порядку алфавита.

### 1.1.3. Сечения

Сечение – это изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывают только тот контур, который получается непосредственно в секущей плоскости (рис. 15). Сечение менее информативное изображение в сравнении с разрезом, однако, его построение осуществляется быстрее и проще. Применение сечений сокращает объем графической работы при выполнении чертежей.

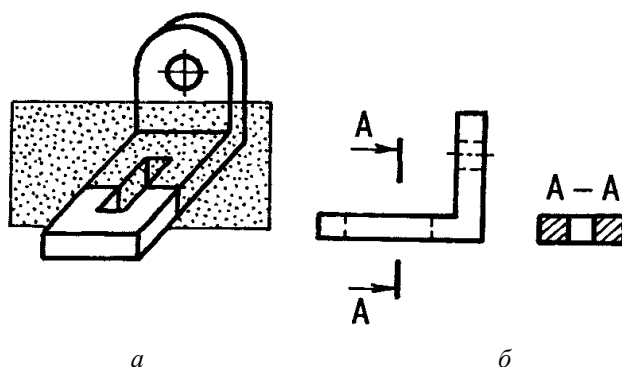


Рис. 15. Сечение предмета плоскостью:

*a* – наглядное изображение, *б* – ортогональное изображение

В качестве секущей плоскости для сечений, как и для разрезов, допускается использовать цилиндрическую поверхность, разворачиваемую потом в плоскость. Обозначение такого сечения сопровождается соответствующим знаком (см. рис. 9), что означает «развернуто» (рис. 16).

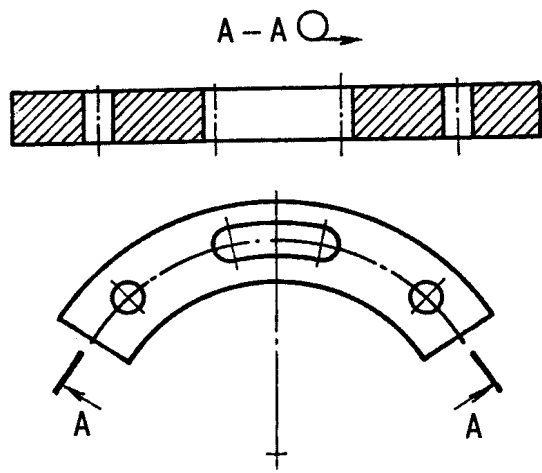


Рис. 16. Сечение предмета цилиндрической поверхностью

Выполняемые на чертежах сечения разделяются на вынесенные и наложенные. Вынесенные сечения изображаются на свободном поле чертежа или в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 17).

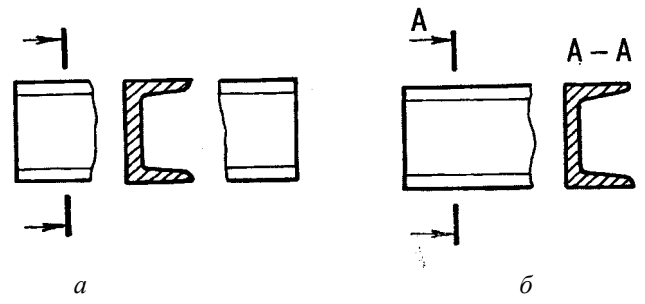


Рис.17. Варианты изображений вынесенных сечений:  
*a* – изображение сечения в разрыве вида;  
*б* – изображение сечения на свободном поле

Наложенные сечения располагают на соответствующем изображении предмета (рис. 18).

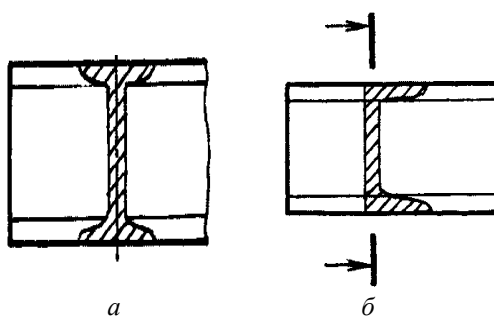


Рис. 18. Изображение наложенных сечений: *а, б*.

Контур вынесенного сечения вычерчивают сплошной основной линией, контур наложенного – сплошной тонкой линией (рис. 18, *а, б*). Предпочтительнее использовать вынесенные сечения.

Секущая плоскость для сечения выбирается так, чтобы получались перпендикулярные к продольной оси предмета, т. е. «нормальные» поперечные сечения. Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей углубление (отверстие), то углубление, либо отверстие в сечении изображают замкнутым контуром, т. е. показывают и ту часть линии, которая расположена за секущей плоскостью (рис. 19). Это требование выполнено и на рис.

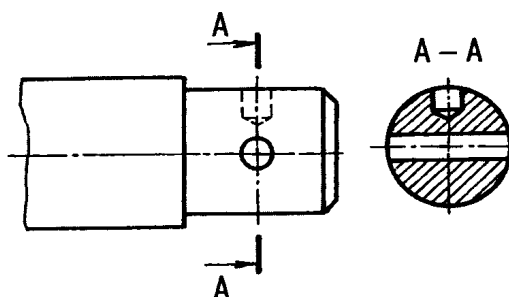


Рис. 19. Вычерчивание отверстий в сечении

Обозначаются и надписываются сечения так же, как и разрезы, с помощью разомкнутой линии, стрелок и прописных букв алфавита. Только для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (см. рис. 17, *а*) или наложенных (см. рис. 18, *а*), линию сечения проводят со стрелками, а буквами не обозначают. Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линии сечений обозначают одинаковыми буквами и вычерчивают одно сечение (рис. 20).

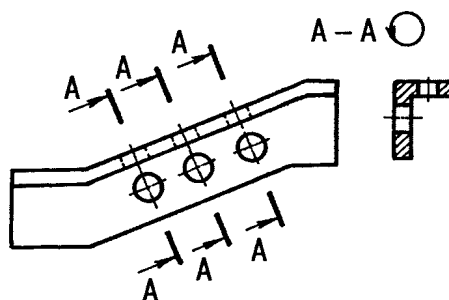


Рис. 20. Изображение и обозначение однотипных сечений

### 1.1.4. Выносные элементы

Выносной элемент – это изображение какой-либо части предмета, как правило, в более крупном масштабе, содержащее подробности, не указанные на основном изображении. Выносной элемент может отличаться от основного изображения по содержанию, например, главное изображение может быть видом, а выносной элемент разрезом.

При выполнении выносного элемента на основном изображении его обводят замкнутой тонкой линией (окружностью, овалом). На полке линии-выноски, проведенной от этого контура, наносят соответствующую прописную букву русского алфавита (рис. 21).

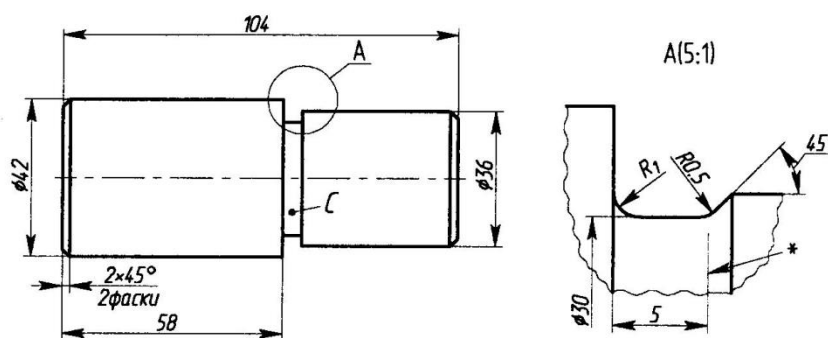


Рис. 21. Форма и размеры проточки детали: С – проточка

Изображение выносного элемента напоминает местный вид и ограничивается волнистой линией. Над изображением выносного элемента надписывают выбранную букву алфавита и в скобках указывают масштаб. Здесь же проставляют дополнительные размеры, конкретизирующие форму детали. Таким образом, применение выносного элемента позволяет избежать общего увеличения масштаба всего изображения детали.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие изображения применяются для отображения геометрических форм изделий?
2. Что такое основной вид? Сколько насчитывается основных видов? Как они называются?
3. В каком порядке располагаются основные виды?
4. Что представляет собой дополнительный вид?
5. Какое изображение именуется местным видом? В чем отличие местного вида от дополнительного?
6. Как обозначается вид? При каких условиях не требуется обозначение вида?
7. Какими знаками может сопровождаться обозначение вида?
8. Что такое разрез? На какие варианты положений в пространстве разделяют разрезы?
9. В чем заключается различие между простыми и сложными разрезами?
10. Как выполняется обозначение разрезов? Когда такое обозначение не делается?
11. На какие варианты подразделяют сложные разрезы?
12. Какое отличие имеет ломаный разрез от разреза ступенчатого? Какая особенность должна учитываться при построении и изображении ломаного разреза?
13. Какие условности следует учитывать при вычерчивании сложных разрезов?
14. Что представляет собой местный разрез и когда целесообразно его применять?
15. Как выполняется совмещение вида и разреза? При каких условиях выполняется такое совмещение?
16. Какие типы линий применяются для разграничения вида и разреза? От чего зависит выбор типа этой линии?
17. Что такое сечение? Когда целесообразно применение сечений?

18. На какие варианты разделяются сечения? Какой вариант сечения является предпочтительным?

19. Как обозначают сечения? Каким знаком сопровождается обозначение сечения, выполненного цилиндрической поверхностью?

20. Чем отличаются вынесенные и наложенные сечения?

21. Какая особенность для отображения сечения должна учитываться, если секущая плоскость проходит по оси отверстия? Как поступают при отображении нескольких одинаковых сечений?

22. Что такое выносной элемент? Когда он применяется?

23. Как следует изображать и обозначать выносной элемент?

## 1.2. Построение и основные варианты аксонометрических проекций

Аксонометрическое проецирование означает, что изображаемый предмет вместе с осями прямоугольных координат, к которым отнесена эта система в пространстве, проецируется параллельными лучами на некоторую плоскость (рис. 22). Такую плоскость проекций называют аксонометрической или картинной. Аксонометрические проекции используются, главным образом, в дополнение к прямоугольным проекциям для лучшего представления о формах предметов на трудночитаемых чертежах.

Размеры предмета при аксонометрическом проецировании искажаются. Величина искажения определяется коэффициентом искажения. Это число, учитывающее изменение линейного размера по одной из осей в ортогональной проекции при проецировании его на картинную плоскость.

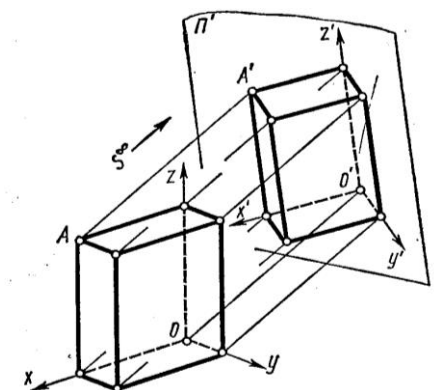


Рис. 22. Аксонометрическое проецирование

Аксонометрические проекции называют прямоугольными, если проецирующие лучи направлены под прямым углом к аксонометрической плоскости, и косоугольными, если лучи направлены к вышеупомянутой плоскости под острым или тупым углом. В чертежах всех отраслей промышленности и строительства ГОСТ 2.317–69 устанавливает несколько видов аксонометрических проекций.

Проецирующие лучи могут располагаться не только параллельно друг другу, но и исходить из центральной точки. Изображение, полученное на плоскости при помощи таких лучей, называют перспективным. Перспектива, выполненная от руки в глазном масштабе, называется рисунком, а аксонометрическая проекция, выполненная аналогично, техническим рисунком.

### 1.2.1. Прямоугольная изометрическая проекция (изометрия)

В изометрии аксонометрическая плоскость наклонена ко всем трем координатным осям под углом  $120^\circ$  (рис. 23, *a*).

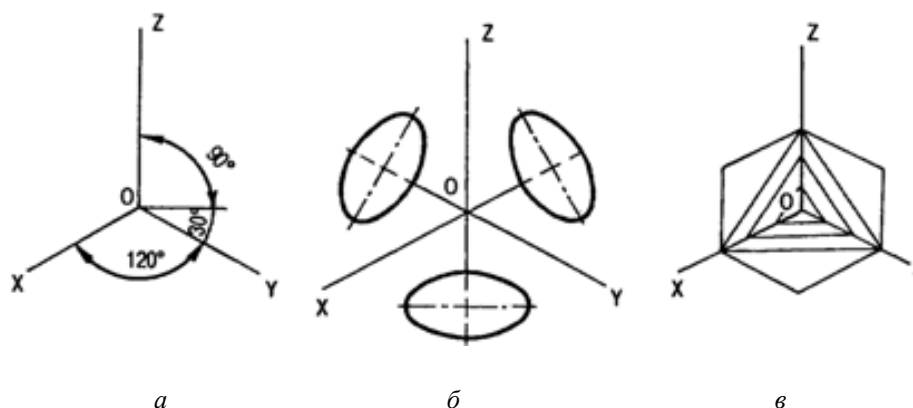


Рис. 23. Аксонометрические оси, эллипсы и направление штриховки:  
*a* – значения углов между осями в изометрии;  
*б* – проекции окружности на плоскостях:  $XOY$ ,  $XOZ$ ,  $YOZ$ ;  
*в* – линии штриховки на трех разных плоскостях проекций

Коэффициент искажения по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  равен  $0,82$ . Для упрощения подсчетов этот коэффициент принимают равным  $1,0$ . Изображение предмета при этом незначительно увеличивается (в  $1,22$  раза). Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 23, *б*). Большая ось эллипсов равна  $1,22d$ , а малая ось –  $0,71$  диаметра окружности.

Величину осей можно получить графическим способом (рис. 24). Хорда  $AD$ , стягивающая  $\frac{1}{4}$  часть окружности, равна  $0,71d$ , т. е. представляет малую ось эллипса. Расстояние между точками  $E$  и  $F$  (пересечение двух дуг окружностей, проведенных из точек  $A$  и  $D$  радиусом  $AD$ ) равно  $1,22d$ . Это расстояние представляет собой большую ось эллипса.

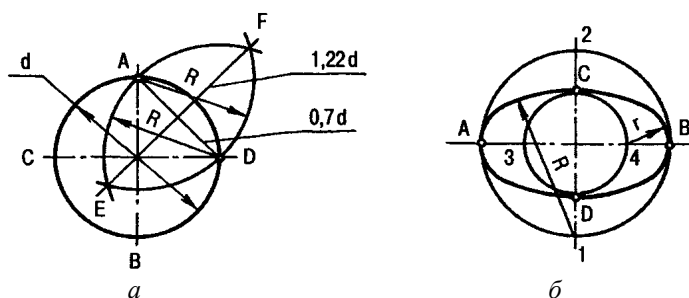


Рис. 24. Пример построения эллипса для изометрии:  
*a* – определение длин осей эллипса; *б* – построение овала по длине осей на горизонтальной плоскости проекций

Малая ось строящегося эллипса располагается параллельно отсутствующей в данной плоскости проекций аксонометрической оси. Большая ось эллипса перпендикулярна малой оси. Это значит, что большие оси эллипсов в изометрии расположены под углом  $90^\circ$  к отсутствующим на данной плоскости аксонометрическим осям. Например, для плоскости  $XOY$  большая ось располагается перпендикулярно оси  $Z$ , для плоскости  $XOZ$  – оси  $Y$ , для плоскости  $ZOY$  – оси  $X$  (рис. 23, *б*).

При построении аксонометрических проекций эллипсы можно заменять овалами, которые строятся с помощью циркуля, т. е. дугами окружностей. Радиус  $R$  большой дуги

окружности равен сумме двух полуосей (малой и большой) эллипса, радиус  $r$  малой дуги – разности большой и малой полуосей эллипса (рис. 24, б).

Пример прямоугольной изометрии приведен на рис. 25.

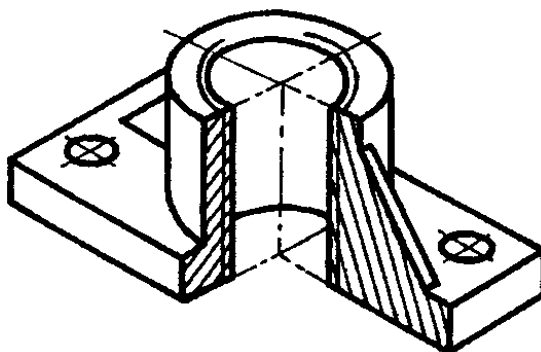


Рис. 25. Прямоугольная изометрия корпусной детали

### Вопросы для самоконтроля

1. В чем сущность аксонометрического проецирования?
2. Какие виды аксонометрических проекций приняты за основные?
3. Какие аксонометрические проекции относят к прямоугольным, а какие к косоугольным?
4. Что такое коэффициент искажения? Чем отличается приведенный коэффициент искажения?
5. Как располагаются аксонометрические оси, и какие коэффициенты искажения по осям в прямоугольной изометрии?
6. Как располагаются аксонометрические оси, и какие коэффициенты искажения по осям в прямоугольной диметрии?
7. Под какими углами друг к другу строят оси в косоугольной фронтальной диметрии, какие коэффициенты искажений применяют?
8. Какие графические способы позволяют построить аксонометрические оси для прямоугольной изометрии и прямоугольной диметрии?
9. Перечислите последовательность действий для построения аксонометрии точки?
10. В какую фигуру превращается окружность в аксонометрии?
11. Как располагается эллипс в прямоугольной изометрии? Назовите размеры осей этого эллипса?
12. Как ориентируется эллипс на плоскостях проекций, когда он строится в прямоугольной диметрии? Как вычисляют размеры осей эллипсов?
13. Какой фигурой можно заменить эллипс при построении проекции окружности в прямоугольной изометрии? Опишите процесс геометрического построения.
14. Опишите процесс геометрического построения овала для прямоугольной диметрии.
15. Какое преимущество перед другими изображениями имеет фронтальная диметрическая проекция?
16. Для чего применяют разрезы предметов в аксонометрии? Как располагают секущие плоскости?
17. Как определяется угол наклона штриховки при разрезах предметов в аксонометрии?
18. Что представляет собой технический рисунок предмета?
19. Как следует при необходимости наносить размерные и выносные линии на аксонометрических проекциях?