

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)

**КАФЕДРА МЕХАНИКИ И ГРАФИКИ**

Л.А. Козлова

# **ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

*Учебное пособие*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)

**КАФЕДРА МЕХАНИКИ И ГРАФИКИ**

Л.А. Козлова

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

*Учебное пособие*

**Учебное пособие предназначено для  
студентов всех специальностей,  
изучающих курс  
«Инженерная компьютерная графика».**

## АННОТАЦИЯ

Пособие содержит теоретические основы начертательной геометрии и инженерной графики, примеры решения геометрических задач и построение графических проекций. Учебное пособие предназначено для всех специальностей изучающих курс «Инженерная графика»

## Содержание

Введение.....	5
1 Основы начертательной геометрии.....	7
1.1 Символика.....	7
1.2 Центральное проецирование.....	8
1.3 Параллельное проецирование.....	9
1.4 Прямоугольное (ортогональное) проецирование.....	10
1.5 Проецирование точки.....	12
1.6 Проецирование прямых общего положения.....	15
1.7 Деление отрезка в заданном отношении.....	16
1.8 Следы прямой.....	16
1.9 Метод прямоугольного треугольника.....	17
1.10 Проецирование прямых частного положения.....	18
1.11 Взаимное положение точки и прямой.....	20
1.12 Взаимное положение прямых.....	20
1.13 Определение видимости гранного тела.....	25
1.14 Плоскость.....	25
1.15 Точка и прямая в плоскости.....	28
1.16 Взаимное положение прямой и плоскости, плоскостей.....	34
1.17 Способы преобразования комплексного чертежа.....	45
1.17 Многогранники.....	50
1.18 Тела вращения.....	53
2 Основные правила оформления чертежей.....	60
2.1 Единая система конструкторской документации. Стандарты ЕСКД.....	60
2.2 Форматы.....	60
2.3 Масштабы.....	61
2.4 Линии.....	63
2.5 Шрифты чертежные.....	64
2.6 Изображения на технических чертежах.....	66
2.7 Графические обозначение материалов в сечениях.....	78

2.8	Нанесение размеров.....	81
2.9	Наглядные аксонометрические изображения.....	92
3	Деталирование.....	97
3.1	Содержание и объем работы.....	98
3.2	Чтение сборочного чертежа.....	97
3.3	Пример чтения чертежа.....	99
3.4	Чертежи деталей.....	103
3.5	Выбор и нанесение размеров.....	111
3.6	Заполнение основной надписи.....	118
3.7	Определение размеров детали по ее изображению с использованием графика масштабов.....	
4	Соединения.....	119
4.1	Резьбы.....	120
4.1	Резьбовые соединения.....	123
4.2	Расчет винтового соединения.....	123

## Введение

В число дисциплин, составляющих основу инженерного образования, входит "Инженерная графика".

Инженерная графика- это условное название учебной дисциплины, включающей в себя основы начертательной геометрии и основы специального вида технического черчения.

Начертательная геометрия – наука, изучающая закономерности изображения пространственных форм на плоскости и решения пространственных задач проекционно-графическими методами.

Исторически методы изображения возникли еще в первобытном мире. В начале развития появился рисунок, потом буква – письменность. Вехи развития графики: наскальный рисунок, творение великих художников эпохи Возрождения.

Однако формирование научной теории изображения началось в 17 веке, когда возникло учение об оптике. В 1636 году геометр Жирар Дезарг дал стройную теорию изображений в перспективе.

В дальнейшем развитии чертежа огромную роль сыграли французский математик и инженер Гаспар Монж (1746-1818). Заслуга Г. Монжа в том, что он обобщил имеющиеся данные о построении плоского чертежа и создал самостоятельную научную дисциплину под названием "Начертательная геометрия" (1798 год). Г. Монж говорил: начертательная геометрия преследует следующую цель: на чертеже, имеющем два измерения с точностью изобразить тела трех измерений. С этой точки зрения эта геометрия должна быть необходима как для инженера, составляющего проект, так и для того, кто по этим проектам должен работать.

Метрическая (измерительная) геометрия, созданная, как известно, трудами Евклида, Архимеда и других математиков древности, выросла из потребностей землемерия и мореплавания.

Всестороннее и глубокое научно-теоретическое обоснование начертательная геометрия получила только после рождения геометрии на псевдосфере. Создал его великий русский геометр Лобачевский (1793-1856г.).

В России начертательную геометрию стали изучать с 1810 года в институте корпуса инженеров путей сообщения в Петербурге.

Начертательная геометрия является разделом геометрии, изучающим пространственные формы по их проекциям на плоскости. Ее основными элементами являются:

1. Создание метода изображения
2. Разработка способов решения позиционных и метрических задач при помощи их изображения.

Начертательная геометрия является связующим звеном между математикой, техническим черчением и другими предметами. Дает возможность построения геометрических форм на плоскости и по плоскому изображению представить форму изделия.

Студенты при изучении курса начертательной геометрии наряду с освоением теоретических положений приобретают навыки точного графического решения пространственных задач метрического и позиционного характера. Умение найти более короткий путь решения графической задачи формирует общую инженерную культуру молодого специалиста.

Изучение начертательной геометрии позволяет:

1. Научиться составлять чертежи, т.е. изучать способы графического изображения существующих и создаваемых предметов.
2. Научиться читать чертежи, т.е. приобрести навыки мысленного представления по чертежу формы и размеров предмета в натуре.
3. Приобрести навыки в решении пространственных задач на проекционном чертеже.
4. Развить пространственное и логическое мышление.

Инженерная графика является тем фундаментом, на котором в дальнейшем будут основываться все технические проекты науки и техники, и которая дает возможность студенту, а затем инженеру выполнять конструкторскую работу и изучать техническую литературу, насыщенную чертежами.

Прочсть или составить чертежи можно лишь в том случае, если известны приемы и правила его составления. Одна категория правил имеет в основе строго определенные приемы изображения, имеющие силу методов, другая категория – это многочисленные, часто не связанные между собой условности, принятые при составлении чертежей и обусловленные ГОСТами.

ГОСТы – это государственные общесоюзные стандарты, комплекс которых составляет Единую систему конструкторских документов, принятых в России. Основное назначение стандартов ЕСКД заключается в установлении на всех предприятиях России единых правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации.

Теоретической основой черчения является начертательная геометрия. Основной целью начертательной геометрии является умение изображать всевозможные сочетания геометрических форм на плоскости, а так же умение производить исследования и их измерения, допуская преобразование изображений. Изображения, построенные по правилам начертательной геометрии, позволяют мысленно представить форму предметов и их взаимное расположение в пространстве, определить их размеры, исследовать геометрические свойства, присущие изображаемому предмету. Изучение начертательной геометрии способствует развитию пространственного воображения, необходимое инженеру для глубокого понимания технического чертежа, для возможности создания новых технических объектов. Без такого понимания чертежа немыслимо никакое творчество. В любой области техники, в многогранной инженерной деятельности человека чертежи являются единственными и незаменимыми средствами выражения технических идей.

Начертательная геометрия является одной из дисциплин, составляющих основу инженерного образования.

Т.о., предмет "Инженерная графика" складывается из двух частей:

1. Рассмотрения основ проецирования геометрических образов по курсу начертательной геометрии и
2. Изучения законов и правил выполнения чертежей по курсу технического черчения.

## 1. ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

### 1.1 Символика

$\equiv$	совпадают	$\cap$	касательные
$\infty$	подобны	$\in$	принадлежат, являются элементом
$\perp$	перпендикулярны	$\cdot$ —	скрещивание
$\cong$	конгруэнтны	$\cap$	пересечение множеств
$\parallel$	параллельны	$\sphericalangle$	угол
$\rightarrow$	отображаются	$\cdot$ └	прямой угол
/	отрицание знака	$\subset$	включает, содержит

$A, B, C, D...$  - точки  
 $a, a', a''$  - проекции точек

$\alpha, \beta, \gamma, Q, R, S...$  - плоскости  
 $Q_H, R_V, S_W$  - следы плоскостей

В основе начертательной геометрии лежит метод проекций.

Правила построения изображений, излагаемые в начертательной геометрии, основаны на методе проекций. Всякое правильное изображение предметов на плоскости (например, лист бумаги, экран монитора) является проекцией его на эту плоскость.

Правильным мы называем изображение, построенное в соответствии с законами геометрической оптики, действующими в реальном мире. Т.о., проекцией являются: технический рисунок, фотография, технический чертеж, тень, падающая от предмета, изображение на сетчатке глаза и т.д. Существуют изображения, выполненные с отклонением от этих законов. Таковыми, например, являются рисунки первобытных людей, детские рисунки, картины художников различных нереалистических направлений и т.д. Такие изображения не являются проекциями и к ним не могут быть применены методы геометрического исследования.

Латинская основа слова "проекция" означает "бросание вперед".



Начертательная геометрия рассматривает несколько видов проецирования. Основными являются центральное и параллельное проецирование.

## 1.2 Центральное проецирование

Для получения центральных проекций необходимо задаться плоскостью проекций  $H$  и центром проециций  $S$ .

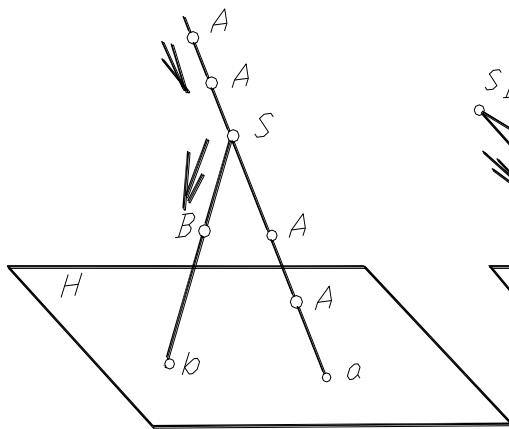


Рис. 1.1

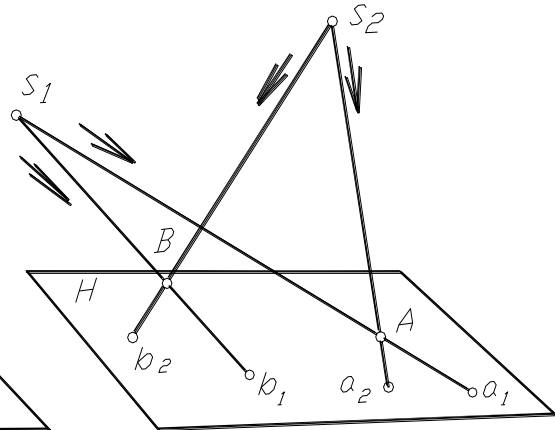


Рис. 1.2

Центр проециций действует как точечный источник света, испуская проецирующие лучи. Точки пересечения проецирующих лучей с плоскостью проекций  $H$  называются проекциями (рис. 1.1). Проекций не получается, когда центр проецирования лежит в данной плоскости или проецирующие лучи параллельны плоскости проекций.

Свойства центрального проецирования:

1. Каждая точка пространства проецируется на данную плоскость проекций в единственную проекцию.
2. В то же время каждая точка на плоскости проекций может быть проекцией множества точек, если они находятся на одном проецирующем луче (рис 1).
3. Прямая, не проходящая через центр проецирования, проецируется прямой (проецирующая прямая – точкой).
4. Плоская (двумерная) фигура, не принадлежащая проецирующей плоскости, проецируется двумерной фигурой (фигуры, принадлежащие проецирующей плоскости, проецируются вместе с ней в виде прямой).
5. Трехмерная фигура отображается двумерной.

Глаз, фотоаппарат являются примерами этой системы изображения. Одна центральная проекция точки не дает возможность судить о положении самой Точки в пространстве, и поэтому в техническом черчении это проецирование

почти не применяется. Для определения положения точки при данном способе необходимо иметь две ее центральные проекции, полученные из двух различных центров (рис. 1.2). Центральные проекции применяют для изображения предметов в перспективе. Изображения в центральных проекциях наглядны, но для технического черчения неудобны.

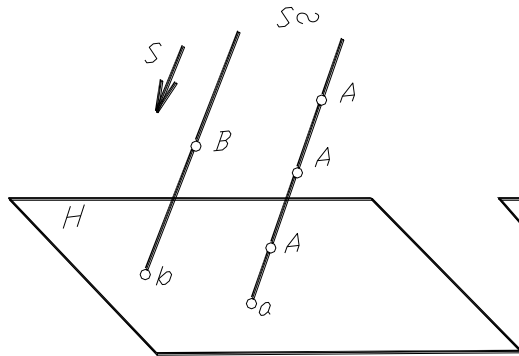


Рис. 1.3

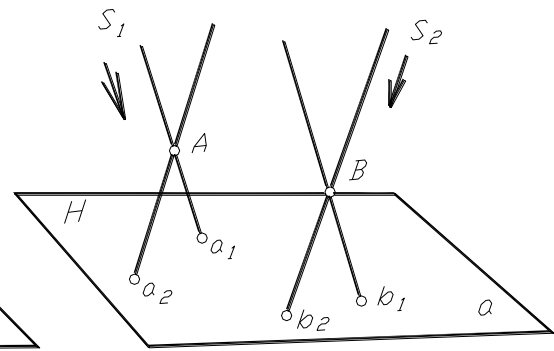


Рис.1.4

### 1.3 Параллельное проецирование

Параллельное проецирование – частный случай центрального проецирования, когда центр проецирования перемещен в несобственную точку, т.е. в бесконечность. При таком положении центра проекций все проецирующие прямые будут параллельны между собой (рис. 1.3). В связи с параллельностью проецирующих прямых рассматриваемый способ называется параллельным, а полученные с его помощью проекции – параллельными проекциями. Аппарат параллельного проецирования полностью определяется положением плоскости проецирования ( $H$ ) и направлением проецирования.

Свойства параллельного проецирования:

1. При параллельном проецировании сохраняются все свойства центрального проецирования, а также возникают новые:

2. Для определения положения точки в пространстве необходимо иметь две ее параллельные проекции, полученные при двух различных направлениях проецирования (рис.1.4).

3. Параллельные проекции взаимно параллельных прямых параллельны, а отношение длин отрезков таких прямых равно отношению длин их проекций.

4. Если длина отрезка прямой делится точкой в каком-либо отношении, то и длина проекции отрезка делится проекцией этой точки в том же отношении (рис 1.15).

5. Плоская фигура, параллельная плоскости проекций, проецируется при параллельном проецировании на эту плоскость в такую же фигуру.

Параллельное проецирование, как и центральное, при одном центре проецирования, также не обеспечивает обратимости чертежа.

Применяя приемы параллельного проецирования точки и линии, можно строить параллельные проекции поверхности и тела.

Параллельные проекции применяют для построения наглядных изображений различных технических устройств и их деталей.

Параллельное проецирование делится на косоугольное (проецирующие лучи расположены под любым углом к плоскости проекций) и прямоугольное или ортогональное (проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости проекций).

В данном курсе рассматривается преимущественно прямоугольное проецирование.

#### 1.4 Прямоугольное (ортогональное проецирование) проецирование

Частный случай параллельного проецирования, при котором направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций, называется *прямоугольным* или *ортогональным проецированием*. *Прямоугольной* (ортогональной) *проекцией точки называют основание перпендикуляра, проведенного из точки на плоскость проекций*. Прямоугольная проекция точек  $A$  и  $B$  показана на рисунке 1.5.

Наряду со свойствами параллельных (косоугольных) проекций ортогональное проецирование имеет следующее свойство:

- ортогональные проекции взаимно перпендикулярных прямых, одна из которых параллельна плоскости проекций, а другая не перпендикулярна ей, взаимно перпендикулярны.

Для определения положения точки в пространстве по ее параллельным проекциям необходимо иметь две параллельные плоскости, полученные при двух направлениях проецирования.

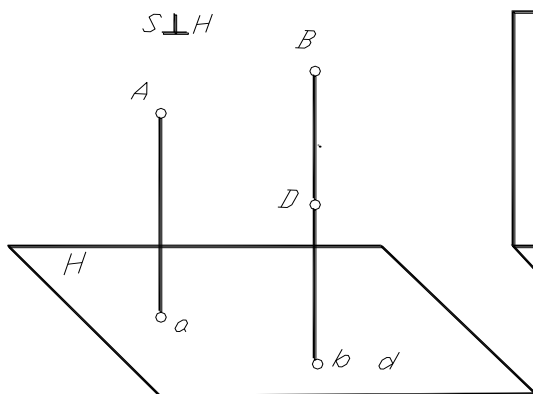


Рис. 1.5

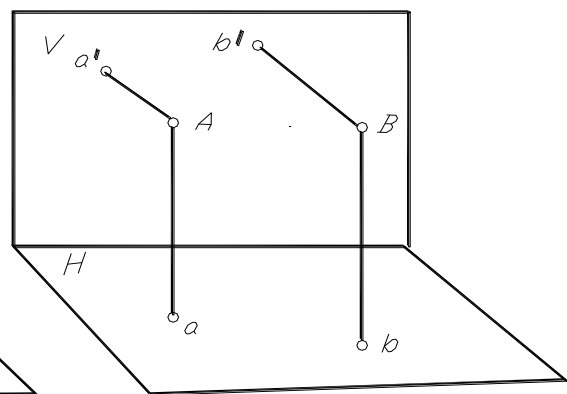


Рис. 1.6

Т.к. через точку можно провести только одну прямую, перпендикулярную плоскости, то, очевидно, при ортогональном проецировании для получения двух проекций одной точки необходимо иметь две не параллельные плоскости проекций (рис. 1.6).

Ортогональное проецирование обладает рядом преимуществ перед центральным и параллельным проецированием. К ним в первую очередь следует отнести:

1. Простоту графических построений для определения ортогональных проекций точек.
2. Возможность при определенных условиях сохранить на проекциях форму и размеры проецируемой фигуры.

Отмеченные преимущества обеспечили широкое применение ортогонального проецирования в технике, в частности, для составления машиностроительных чертежей.

В машиностроении, для того чтобы иметь возможность по чертежу судить о форме и размерах изображаемых предметов, при составлении чертежей, как правило, пользуются не двумя, а несколькими плоскостями проекций.

Положение точки в пространстве, а, следовательно, и любой геометрической фигуры может быть определено, если будет задана какая-либо координатная система отнесения.

Плоскости проекции делят пространство на восемь частей – октантов. Их условно нумеруют римскими цифрами (рис. 1.7).

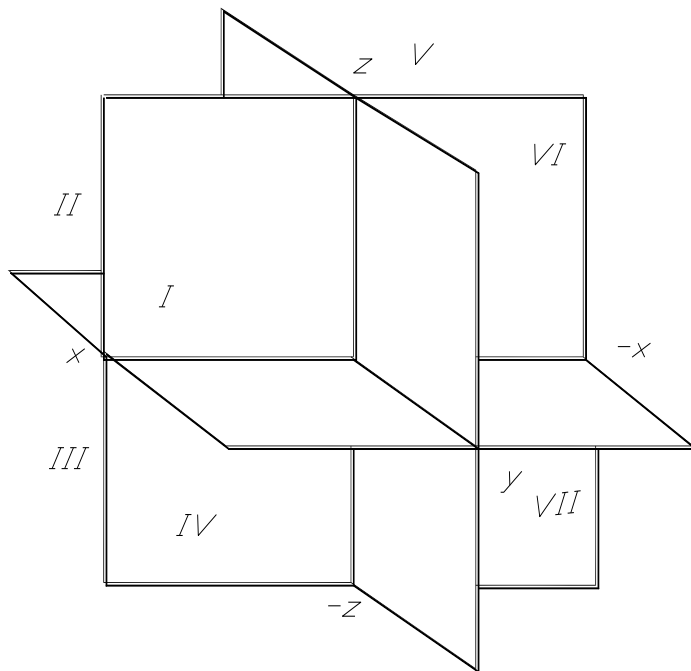


Рис. 1.7

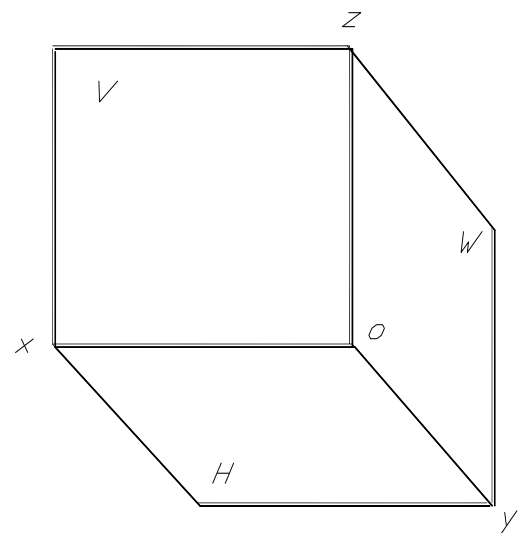


Рис. 1.8

Наиболее удобной для фиксирования положения геометрической фигуры в пространстве и выявления ее формы по ортогональным проекциям является, декартова система координат, состоящая из трех взаимно перпендикулярных плоскостей проекций. В связи с тем, что начертательная геометрия призвана передавать результаты своих теоретических исследований для

практического использования, ортогональное проецирование целесообразно рассматривать также в системе трех плоскостей проекций.

Для удобства проецирования в качестве трех плоскостей проекций выбирают три взаимно перпендикулярные плоскости (рис.1.8). Одну из них принято располагать горизонтально – ее называют *горизонтальной плоскостью проекций*, другую – вертикально, параллельно плоскости чертежа, ее называют *фронтальной плоскостью проекций* и третью, перпендикулярную двум имеющимся – ее называют *профильной плоскостью проекций*. Эти плоскости проекций пересекаются по линиям, называемыми *осями проекций*.

У нас принята правая система расположения плоскостей проекций. При этом положительными направлениями осей считают: для оси  $X$  (пересечение горизонтальной и фронтальной плоскостей проекций) – влево от начала координат, для оси  $Y$  (пересечение горизонтальной и профильной плоскостей проекций) – в сторону наблюдателя от фронтальной плоскости проекций, для оси  $Z$  (пересечение фронтальной и профильной плоскостей проекций) – вверх от горизонтальной плоскости проекций, противоположные направления осей считают отрицательными.

*Проекцией точки является основание перпендикуляра, опущенного из точки на соответствующую плоскость проекций. Горизонтальной проекцией* точки называют прямоугольную проекцию точки на горизонтальной плоскости проекций, *фронтальной проекцией* – соответственно на фронтальной плоскости проекций и *профильной* – на профильной плоскости проекций.

Пользоваться этим пространственным макетом для изображения ортогональных проекций геометрических фигур неудобно ввиду его громоздкости, а также из-за того, что на отдельных (горизонтальной и профильной) происходит искажение формы и размеров проецируемой фигуры. Поэтому вместо изображения на чертеже пространственного макета пользуются комплексным чертежом (эпюр Монжа) составленным из трех связанных между собой ортогональных проекций геометрической фигуры.

Преобразование пространственного макета в эпюр осуществляется путем совмещения горизонтальной и профильной плоскостей проекций с фронтальной плоскостью проекции (рис. 1.9).

Так как плоскости не имеют границ, в совмещенном положении (на эпюре) границы плоскостей не показывают, нет необходимости оставлять надписи, указывающие положение плоскостей проекций (рис. 1.10).

Перейдя к эпюру утратилась пространственная наглядность. Эпюр дает больше – точность и удобоизмеримость изображений, при простоте построений. Однако, чтобы представить пространственную картину требуется работа воображения.

## 1.5 Проецирование точки

Точка, как математическое понятие, не имеет размеров. Очевидно, если объект проецирования является нульмерным объектом, то говорить о его проецировании бессмысленно.

В геометрии под точкой целесообразно принимать физический объект, имеющий линейные измерения. Условно за точку можно принять шарик с бесконечно малым радиусом. При такой трактовке понятия точки можно говорить о ее проекциях.

При построении ортогональных проекций точки следует руководствоваться первым инвариантным свойством ортогонального проецирования: *ортогональная проекция точки есть точка.*

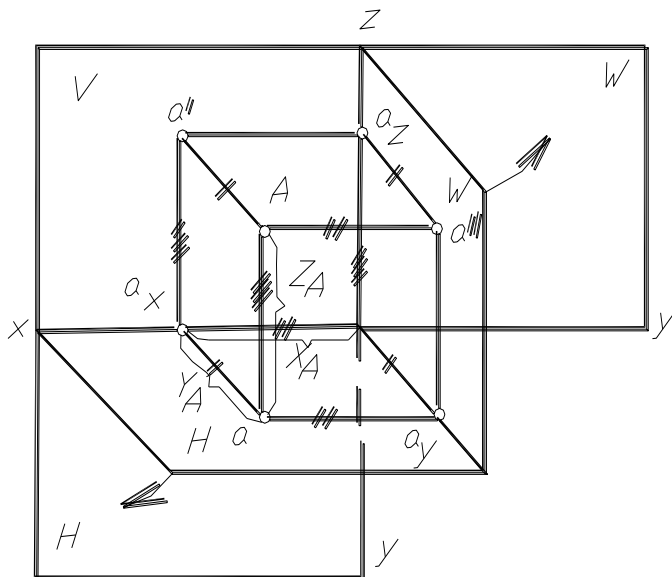


Рис. 1.9

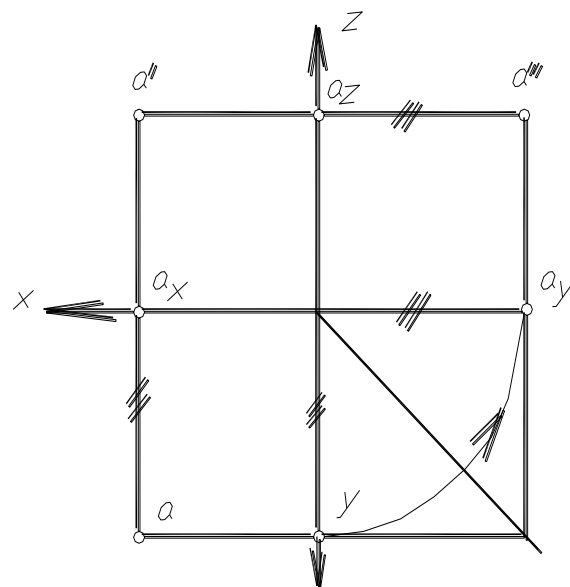


Рис. 1.10

Положение точки в пространстве определяется тремя координатами:  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , показывающие величины расстояний, на которые точка удалена от плоскостей проекций. Чтобы определить эти расстояния, достаточно определить точки встречи этих прямых с плоскостями проекций и измерить соответствующие величины, которые укажут соответственно значения абсциссы  $X$ , ординаты  $Y$  и аппликаты  $Z$  точки (рис. 1.10).

Проекцией точки является основание перпендикуляра, опущенного из точки на соответствующую плоскость проекций. *Горизонтальной проекцией* точки  $a$  называют прямоугольную проекцию точки на горизонтальной плоскости проекций, *фронтальной проекцией*  $a'$  – соответственно на фронтальной плоскости проекций и *профильной*  $a''$  – на профильной плоскости проекций.

Прямые  $Aa$ ,  $Aa'$  и  $Aa''$  называются проецирующими прямыми. При этом прямую  $Aa$ , проецирующую точку  $A$  на горизонтальную плоскость проекций, называют *горизонтально-проецирующей прямой*,  $Aa'$  и  $Aa''$  – соответственно: *фронтально* и *профильно-проецирующими прямыми*.

Две проецирующие прямые, проходящие через точку  $A$  определяют плоскость, которую принято называть *проецирующей*.

При преобразовании пространственного макета, фронтальная проекция точки  $A - a'$  остается на месте, как принадлежащая плоскости, которая не

меняет своего положения при рассматриваемом преобразовании. Горизонтальная проекция –  $a$  вместе с горизонтальной плоскостью проекции повернется по направлению движения часовой стрелки и расположится на одном перпендикуляре к оси  $X$  с фронтальной проекцией. Профильная проекция –  $a''$  будет вращаться вместе с профильной плоскостью и к концу преобразования займет положение, указанное на рисунке 1.10. При этом –  $a''$  будет принадлежать перпендикуляру к оси  $Z$ , проведенному из точки  $a'$  и будет удалена от оси  $Z$  на такое же расстояние, на какое горизонтальная проекция  $a$  удалена от оси  $X$ . Поэтому связь между горизонтальной и профильной проекциями точки может быть установлена с помощью двух ортогональных отрезков  $aa_y$  и  $a_y a''$  и сопрягающей их дуги окружности с центром в точке пересечения осей ( $O$  – начало координат). Отмеченной связью пользуются для нахождения недостающей проекции (при двух заданных). Положение профильной (горизонтальной) проекции по заданным горизонтальной (профильной) и фронтальной проекциям может быть найдено с помощью прямой, проведенной под углом  $45^\circ$  из начала координат к оси  $Y$  (эту биссектрису называют прямой  $k$  – постоянной Монжа). Первый из указанных способов предпочтителен, как более точный.

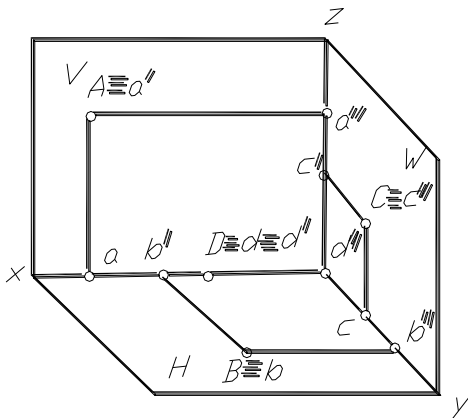


Рис. 1.11

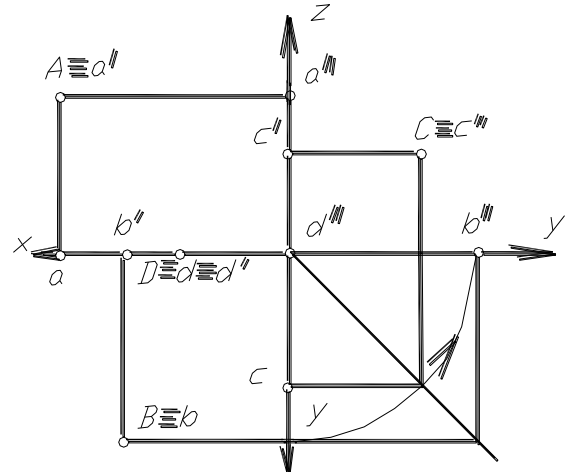


Рис. 1.12

Из этого следует:

1. Точка в пространстве удалена:
  - от горизонтальной плоскости  $H$  на величину заданной координаты  $Z$ ,
  - от фронтальной плоскости  $V$  на величину заданной координаты  $Y$ ,
  - от профильной плоскости  $W$  на величину координаты  $X$ .
2. Две проекции любой точки принадлежат одному перпендикуляру (одной линии связи):
  - горизонтальная и фронтальная – перпендикуляру к оси  $X$ ,
  - горизонтальная и профильная – перпендикуляру к оси  $Y$ ,
  - фронтальная и профильная – перпендикуляру к оси  $Z$ .
3. Положение точки в пространстве вполне определяется положением ее двух ортогональных проекций. Из этого следует – по двум любым задан-

ным ортогональным проекциям точки всегда можно построить недостающую ее третью проекцию.

Если точка имеет три определенных координаты, то такую точку называют *точкой общего положения*. Если у точки одна или две координаты имеют нулевое значение, то такую точку называют *точкой частного положения*.

На рисунке 1.11 дан пространственный чертеж точек частного положения, на рисунке 1.12 – комплексных чертеж (эпюр) этих точек. Точка  $A$  принадлежит фронтальной плоскости проекций, точка  $B$  – горизонтальной плоскости проекций, точка  $C$  – профильной плоскости проекций и точка  $D$  – оси абсцисс ( $X$ ).

## 1.6 Проецирование прямых общего положения

При построении проекций прямой следует исходить из инвариантного свойства ортогонального проецирования, что проекция прямой есть прямая.

При ортогональном проецировании на плоскость прямая, не перпендикулярная плоскости проекций, проецируется в прямую. Поэтому, для проецирования отрезка прямой достаточно найти проекции концов отрезка.

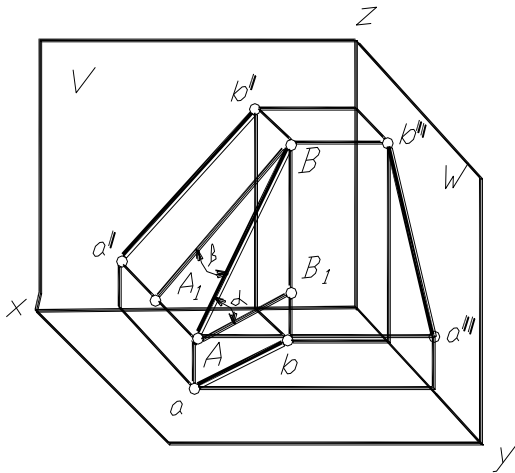


Рис. 1.13

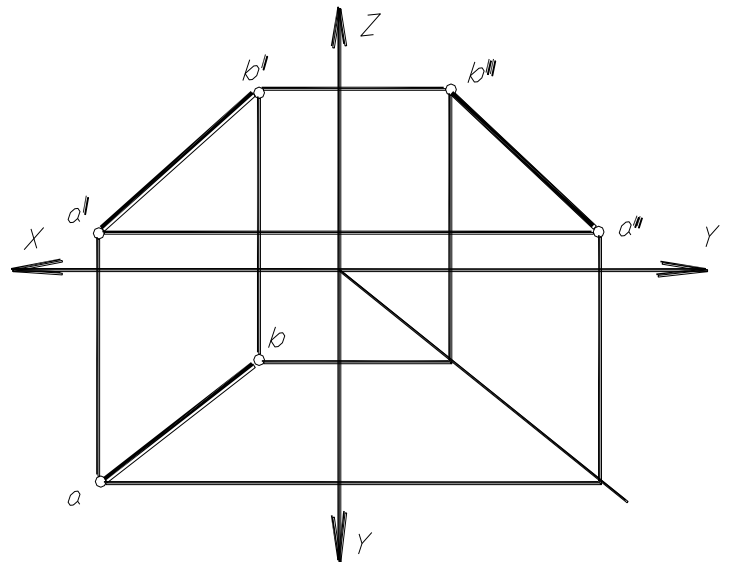


Рис. 1.14

Наглядное (пространственное) изображение отрезка  $AB$  показано на рисунке 1.13 и его ортогональное проецирование на три плоскости проекций – на рисунке 1.14. Отрезок  $AB$ , определяющий прямую, занимает произвольное (общее) положение по отношению к плоскостям проекций (углы наклона прямой к плоскостям проекций произвольные, но отличные от  $0^0$  и  $90^0$ ). Такая прямая называется *прямой общего положения*.

Отметим, что *если какая-либо точка принадлежит прямой, то ее проекции принадлежат соответственным проекциям данной прямой*



## 1.7 Деление отрезка в заданном отношении

Чтобы разделить отрезок прямой в заданном отношении, достаточно разделить в этом отношении одну из проекций прямой.

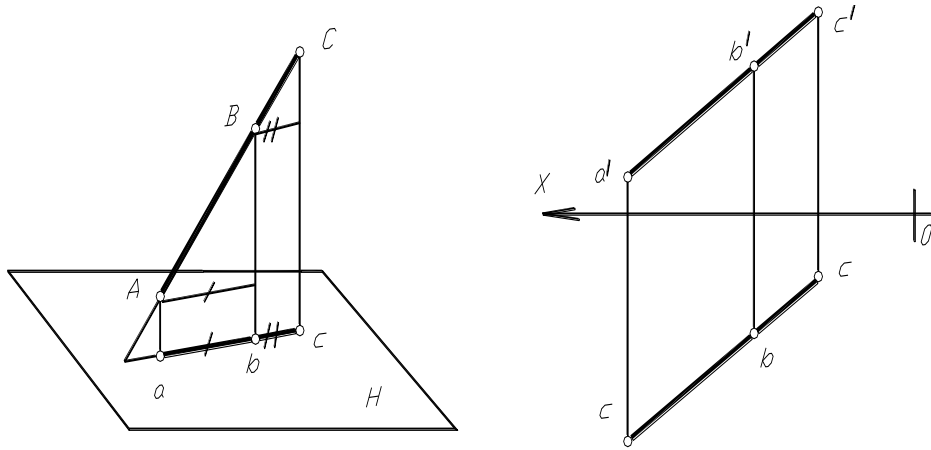


Рис. 1.15

Если точка на отрезке делит его длину в определенном отношении, то проекция точки делит длину одноименной проекции отрезка в том же отношении. Пример деления отрезка в отношении 2:1 показан на рисунках 1.15 ( $AB/BC = ab/bc = a'b'/b'c'$ ).

## 1.8 Следы прямой

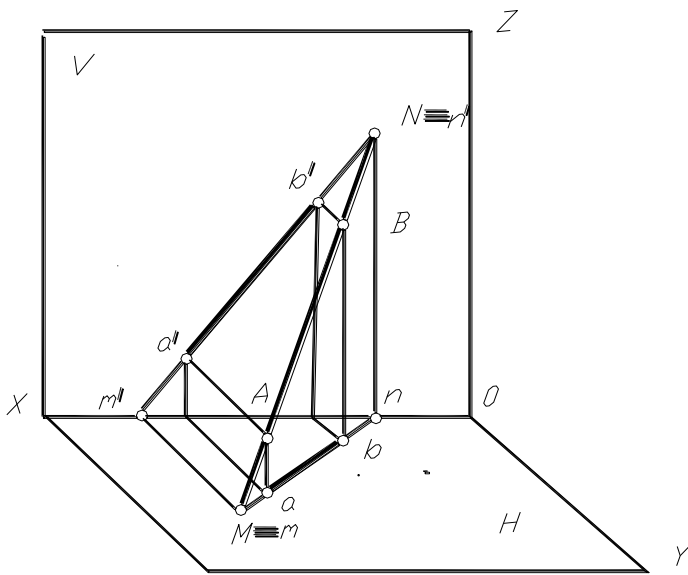


Рис. 1.16

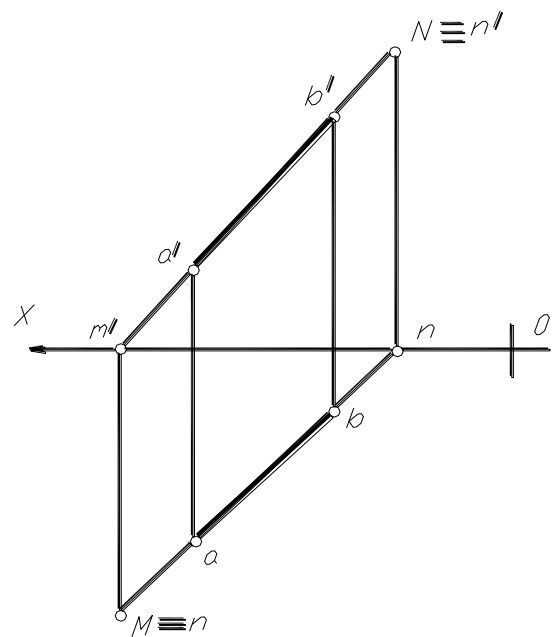


Рис. 1.17

Прямая общего положения пересекает все плоскости проекций.

Точку пересечения (встречи) прямой с плоскостью проекции называют следом прямой. В зависимости от того, с какой плоскостью проекции происходит встреча прямой, следы обозначают:

$M$  – горизонтальный след прямой;

$N$  – фронтальный след прямой.

На рисунке 1.16 показан пространственный чертеж прямой общего положения и ее горизонтальный и фронтальный следы. На рисунке 1.17 – построение проекций следов, кроме того, здесь же можно увидеть и сами следы.

## 1.9 Метод прямоугольного треугольника

Данный метод позволяет определить натуральную величину отрезка прямой общего положения и углов наклона его к плоскостям проекций.

На рисунках 1.13, 1.18 и 1.19 видно, что натуральная величина отрезка  $AB$  прямой общего положения является гипотенузой прямоугольного треугольника  $ABB_1$ . В этом треугольнике катет  $AB_1$  параллелен горизонтальной плоскости проекций и равен по длине горизонтальной проекции отрезка  $ab$ , а величина второго катета равна разности расстояний точек  $B$  и  $A$  до горизонтальной плоскости проекций ( $|BB_1| = Z_B - Z_A = \Delta Z$ ).

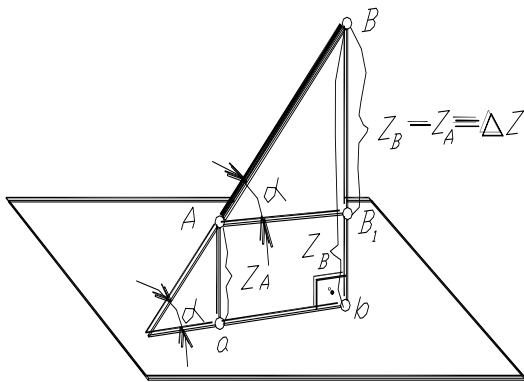


Рис. 1.18

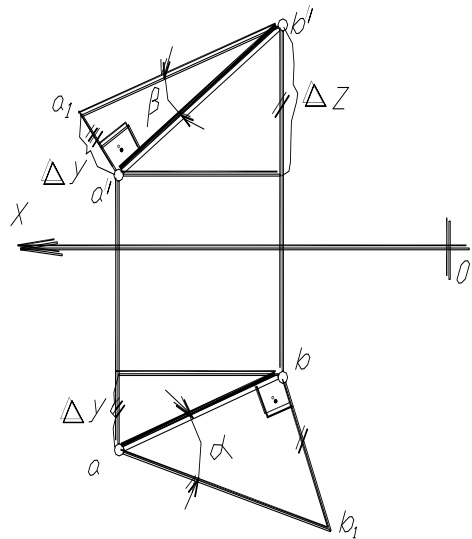


Рис. 1.19

Нахождение натуральной величины и углов наклона отрезка прямой на комплексном чертеже показан на рисунке 1.19. В качестве одного катета принята горизонтальная (фронтальная) проекция  $ab$ , длина другого катета – разность зетовых координат точек  $B$  и  $A$  -  $\Delta Z$  (разность игрековых координат точек  $B$  и  $A$  -  $\Delta Y$ ). Длина гипотенузы  $ab_1$  ( $a_1 b'$ ) равна длине отрезка  $AB$ .

Итак, натуральную величину отрезка определяют как гипотенузу прямоугольного треугольника, одним из катетов которого является горизон-

тальная (фронтальная) проекция отрезка, другим – разность координат концов отрезка до горизонтальной (фронтальной) плоскости проекций.

Угол между отрезком прямой линии и плоскостью проекций определяется как угол между прямой и ее проекцией на эту плоскость. На рисунке 1.19 таким углом между отрезком прямой  $AB$  и горизонтальной плоскостью проекций является угол  $\alpha$ .

Величина угла  $\alpha$  (рис. 1.19) определяется из того же треугольника  $bab_1$ , что и натуральную величину отрезка  $AB$ . Угол  $\beta$  – угол наклона отрезка прямой к фронтальной плоскости проекций определяется из треугольника  $a'b'a_1$ , построенного на фронтальной проекции отрезка.

Возможно решение обратной задачи, когда задана натуральная величина отрезка и одна из ее проекций, либо одна из ее проекций и угол наклона отрезка к какой-либо плоскости проекций.

### 1.10 Проецирование прямых частного положения

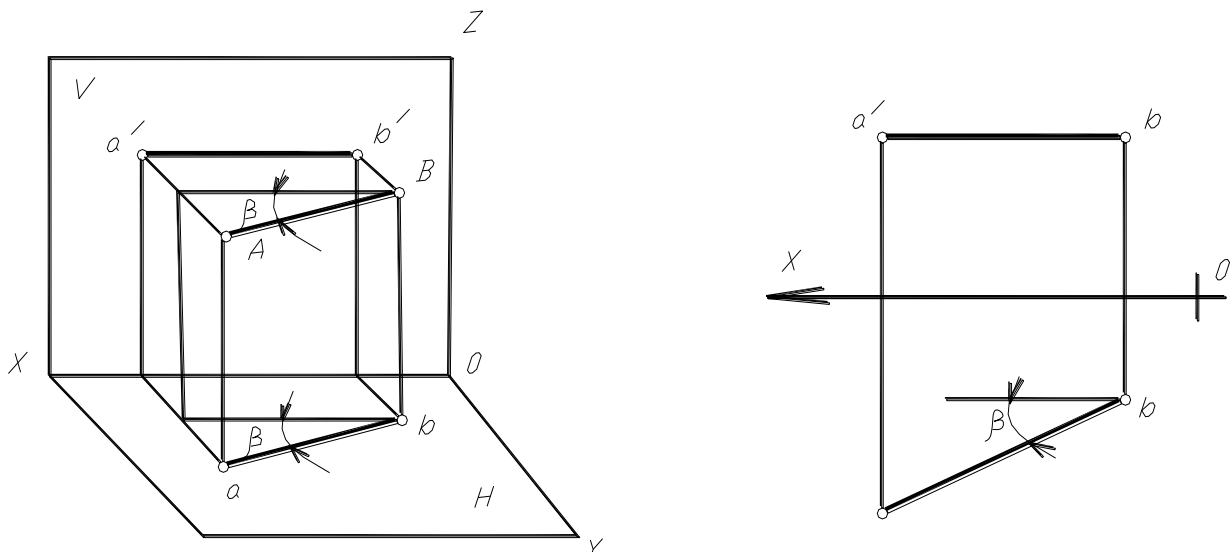


Рис. 1.20

Кроме рассмотренного общего случая, существуют частные случаи расположения прямой по отношению к плоскостям проецирования.

Прямые частного положения имеют важное значение. Необходимо усвоить положение проекций этих прямых на эпюре и уметь безошибочно определять положение таких прямых в пространстве.

**Прямые уровня.** Прямая, параллельная какой-либо из плоскостей проекций, называется прямой уровня.

Прямая, параллельная горизонтальной плоскости проекций (точки  $A$  и  $B$  удалены от горизонтальной плоскости проекций на одинаковое расстояние, т.е.  $Z_A = Z_B$ ) называется *прямой горизонтального уровня* или *горизонталью* (рис. 1.20). Прямая, параллельная фронтальной плоскости ( $Y_A = Y_B$ ) – называется *прямой фронтального уровня* или *фронталью* (рис. 1.21).

Прямая, параллельная профильной плоскости ( $X_A = X_B$ ) – *профильная прямая*.

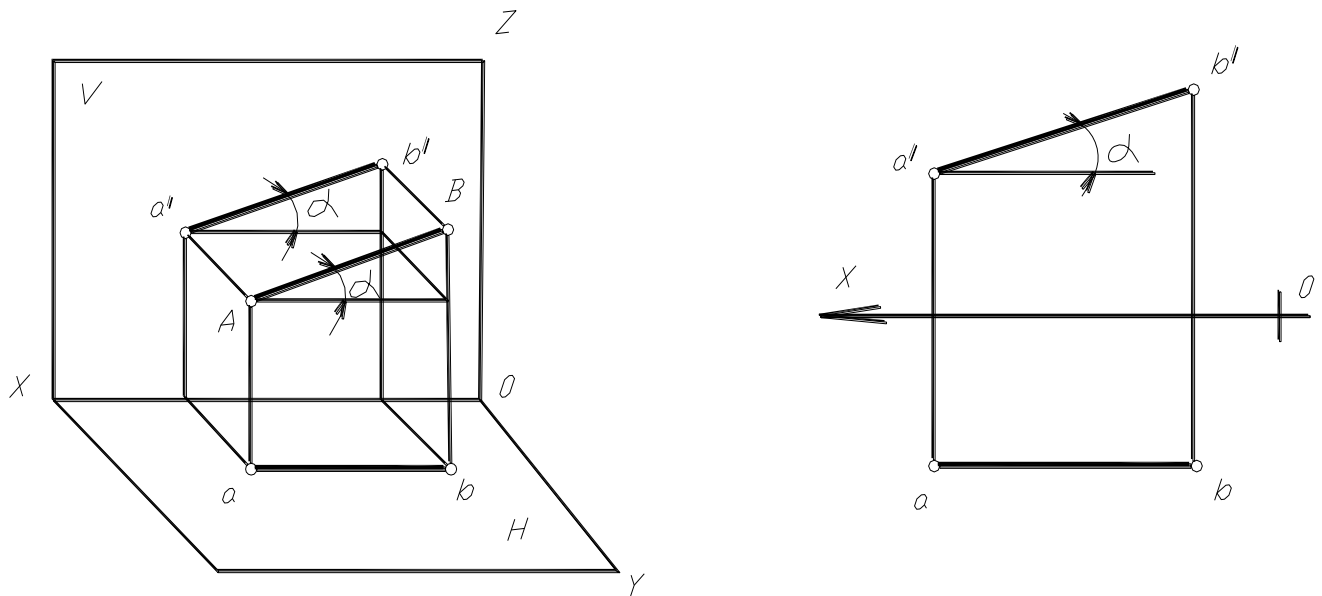


Рис. 1.21

На комплексных чертежах данных прямых уровня, видны углы наклона прямых к плоскостям проекций.

$\alpha$  - угол наклона прямой к горизонтальной плоскости,

$\beta$  - угол наклона прямой к фронтальной плоскости.

Если прямая параллельна плоскости, то на эту плоскость она проецируется без искажения, т.е. своей натуральной величиной. *Горизонтальная проекция горизонтали равна длине самой горизонтали, ее фронтальная проекция параллельна оси OX. Длина фронтальной проекции фронтали равна длине самой фронтали, ее горизонтальная проекция параллельна оси OX.*

### **Прямые перпендикулярные плоскости**

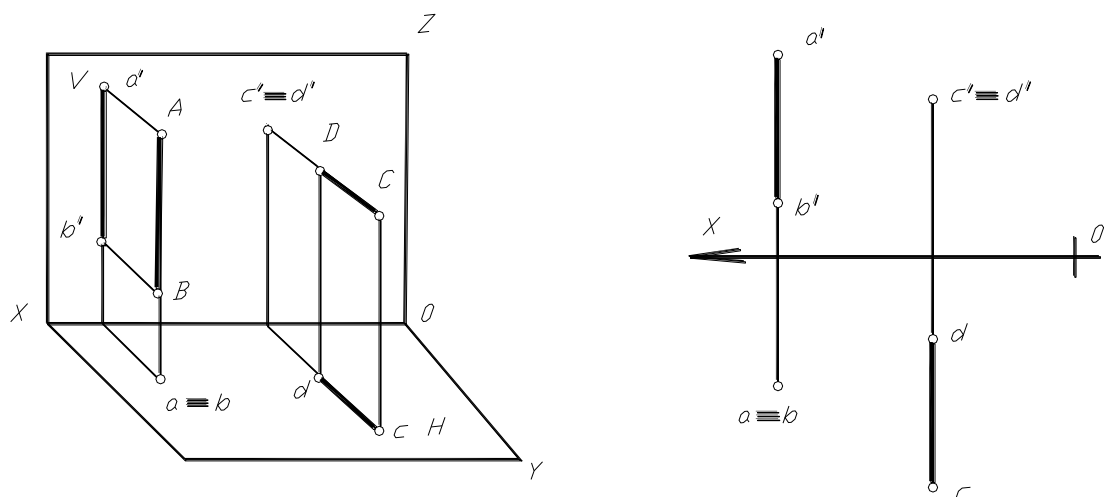


Рис. 1.22

Такие прямые называются проецирующими прямыми (рис. 1.22).  $AB$  – горизонтально-проецирующая прямая. На горизонтальную плоскость проекций такая прямая проецируется в точку, на фронтальную – в самую себя перпендикулярно оси  $OX$ .  $CD$  – фронтально-проецирующая прямая, На фронтальную плоскость проекций она проецируется в точку, на горизонтальную в самую себя перпендикулярно оси  $OX$  (рис. 1.22).

### 1.11 Взаимное положение точки и прямой

Если точка принадлежит прямой, то ее проекции принадлежат соответствующим проекциям данной прямой и лежат на одном перпендикуляре к оси. На рисунке 1.15 точка  $B$  принадлежит прямой  $AC$ , на рисунках 1.16 и 1.17 точки  $A$  и  $B$  принадлежат прямой  $MN$ .

На комплексном чертеже (рис. 1.23) показана точка  $C$ , принадлежащая прямой  $AB$ , точка  $D$ , находящаяся над прямой,  $E$  – перед прямой.

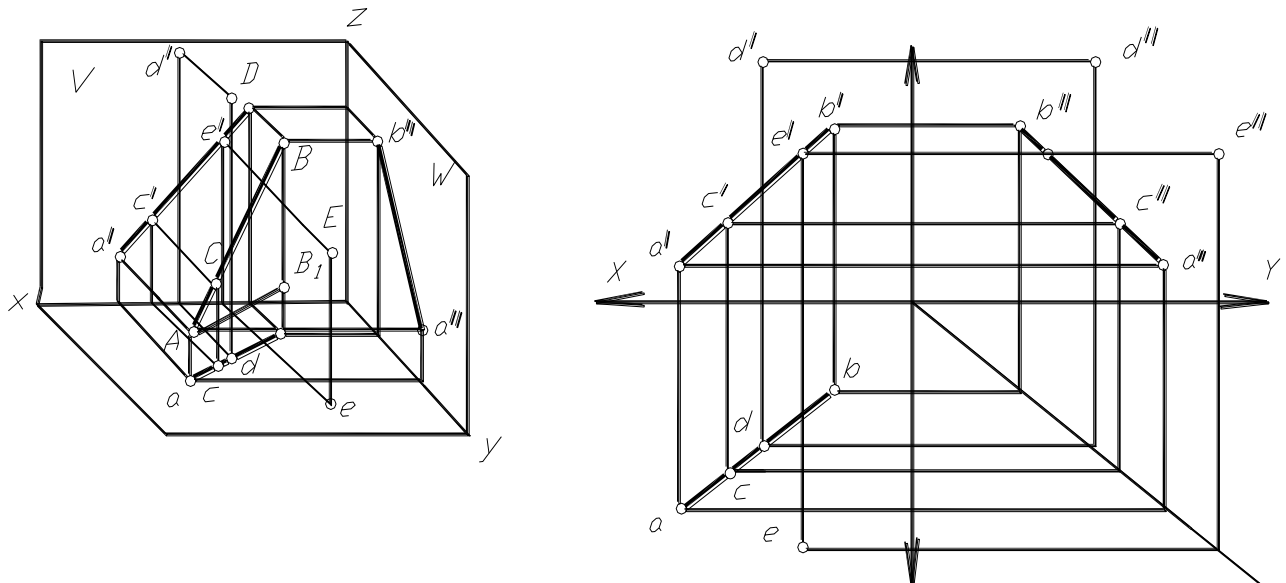


Рис. 1.23

### 1.12 Взаимное положение прямых

Прямые в пространстве могут быть параллельны, пересекаться и скрещиваться.

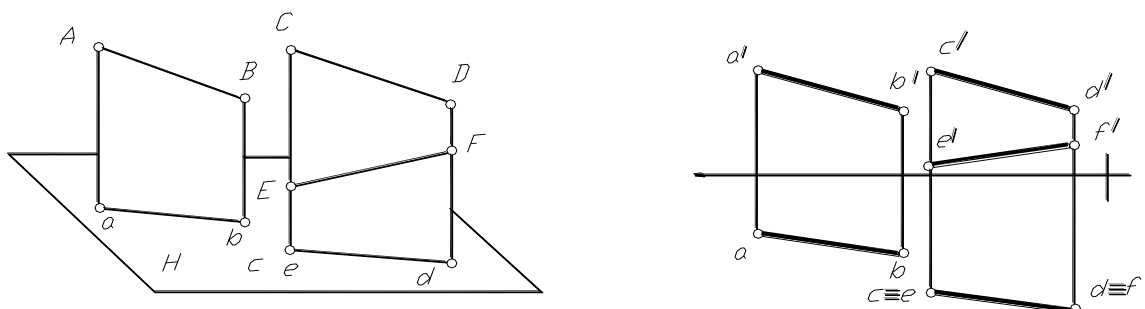


Рис. 1.24

**Параллельные прямые.** Исходя из одного из инвариантных свойств ортогонального проецирования: их одноименные проекции параллельны между собой. Если прямая  $AB$  параллельна прямой  $CD$ , то, образуя вместе со своими проекциями плоскости перпендикулярные горизонтальной плоскости проекций, они дадут  $ab$  параллельно  $cd$  (рис. 1.24)

Однако и прямая  $EF$  (не параллельная  $AB$ ) также имеет своей проекцией  $ef$  совпадающей с  $cd$  (рис. 1.24). Следовательно, чтобы судить о параллельности прямых в пространстве необходимым должна быть параллельность их горизонтальных, фронтальных и профильных проекций между собой (рис. 1.25, 1.26).

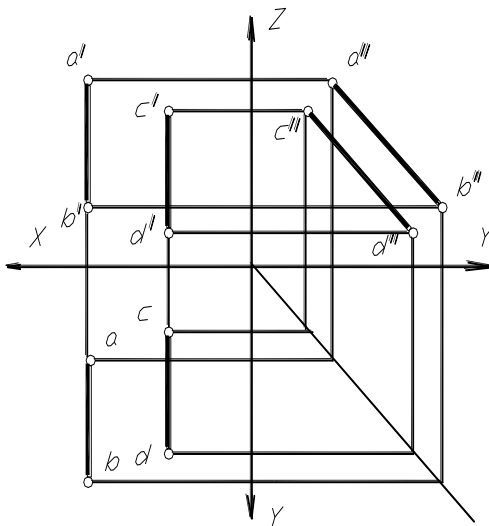
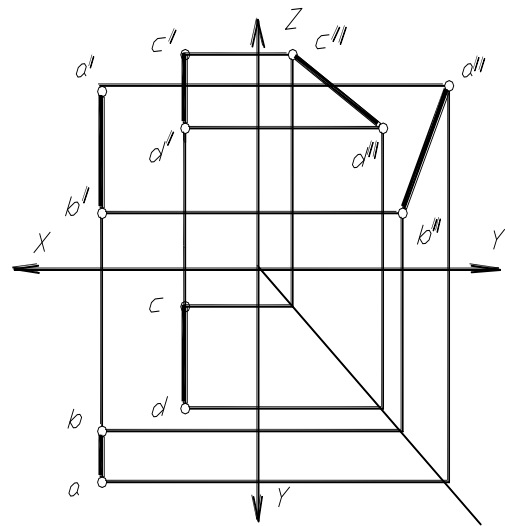


Рис. 1.25



1.26

Справедливо ли обратное заключение, т.е. будут ли параллельны две прямые в пространстве, если на комплексном чертеже их одноименные проекции параллельны? Да, если параллельность одноименных проекций соблюдается на трех плоскостях проекций.

Прямые  $AB$  и  $CD$  параллельны, следовательно  $ab \parallel cd$ . Прямая  $EF$  также имеет своей проекцией  $cd$ , т.е.  $ab \parallel ef$ , однако  $AB$  не параллельна  $EF$  (рис. 1.24). Следовательно, чтобы судить о параллельности прямых в пространстве по проекциям на одну плоскость не достаточно.

То же заключение о параллельности прямых в пространстве можно сделать по двум проекциям для прямых общего положения (рис. 1.25). Если параллельные прямые в свою очередь параллельны какой-либо из плоскостей проекций, то судить о их параллельности между собой можно лишь имея три проекции данных прямых (рис. 1.26) или по чередованию буквенных обозначений.

На комплексном чертеже (рис. 1.26) можно сразу установить, что профильные прямые  $AB$  и  $CD$  не параллельны между собой, не прибегая к построению третьей проекции, достаточно обратить внимание на чередование буквенных обозначений.

Если через данную точку  $A$  требуется провести прямую, параллельную данной  $CD$ , то достаточно через горизонтальную проекцию точки  $A$  провести прямую параллельную  $cd$ , а через  $a'$  – параллельную  $c'd'$ .

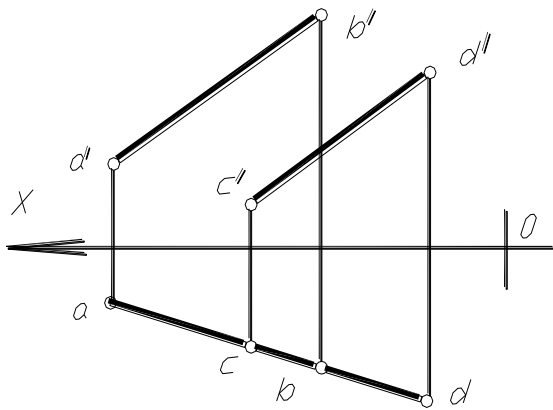


Рис. 1.27

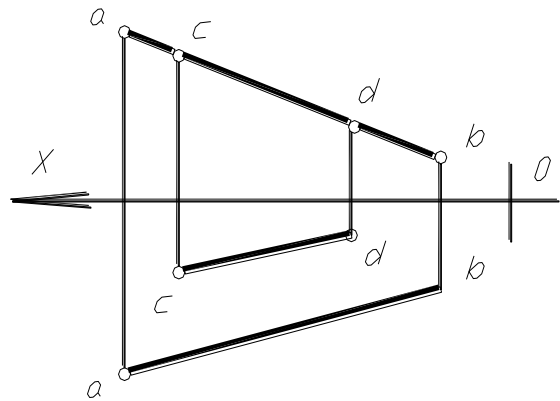


Рис. 1.28

На рисунке 1.27 дан комплексный чертёж параллельных прямых, лежащих друг над другом (прямые принадлежат одной плоскости, которая перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций). На рисунке 1.28 - параллельных прямых, лежащих друг перед другом (прямые также принадлежат одной плоскости, перпендикулярной фронтальной плоскости проекций).

*Параллельные прямые лежат в одной плоскости.*

**Пересекающиеся прямые.** Если прямые пересекаются, то они имеют одну общую точку (рис. 1.29).

Исходя из одного из инвариантных свойств ортогонального проецирования, если прямые в пространстве пересекаются, то их проекции пересекаются в точках, лежащих на одном перпендикуляре к оси (на одной проекционной линии связи их разделяющей). Это положение, безусловно только для прямых общего положения.

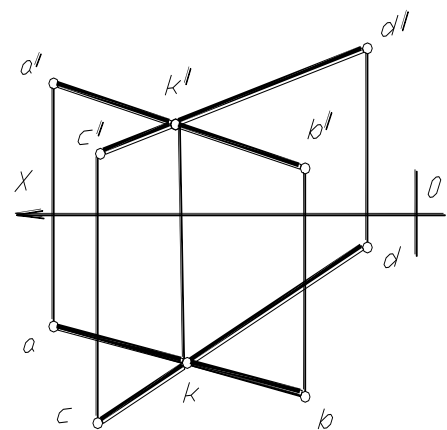
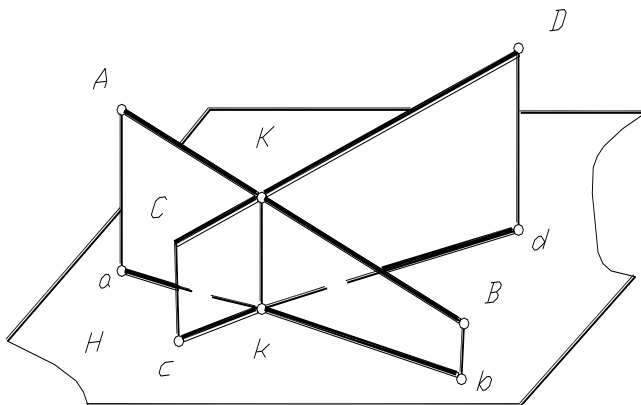


Рис. 1.29

Т.к. прямые пересекаются, то точка  $K$  – общая для двух прямых, а исходя из свойства принадлежности точки прямой, проекции точки должны лежать на одном перпендикуляре к оси (рис. 1.30).

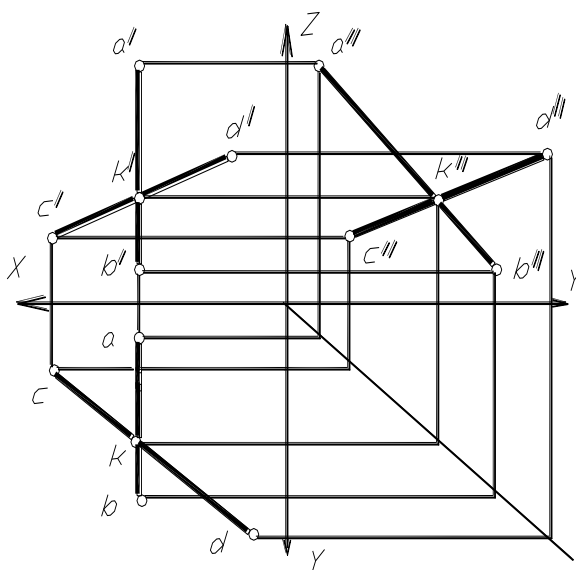


Рис. 1.30

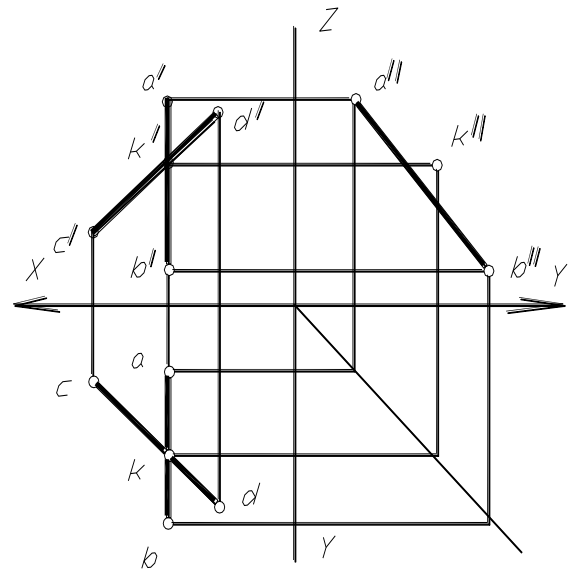


Рис. 1.31

Судить о пересечении прямых в пространстве можно по двум проекциям в том случае, если обе прямые общего положения. Если одна из прямых находится в частном положении (параллельна какой-либо плоскости проекций), то судить о их пересечении можно имея третью проекцию (рис.1.30, 1.31) или из условия деления отрезка в пропорциональном отношении (на рисунке 1.30  $d'k' : k'b' = ak : kb$  - прямые  $AB$  и  $CD$  пересекаются).

На рисунке 1.31 дан комплексный чертеж прямых  $AB$  и  $CD$  ( $AB$  параллельна профильной плоскости проекций – профильная прямая) не пересекающихся между собой. Судить о положении данных отрезков прямых, можно построив третью проекцию, а также из условия деления отрезка в пропорциональном отношении. Отношение проекций отрезков на горизонтальной и фронтальных плоскостях не совпадают.

Пересекающиеся прямые, так же как и параллельные лежат в одной плоскости.

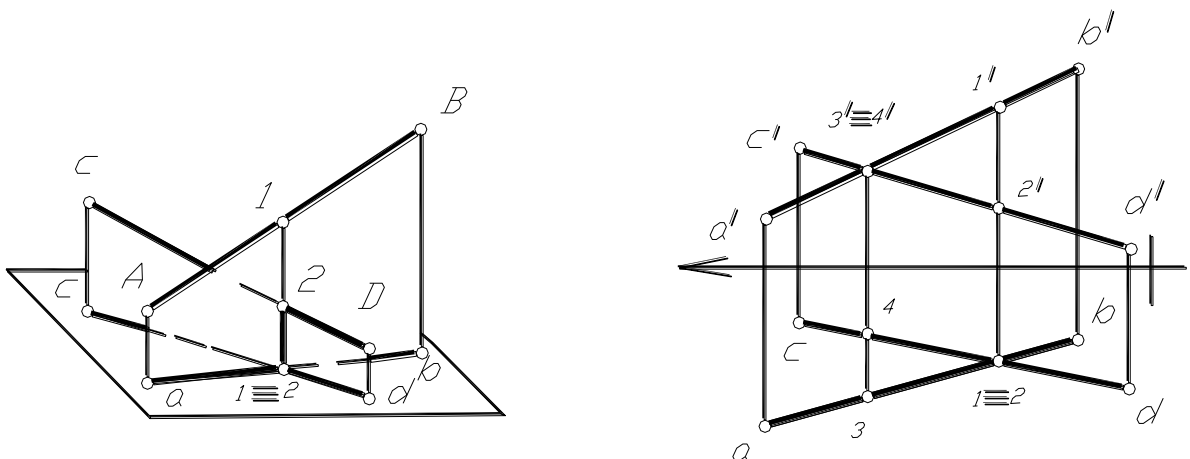


Рис. 1.32



**Скрещивающиеся прямые.** Скрещивающиеся прямые не параллельны и не пересекаются между собой.

Проекции таких прямых могут пересекаться, но точки пересечения проекций не находятся на одном перпендикуляре к оси (рис. 1.32).

Точки пересечения проекций у скрещивающихся прямых называются *конкурирующими*. В действительности конкурирующие точки принадлежат разным прямым.

Конкурирующие точки дают возможность судить о положении прямых друг относительно друга в пространстве, а именно используются для определения видимости ребер гранных геометрических тел (призм, пирамид) на отдельных плоскостях проекций. Каждая проекция представляет собой проекции двух точек, из которых одна принадлежит первой прямой, а другая – второй.

Свойства проекций:

- а) точки пересечения проекций не лежат на одной линии связи,
- б) скрещивающиеся прямые, в отличие от параллельных и пересекающихся не лежат в одной плоскости,
- в) через две скрещивающиеся прямые можно провести две параллельные плоскости,
- г) расстояние между двумя скрещивающимися прямыми равно расстоянию между проведенными через них параллельными плоскостями.
- д) угол между скрещивающимися прямыми равен углу, стороны которого параллельны скрещивающимся прямым.

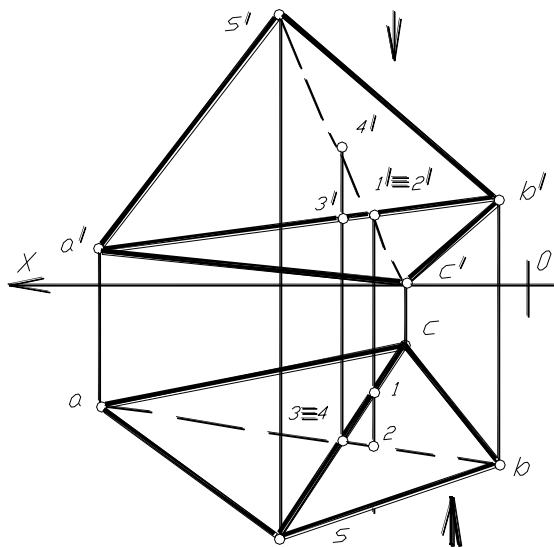


Рис. 1.33

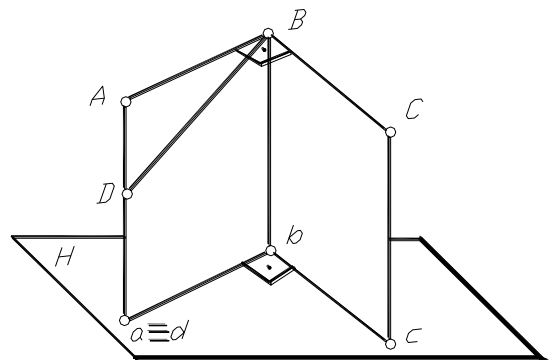


Рис. 1.34

**Определение видимости элементов гранного тела.** На рисунке 1.33 с помощью конкурирующих точек определена видимость граней треугольной призмы. Точки 1 и 2, принадлежащие соответственно ребрам  $AB$  и  $SC$  служат для определения видимости на фронтальной плоскости проекций. Обозначив их на фронтальной проекции ребер, находятся их горизонтальные проекции.

Точка 2, принадлежащая ребру  $AB$  имеет большую игрековую координату, нежели точка, следовательно, находится ближе к наблюдателю и вместе с ней и ребро  $AB$  – ребро  $AB$  на фронтальной плоскости видимо. Другая пара конкурирующих точек 3 и 4 служит для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций. Точка 4, принадлежащая ребру  $SC$ , находится выше точки 3 (у нее больше координата  $Z$  чем у точки 3), следовательно ребро  $SC$  на горизонтальной плоскости видимо.

### 1.13 Проецирование плоских углов

В общем случае плоский угол ни на одну из плоскостей проекций не будет проецироваться без искажения.

Любой плоский угол проецируется в натуральную величину, если обе его стороны параллельны какой-либо плоскости проекций ( $ABC$  угол лежит в плоскости, параллельной плоскости проекций) (рис. 1.34). Одно из инвариантных свойств ортогонального проецирования утверждает, что *прямой угол проецируется в натуральную величину, если хотя бы одна из его сторон параллельна этой плоскости проекций.*

Имеется несколько способов доказательства данного положения. Возьмем, пожалуй, самый простой. Прямой угол  $ABC$  расположен так, что обе его стороны параллельны плоскости  $H$ , тогда угол  $abc$  – прямой. Возьмем на перпендикуляре  $Aa$  любую точку  $D$  и соединим ее с точкой  $B$ . Угол  $DBC = 90^\circ$ , т.к.  $BC$  перпендикулярен плоскости  $ABba$ . Проекции углов  $ABC$  и  $DBC$  совпадают, т.к. точки  $A$  и  $D$  находятся на одном перпендикуляре к плоскости  $H$ , т.о.  $\sphericalangle abc = \sphericalangle dbc = 90^\circ$ .

Комплексный чертеж угла  $DBC$ , одна из сторон которого ( $BC$  параллельна горизонтальной плоскости проекций) дан на рисунке 1.34.

### 1.14 ПЛОСКОСТЬ

**Способы задания плоскости.** Плоскостью является простейшая поверхность. Положение плоскости в пространстве однозначно определяется тремя различными точками  $A, B, C$ , не принадлежащими одной прямой. Поэтому для задания плоскости на эюре Монжа (комплексном чертеже), (рис. 1.35) достаточно указать проекции:

- 1) трех различных, не принадлежащих одной прямой точек (рис. 1.35 а);
- 2) прямой и не принадлежащей ей точки (рис. 1.35 б);
- 3) двух параллельных прямых (рис. 1.35 в);
- 4) двух пересекающихся прямых (рис. 1.35 г);
- 5) проекциями любой плоской фигуры (рис. 1.35 д).

Все эти способы задания плоскости равноценны. Нетрудно, имея одну комбинацию элементов перейти к любой другой.

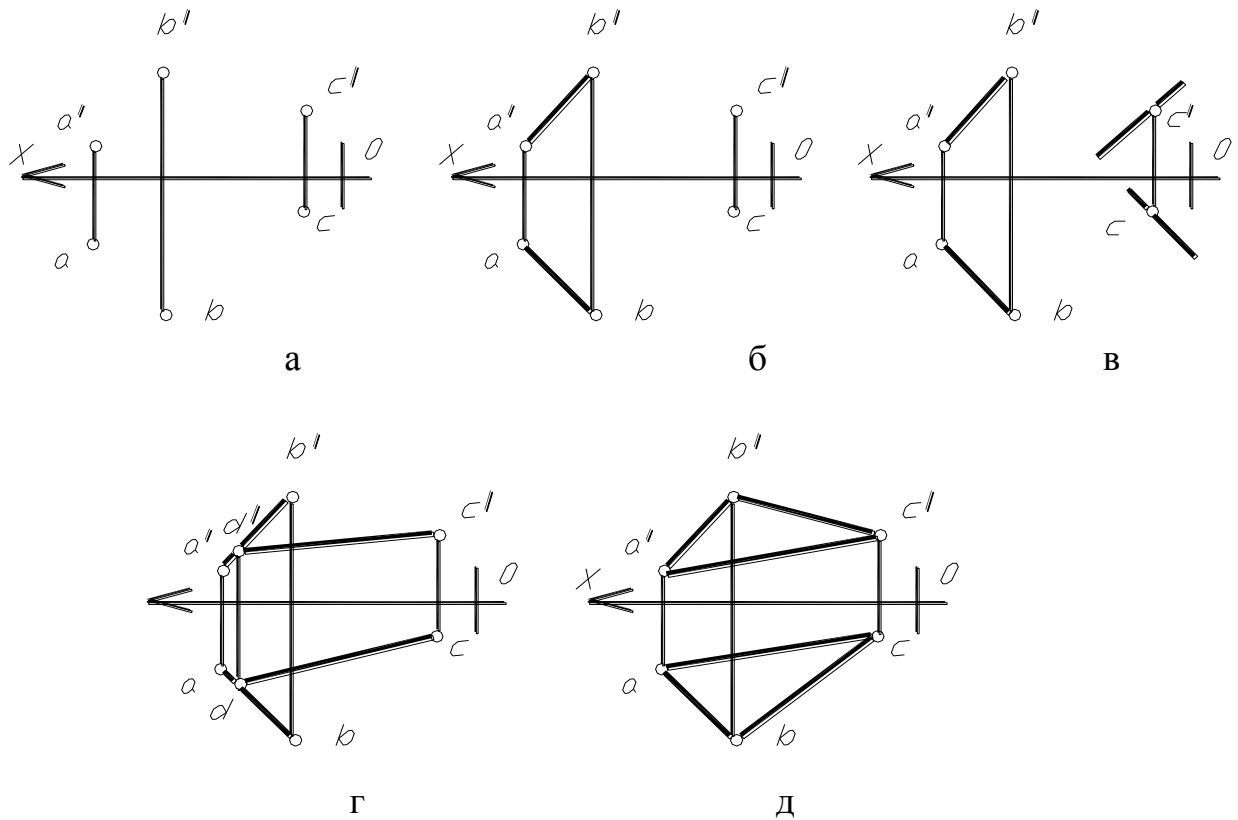


Рис. 1.35

Например, проведя через точки  $A$  и  $B$  прямую, получим задание плоскости прямой и точкой. От него можно перейти к двум последующим или к последнему – быть заданной на чертеже любой плоской фигурой (треугольником, четырехугольником, кругом и т. д.).

В некоторых случаях, бывает целесообразным задавать плоскость не произвольными пересекающимися прямыми, а прямыми, по которым эта плоскость пересекает плоскости проекций.

Такой вариант задания плоскости называют *заданием плоскости следами*. На рисунке 1.36 показана плоскость  $Q$ . Прямые, по которым плоскость пересекает плоскости проекций, называются следами плоскости:

$Q_H$  – горизонтальный след плоскости  $Q$ ,

$Q_V$  – фронтальный след плоскости  $Q$ ,

$Q_W$  – профильный след плоскости  $Q$ .

Точки пересечения плоскости с осями проекций ( $Q_x, Q_y, Q_z$ ) называются точками схода следов.

Чтобы построить след плоскости, необходимо построить одноименные следы двух прямых, лежащих в этой плоскости (рис 1.37).

Сопоставляя между собой наглядное изображение (рис.1.36) и его плоскостную модель – эпюр Монжа (рис. 1.37), мы видим, что задание плоскости следами обладает преимуществом перед другими вариантами. Ее изображение на эпюре:

*во-первых*, сохраняет наглядность изображения, что позволяет легко представить положение плоскости в пространстве;

во-вторых – при задании плоскости следами требуется указать только две прямые вместо четырех (рис. 1.35 в, 36г), или шести (рис. 1.35д).

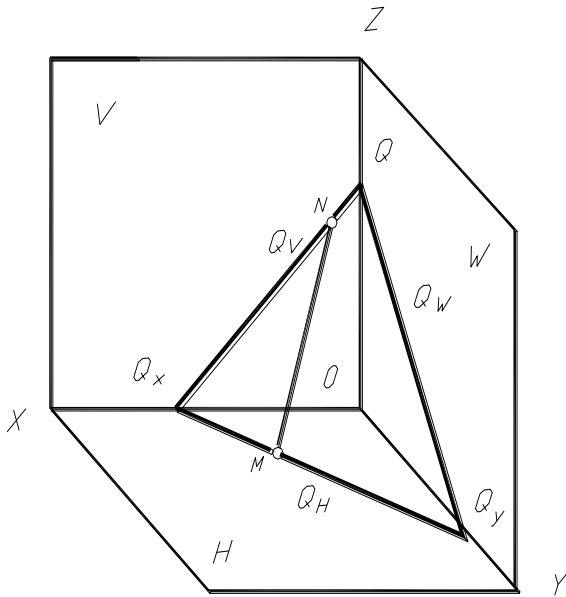


Рис. 1.36

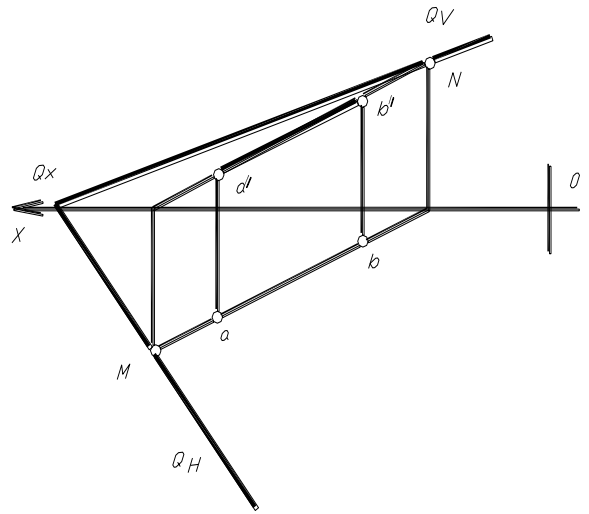


Рис. 1.37

Показанная на рисунках 1.36 и 1.37 плоскость  $Q$ , занимает общее (произвольное) положение по отношению к плоскостям проекций (углы наклона этой плоскости к плоскостям проекций – произвольные, но отличные от  $0$  и  $90^0$ ). Такая плоскость называется *плоскостью общего положения*.

На рисунке 1.37 видно, что на эпюре Монжа следы плоскости общего положения составляют с осью проекции также произвольные углы. Угол между следами плоскости на эпюре не равен углу, образованному ими в пространстве. Действительно, в точке схода следов находится вершина трехгранного угла, две грани которого совпадают с плоскостями проекций. Сумма двух плоских углов данного трехгранного угла больше третьего плоского угла.

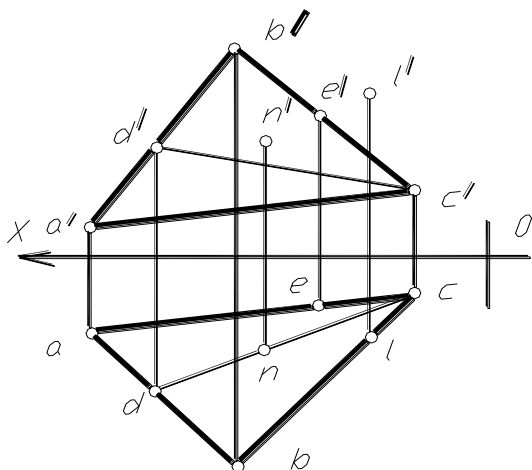


Рис. 1.38

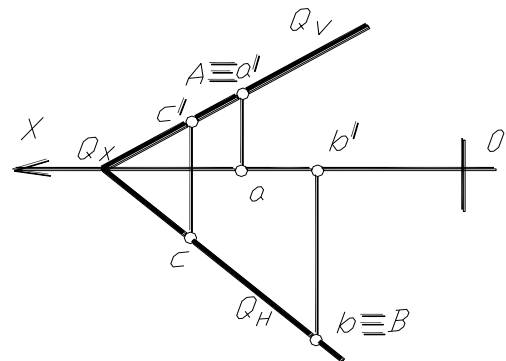


Рис. 1.39

**Точка и прямая в плоскости.** К числу основных позиционных задач, решаемых на плоскости, относят: проведение в плоскости прямой; построение в плоскости некоторой точки; построение недостающей проекции точки, лежащей в плоскости; проверка принадлежности точки плоскости. Решение этих задач основывается на известных положениях геометрии: *прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, принадлежащие плоскости или если она проходит через одну точку этой плоскости параллельно прямой, лежащей в этой плоскости.*

Пусть некоторая плоскость  $Q$  определена точками  $A, B, C$  (рис. 1.38). Проведя прямые через одноименные проекции этих точек, получим проекции треугольника  $ABC$ . Точка  $D$ , взятая на прямой  $AB$ , принадлежащей плоскости треугольника, тем самым принадлежит плоскости  $ABC$ . Проведя прямую через точку  $D$  и через другую точку, заведомо принадлежащую этой плоскости (например,  $C$ ), прилучаем одну и ту же плоскость.

На рисунке 1.39 дан комплексный чертеж плоскости  $Q$  общего положения, заданной следами. Точка  $A$  принадлежит плоскости  $Q$  и кроме того принадлежит фронтальной плоскости проекций. Точка  $B$  так же принадлежит заданной плоскости  $Q$  и принадлежит горизонтальной плоскости проекций. Точка  $C$  не принадлежит заданной плоскости  $Q$ .

На рисунке 1.38 показана прямая  $CD$ , принадлежащая плоскости  $Q$ , т.к. две ее точки принадлежат заданной плоскости.

Т.о. *точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой принадлежащей данной плоскости.*

Рис. 1.40

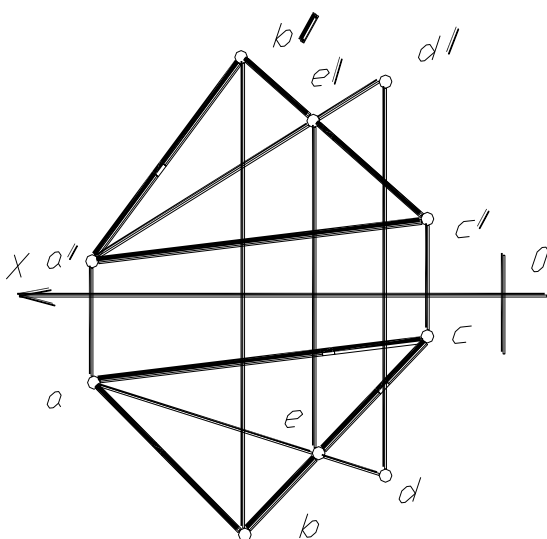
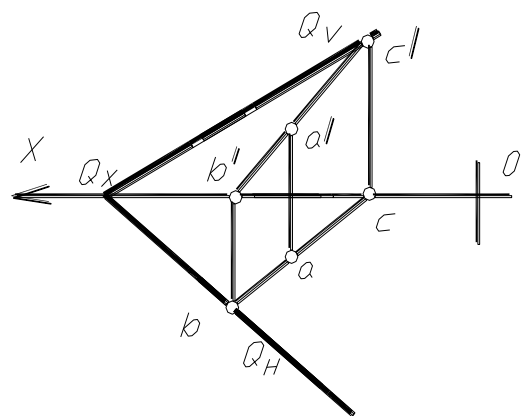


Рис. 1.41



**Построение недостающей проекции точек.** На рисунке 1.40 плоскость задана треугольником  $ABC$ . Принадлежащая этой плоскости точка  $D$  задана фронтальной проекцией  $d''$ . Требуется найти горизонтальную проекцию точки  $D$ . Ее строят с помощью вспомогательной прямой, принадлежащей плоскости и проходящей через точку  $D$ . Для этого проводим фронталь-

ную проекцию прямой  $AD$ , отмечаем на  $BC$  точку  $e$ , строим горизонтальную проекцию прямой  $AE$  и на ее продолжении находим горизонтальную проекцию точки  $D$ .

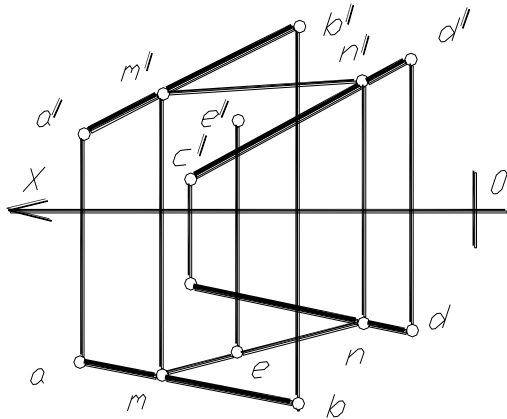


Рис. 1.42

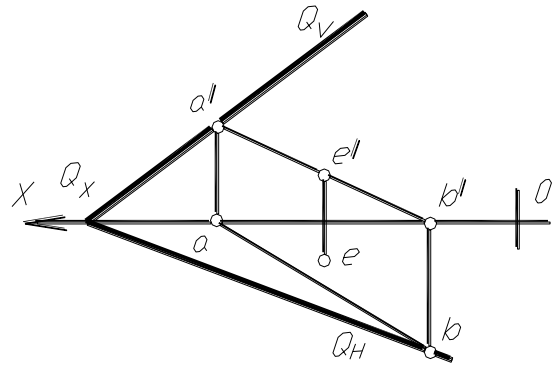


Рис. 1.43

На рисунке 1.41 плоскость задана следами. Задана точка  $A$  горизонтальной проекцией. Проведя через нее вспомогательную прямую  $BC$  и найдя ее фронтальную проекцию, находим на ней недостающую проекцию точки.

**Проверка принадлежности точки плоскости.** Для проверки принадлежности точки плоскости используют вспомогательную прямую, принадлежащую плоскости. Так на рисунке 1.42 плоскость задана параллельными прямыми  $AB$  и  $CD$ , точка  $E$  - фронтальной проекцией  $e'$  и горизонтальной  $e$ . Проекции вспомогательной прямой проводят так, чтобы она проходила через одну из проекций точки. Например, горизонтальная проекция вспомогательной прямой  $MN$  проходит через горизонтальную проекцию точки -  $e$ . Построив фронтальную проекцию прямой  $m'n'$ , убеждаемся, что фронтальная проекция точки  $E$  не принадлежит прямой  $MN$ . Следовательно, точка  $E$  не принадлежит плоскости.

На рисунке 1.43 задана следами плоскость общего положения  $Q$  и точка  $E$ . Проведя через фронтальную проекцию точки  $e'$  фронтальную проекцию прямой  $AB$  и найдя ее горизонтальную проекцию, убеждаемся, что точка  $E$  не принадлежит заданной плоскости  $Q$ .

**Частные случаи расположения плоскостей.** Кроме рассмотренного общего случая, плоскость по отношению к плоскостям проекций может занимать следующие частные положения:

- 1) перпендикулярное к плоскости проекции,
- 2) параллельные плоскости проекции.

Плоскости, перпендикулярные к плоскостям проекций, называются *проецирующими*. При этом плоскость, перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций, называется горизонтально-проецирующей (рис.1.44),

плоскость, перпендикулярная фронтальной плоскости проекций – фронтально-проецирующей (рис. 1.45).

Рисунки 1.44 и 1.45 дают наглядное представление о проецирующих плоскостях и их задании на эюре Монжа, причем одна и та же горизонтально-проецирующая плоскость  $Q$  задана следами и треугольником (рис. 1.44), и фронтально-проецирующую  $P$  – следами и треугольником  $BCK$  (рис. 1.45).

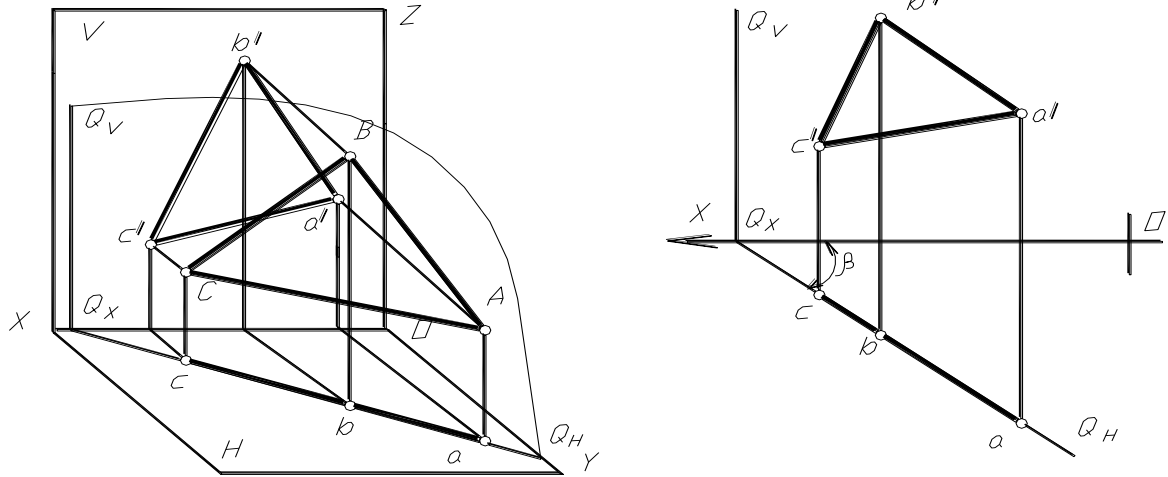


Рис.1.44

На ту плоскость проекций, к которой эта плоскость перпендикулярна, она проецируется в прямую линию. Эту проекцию можно рассматривать и как след плоскости. Кроме того, на эту плоскость проекций в натуральную

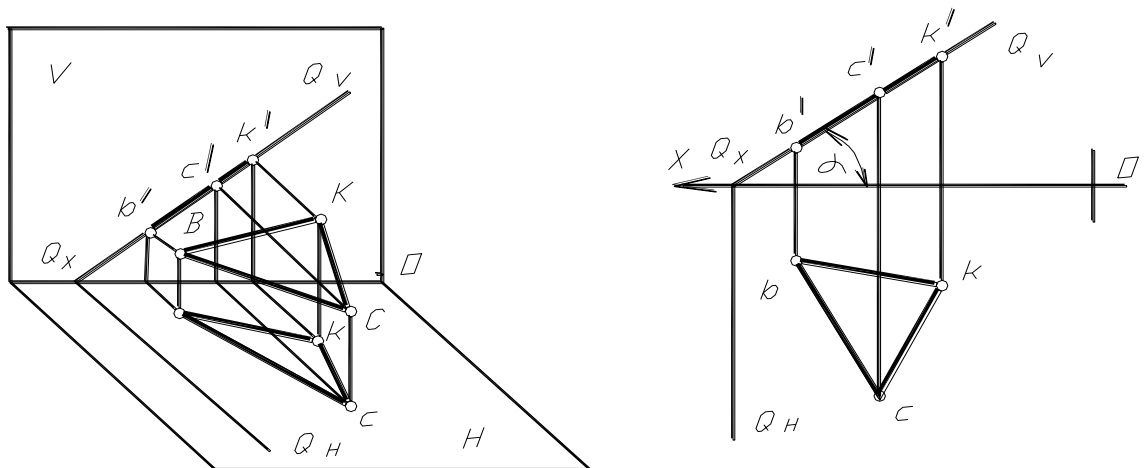


Рис. 1.45

величину проецируются углы наклона данной плоскости к двум другим плоскостям проекций.

Проецирующие плоскости обладают следующим важным свойством, называемым собирательным: *если точка, прямая или фигура расположена в*

плоскости, перпендикулярной к плоскости проекций, то на этой плоскости их проекции совпадают со следом проецирующей плоскости.

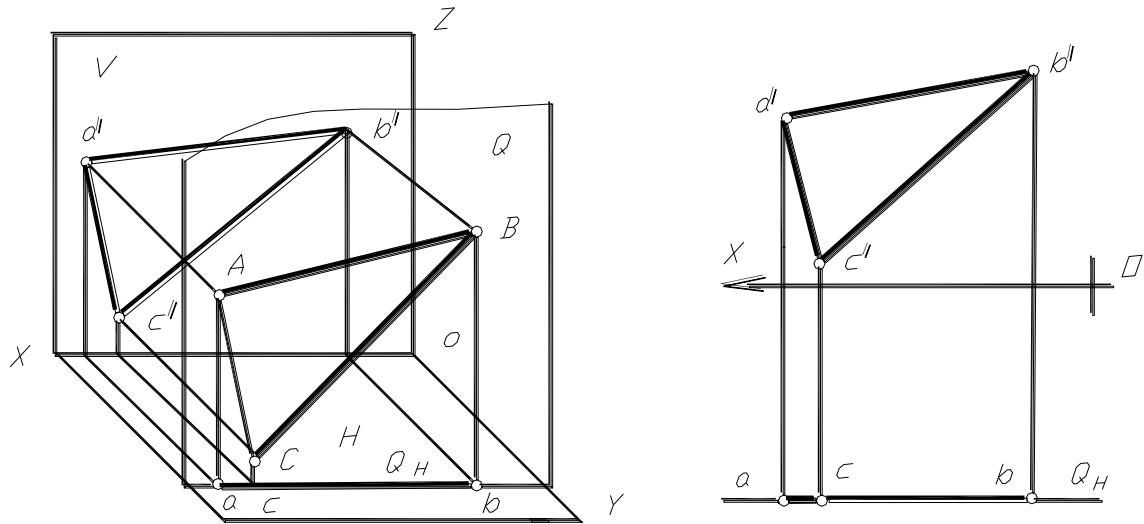


Рис. 1.46

**Плоскости, параллельные плоскости проекций, называют плоскостями уровня.** Плоскость  $Q$  (рис. 1.46), параллельную фронтальной плоскости проекций (эта плоскость одновременно перпендикулярна двум другим плоскостям проекций), называют *плоскостью фронтального уровня или фронтальной*. На горизонтальную плоскость проекций она проецируется в прямую, параллельную оси  $OX$ , все что в ней находится (в данном случае треугольник  $ABC$ ) проецируется в эту линию – ее горизонтальный след. На фронтальную плоскость проекций геометрические образы, находящиеся в этой плоскости, проецируются без искажения (в данном случае величина фронтальной проекции треугольника равна величине самого треугольника). Эта плоскость не имеет фронтального следа.

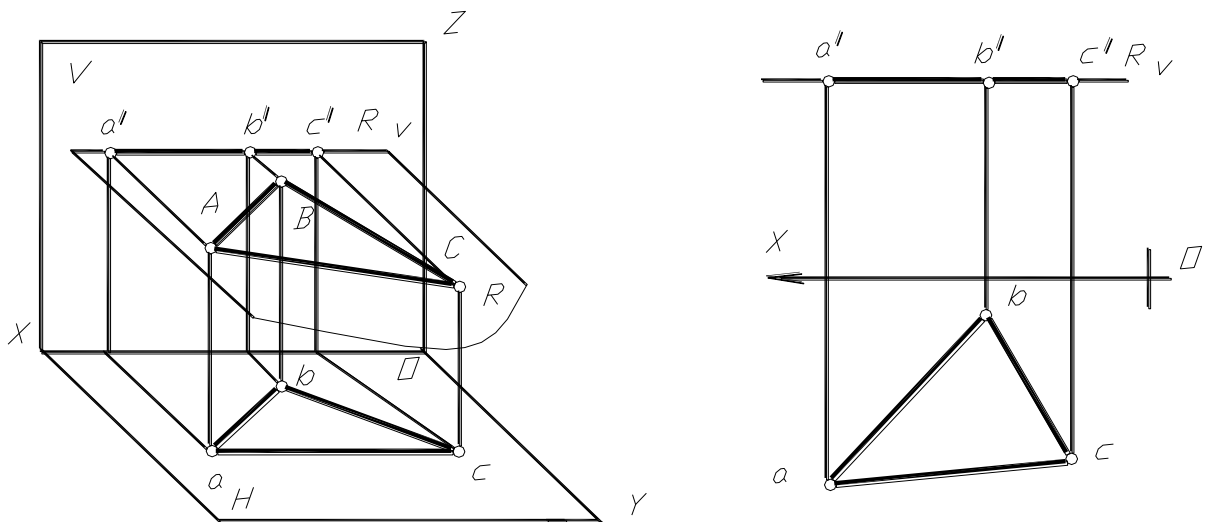


Рис. 1.47

Плоскость  $R$  (рис. 1.47), параллельную горизонтальной плоскости проекций, называют *горизонтальной или плоскостью горизонтального уровня или*



*горизонтальной*. На горизонтальную плоскость проекций треугольник  $ABC$ , находящийся в плоскости фронтального уровня  $R$ , проецируется без искажения, а на фронтальную – в линию параллельную оси  $OX$ , являющуюся фронтальным следом плоскости  $R$ .

**Главные линии плоскости.** Прямых, принадлежащих плоскости, множество. Среди них выделяют прямые, занимающие особое, частное положение в плоскости. К ним относят – *горизонталы, фронталы, профильные прямые и линии наибольшего наклона к плоскостям проекций*. Эти линии называют главными линиями плоскости.

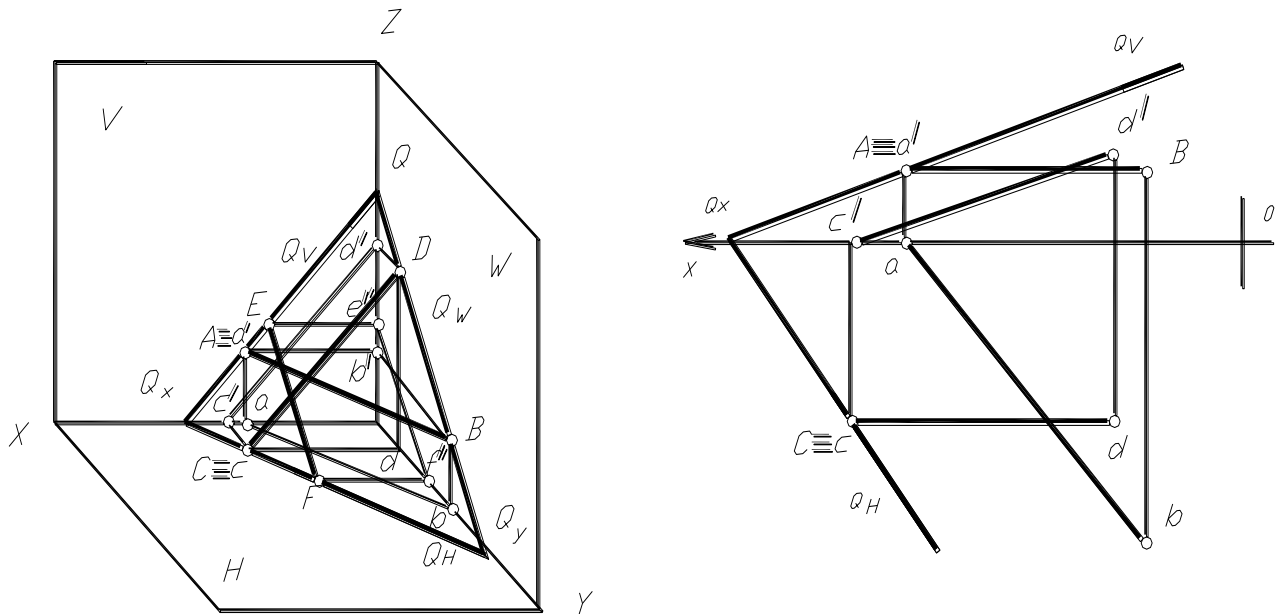


Рис. 1.48

*Горизонталь (AB)* – прямая, лежащая в плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций (рис. 1.48).

Горизонтальная проекция горизонтали  $ab$  параллельна горизонтальному следу плоскости, которой она принадлежит. Фронтальная проекция горизонтали  $a'b'$  параллельна оси  $x$ , профильная – оси  $y$ . По имеющейся, например, фронтальной проекции легко найти горизонтальную, используя условие принадлежности точки плоскости.

*Фронталь (CD)* – прямая, лежащая в плоскости и параллельная фронтальной плоскости (рис. 1.48). Фронтальная проекция фронтали  $c'd'$  параллельна фронтальному следу плоскости, в которой она находится. Горизонтальная проекция фронтали, параллельна оси  $x$ , профильная – оси  $-z$ .

*Профильная прямая (EF)* – прямая, принадлежащая плоскости и параллельна профильной плоскости проекций (рис. 1.48, 1.49, 1.50). На рисунках 1.50 и 1.52 дан комплексный чертеж главных линий, построенных в плоскости треугольника  $ACE$ .

Следы плоскостей являются частными случаями горизонтали, фронтали и профильной прямой. В проективной геометрии горизонтальный след,

например, называется горизонталью нулевого уровня или нулевой горизонталью.

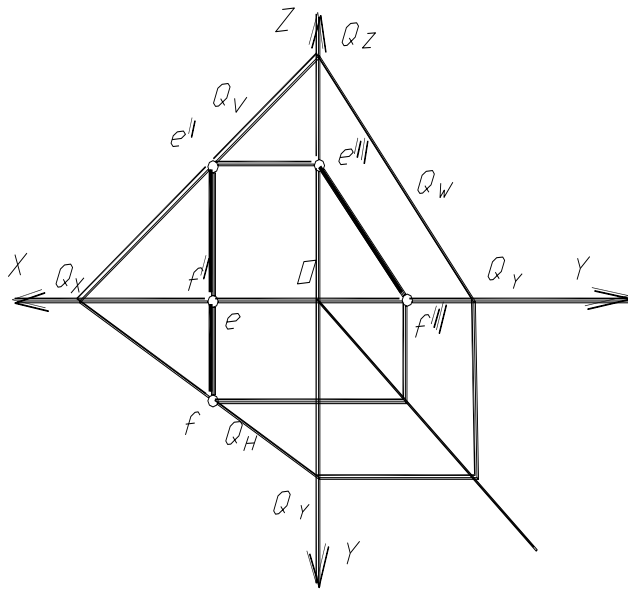


Рис. 1.49

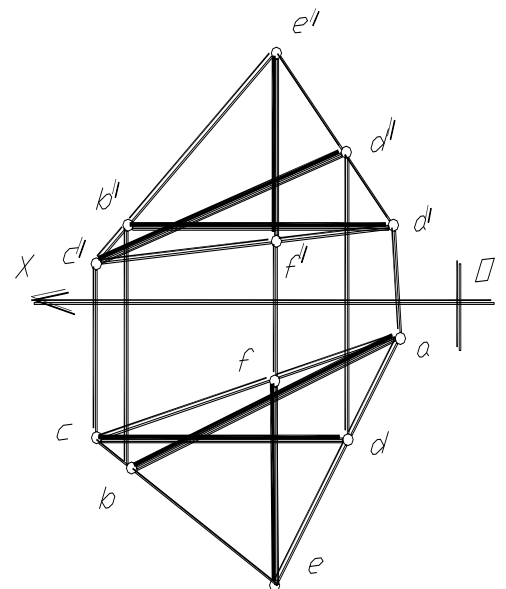


Рис. 1.50

Следы плоскостей являются частными случаями горизонтали, фронтали и профильной прямой. В проективной геометрии горизонтальный след, например, называется горизонталью нулевого уровня или нулевой горизонталью. Аналогично фронтальный и профильные следы.

Главные линии применяются для решения задач по определению геометрических элементов в плоскости.

Из трех линий наибольшего наклона к плоскостям проекций отметим линию наибольшего наклона к горизонтальной плоскости проекций. Эту линию называют линией ската.

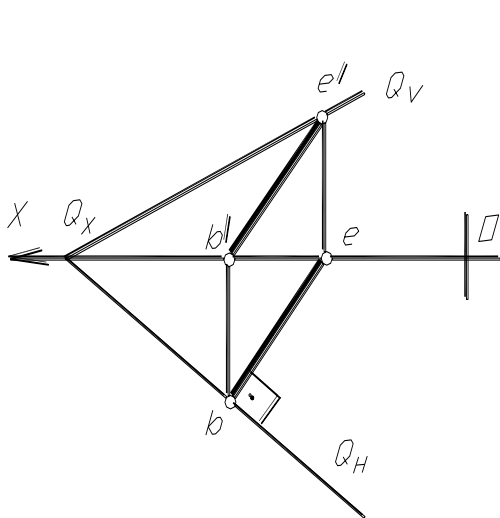


Рис. 1.51

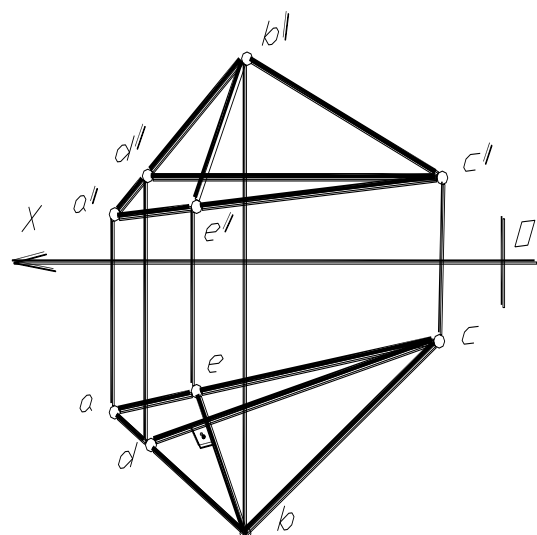


Рис. 1.52

*Линия ската – это прямая, лежащая в плоскости и перпендикулярная ее горизонтальному следу или ее горизонтали (рис. 1.51, 1.52). Линия ската*

$EB$  перпендикулярна горизонтальному следу плоскости  $Q$ , а в треугольнике  $ABC$  - горизонтали. Из условия проецирования прямого угла горизонтальная проекция линии наибольшего наклона к горизонтальной плоскости проекций перпендикулярна горизонтальному следу плоскости (рис. 1.51), а в случае задания плоскости треугольником перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали (рис.1.52). Линейный угол двухгранного, образованного заданной плоскостью и горизонтальной плоскостью проекций можно определить методом прямоугольного треугольника, определив угол наклона прямой  $BE$  (линии ската) к горизонтальной плоскости проекций.

Соответственно, линия наибольшего наклона к фронтальной плоскости проекций перпендикулярна фронтали или фронтальному следу плоскости.

На комплексном чертеже используется правило проецирования прямого угла. То для построения линии ската, в заданной плоскости строится горизонталь. Построение проекции линии ската выполняют с горизонтальной проекции, проводя ее перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали.

Следовательно, линия наибольшего наклона к плоскости может служить для определения угла наклона этой плоскости к соответствующей плоскости проекции. Величину углов наклона к соответствующим плоскостям проекций можно определить используя метод прямоугольного треугольника.

Линия наибольшего наклона определяет положение самой плоскости.

Построить плоскость возможно, используя заданную прямую наибольшего наклона как одну из пересекающихся прямых искомой плоскости, а за вторую принять горизонталь данной плоскости.

Таким образом, построив линию наибольшего наклона заданной в пространстве плоскости общего положения, можно, используя метод прямоугольного треугольника, определить угол наклона всей заданной плоскости к какой-либо плоскости проекций, взяв за исходную только одну линию наибольшего наклона.

Рассмотренные прямые особого положения в плоскости, главным образом горизонтали и фронтали, весьма часто применяются в различных построениях при решении задач на комплексном чертеже. Это объясняется значительной простотой построения указанных прямых, поэтому их весьма удобно применять в качестве вспомогательных.

### 1.15 ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ, ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ

Взаимное положение прямой и плоскости определяется количеством общих точек:

- 1) если прямая имеет две общие точки с плоскостью, то она принадлежит этой плоскости,
- 2) если прямая имеет одну общую точку с плоскостью, то прямая пересекает плоскость,

3) если точка пересечения прямой с плоскостью удалена в бесконечность, то прямая и плоскость параллельны.

Задачи, в которых определяется взаимное расположение различных геометрических фигур относительно друг друга, называются позиционными задачами.

Прямая принадлежащая плоскости рассматривалась ранее.

**Прямая параллельна плоскости**, если она параллельна какой-нибудь прямой, лежащей в этой плоскости. Чтобы построить такую прямую, необходимо в плоскости задать любую прямую и параллельно ей провести требуемую.

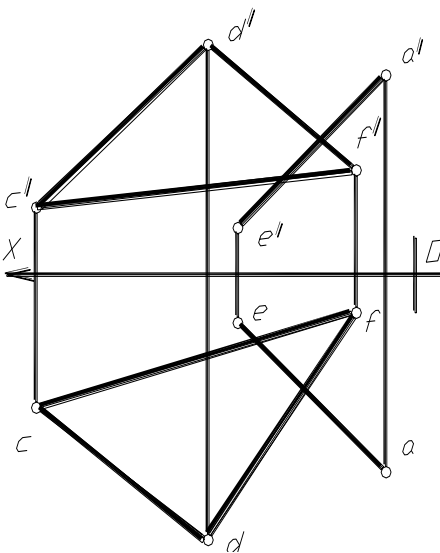


Рис. 1.53

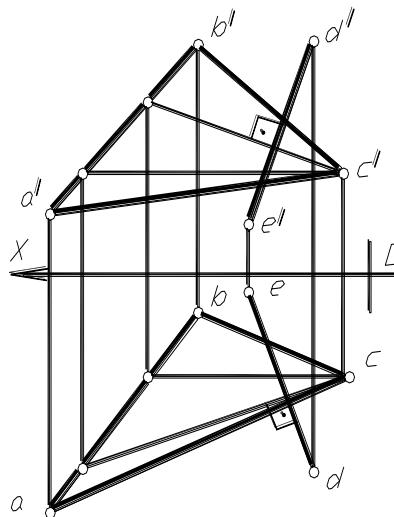


Рис. 1.54

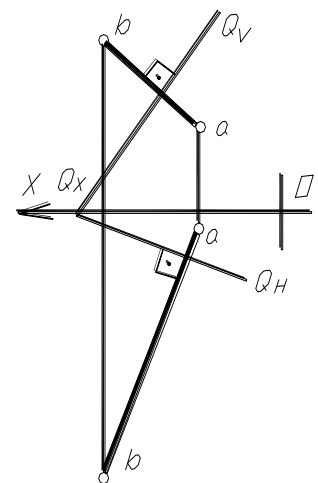


Рис. 1.55

Пусть через точку  $A$  (рис. 1.53) необходимо провести прямую  $AB$ , параллельную плоскости  $Q$ , заданную треугольником  $CDF$ . Для этого через фронтальную проекцию точки  $a'$  точки  $A$  проведем фронтальную проекцию  $a'b'$  искомой прямой параллельно фронтальной проекции любой прямой, лежащей в плоскости  $P$ , например, прямой  $CD$  ( $a'b' \parallel c'd'$ ). Через горизонтальную проекцию  $a$  точки  $A$  параллельно  $cd$  проводим горизонтальную проекцию  $ab$  искомой прямой  $AB$  ( $ab \parallel cd$ ). Прямая  $AB$  параллельна плоскости  $P$ , заданной треугольником  $CDF$ .

Из всех возможных положений прямой, пересекающей плоскость, отметим случай, когда прямая перпендикулярна плоскости. Рассмотрим свойства проекций такой прямой.

**Прямая перпендикулярна плоскости** (частный случай пересечения прямой с плоскостью) если она перпендикулярна какой-либо прямой, лежащей в плоскости. Для построения проекций перпендикуляра к плоскости, находящейся в общем положении, этого недостаточно без преобразования проекций. Поэтому вводят дополнительное условие: *прямая перпендикулярна*

плоскости, если она перпендикулярна двум пересекающимся главным линиям (для построения проекций используется условие проецирования прямого угла). В этом случае: горизонтальная и фронтальная проекции перпендикуляра перпендикулярны соответственно горизонтальной проекции горизонтали и фронтальной проекции фронтали данной плоскости общего положения (рис. 1.54). При задании плоскости следами проекции перпендикуляра перпендикулярны соответственно: фронтальная – фронтальному следу, горизонтальная – горизонтальному следу плоскости (рис. 1.55).

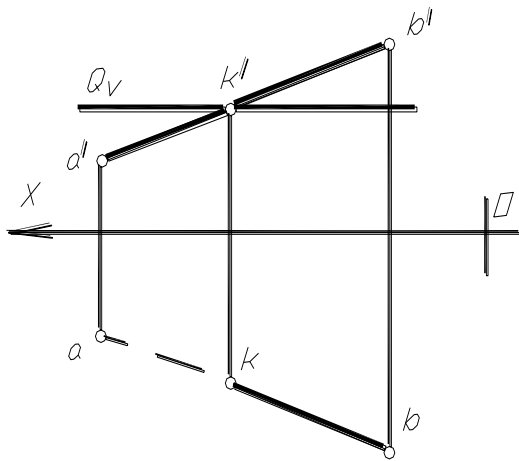


Рис. 1.56

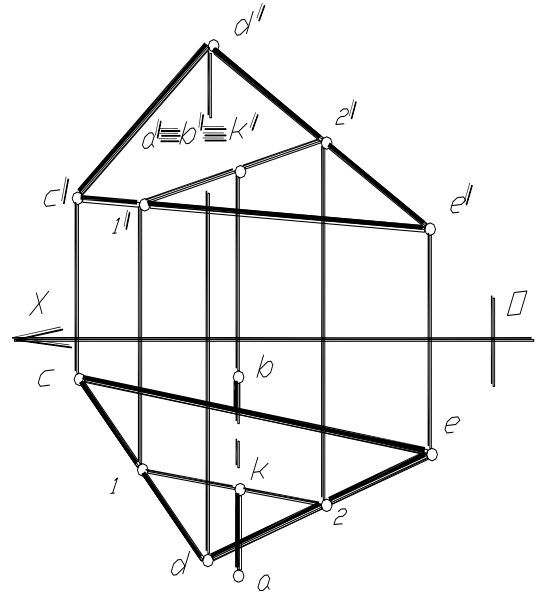


Рис. 1.57

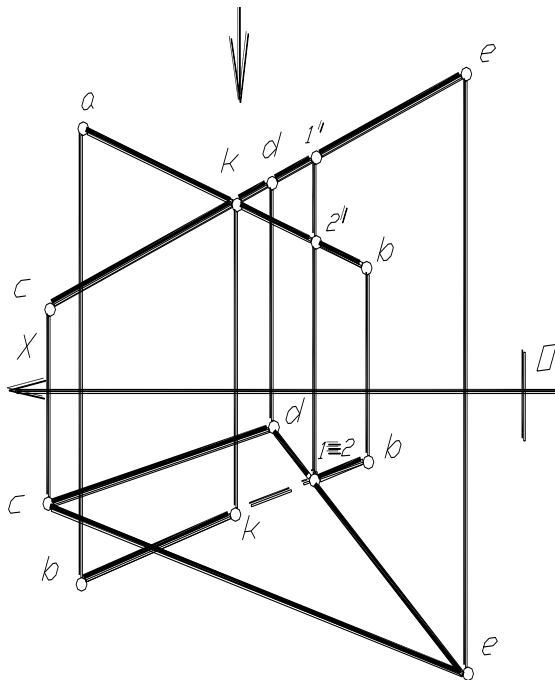


Рис. 1.58

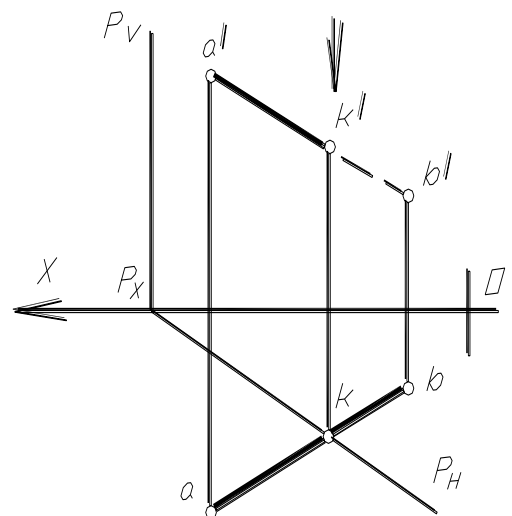


Рис. 1.59

**Пересечение прямой с проецирующей плоскостью.** Рассмотрим прямую, пересекающую плоскость, когда плоскость находится в частном положении.

Плоскость, перпендикулярная плоскости проекций (проецирующая плоскость), проецируется на нее в виде прямой линии. На этой прямой (проекции плоскости) должна находиться соответствующая проекция точки, в которой некоторая прямая пересекает эту плоскость.

На рисунке 1.56 дан комплексный чертеж построения проекций точки пересечения прямой  $AB$  с плоскостью горизонтального уровня  $G$ . Фронтальный след плоскости  $G$  является ее фронтальной проекцией. Фронтальная проекция точки пересечения плоскости  $G$  с прямой  $AB$  определяется в пересечении фронтальной проекции прямой и фронтального следа плоскости. Имея фронтальную проекцию точки пересечения, находим горизонтальную проекцию точки пересечения прямой  $AB$  с плоскостью  $G$ .

На рисунке 1.57 изображена плоскость общего положения, заданная треугольником  $CDE$  и фронтально-проецирующая прямая  $AB$  пересекающая плоскость в точке  $K$ . Фронтальная проекция точки  $K$  совпадает с точками  $a'$  и  $b'$ . Для построения горизонтальной проекции точки пересечения проведем через точку  $K$  в плоскости  $CDE$  прямую (например,  $1-2$ ). Построим ее фронтальную проекцию, а затем горизонтальную. Точка  $K$  является точкой пересечения прямых  $AB$  и  $1-2$ . То есть точка  $K$  одновременно принадлежит прямой  $AB$  и плоскости треугольника и, следовательно, является точкой их пересечения.

На рисунке 1.58 фронтальная проекция точки  $K$  пересечения прямой  $AB$  с треугольником  $CDE$  определяется в пересечении их фронтальных проекций, т.к. треугольник  $CDE$  проецируется на фронтальную плоскость в виде прямой линии. Находим горизонтальную проекцию точки пересечения прямой с плоскостью (она лежит на горизонтальной проекции прямой). Способом конкурирующих точек, определяем видимость прямой  $AB$  относительно плоскости треугольника  $CDE$  на горизонтальной плоскости проекций.

На рисунке 1.59 изображена горизонтально-проецирующая плоскость  $P$  и прямая общего положения  $AB$ . Т.к. плоскость  $P$  перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, то все, что в ней находится, на горизонтальную плоскость проекций проецируется на ее след, в том числе и точка ее пересечения с прямой  $AB$ . Следовательно, на комплексном чертеже имеем горизонтальную проекцию точки пересечения прямой с плоскостью  $P$ . По принадлежности точки прямой, находим фронтальную проекцию точки пересечения прямой  $AB$  с плоскостью  $P$ . Определяем видимость прямой на фронтальной плоскости проекций.

**Пересечение двух плоскостей.** Прямая линия пересечения двух плоскостей определяется двумя точками, каждая из которых принадлежит обеим плоскостям, или одной точкой, принадлежащей двум плоскостям, и известным направлением линии. В обоих случаях задача заключается в нахождении точки, общей для двух плоскостей.

**Пересечение проецирующих плоскостей.** Две плоскости могут быть параллельны между собой или пересекаться. Рассмотрим случаи взаимного пересечения плоскостей.

Прямая линия, получаемая при взаимном пересечении двух плоскостей, вполне определяется двумя точками, из которых каждая принадлежит обеим плоскостям, следовательно, необходимо и достаточно найти эти две точки, принадлежащей линии пересечения двух заданных плоскостей.

Следовательно, в общем случае для построения линии пересечения двух плоскостей необходимо найти какие-либо две точки, каждая из которых принадлежит обеим плоскостям. Эти точки и определяют линию пересечения плоскостей. Для нахождения каждой из этих двух точек обычно приходится выполнять специальные построения. Но если хотя бы одна из пересекающихся плоскостей перпендикулярна (или параллельна) к какой-либо

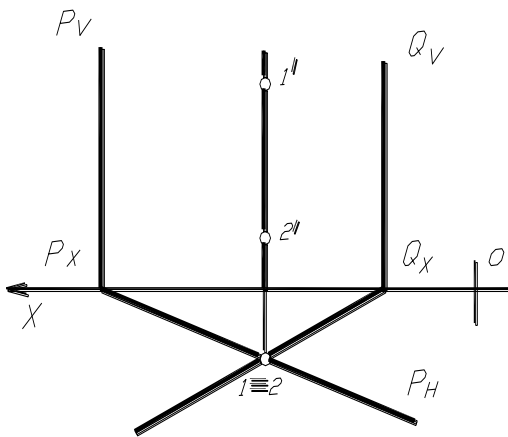


Рис. 1.60

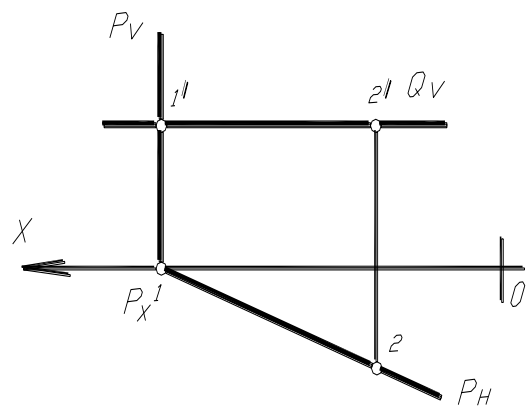


Рис. 1.61

плоскости проекций, то построение проекции линии их пересечения упрощается.

Если плоскости, заданы следами, то естественно искать точки, определяющие прямую пересечения плоскостей, в точках пересечения одноименных следов плоскостей попарно: прямая, проходящая через эти точки, является общей для обеих плоскостей, т.е. их линией пересечения.

Рассмотрим частные случаи расположения одной (или обеих) из пересекающихся плоскостей.

На комплексном чертеже (рис.1.60) изображены горизонтально-проецирующие плоскости  $P$  и  $Q$ . Тогда горизонтальная проекция их линии пересечения вырождается в точку, а фронтальная проекция – в прямую, перпендикулярную оси  $OX$ .

На комплексном чертеже (рис. 1.61) изображены плоскости частного положения: плоскость  $P$  перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (горизонтально-проецирующая плоскость) и плоскость  $Q$  - плоскость горизонтального уровня. В этом случая, горизонтальная проекция их линии пе-

ресечения совпадет с горизонтальным следом плоскости  $P$ , а фронтальная – с фронтальным следом плоскости  $Q$ .

В случае задания плоскостей следами легко установить, что эти плоскости пересекаются: *если хотя бы одна пара одноименных следов пересекается, то плоскости пересекаются между собой.*

Изложенное относится к плоскостям, заданных пересекающимися следами. Если же обе плоскости имеют на горизонтальной и фронтальной плоскостях следы, параллельные друг другу, то эти плоскости могут быть параллельны либо пересекаться. О взаимном положении таких плоскостей можно судить, построив третью проекцию (третий след). Если следы обеих плоскостей на третьей проекции так же параллельны, то плоскости параллельны между собой. Если следы на третьей проекции пересекаются, то заданные в пространстве плоскости пересекаются.

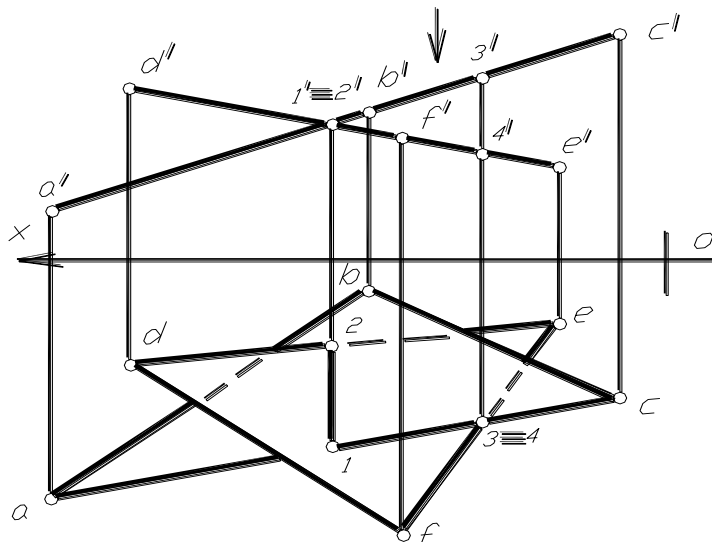


Рис. 1.62

На комплексном чертеже (рис.1.62) изображены фронтально-проецирующие плоскости, заданные треугольником  $ABC$  и  $DEF$ . Проекция линии пересечения на фронтальной плоскости проекций – точка, т.е. так как треугольники перпендикулярны фронтальной плоскости проекций, то и их линия пересечения так же перпендикулярна фронтальной плоскости проекций. Следовательно горизонтальная проекция линии пересечения треугольников ( $12$ ) перпендикулярна оси  $ox$ . Видимость элементов треугольников на горизонтальной плоскости проекции определяется с помощью конкурирующих точек ( $3,4$ ).

На комплексном чертеже (рис. 1.63) заданы две плоскости: одна из которых треугольником  $ABC$  общего положения, другая – треугольником  $DEF$  перпендикулярна фронтальной плоскости проекций, т.е. находящийся в частном положении (фронтально-проецирующий). Фронтальная проекция линии пересечения треугольников ( $1' 2'$ ) находится исходя из общих точек, одновременно принадлежащих обоим треугольникам (все, что находится во фронт-



тально-проецирующем треугольнике  $DEF$  на фронтальной проекции выльется в линию – проекцию его на фронтальную плоскость, в том числе и линия его пересечения с треугольником  $ABC$ ). По принадлежности точек пересечения сторонам треугольника  $ABC$ , находим горизонтальную проекцию линии пересечения треугольников. Способом конкурирующих точек определяем видимость элементов треугольников на горизонтальной плоскости проекций.

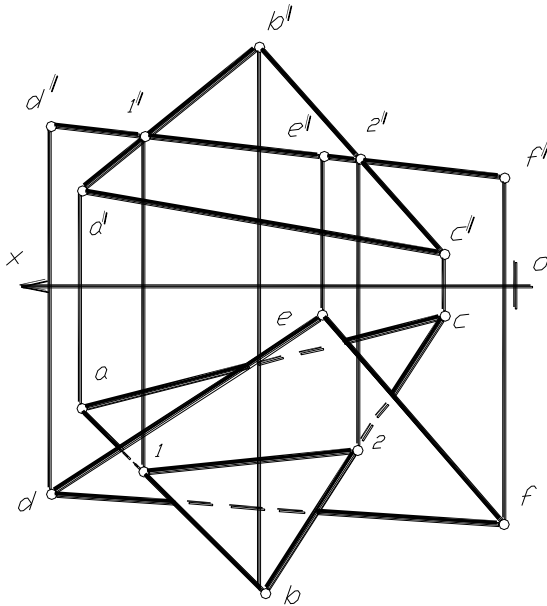


Рис. 1.63

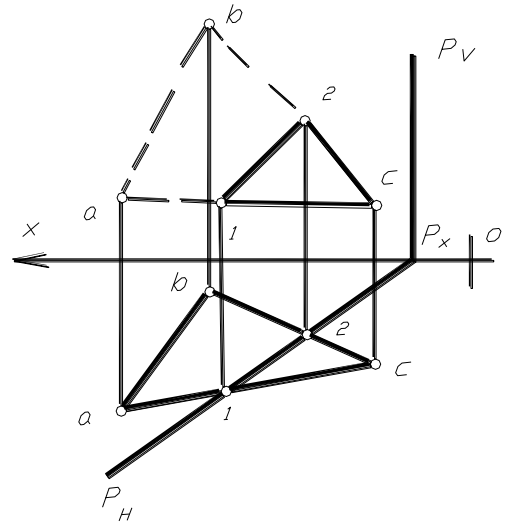


Рис. 1.64

На рисунке 1.64 дан комплексный чертеж двух плоскостей, заданных треугольником общего положения  $ABC$  и горизонтально-проецирующей плоскостью  $P$ , заданной следами. Так как плоскость  $P$  – горизонтально-проецирующая, то все, что в ней находится, в том числе и линия ее пересечения с плоскостью треугольника  $ABC$ , на горизонтальной проекции совпадет с ее горизонтальным следом. Фронтальную проекцию линии пересечения данных плоскостей находим из условия принадлежности точек 1,2 сторонам треугольника общего положения.

В случае задания плоскостей общего положения не следами, то для получения линии пересечения плоскостей последовательно находится точка встречи стороны одного треугольника с плоскостью другого треугольника. Если плоскости общего положения заданы не треугольниками, то линию пересечения таких плоскостей можно найти путем введения поочередно двух вспомогательных секущих плоскостей – проецирующих (для задания плоскостей треугольниками) или уровня для всех других случаев.

**Пересечение прямой общего положения с плоскостью общего положения.** Ранее были рассмотрены случаи пересечения плоскостей, когда одна из них являлась проецирующей. На основе этого мы можем найти точку пересечения прямой общего положения с плоскостью общего положения, путем введения дополнительной проецирующей плоскости-посредника.

Прежде чем рассматривать пересечение плоскостей общего положения, рассмотрим пересечение прямой общего положения с плоскостью общего положения.

Для нахождения точки встречи прямой общего положения с плоскостью общего положения необходимо:

- 1) прямую заключить во вспомогательную проецирующую плоскость,
- 2) найти линию пересечения заданной и вспомогательных плоскостей,
- 3) определить общую точку, принадлежащую одновременно двум плоскостям (это их линия пересечения) и прямой.

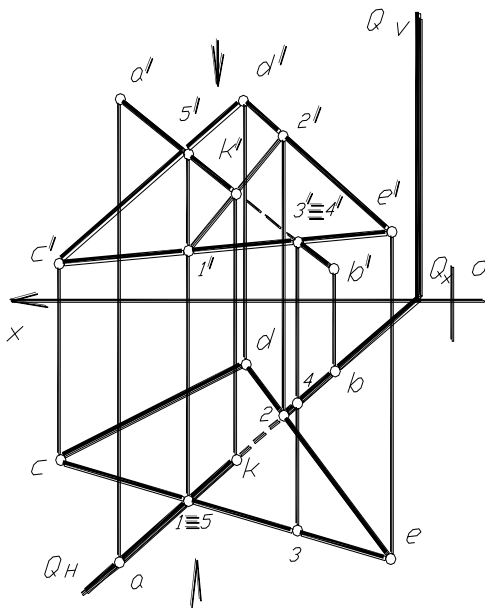


Рис. 1.65

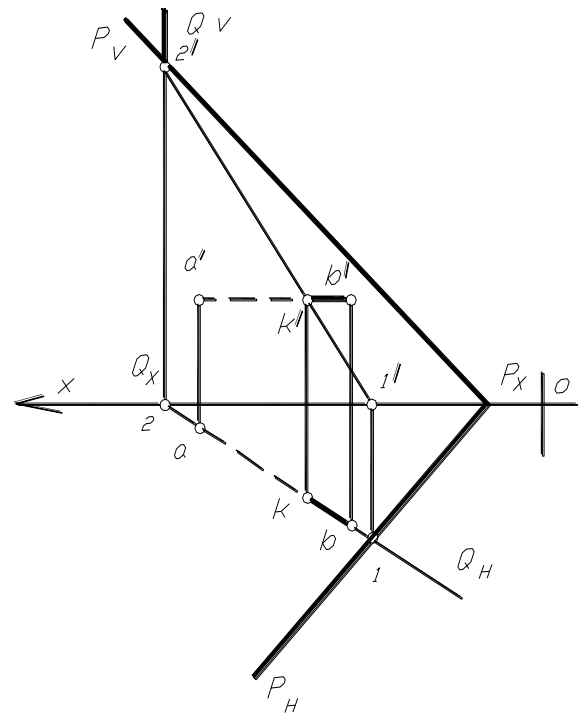


Рис. 1.66

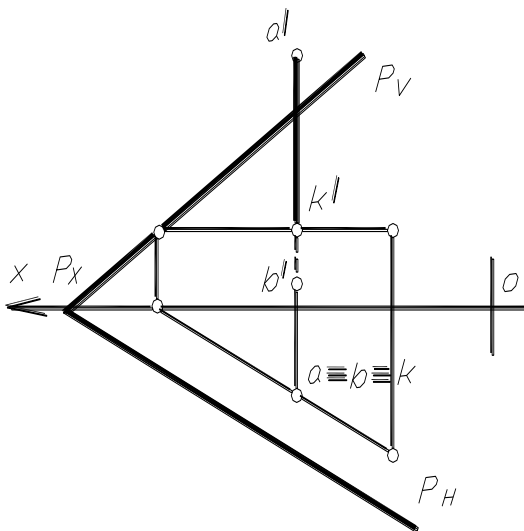


Рис. 1.67

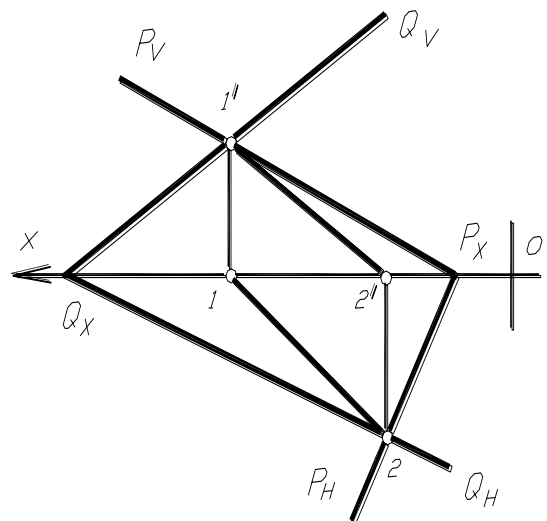


Рис. 1.68

На комплексном чертеже (рис. 1.65) изображен треугольник  $CDE$  общего положения и прямая  $AB$  общего положения. Для нахождения точки пересечения прямой с плоскостью, заключим прямую  $AB$  во фронтально-проецирующую плоскость  $Q$ . Найдем линию пересечения ( $l_2$ ) плоскости-посредника  $Q$  и заданной плоскости  $CDE$ . При построении горизонтально проекции линии пересечения найдется общая точка  $K$ , одновременно принадлежащая двум плоскостям и заданной прямой  $AB$ . Из принадлежности точки прямой находим фронтальную проекцию точки пересечения прямой с заданной плоскостью. Видимость элементов прямой на плоскостях проекций, определяем с помощью конкурирующих точек.

На рисунке 1.66 показан пример нахождения точки встречи прямой  $AB$ , являющейся горизонталью (прямая параллельна горизонтальной плоскости проекций) и плоскости  $P$ , общего положения, заданной следами. Для нахождения точки их пересечения, прямая  $AB$  заключается в горизонтально-проецирующую плоскость  $Q$ . Далее поступают, как и в выше изложенном примере.

Для нахождения точки встречи горизонтально-проецирующей прямой  $AB$  с плоскостью общего положения (рис. 1.67), через точку встречи прямой с плоскостью (ее горизонтальная проекция совпадает с горизонтальной проекцией самой прямой) проводим горизонталь (т.е. привязываем точку пересечения прямой с плоскостью в плоскость  $P$ ). Найдя фронтальную проекцию проведенной горизонтали в плоскости  $P$ , отмечаем фронтальную проекцию точки встречи прямой  $AB$  с плоскостью  $P$ .

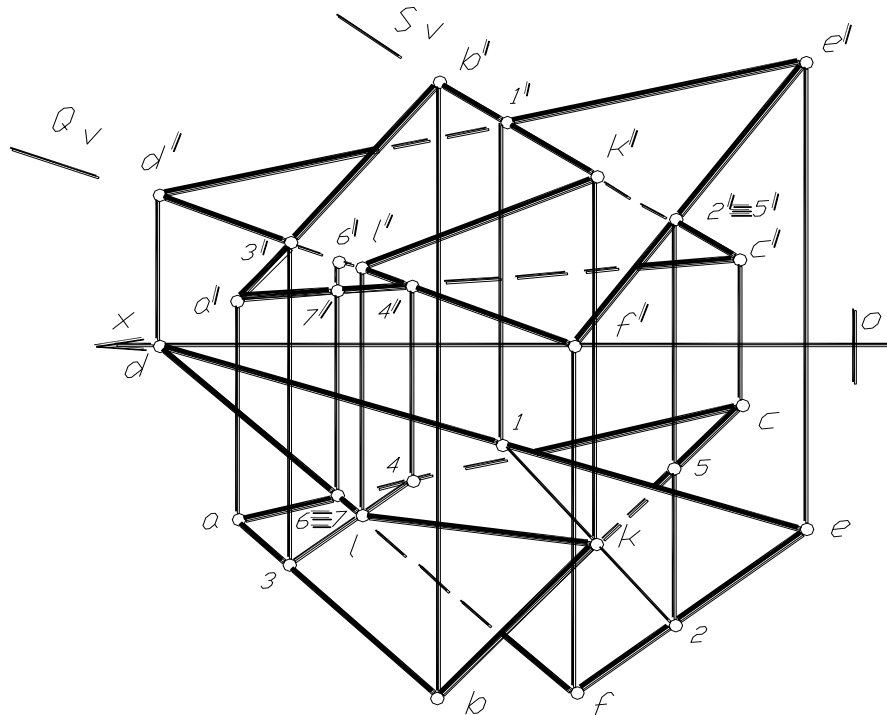


Рис. 1.69

Для нахождения линии пересечения плоскостей общего положения, заданных следами достаточно отметить две общие точки, одновременно при-

надлежащие обеим плоскостям. Такими точками являются точки пересечения их следов (рис.1.68).

Для нахождения линии пересечения плоскостей общего положения, заданных двумя треугольниками (рис. 1.69), последовательно находим точку встречи стороны одного треугольника с плоскостью другого треугольника. Взяв любые две стороны из любого треугольника, заключив их в проецирующие плоскости посредники, находятя две точки, одновременно принадлежащие обоим треугольникам – линия их пересечения.

На рисунке 1.69 дан комплексный чертеж треугольников  $ABC$  и  $DEF$  общего положения. Для нахождения линии пересечения данных плоскостей:

1. Закключаем сторону  $BC$  треугольника  $ABC$  во фронтально- проецирующую плоскость  $S$  (выбор плоскостей совершенно произвольный).
2. Находим линию пересечения плоскости  $S$  и плоскости  $DEF$  –  $12$ .
3. Отмечаем горизонтальную проекцию точки встречи (общая точка двух треугольников)  $K$  из пересечения  $12$  и  $BC$  и находим ее фронтальную проекцию на фронтальной проекции прямой  $BC$ .
4. Проводим вторую вспомогательную проецирующую плоскость  $Q$  через сторону  $DF$  треугольника  $DEF$ .
5. Находим линию пересечения плоскости  $Q$  и треугольника  $ABC$  –  $34$ .
6. Отмечаем горизонтальную проекцию точки  $L$ , являющейся точкой встречи стороны  $DF$  с плоскостью треугольника  $ABC$  и находим ее фронтальную проекцию.
7. Соединяем одноименные проекции точек  $K$  и  $L$ .  $KL$  – линия пересечения плоскостей общего положения, заданных треугольниками  $ABC$  и  $DEF$ .
8. Способом конкурирующих точек определяем видимость элементов треугольников на плоскостях проекций.

**Параллельные плоскости.** Две плоскости параллельны, если две не

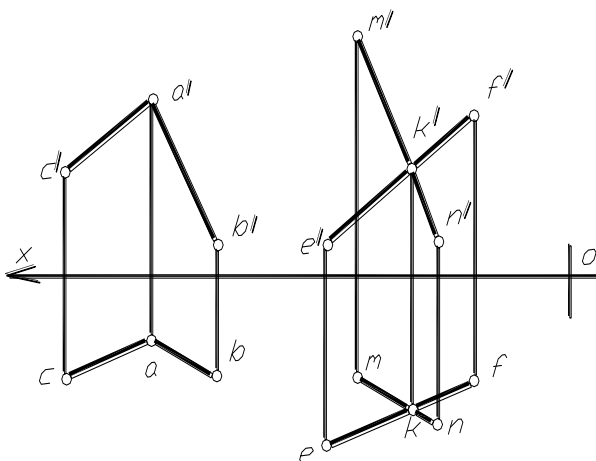


Рис. 1.70

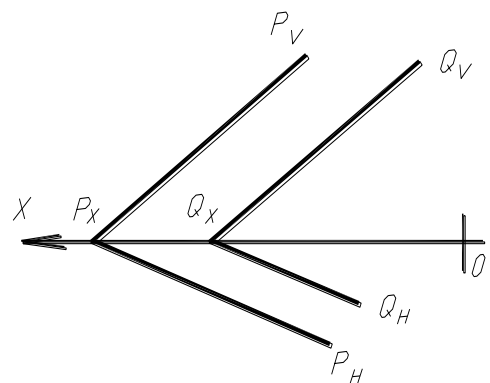


Рис. 1.71

*ресекающиеся прямые одной плоскости параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости.*

На рисунке 1.70 построена плоскость, проходящая через точку  $K$  параллельная плоскости, заданной пересекающимися прямыми  $AB$  и  $AC$ .

Так как выше изложенное действительно и для главных линий параллельных плоскостей, то можно сказать, что *плоскости параллельны, если параллельны их одноименные следы* (рис. 1.71).

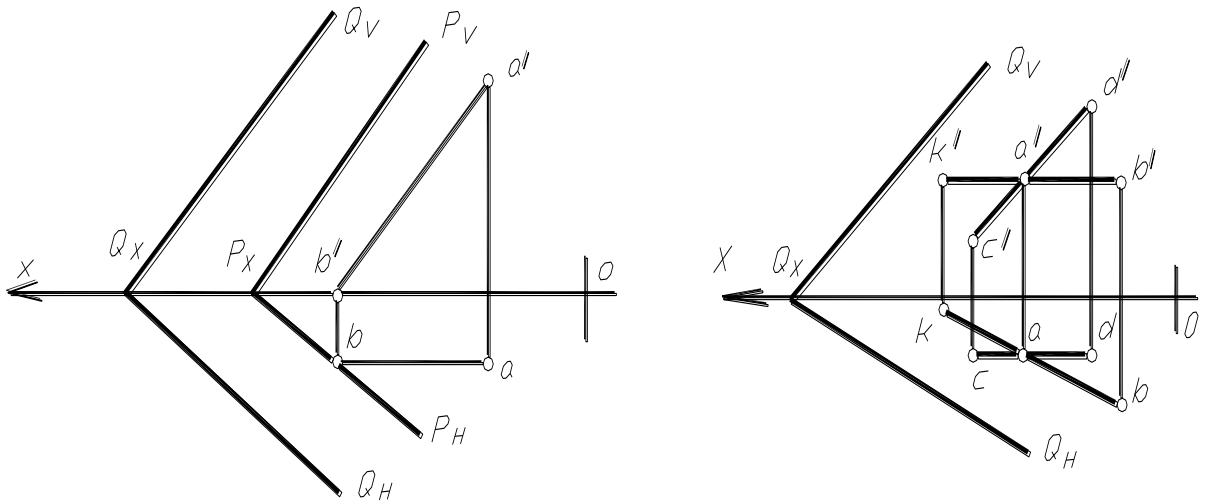


Рис. 1.72

На рисунке 1.72 показано построение плоскости параллельной заданной и проходящей через точку  $A$ . В первом случае через точку  $A$  проведена прямая (фронталь), параллельная заданной плоскости  $G$ . Тем самым проведена плоскость  $P$  содержащая прямую параллельную заданной плоскости  $G$  и параллельная ей. Во втором случае через точку  $A$  проведена плоскость, заданная главными линиями из условия параллельности этих линий заданной плоскости  $G$ .

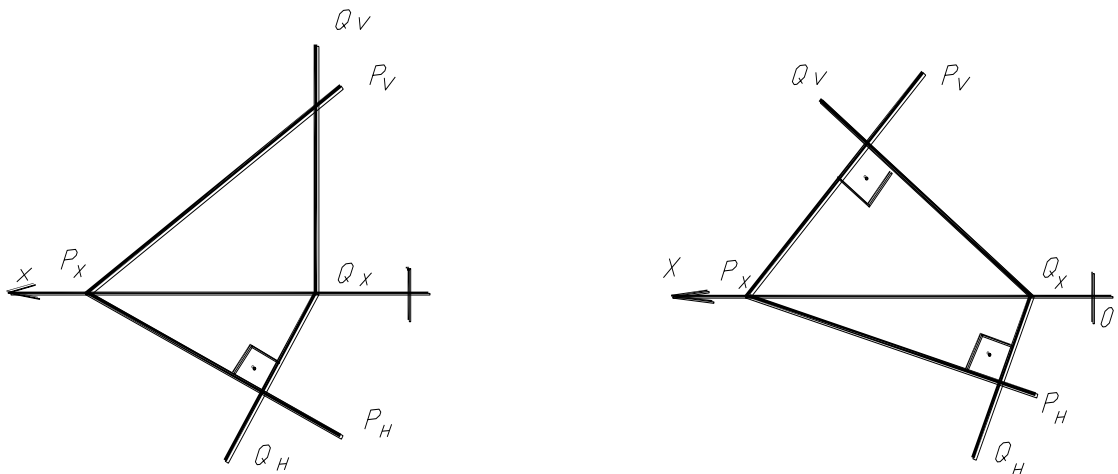


Рис. 1.73

**Взаимно-перпендикулярные плоскости.** Если одна плоскость содержит хотя бы одну прямую, перпендикулярную другой плоскости, то такие плоскости перпендикулярны.

На рисунке 1.73 показаны взаимно перпендикулярные плоскости. На рисунке 1.74 показано построение плоскости, перпендикулярной заданной через точку  $A$ , используя условие перпендикулярности прямой (в данном случае главных линий) плоскости.

В первом случае через точку  $A$  проведена фронталь, перпендикулярная плоскости  $P$ , построен ее горизонтальный след и через него проведен горизонтальный след плоскости  $Q$ , перпендикулярно горизонтальному следу плоскости  $P$ . Через полученную точку схода следов  $Q_x$  проведен фронтальный след плоскости  $Q$  перпендикулярно фронтальному следу плоскости  $P$ .

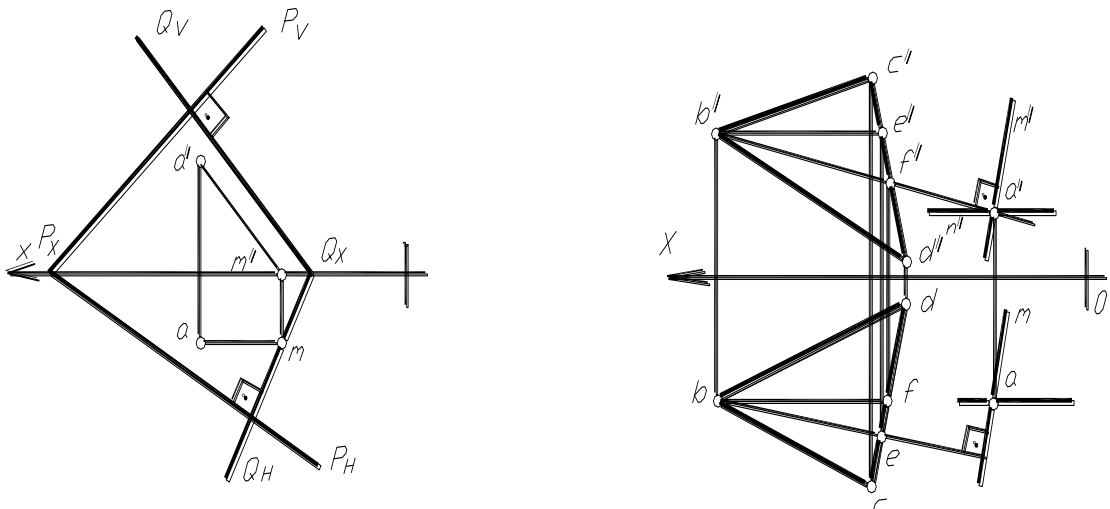


Рис. 1.74

Во втором случае в плоскости треугольника проведены горизонталь  $BE$  и фронталь  $BF$  и через заданную точку  $A$  задаем плоскость пересекающимися прямыми (главными линиями), перпендикулярную плоскости треугольника. Для этого проводим через точку  $A$  горизонталь и фронталь. Горизонтальную проекцию горизонтали искомой плоскости ( $N$ ) проводим перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали треугольника, фронтальную проекцию фронтали новой плоскости ( $M$ ) – перпендикулярно фронтальной проекции фронтали треугольника.

## 1.16 СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ЧЕРТЕЖА

**Общая характеристика способа преобразования комплексного чертежа.** Многие задачи решаются легко и просто, если прямые линии, плоские фигуры (основания, грани, ребра, оси) рассматриваемых геометрических тел находятся в частном положении. Такое частное, невыгод-

нейшее взаимное расположение геометрического элемента и плоскостей проекций может быть обеспечено преобразованием чертежа.

Трудоемкость и, как следствие, точность графического решения задач часто зависит не только от сложности задачи, но и от того, какое положение занимают геометрические образы, входящие в условие задачи, по отношению к плоскостям проекций.

Для упрощения решения метрических и позиционных задач применяют различные методы преобразования ортогональных проекций. После таких преобразований новые проекции позволяют решать задачу минимальными графическими средствами.

Переход от общего положения геометрического образа к частному можно осуществить изменением взаимного положения проецируемого объекта и плоскости проекции. При ортогональном проецировании это может быть достигнуто двумя путями:

*во-первых* – перемещением в пространстве проецируемого объекта так, чтобы он занял частное положение относительно плоскостей проекций, которые при этом не меняют своего положения в пространстве;

*во-вторых* – выбором новой плоскости проекций, по отношению к которой проецируемый объект, не меняющий своего положения в пространстве, окажется в частном положении.

Первый способ лежит в основе *метода вращения* (и как частные случаи: совмещения и плоско-параллельного перемещения); второй – составляет теоретическую базу способа *замены плоскостей проекций*.

Рассмотрим каждый из этих случаев в отдельности.

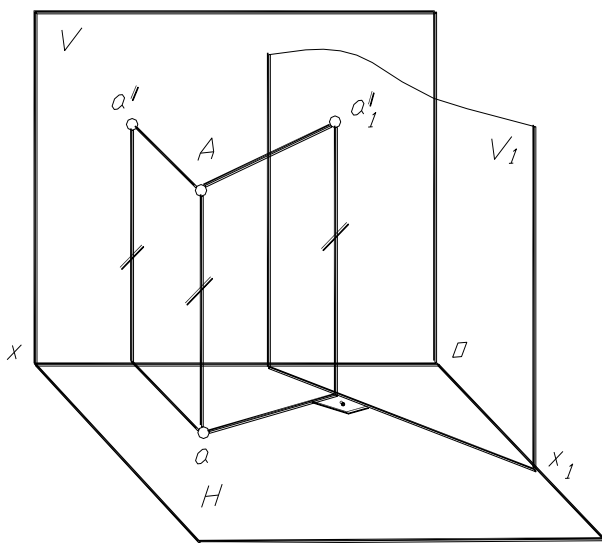


Рис. 1.75

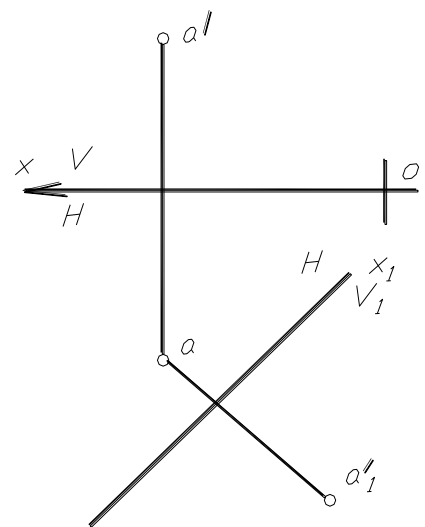


Рис. 1.76

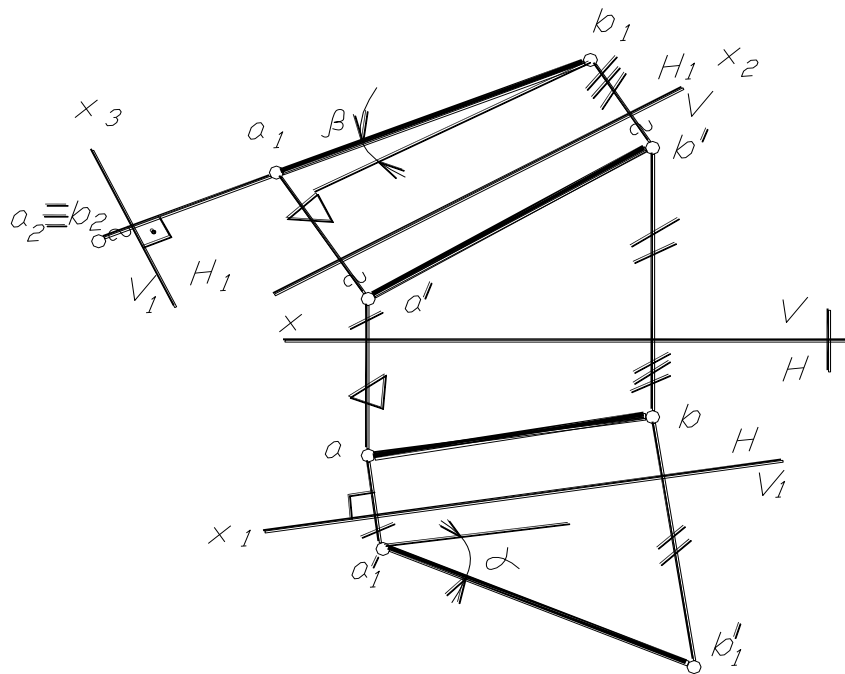
**Метод замены плоскостей проекций.** Способ замены плоскостей проекций состоит в том, что одна из плоскостей проекций заменяется на новую. Эта плоскость выбирается перпендикулярно оставшейся плоскости проекций. Геометрический элемент при этом не меняет своего положения

в пространстве. Новую плоскость располагают так, чтобы по отношению к ней геометрический элемент занимала частное положение, удобное для решения задачи.

Перемену плоскостей проекций можно производить несколько раз.

На рисунке 1.76 показано преобразование проекции точки  $A$  из системы  $HV$  в систему  $HV_1$ , в которой вместо фронтальной плоскости проекций введена новая вертикальная плоскость  $V_1$ , а горизонтальная плоскость проекций осталась неизменной. Получаем новую систему двух взаимно перпендикулярных плоскостей  $H$  и  $V_1$ . В новой системе горизонтальная проекция точки осталась неизменной. Проекция  $a_1'$  точки  $A$  на новую плоскость  $V_1$  находится от плоскости  $H$  на том же расстоянии что и проекция  $a'$  точки  $A$  на плоскости  $V$ . Это условие позволяет легко строить проекции точки на комплексном чертеже (рис. 1.76) на новой плоскости проекций.

Используя вышеизложенное сделаем заключение: *расстояние от старой проекции точки до старой оси, равно расстоянию от новой пров*  
Рис. 1.77



На рисунке 1.77 показано нахождение натуральной величины отрезка  $AB$  и углов наклона его к горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций.

При замене фронтальной плоскости проекций  $V$  на новую  $V_1$  (она вводится перпендикулярной оставшейся горизонтальной плоскости проекций  $H$  и параллельно отрезку  $AB$ ) новая ось  $x_1$  проводится параллельно горизонтальной проекции отрезка ( $x_1 \parallel ab$ ). Используя правило ортогонального проецирования (проекционные линии связи всегда перпендикулярны оси проекций) и условие получения новой проекции точки при замене плоскостей проекций, находим новую проекцию прямой  $AB - a_1' b_1'$



Полученная проекция по величине есть натуральная величина отрезка  $AB$ , здесь же находится угол наклона ( $\alpha$ ) отрезка к горизонтальной плоскости проекций.

При замене горизонтальной плоскости проекций (новая плоскость вводится параллельной отрезку в пространстве и перпендикулярно оставшейся фронтальной плоскости проекций), получаем опять-таки натуральную величину отрезка и угол наклона ( $\beta$ ) его к фронтальной плоскости проекций.

При замене последовательно горизонтальной и фронтальной плоскостей проекции получаем в новой системе плоскостей прямую  $AB$  в виде точки, т. е. в новой системе  $a$  прямая становится проецирующей.

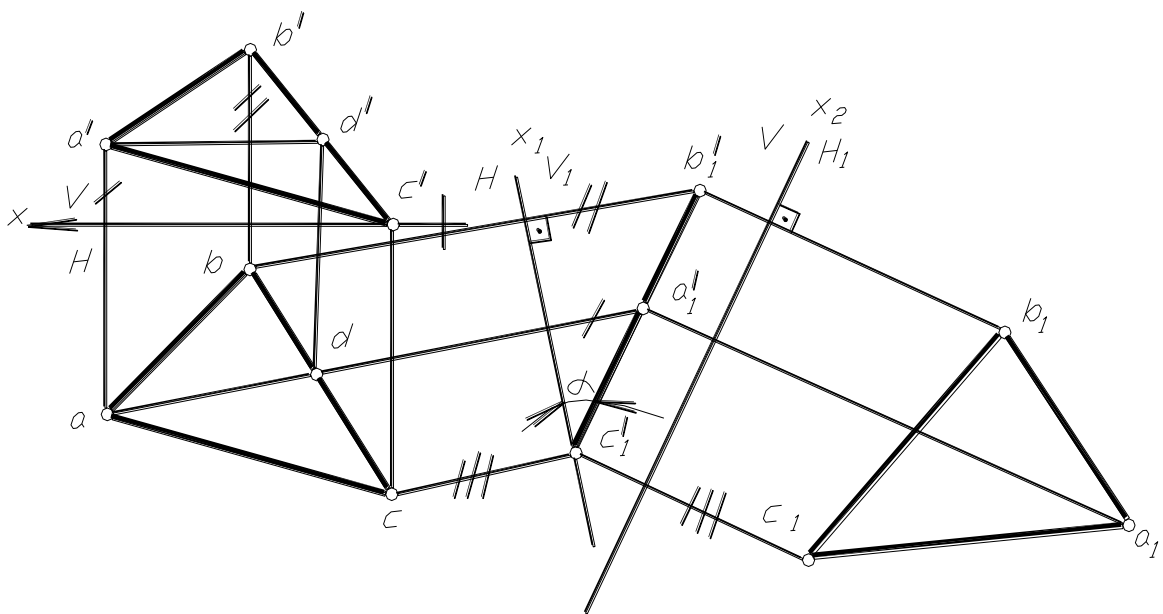


Рис. 1.78

На рисунке 1.78 показано нахождение натуральной величины плоской фигуры – треугольника  $ABC$  и угол наклона его к горизонтальной плоскости проекций. Для этого фронтальная плоскость проекций заменена на новую (перпендикулярную оставшейся горизонтальной плоскости проекций и треугольнику  $ABC$ ) -  $V_1$ . Из условия перпендикулярности прямой и плоскости в треугольнике проведена горизонталь и новая ось  $x_1$  проведена перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали  $ad$ . Тогда на новую плоскость  $V_1$  треугольник проецируется в линию и здесь же можно увидеть угол наклона треугольника к горизонтальной плоскости проекций. Далее заменив горизонтальную плоскость проекций на новую, перпендикулярную плоскости  $V_1$  и параллельную плоскости треугольника, получим в новой системе плоскостей натуральную величину треугольника  $ABC$ .

**Способ вращения.** При применении способа вращения плоскости проекций остаются неизменными, а изменяется положение объекта в пространстве. Изменение положения объекта достигается вращением его во-

круг некоторой оси. В качестве оси вращения обычно выбирают проецирующую прямую или прямую уровня, т.к. построение, выполняемые на комплексном чертеже при вращении вокруг этих прямых, значительно проще построений при вращении вокруг прямой общего положения.

При вращении вокруг какой-либо оси следует помнить, что вращающаяся точка описывает окружность, расположенную в плоскости, перпендикулярной оси вращения. Центр этой окружности является основанием перпендикуляра, опущенного из вращаемой точки на ось вращения, или, иначе, точкой пересечения с осью вращения плоскости, в которой вращается точка. Совершенно очевидно, что все точки объекта поворачиваются на один и тот же угол.

*Т.о. При вращении точки вокруг горизонтальной (фронтальной) проецирующей прямой горизонтальная (фронтальная) проекция точки перемещается по окружности, а фронтальная (горизонтальная) проекция – прямой параллельной оси.*

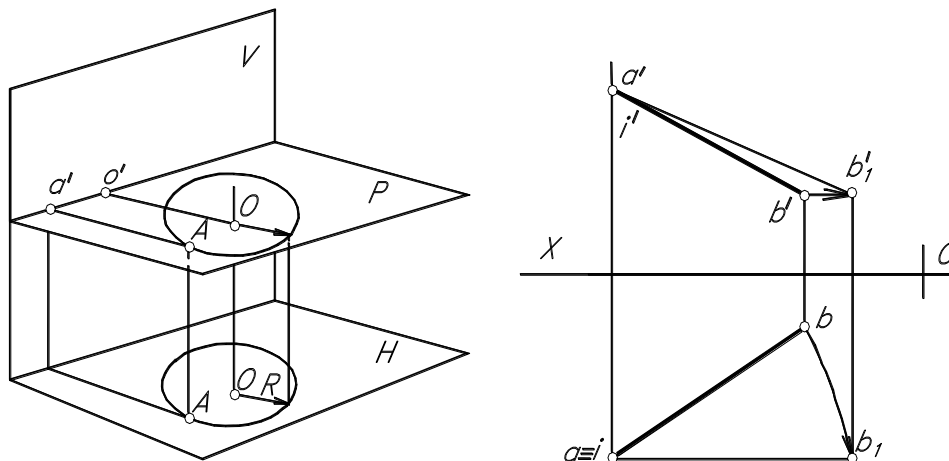


Рис. 1.79

Рассмотрим поворот отрезка прямой линии вокруг заданной оси. При этом, если ось вращения выбрать проходящей через один из концов отрезка, то построение упростится, так как точка, через которую проходит ось, будет неподвижной и для поворота отрезка надо построить новое положение проекций только одной точки – другого конца.

На рисунке 1.79 показан случай, когда для поворота отрезка  $AB$  выбрана ось вращения, перпендикулярная к горизонтальной плоскости проекций, и проходящая через точку  $A$ . При повороте вокруг такой оси можно, например, расположить отрезок параллельно фронтальной плоскости проекций. Горизонтальная проекция отрезка в своем новом положении параллельна оси  $OX$ . Найдя точку  $b'_1$  и построив отрезок  $a'b'_1$ , получаем фронтальную проекцию отрезка  $AB$  в его новом положении. Проекция  $a'b'_1$  выражает длину отрезка  $AB$ . Угол  $a'b'_1b'$  равен углу между прямой  $AB$  и горизонтальной плоскостью проекций.

## 1.17 Многогранники

Гранной поверхностью называется поверхность, образованная перемещением прямолинейной образующей по ломаной направляющей. Гранные поверхности можно подразделить на два вида: *пирамидальные* и *призматические*.

Часть пространства, ограниченная со всех сторон поверхностью, называется телом.

*Многогранником* называется тело, ограниченное плоскими многоугольниками. Рассмотрение многогранников ограничим рассмотрением призм и пирамид.

*Призмой* называется многогранник, у которого одинаковые взаимно параллельные грани – основания, а остальные – боковые грани – параллелограммы. Если ребра боковых граней перпендикулярны основанию, то призму называют прямой. Для задания призмы достаточно задать одно ее основание и боковое ребро.

*Пирамида* представляет собой многогранник, у которого одна грань – произвольный многоугольник, принимающейся за основание, а остальные грани (боковые) – треугольники с общей вершиной, называемой вершиной пирамиды.

***Сечение многогранников плоскостью.*** В сечении гранных поверхностей плоскостями получают многоугольники, вершины которых определяются как точки пересечения ребер гранных поверхностей с секущей плоскостью.

Многоугольник сечения может быть найден двумя путями:

- вершины многоугольника находятся как точки пересечения прямых (ребер) с секущей плоскостью;
- стороны многоугольника находятся как линии пересечения плоскостей (граней) многогранника с секущей плоскостью.

В качестве примера построим сечение призмы фронтально-проецирующей плоскостью  $Q$  (рис. 1.80).

Секущая плоскость перпендикулярно фронтальной плоскости проекций, следовательно, все линии, лежащие в этой плоскости, в том числе и фигура сечения на фронтальной проекции, совпадут с фронтальным следом  $Q_v$  плоскости  $Q$ . Таким образом, фронтальная проекция фигуры сечения  $1''/2''/3''$  определяется при пересечении фронтальных проекций ребер призмы со следом  $Q_v$ . Горизонтальная проекция фигуры сечения совпадает с горизонтальной проекцией призмы. Профильная проекция фигуры сечения находится по принадлежностям проекций точек 1,2,3 соответствующим ребрам призмы. Если считать что плоскость  $Q$  отсекает верх призмы, то фигура сечения на профильной плоскости видна, а если нет, то линия  $2'''/3'''$  изобразится невидимой.

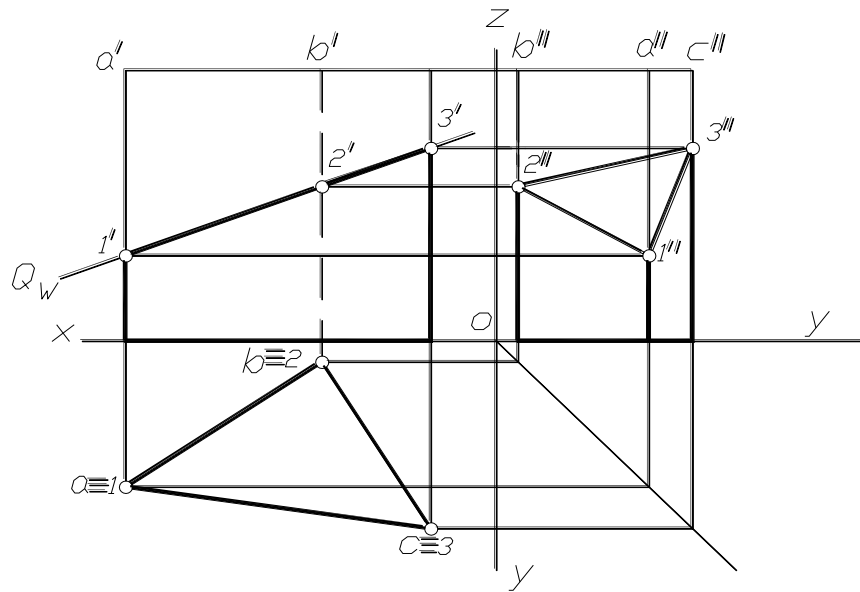


Рис. 1.80

На рисунке 1.81 показано сечение четырехугольной пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью  $Q$ .

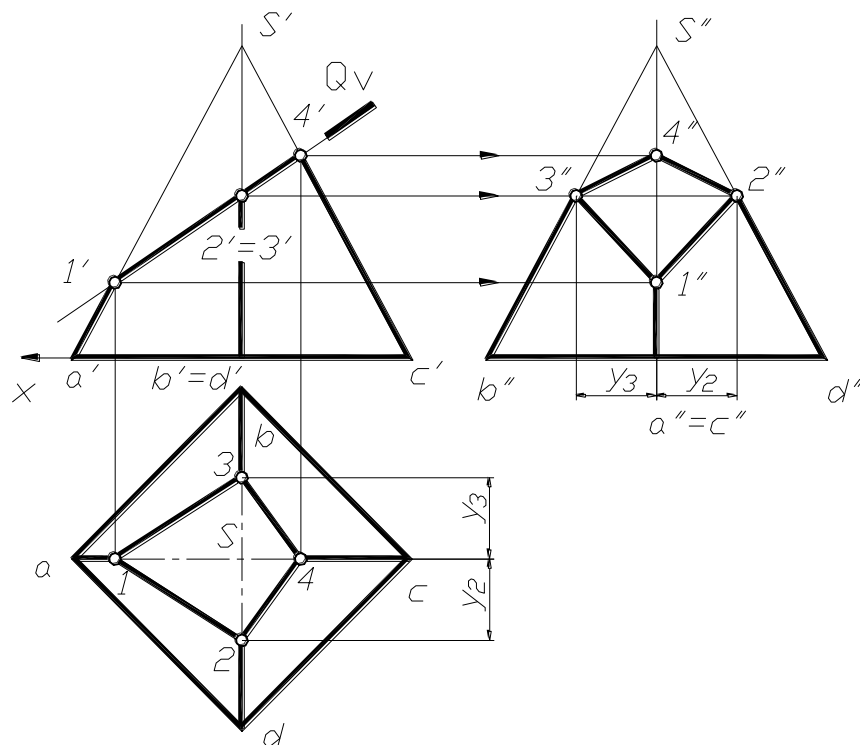


Рис. 1.81

Секущая плоскость перпендикулярна фронтальной плоскости проекций, следовательно, все линии, лежащие в этой плоскости, в том числе и фигура сечения на фронтальной проекции, совпадут с фронтальным следом плоскости. Таким образом, фронтальная проекция фигуры сечения 1,2,3,4

определится при пересечении фронтальных проекций ребер пирамиды со следом плоскости. Горизонтальные проекции этих точек находим, проводя проекционные линии связи на горизонтальную проекцию соответствующих ребер. Если считать что плоскость  $Q$  отсекает верх пирамиды, то на фронтальной плоскости фигура сечения видна, если нет, то  $3''/4''$ ,  $4''/2''$  будут невидимы.

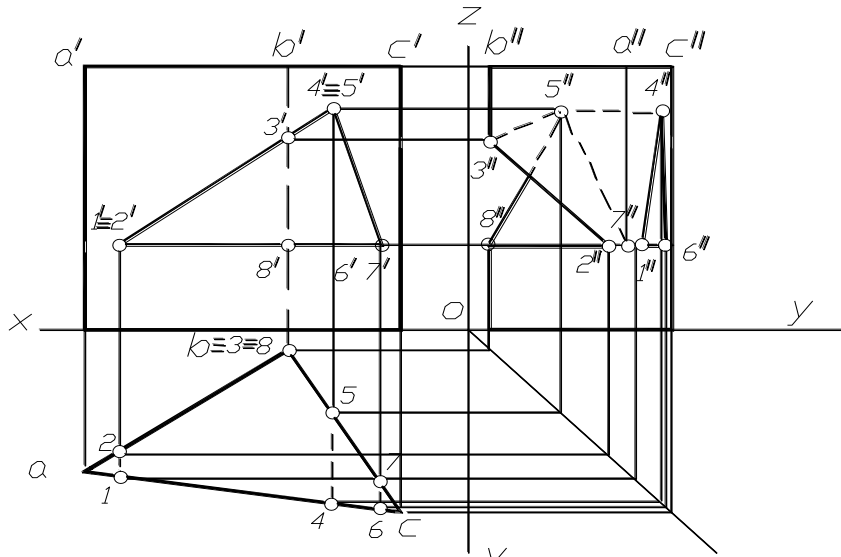


Рис. 1.82

**Призма с вырезом.** В качестве примера построения сечения многогранника несколькими плоскостями рассмотрим построение призмы с вырезом, образованным треугольной призмой.

На фронтальной проекции отмечаем проекции точек встречи ребра  $B$  заданной призмы с гранями призмы выреза:  $3'$  и  $8'$ , и точки пересечения ребер призмы выреза с гранями заданного тела:  $1'/2'/4'/5'/6'/7'$ . Находим горизонтальные проекции отмеченных точек. Все они находятся на горизонтальной проекции заданной призмы. По двум полученным проекциям точек находим их профильные проекции. С учетом видимости соединяем точки, принадлежащие соответствующим граням заданной призмы. В грани  $AB$ : точки  $3, 2, 8$ , в грани  $BC$ : точки  $3, 5, 7, 8$  и в грани  $AC$ :  $1, 4, 6, 1$ .

**Пирамида с вырезом.** На рисунке 1.83 показано построение пирамиды с вырезом (как результат сечения пирамиды несколькими проецирующими плоскостями, образовавшими призматический вырез). Обозначаем на фронтальной проекции точки, одновременно принадлежащие заданной пирамиде и призматическому вырезу. По принадлежности точек ребрам заданной пирамиды находим их горизонтальные и профильные проекции. Точки (3) пересечения ребра призматического выреза с гранями заданной пирамиды можно найти двумя способами. Первый способ заключается в проведении через точки выреза плоскости  $S$  параллельной основанию (след которой обозначается на комплексном чертеже). В сечении пирамиды этой плоскостью

образуется треугольник подобный основанию, проходящий через точку  $K$ . Данному треугольнику принадлежат точки 3,1,6,7,5,4,3. Можно также найти точки на поверхности пирамиды проведением через них прямых, связывающих их с вершиной пирамиды и дальнейшим построением проведенных прямых на горизонтальной плоскости проекций и нахождением на них искомых точек. Полученные точки соединяют с учетом видимости в необходимой последовательности по соответствующим граням заданной пирамиды (чтобы две точки принадлежали одной секущей плоскости и одной грани пирамиды).

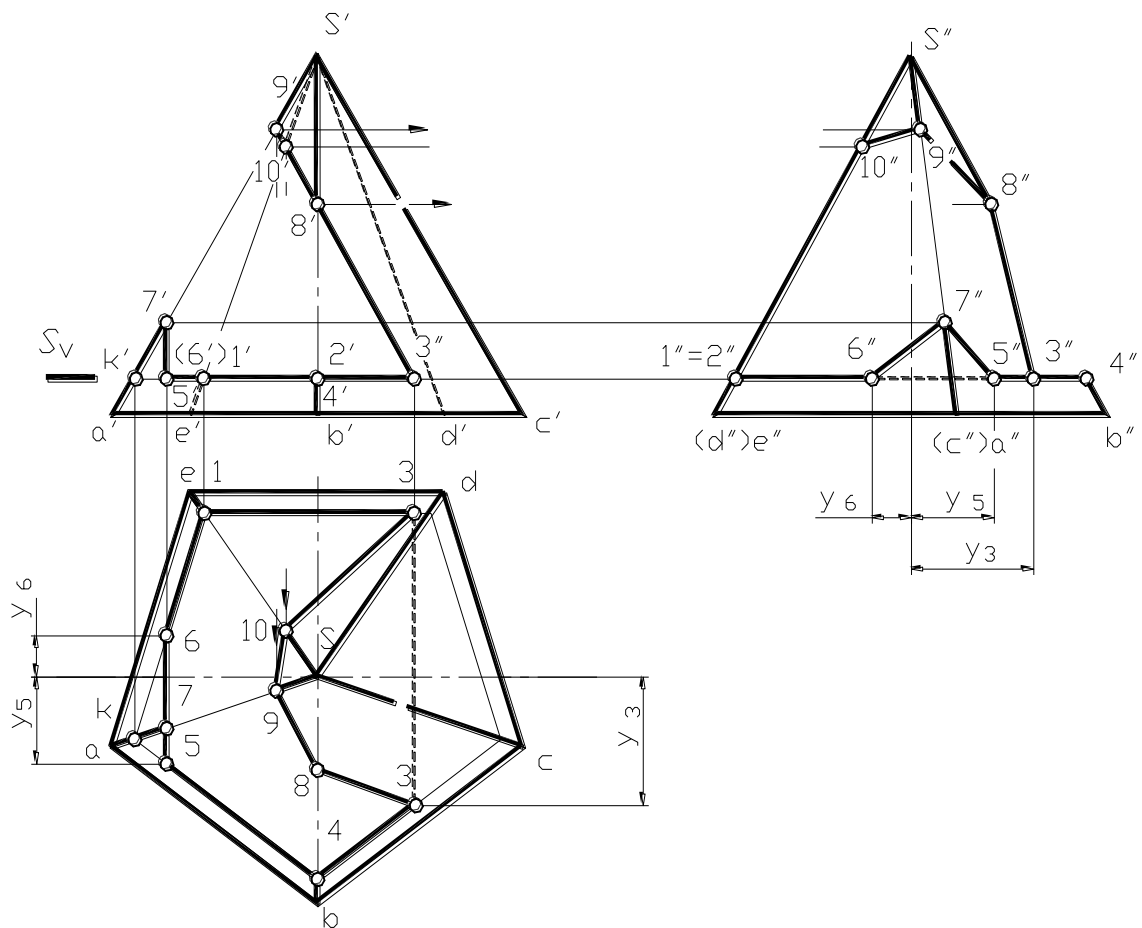


Рис. 1.83

## 1.18 Тела вращения

Рассмотрим некоторые из многочисленных поверхностей вращения.

*Поверхности, образованные вращением прямой линии.* К таковым относятся цилиндр и конус.

*Цилиндр вращения* – поверхность, полученная вращением прямой вокруг параллельной ей оси и ограниченная двумя взаимно параллельными плоскостями.

*Конус вращения* – поверхность, образованная вращением прямой (образующая) вокруг пересекающейся с ней осью (направляющая).

Примером *поверхностей, образованных вращением окружности вокруг неподвижной оси* является сфера.

*Сфера* – поверхность, полученная вращением окружности вокруг ее диаметра.

**Сечение цилиндра плоскостью.** При сечении цилиндра вращения плоскостью, параллельной оси вращения, в сечении получается пара прямых (образующих). Если секущая плоскость перпендикулярна к оси вращения, в сечении получается окружность. В общем случае, когда секущая плоскость наклонена к оси вращения цилиндра, в сечении получается эллипс.

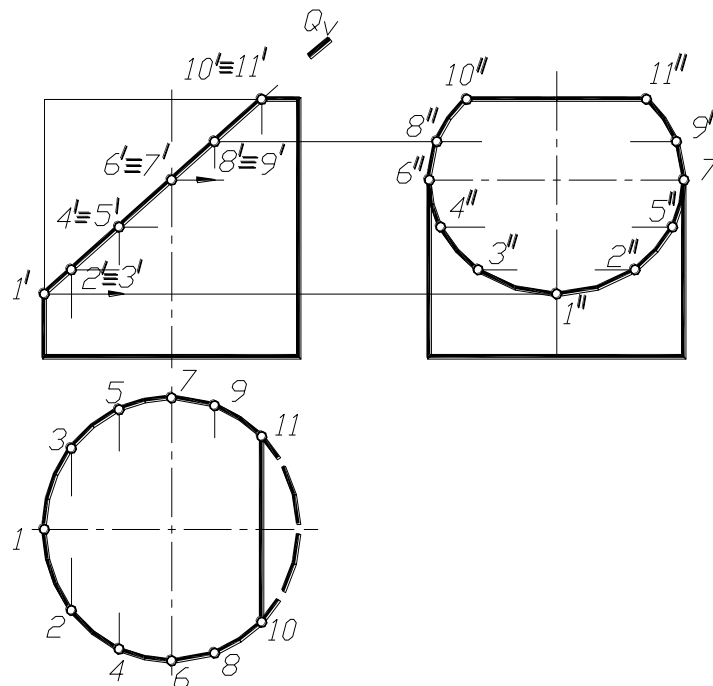


Рис. 1.84

На рисунке 1.84 показан пример построения проекций линии сечения цилиндра фронтально проецирующей плоскостью  $Q$ , когда в сечении получается эллипс.

Фронтальная проекция фигуры сечения в этом случае совпадает с фронтальным следом плоскости, а горизонтальная – с горизонтальной проекцией поверхности цилиндра – окружностью. Профильная проекция строится по двум имеющимся проекциям – горизонтальной и фронтальной, замеряя игрековые координаты точек относительно оси цилиндра и откладывая их на проекционных линиях связи соответствующих точек.

**Сечение конуса плоскостью.** В зависимости от положения секущей плоскости в сечении конуса вращения могут получиться различные линии, называемые линиями конических сечений.

Если секущая плоскость проходит через вершину конуса перпендикулярно его основанию, то в сечении получается пара прямых – образующих

(треугольник – рис. 1.85а). В результате пересечения конуса плоскостью, перпендикулярной к оси конуса, получается окружность (рис. 1.85б). Если секущая плоскость наклонена к оси вращения конуса и не проходит через ее вершину, в сечении конуса могут получиться эллипс (секущая плоскость пересекает все образующие конуса – рис. 1.85в). Парабола образуется, если секущая плоскость параллельна одной из образующих конуса (рис. 1.85г). Гипербола образуется в случае, если секущая плоскость параллельна двум образующим конуса в зависимости от угла наклона секущей плоскости к основанию конуса (рис. 1.85д).

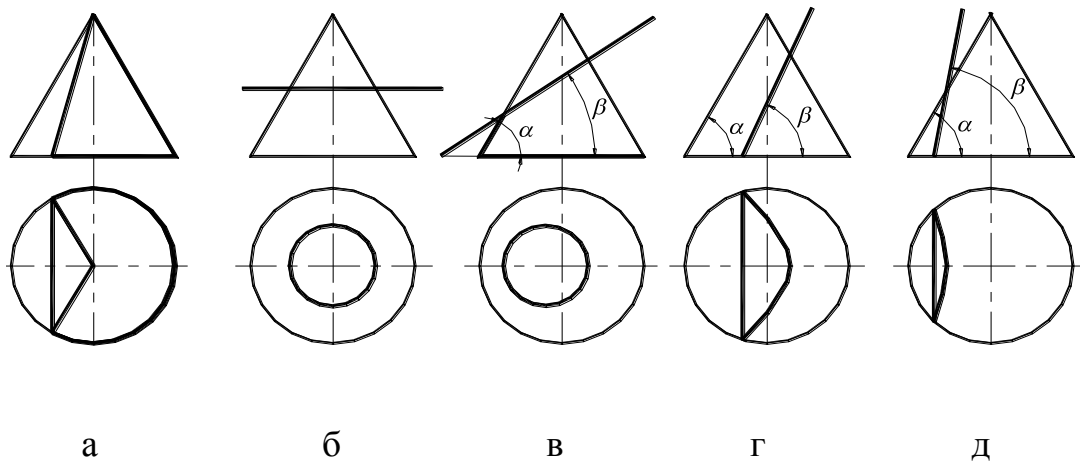


Рис. 1.85

Известно, что *точка принадлежит поверхности, если она принадлежит какой-либо линии этой поверхности*. Для конуса графически наиболее простыми линиями являются образующие и окружности. Следовательно, если по условию задачи требуется найти горизонтальные проекции точек, принадлежащих поверхности конуса, то нужно через точки провести одну из этих линий.

На рисунке 1.86 дан пример построения проекций линии сечения конуса фронтально проецирующей плоскостью, когда в сечении получается эллипс.

Фигура сечения на фронтально плоскости совпадает со следом секущей плоскости. Обозначим характерные точки (точки, принадлежащие фронтальному очерку конуса – 1, 6 и 4, 5 – точки, принадлежащие профильному очерку конуса) и несколько промежуточных (чем больше будет отмечено таких точек, тем точнее получится фигура сечения – эллипс). Горизонтальные и профильные проекции точек 1,4,5,6, находятся без дополнительных построений, так как они принадлежат соответствующим очеркам конуса. Для точек 4 и 5 находятся их профильные проекции из условия принадлежности их профильному очерку конуса, а затем, измерив игрековую координату этих точек от оси конуса, отмечают их горизонтальные проекции. Для нахождения проекций промежуточных точек можно воспользоваться методом проведения секущих плоскостей, параллельных основанию конуса или проведением через отмеченные точки образующих конуса с последующим нахожде-



нием горизонтальных проекций этих образующих и нахождением на них соответствующих точек. Далее по двум полученным проекциям строятся третья проекция отмеченных точек. Полученные проекции точек соединяются плавной кривой с учетом видимости (на примере верхняя часть конуса отсечена плоскостью  $Q$  и поэтому вся фигура сечения на профильной плоскости видна). Если такого отсечения не происходит, то на профильной проекции часть кривой сечения 465 изобразится невидимой линией.

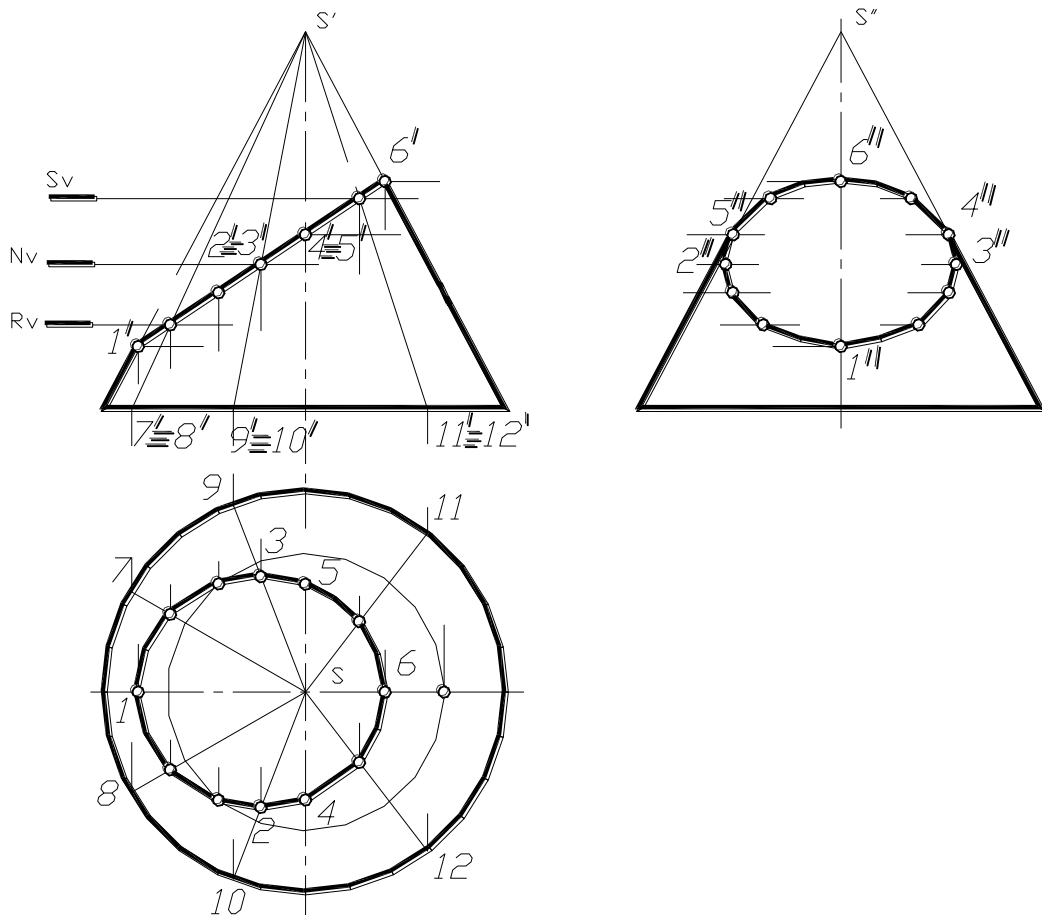


Рис. 1.86

**Конус с вырезом.** На рисунке 1.87 показан конус, в котором выполнен вырез, образованный тремя плоскостями частного положения, образующих призматический вырез. Фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с очерком призматического выреза. Для нахождения горизонтально и профильной проекций выреза отмечаем ряд необходимых точек. Необходимо отметить характерные точки, принадлежащие очеркам конуса, точки перегиба плоскостей выреза и ряд промежуточных для точности построения определенных кривых.

В данном случае отмечаются точки 5,6 и 11,12, принадлежащие профильному очерку конуса; точки 1, 2, 3, 4, 9,10, являющиеся ребрами (линии перегиба плоскостей выреза) призматического выреза. Для более точного построения части параболы необходимо отметить ряд точек (чем их будет

больше, тем точнее получится кривая) находящихся между точками 3, 9 и 4, 10 (в данном случае это точки 7 и 8). Для построения части выреза, в результате которого образуется часть гиперболы, отмечаются точки, находящиеся между точками 1 и 3, 2 и 4 (в данном случае это точки 13 и 14). Их также необходимо взять достаточное количество.

Построив горизонтальные и профильные проекции отмеченных точек, фигуры проекций выреза соединяются с учетом видимости. На горизонтальной плоскости линии входа и выхода призматического выреза конуса видны. На профильной проекции видимость определяется по граничным точкам 5, 6 и 11, 12. Линия 5, 7, 9, 11 и 6, 8, 10, 12 на профильной проекции не видна, но, учитывая форму выреза, куски линии 5, 7 и 6, 8 до линий 3, 13 и 4, 14 будут видны.

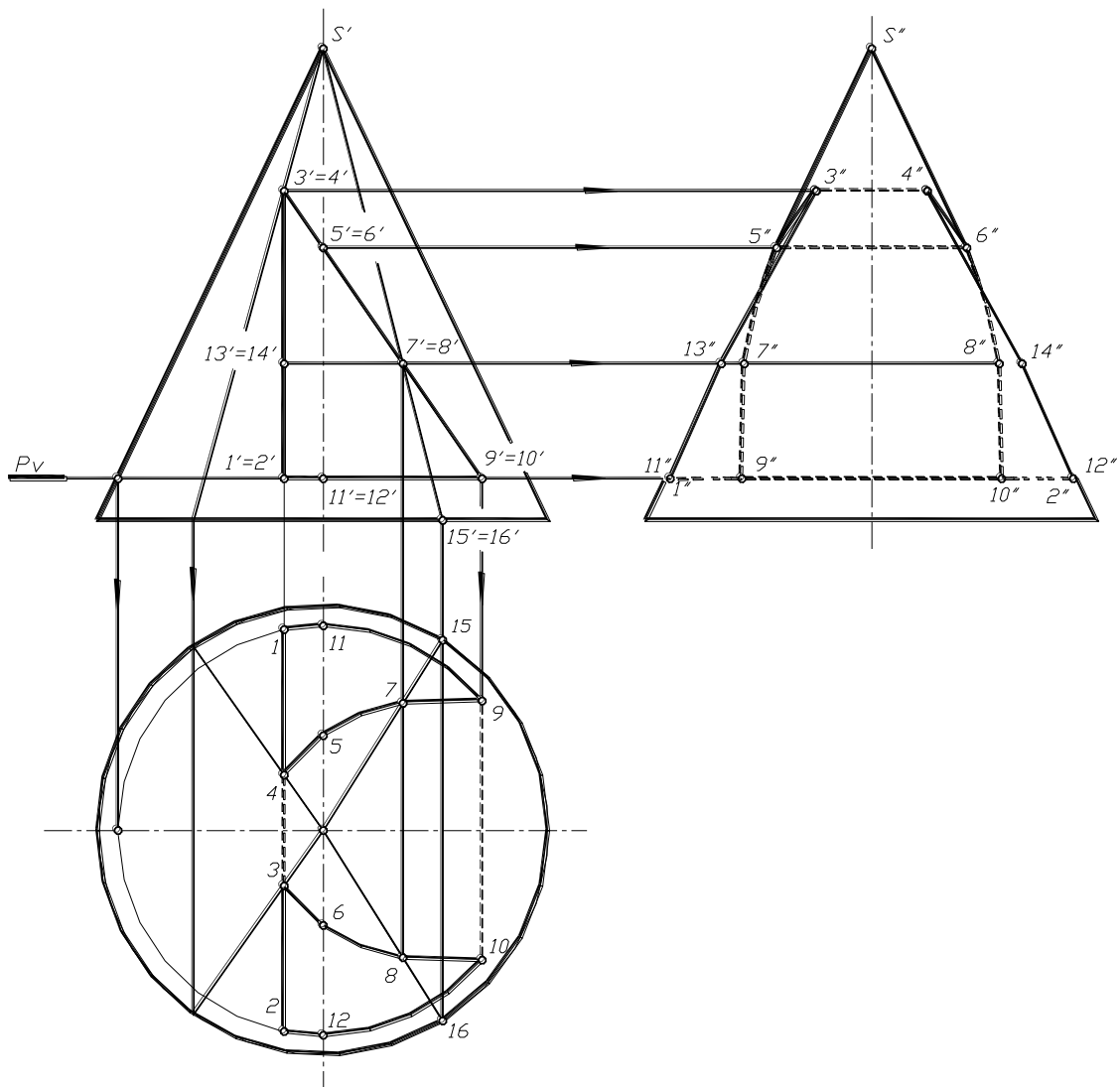


Рис. 1.87

**Сечение шара плоскостью.** Если шар пересекать плоскостью, то в сечении всегда получается окружность. Эта окружность может проецироваться:

- в прямую, если секущая плоскость перпендикулярна к плоскости проекций;

- в окружность с радиусом, равным расстоянию от оси вращения шара до очерка, если секущая плоскость параллельна какой-либо плоскости проекций;

- в эллипс, если секущая плоскость не параллельна ни одной из плоскостей проекций.

Чтобы построить проекции точки, лежащей на поверхности шара, необходимо через нее провести секущую плоскость, параллельную какой-либо плоскости проекций, и построить окружность, на которой находится эта точка

На рисунке 1.88 показано построение проекций линии сечения шара фронтально проецирующей плоскостью.

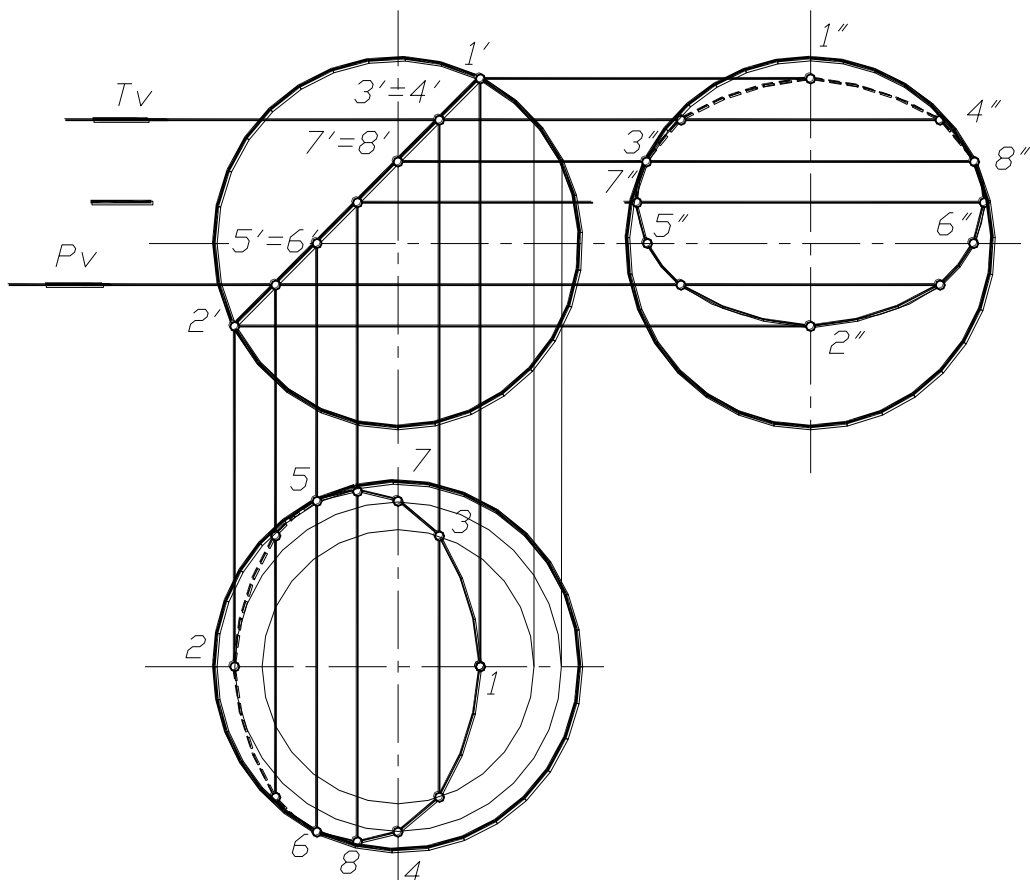


Рис. 1.88

Построение начинаем с определения характерных точек. Точки 1 и 2 находятся на фронтальном очерке шара (главном меридиане). Эти точки – концы малой оси эллипса, а также самая высокая и самая низкая точки. Их горизонтальные и профильные проекции находятся на соответствующих окружностях шара, которые на горизонтальной и профильной плоскостях

совпадают с осями. Точки 7 и 8 находятся на профильном очерке шара (профильном меридиане) и служат для определения видимости на профильной плоскости проекций. Горизонтальные проекции этих точек находятся по фронтальным и профильным. Точки 5 и 6 находятся на горизонтальном очерке шара (экваторе) и служат для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций. Профильные проекции этих точек находим по горизонтальным и фронтальным проекциям. Для точного построения линии сечения необходимо найти несколько дополнительных точек. Для их построения используются вспомогательные секущие плоскости (например, плоскости горизонтального уровня Т и Р), которые в сечении дают окружность на горизонтальной плоскости. Полученные точки соединяют плавной кривой с учетом их видимости.

**Шар с вырезом.** На рисунке 1.89 показано построение проекций шара с вырезом, образованным тремя плоскостями частного положения, образующими призматический вырез.

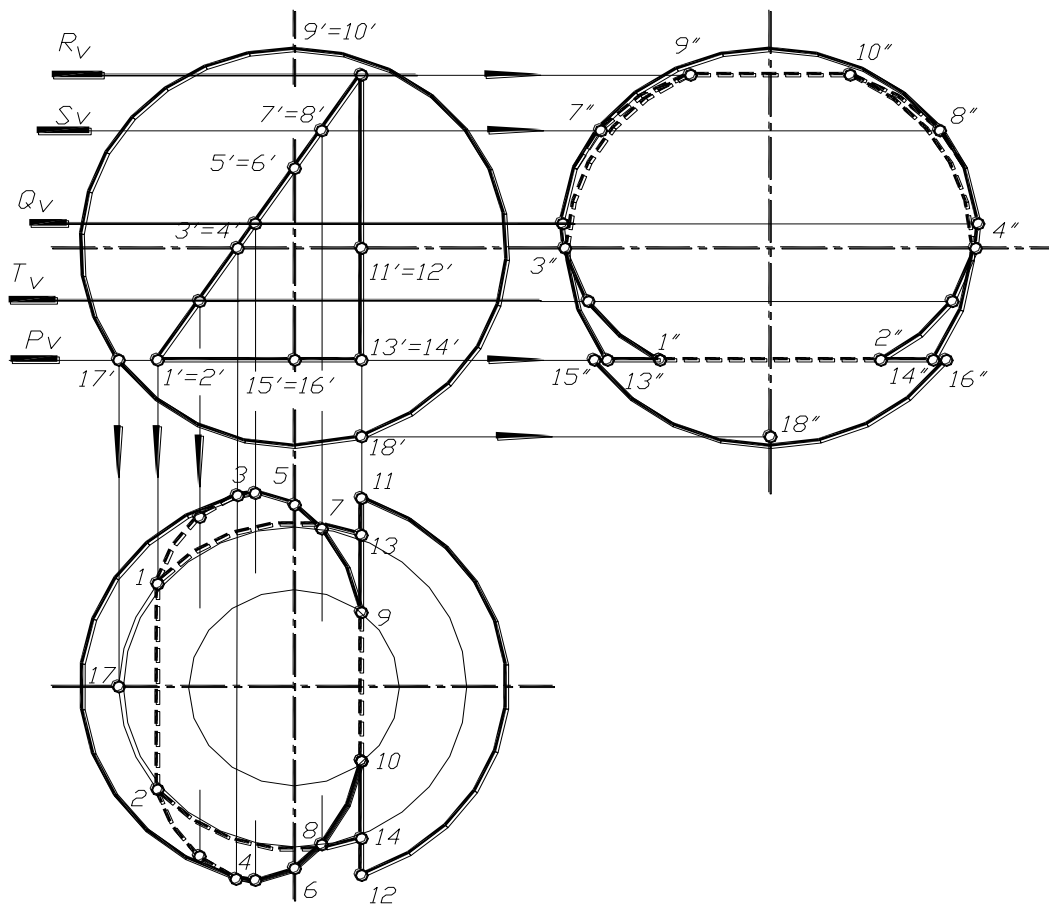


Рис. 1.89

Для построения проекций выреза отмечаем необходимые точки. Это точки, принадлежащие очеркам шара, точки перегиба плоскостей выреза, а также ряд промежуточных для более точного построения линий выреза.

Нахождение проекций характерных точек, принадлежащие очеркам шара, выполняется без дополнительных построений из учета принадлежности их определенным очеркам шара (точки 3, 4 и 11, 12 находятся на горизонтальном очерке шара, точки 7, 8 и 15, 16 – на профильном очерке). Проекция всех остальных точек находятся путем проведения через них дополнительных плоскостей уровня (горизонтального – как на данном примере или профильного). Например, при сечении шара плоскостью горизонтального уровня  $P$  в сечении образуется окружность соответствующего радиуса. Горизонтальные проекции точек 1,2,15,16,13,14 находятся на горизонтальной проекции полученной окружности. Профильные проекции этих точек находятся по двум уже построенным фронтальным и горизонтальным. Кусочки линии сечения от этой плоскости с одной стороны шара: 1,15,13 и с другой – 2,16,14. Куски линии сечения шара в пределах выреза от плоскости, находящееся между точками 1, 9 и 2, 10 с одной стороны шара: 1,3,5,7,9 и с другой – 2,4,6,8,10. Между точками 9, 13 и 10, 14 образуется часть окружности соответствующего радиуса, которая на горизонтальную плоскость проецируется в линию, а на профильную в окружность.

Полученные части линий проекций выреза соединяем с учетом видимости на горизонтальной и профильных плоскостях. Границей видимости на горизонтальной плоскости служат точки 3, 4 и 11, 12: на профильной плоскости – точки 5, 6 и 15, 16.

## **2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ**

### **2.1. Единая система конструкторской документации. Стандарты ЕСКД**

Правила выполнения чертежей и других технических документов регламентированы Единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

ЕСКД – комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения о порядке разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями страны.

Основное значение стандартов ЕСКД – установить на предприятиях и в организациях единые правила выполнения, оформления и обращения конструкторской документации. Правила выполнения чертежей изложены в сборнике стандартов «Общие правила выполнения чертежей», а также в учебниках и справочниках по машиностроительному черчению.

### **2.2. Форматы**

Различного вида чертежи и другие конструкторские документы всех видов промышленности выполняют на листах определенных форматов, размеры сторон которых установлены стандартом (ГОСТ 2.301 – 68\*). Основные форматы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Обозначение формата	A0	A1	A2	A3	A4
Размеры сторон формата	840x1188	594x810	420x594	297x420	210x297

Формат листов определяется размерами внешней рамки чертежа. На листах любого формата проводят сплошной основной линией рамку чертежа. При этом расстояние с левой стороны листа – 20мм (это поле чертежа, предназначенное для подшивки чертежа), а на остальных сторонах – 5мм (рис. 2.1 и рис. 2.2).

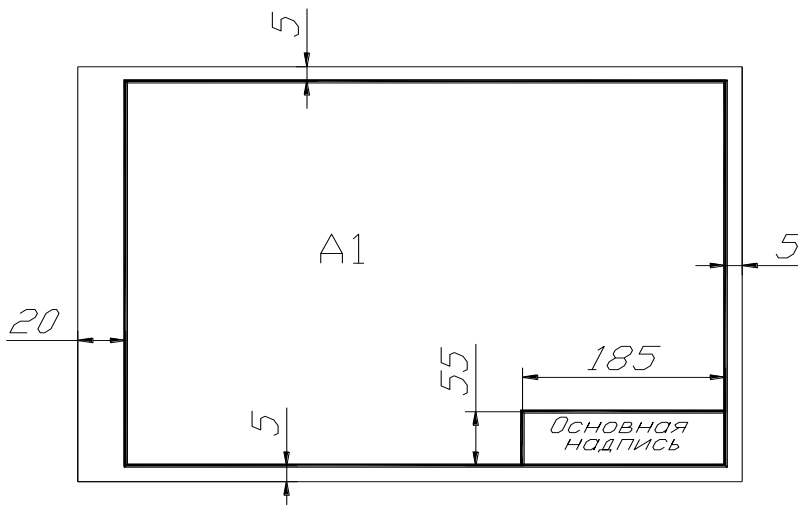


Рис. 2.1

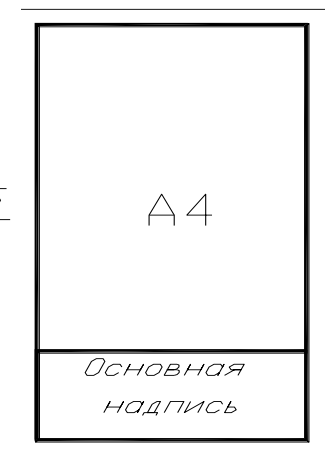


Рис. 2.2

На всех видах чертежей основные надписи располагают в правом нижнем углу формата (ГОСТ 2.104 - 68). На формате A4 основная надпись располагается только вдоль короткой стороны листа. Основная надпись выполняется сплошными основными и тонкими линиями (рис. 2.3). В графах основной надписи указывают:

в графе 1 – наименование изделия (задания);

в графе 2 – обозначение чертежа;

КМГ1.ХХХХХХ.000

КМГ1 – код организации разработчика (используем название кафедры, ведущую данную дисциплину и курс, на котором обучается студент);

ХХХХХХ – код классификационной характеристики изделия;

000 – код порядкового регистрационного номера

в графе 3 – материал детали;

в графе 4 – «У» (учебный чертеж);

- в графе 6 – масштаб чертежа;
- в графе 7 – порядковый номер листа (на заданиях, состоящих из одного листа, графу не заполняют);
- в графе 8 – общее количество листов задания (графу заполняют только на первом листе);
- в графе 9 – наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ;
- в графе 10 – фамилию студента;
- в графе 11 – фамилию преподавателя;
- в графе 12 – подпись студента;
- в графе 13 – дату выполнения чертежа.

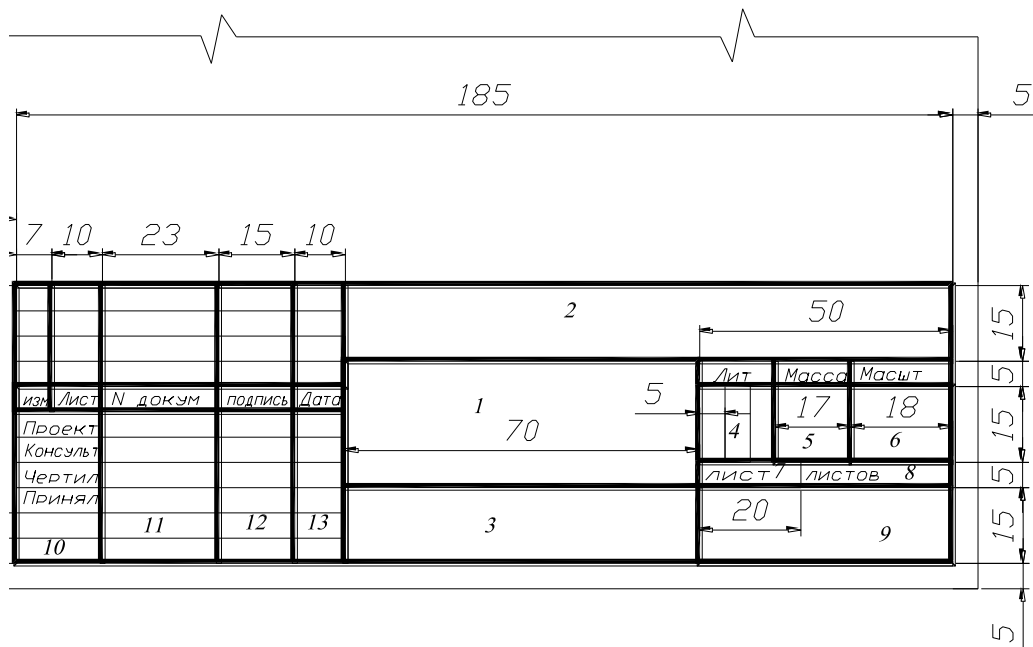


Рис. 2.3

## 2.3. Масштабы

Масштабом изображения называют отношения размеров предмета, выполненные на чертеже без искажения его изображения, к их действительным значениям. Изображение может быть дано в натуральную величину, быть увеличенным или уменьшенным (ГОСТ 2.302 – 68\*). ГОСТ рекомендует выбирать масштабы из следующего ряда:

*Масштабы уменьшения* – 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20 и т.д.

*Масштабы увеличения* – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1 и т.д.

При выборе масштаба следует руководствоваться удобством пользования чертежом.

Масштаб указывается в графе основной надписи, имеющей заголовок «Масштаб». Масштаб изображения, отличающийся от указанного в основной надписи, помещают непосредственно над изображением вместе с надписью, относящейся к изображению. Например, для разрезов и сечений – А-А (2:1).

## 2.4. Линии

При выполнении чертежей, согласно ГОСТ 2.303-68\*, используют несколько типов линий (рис. 2.4). Толщина сплошной основной линии  $S$  применяется в пределах 0,5 – 1,4 мм, в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Толщина линии должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе. Для выполняемых чертежей заданий толщина сплошной основной линии рекомендуется 0,8 - 1 мм.

Использующиеся в различных технических документах типы линий даны в приложении 1.

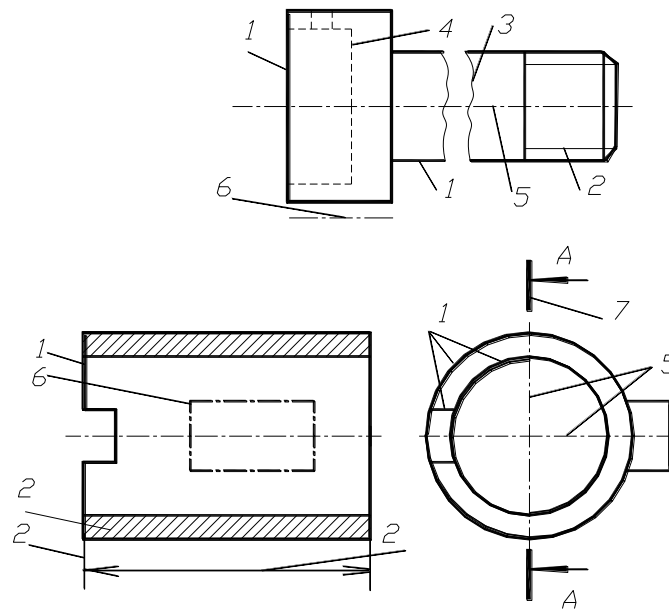


Рис. 2.4

1. Сплошная основная – для нанесения видимого контура детали.
  2. Сплошная тонкая - для нанесения размерных и выносных линий, линий штриховки, линий-выносок и полок линий-выносок, линий построения характерных точек или специальных построениях.
  3. Сплошная тонкая волнистая – для нанесения линий обрыва и линии разграничения вида и разреза.
  4. Штриховая – для нанесения линий невидимого контура.
  5. Штрихпунктирная тонкая – для нанесения осевых и центровых линий.
  6. Штриховая утолщенная – для нанесения обозначения поверхности, подлежащей термообработке.
  7. Разомкнутая – для нанесения линий сечения.
- Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, заменяют сплошными тонкими, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении меньше 12 мм.
8. Сплошная тонкая с изломом – длинные линии обрыва.



9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая – линии сгиба на развертках, линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях.

На рис. 2.4 приведены примеры использования выше указанных линий.

Стандарт устанавливает наименьшую толщину линий и наименьшее расстояние между смежными линиями в зависимости от формата чертежа, а также приводит некоторые указания по обводке изображений на чертежах:

- \* длину штрихов в штриховых и штрих пунктирных линиях следует выбирать в зависимости от размеров изображения;

- \* штрихи в линии должны быть приблизительно одинаковой длины;

- \* промежутки между штрихами в каждой линии должны быть приблизительно одинаковыми;

- \* штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами;

- \* штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм.

## 2.5. Шрифты чертежные

Все надписи на чертежах и других технических документах выполняются чертежным шрифтом русского латинского и греческого алфавитов, а рабскими и римскими цифрами и специальными знаками (рис. 2.5).

Шрифтом называют графическое изображение всех букв, цифр и знаков алфавита в системе какого-либо языка. Чертежные шрифты для технических документов всех отраслей промышленности устанавливает ГОСТ 2.304-81.

Размер шрифта характеризуется высотой ( $h$ ) прописных букв в миллиметрах. Установлены следующие его размеры: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

В зависимости от толщины линий установлены два типа шрифта:

тип А с толщиной линии  $d = 1.14 h$

тип Б с толщиной линии  $d = 1.10 h$ .

Оба типа шрифта могут выполняться с наклоном около  $75^0$  или без наклона (прямой шрифт).

При выполнении заданий по инженерной графике рекомендуется применять шрифт типа Б с наклоном  $75^0$ .



## Шрифт типа Б

Параметр		Относительный размер		Размеры, мм							
Размер шрифта	$h$	$(10/10) h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10	14	20
Высота строчных букв	$c$	$(7/10) h$	$7d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10	14
Расстояние между буквами	$a$	$(2/10) h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Минимальный шаг строк	$b$	$(17/10) h$	$17d$	3,1	4,3	6,0	8,5	12	17	24	34
Минимальное расстояние между словами	$e$	$(6/10) h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12
Толщина линий шрифта	$d$	$(1/10) h$	$d$	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

## 2.6. Изображения на технических чертежах

### Прямоугольное проецирование на несколько плоскостей проекций

Изображение предметов (подразумеваются изделия и их составные части) должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. Различают две его разновидности, но основным является метод *первого угла* (рис. 2.5), когда изображаемый предмет располагают между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций.

Шесть граней куба принимают за основные плоскости проекций, совмещаемые с плоскостью чертежа (рис.2.6).

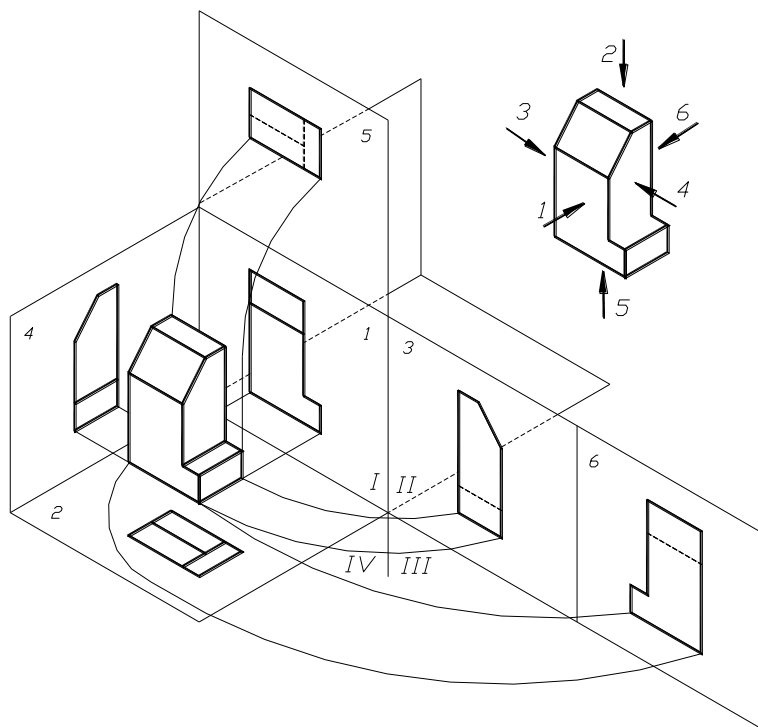


Рис.2.6

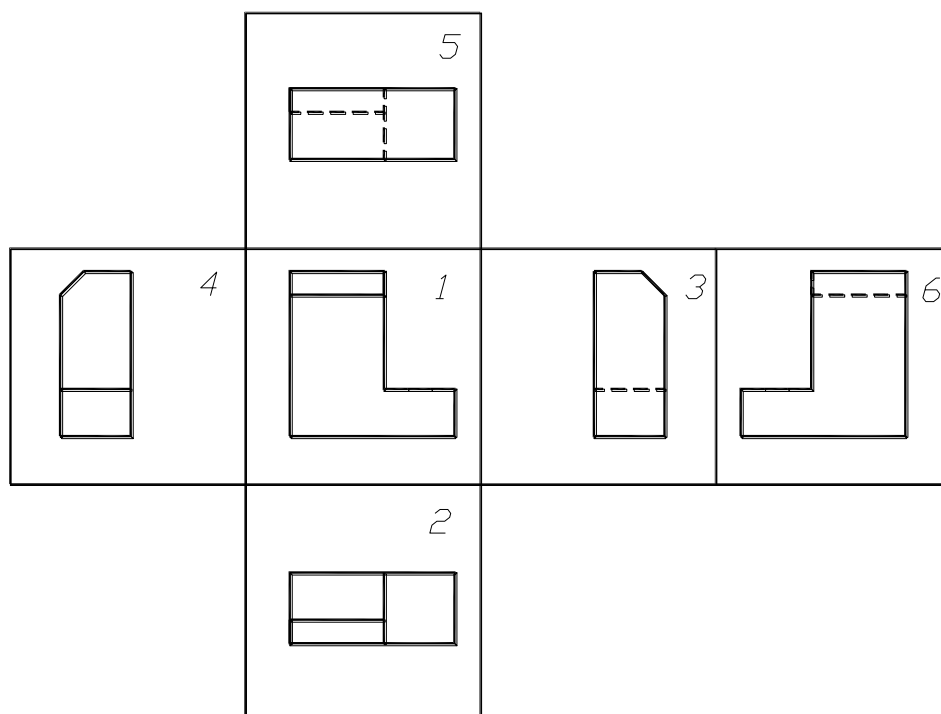


Рис. 2.7

Согласно ГОСТ 2.305-68\*, изображение на фронтальной плоскости проекций принимают на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной проекции так, чтобы изображение на ней (*главное изображение*) давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

В зависимости от содержания изображения разделяют на виды, разрезы и сечения.

## **Виды**

Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части предмета.

Виды, получаемые на основных плоскостях проекций, являются основными и имеют следующие названия: 1 – вид спереди (или главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади (рис. 2.6).

Если какой-либо вид расположен вне проекционной связи с главным изображением (вида или разреза) или отделен от него другими изображениями, указывают стрелкой направление проецирования, обозначаемое прописной буквой, той же буквой обозначают построенный вид (рис. 2.8).

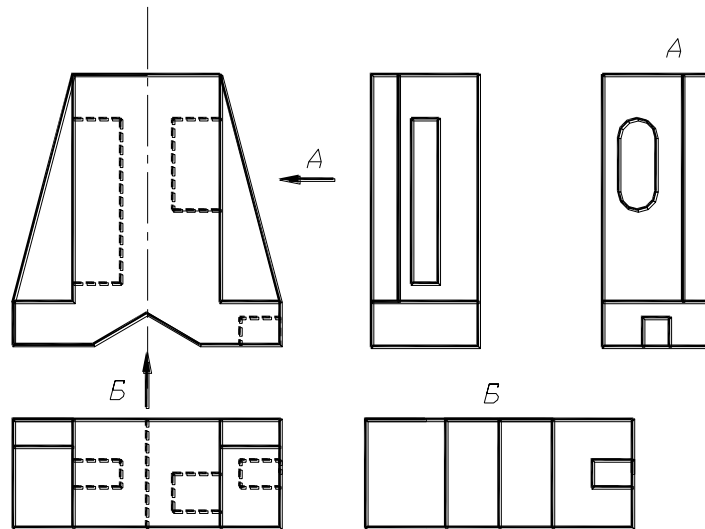


Рис. 2.8

Если какая-либо часть предмета не может быть показана ни на одном из основных видов без искажения формы и размеров, то применяют *дополнительные виды*, получаемые на плоскостях, не параллельных основным плоскостям проекций. Дополнительный вид также отмечают стрелкой и надписью (рис. 2.9 а, б). Допускается поворачивать дополнительный вид, при этом к надписи добавляют знак «повернуто» (рис. 2.9 б, рис. 2.9 в).

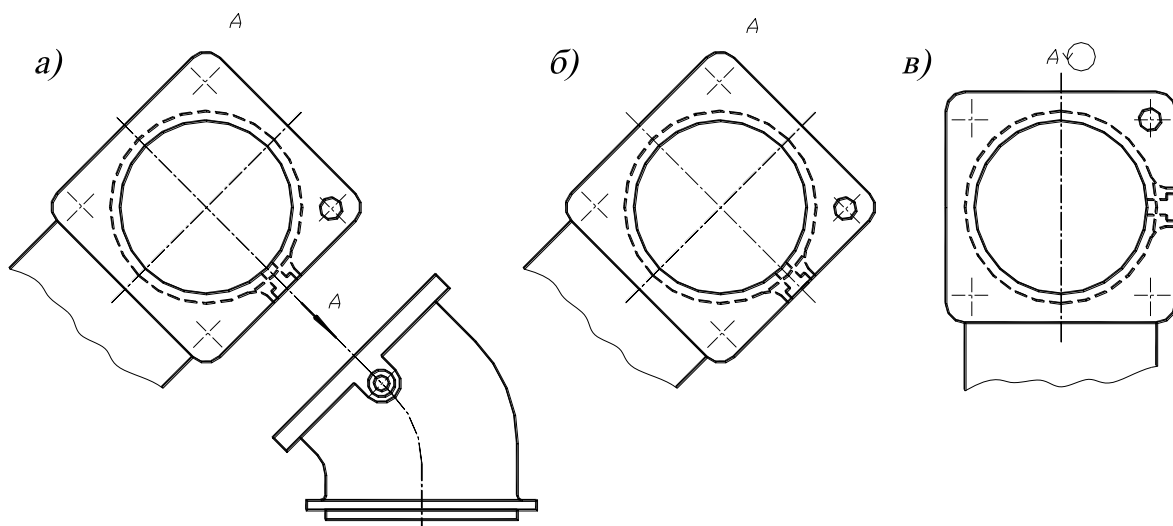


Рис. 2.9

Изображение ограниченного места поверхности предмета называют *местным* (частичным) *видом*. Он может быть ограничен линией обрыва (Вид А, рис. 2.10) или не ограничен. Местный вид отмечают на чертеже подобно дополнительному виду.

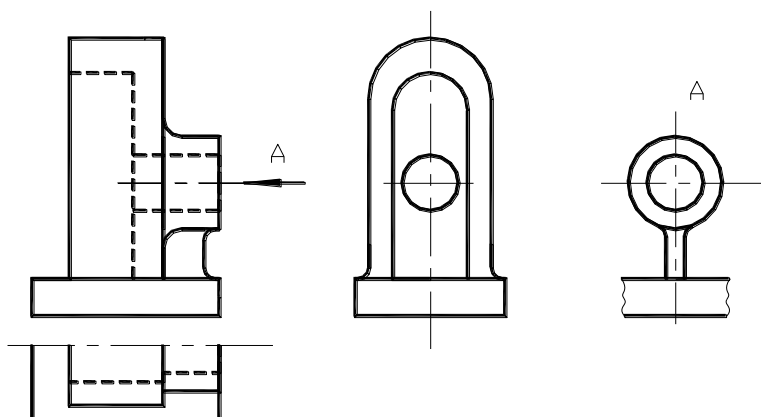


Рис. 2.10

На рисунке 2.11 а приведены размеры стрелки, указывающей направление проецирования (три варианта), и знаков, заменяющих слова «повернуто» (рис. 2.11 б).

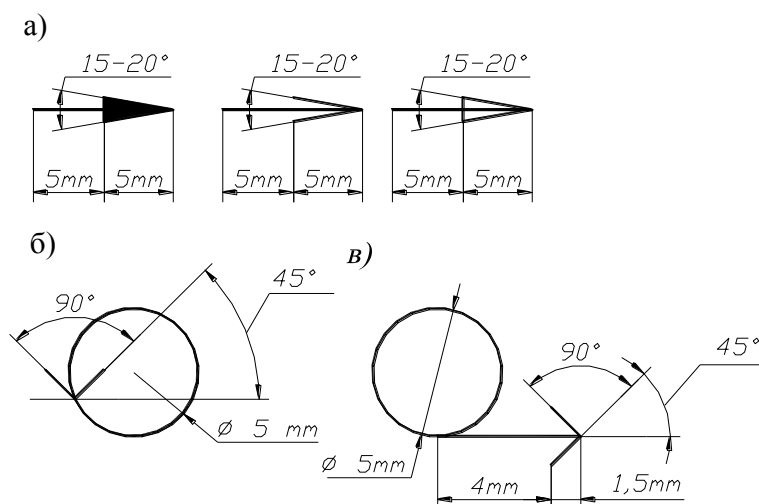


Рис. 2.11

## Разрезы

Разрез – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. *На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.*

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяют на *простые* – при одной секущей плоскости, и *сложные* – при двух и более секущих плоскостях.

Простые разрезы могут быть:

*горизонтальные* – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (рис 2.14 а);

*вертикальные* – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций. Вертикальный разрез называют *фронтальным* (рис. 2.13 б), если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций и *профильным*, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций;

*наклонные* – секущая плоскость наклонена к горизонтальной плоскости проекций (рис. 2.13 а).

Простые разрезы могут обозначаться или не обозначаться. Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, разрезы не обозначаются положением секущей плоскости и разрез надписью не сопровождается (рис. 2.14 б). Таким образом: *не указывают положение секущей плоскости, если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета и параллельна одной из основных плоскостей проекций. Непременные условия для этого случая – выполнение изображений методом правого угла и расположение в непосредственной проекционной связи, обеспечивающие однозначное понимание чертежа.*

При симметричности изображения, выполняют совмещение половины вида с половиной соответствующего разреза. Если соединяют половину вида и половину разреза, каждый из которых – симметричная фигура, то разделяющей линией служит ось симметрии (рис. 2.14 а), за исключением случаев, когда на ось симметрии проецируется линия контура (рис.2.14 б). В этом случае увеличивается либо доля разреза (внутреннее ребро), либо доля вида (ребро, совпадающее с осью на внешней поверхности) и вид от разреза отделяется волнистой линией. При этом разрезы располагают справа от вертикальной или вниз от горизонтальной оси симметрии (рис. 2.14).

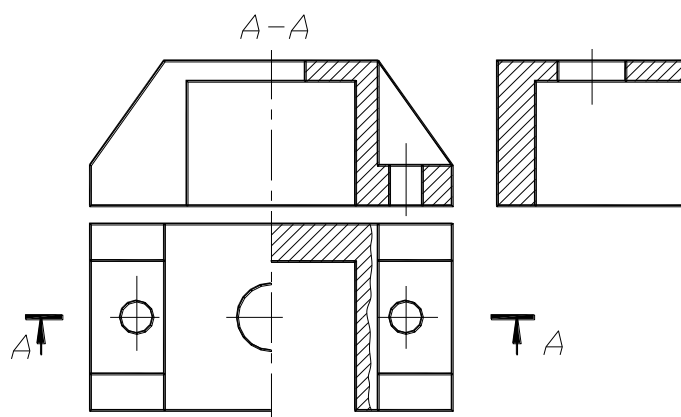


Рис. 2.12

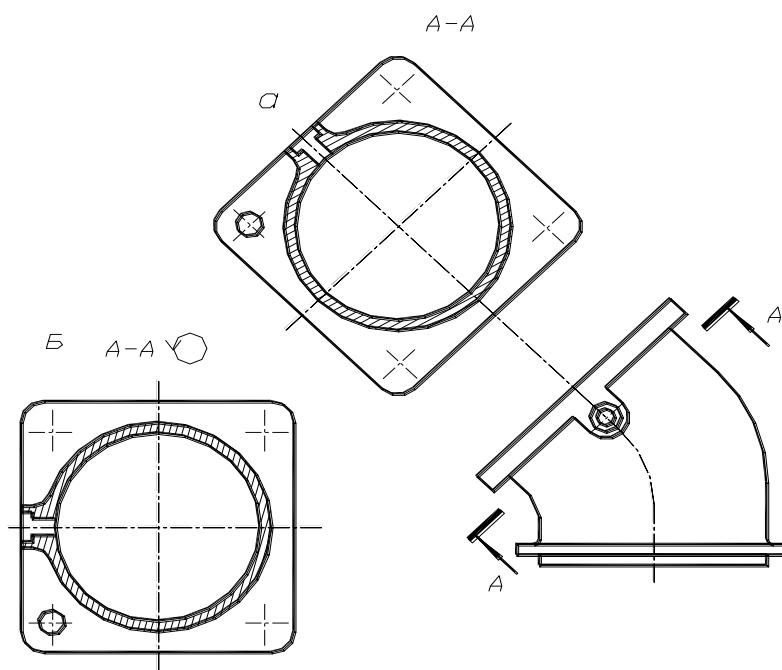


Рис. 2.13



*Наклонные* – секущая плоскость наклонена к горизонтальной плоскости проекций (рис. 2.13 а). Наклонный разрез допускается изображать с поворотом. В этом случае к его обозначению добавляют тот же знак, что у повернутых видов (рис. 2.13 б).

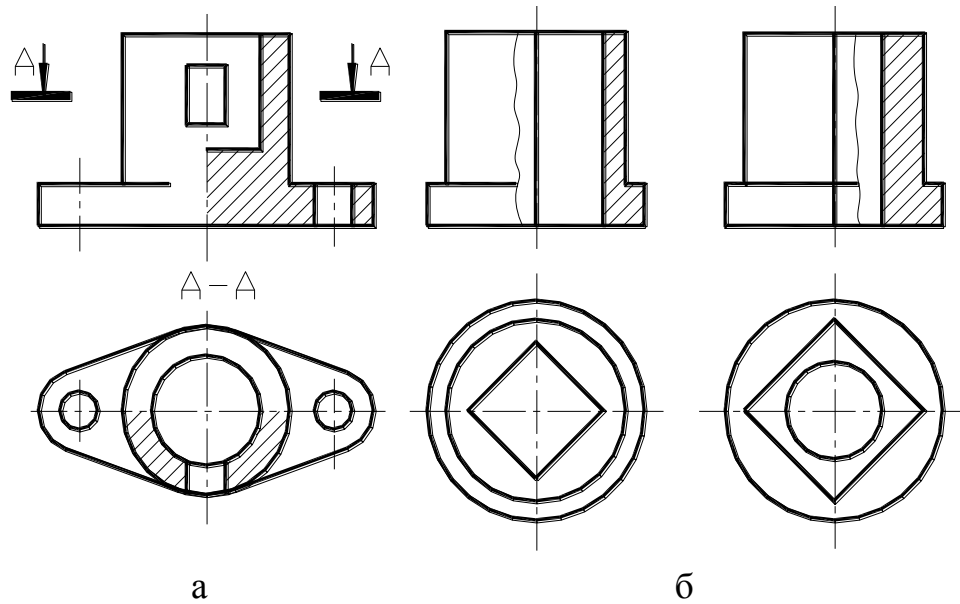


Рис. 2.14

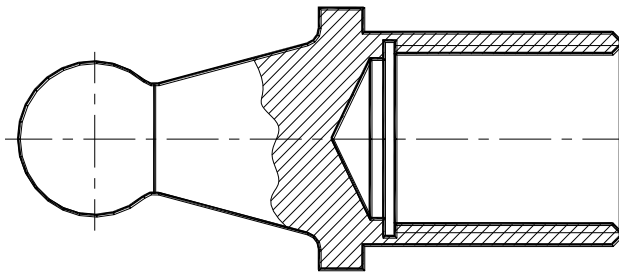


РИС. 2.15

Разрез, служащий для выяснения устройства детали лишь в отдельном ограниченном месте, называют *местным* (частичным) (рис. 2.15).

Его ограничивают на виде или волнистой линией, или линией с изломами. Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

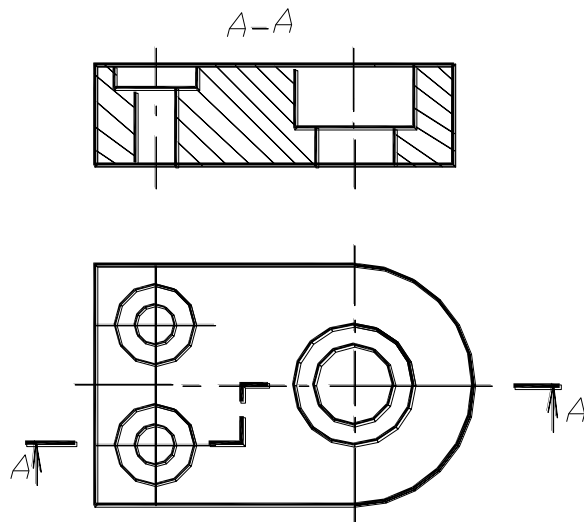


РИС. 2.16

Для уменьшения количества изображений соответствующий разрез выполняется на месте соответствующего вида (рис. 2.12, 2.13, 2.14, 2.16, 2.17, 2.18).

Сложный разрез называют *ступенчатым*, если секущие плоскости параллельны (рис. 2.16), и *ломаным*, если секущие плоскости пересекаются под углом, большим  $90^\circ$  (рис. 2.16). Допускается применять сложный ломаный разрез подобный разрезу А-А на рисунке 2.17, когда направление проецирования не соответствует направлению поворота.

При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, до которой производится совмещение (шпоночная канавка и призматический выступ на рис. 2.18).

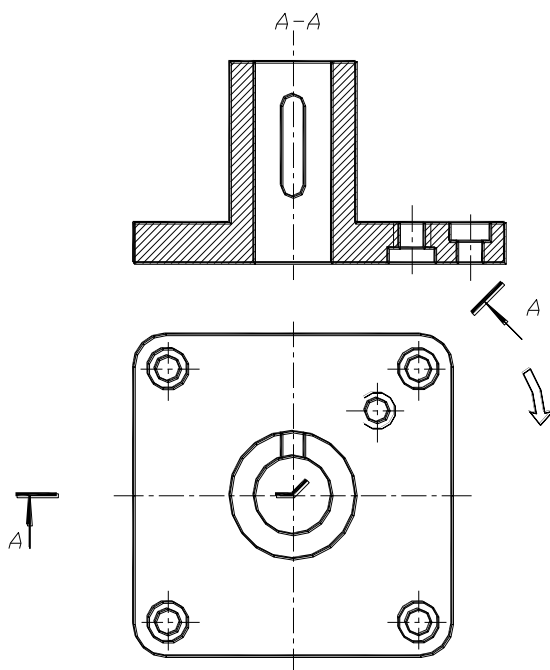


Рис. 2.17

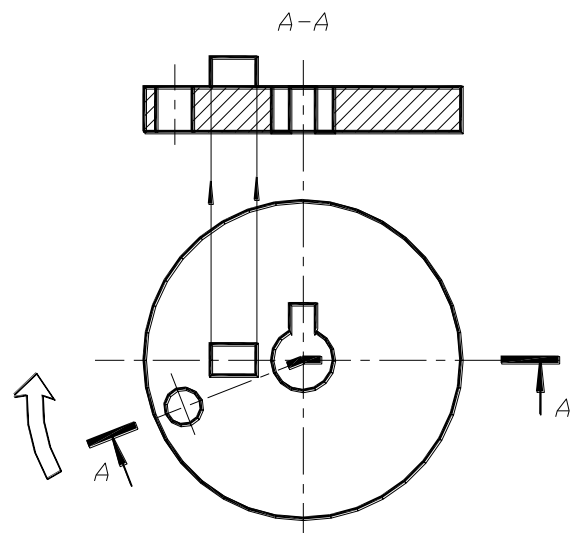


Рис. 2.18

В общем случае, если секущая плоскость делит деталь на не симметричные части, обозначением разреза содержит указание положения секущей плоскости линией сечения (штрихами разомкнутой линии), указание направления проецирования (стрелками на начальном и конечном штрихах) и обозначение секущей плоскости и разреза одной и той же прописной буквой русского алфавита, начиная с А без пропусков и повторений. Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур изображения. Буквы наносят около стрелок с внешней стороны. Размер шрифта – в 1,5...2 раза больший, чем принятый для цифр размерных чисел. Величина  $L$  – по обстановке, желательно не менее 3 мм (рис. 2.19).

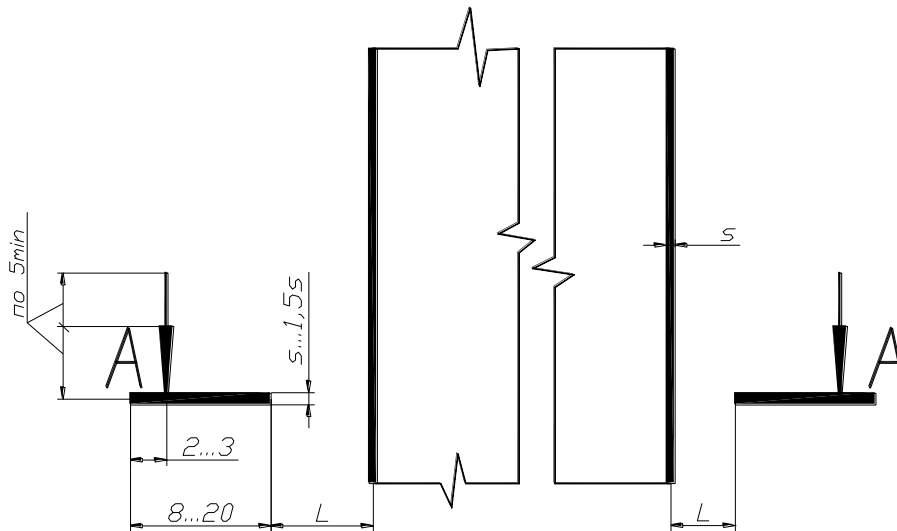


Рис. 2.19

## Сечения

Сечение – изображение фигуры, получающееся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Сечения, не входящие в состав разреза разделяют на *вынесенные* (рис. 2.22) и *наложенные* (рис. 2.21). Вынесенные сечения предпочтительны; допускается располагать их и в разрыве между частями вида (рис. 2.20).

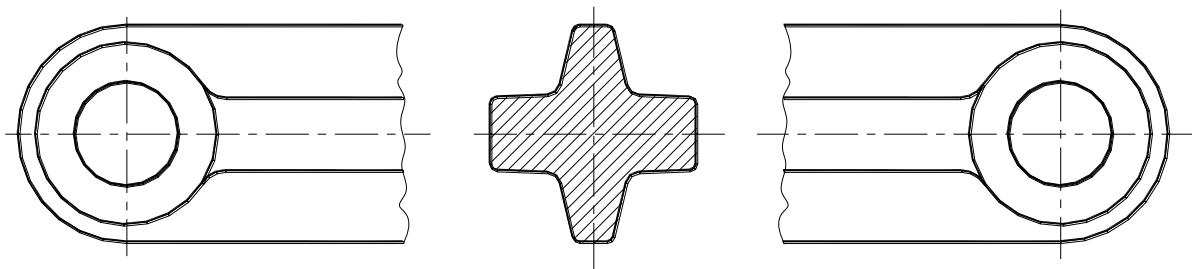


Рис. 2.20

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, контур наложенного — сплошными тонкими, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (рис. 2.21).

Ось симметрии наложенного или вынесенного сечения указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

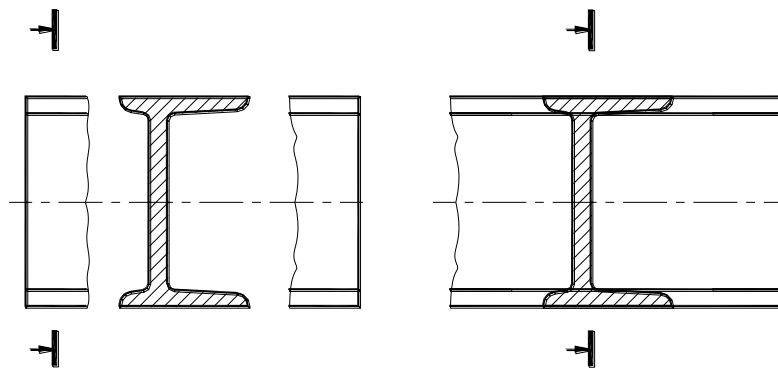


Рис. 2.21

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве или наложенных, линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают (рис. 2.20, 2.21). В общем случае положение секущей плоскости и надпись над сечением на чертежах указывают так же, как и для разрезов (рис. 2.21).

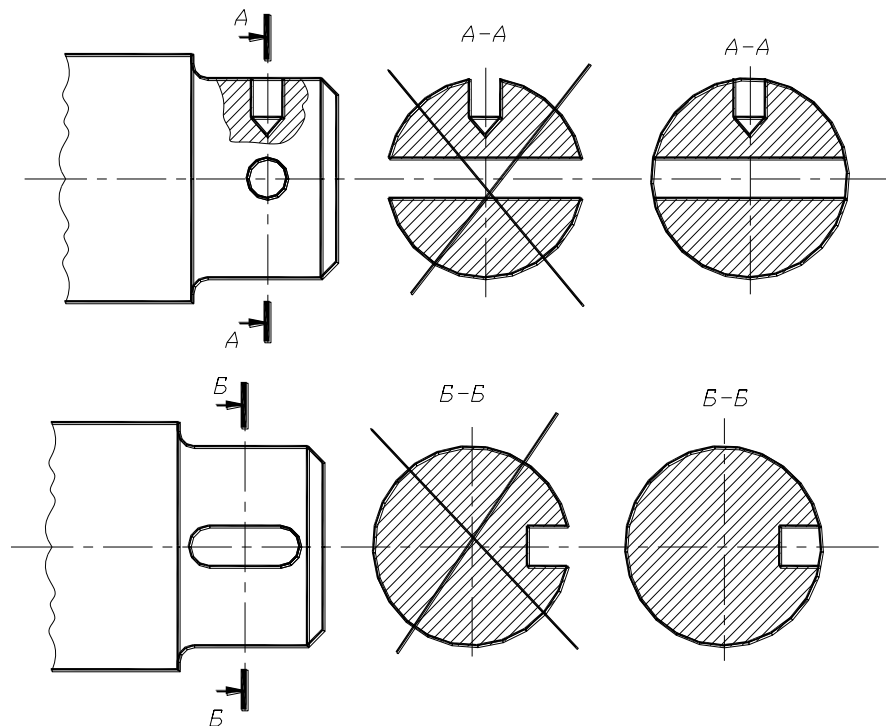


Рис. 1.22

Допускается располагать сечение в любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением знака «повернуто» (рис. 2.24 б).

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (сопоставьте сечение А-А с сечением Б-Б на рисунке 2.22).

Если сечение получается состоящим из отдельных частей, то следует применить разрез (рис. 2.24).

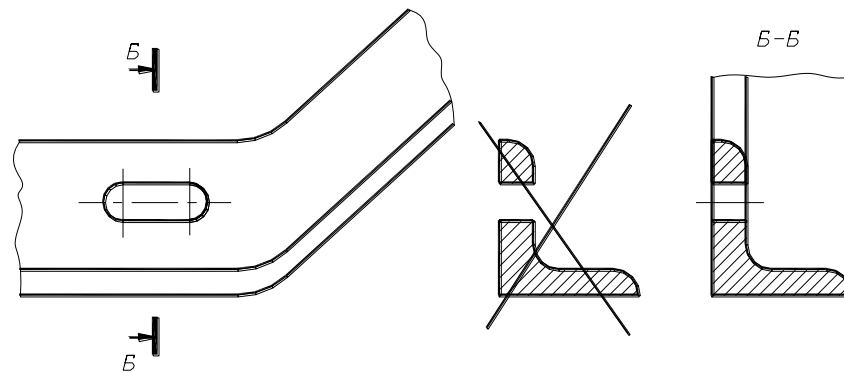


Рис. 1.23

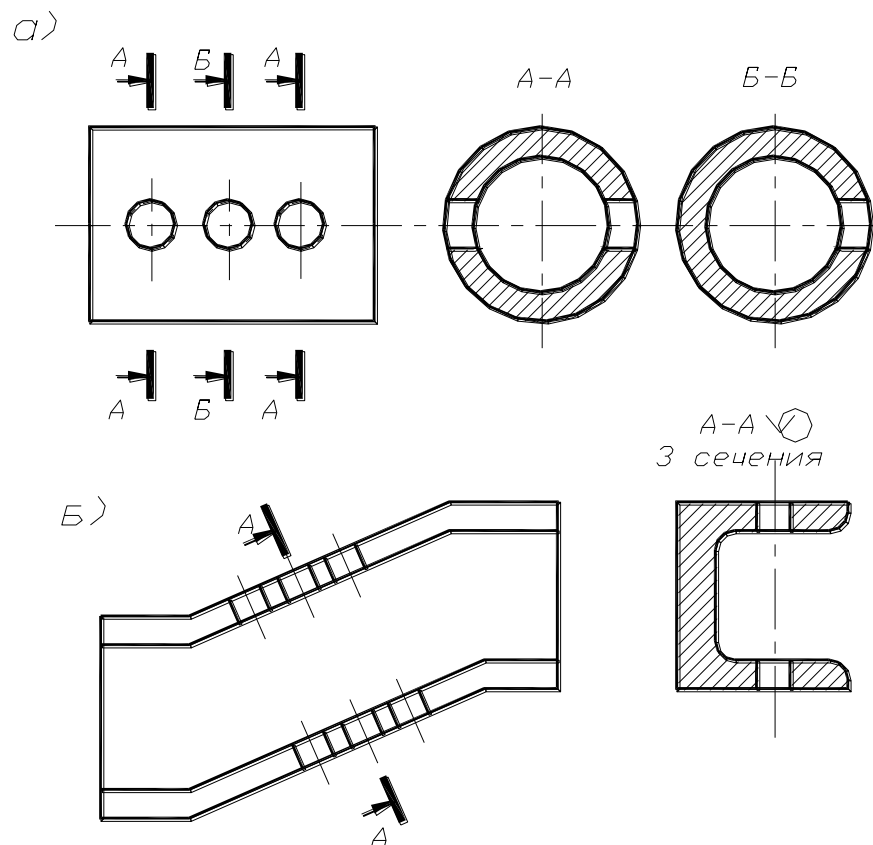


Рис. 2.24

## Выносные элементы

Выносной элемент – изображение в более крупном масштабе какой-либо части предмета, содержащее подробности, не указанные на соответствующем изображении; он может отличаться от основного изображения по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент – разрезом). Пример обозначения выносного элемента (рис. 2.25) – пояснение формы канавки для выхода шлифовального круга.

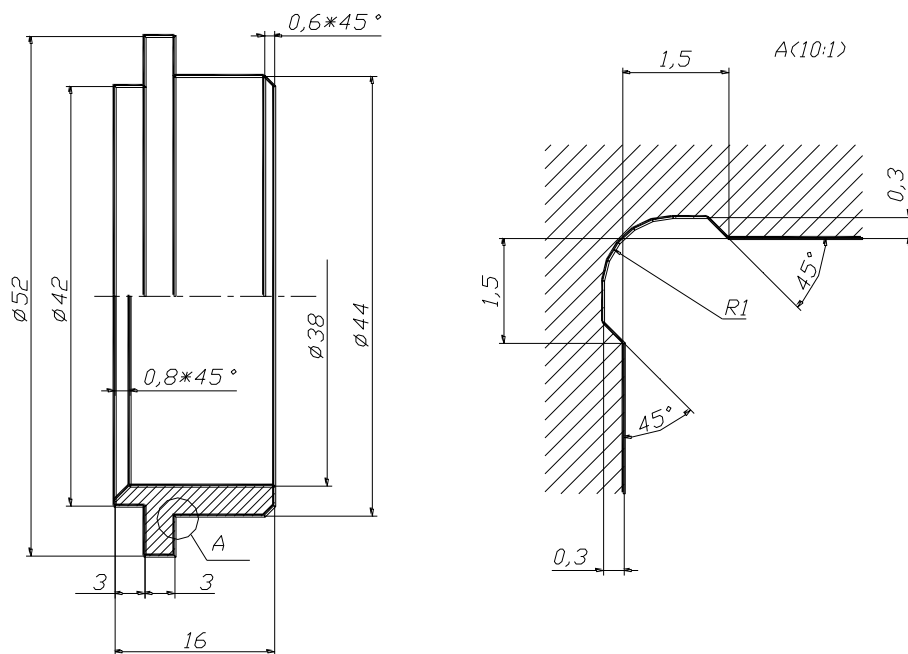


Рис. 2.25

## Условности и упрощения

При изображении предметов ГОСТ рекомендует применять определенные условности и упрощения.

Длинные предметы (или элементы), имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (валы, цепи, прутки и т.д.), изображать с разрывами (рис. 2.26).

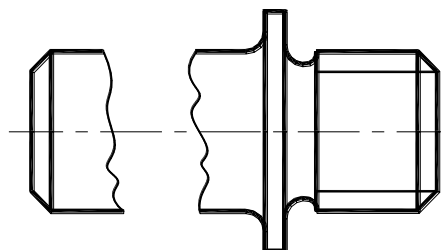


Рис. 2.26

Болты, винты, шпильки, шпонки и другие непустотелые детали, оси, рукоятки и аналогичные части деталей, тонкие стенки, ребра жесткости в продольном разрезе показываются нерассеченными.

Сплошную сетку, плетенку, орнамент, рельеф, рифления и т.д. изображают частично, с возможными упрощениями (рис. 2.27).

Для выделения плоских поверхностей предмета проводят диагонали сплошными тонкими линиями (рис. 2.27).

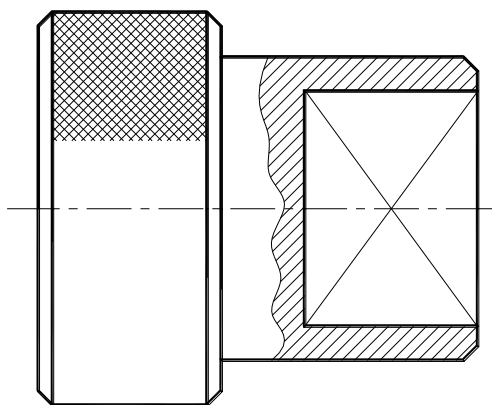


Рис. 2.27

Если вид, разрез или сечение – симметричная фигура, допускается вычерчивать половину или немного более половины изображения (рис. 2.28).

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов (отверстий, зубьев, пазов, спиц и т.д.), то на его изображении показывают один-два таких элемента, а остальные – упрощено или условно (рис. 2.29), а также отверстия, отмеченные только центровыми линиями с указанием их количества.

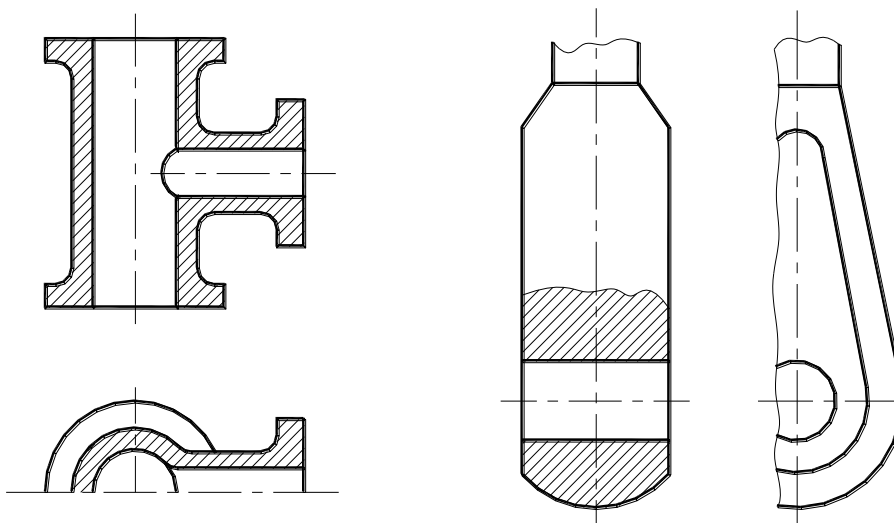


Рис. 2.28

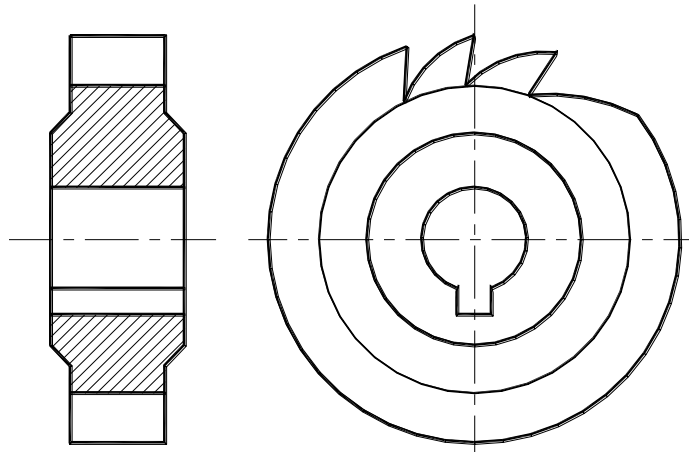


Рис. 2.29

Упрощение изображений сокращает непроизводительное время на выполнение технической работы, ведет к сокращению сроков проектирования, повышению его качества.

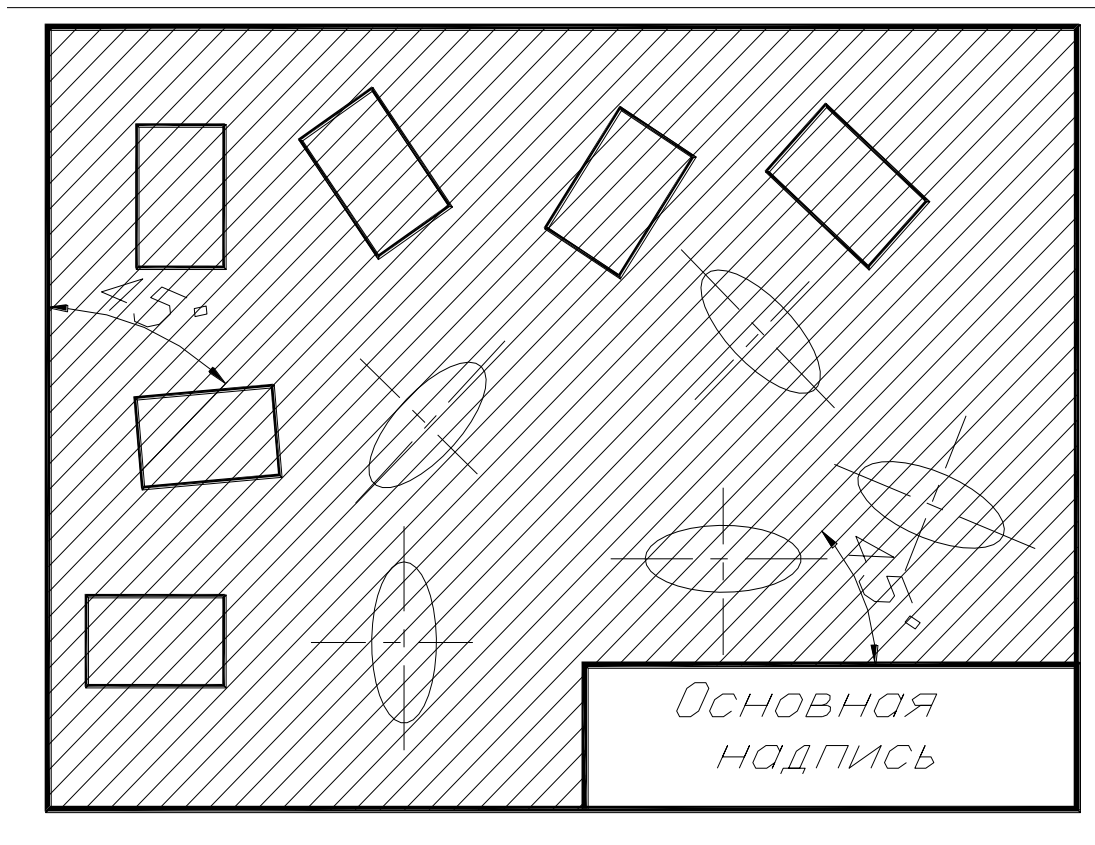
Однако из-за упрощений чертеж не должен терять ясность. Определять, что необходимо и что излишне, должен сам исполнитель чертежа.

## 2.7. Графические обозначения материалов в сечениях

Материал, из которого должно быть изготовлено изделие, указывают соответствующим обозначением в основной надписи чертежа (см. заполнение основной надписи). Однако для удобства пользования чертежом в сечениях (в том числе и входящих в состав разрезов) наносят установленные ГОСТ 2.306-68\* графические обозначения материалов, характеризующие материал только в общих чертах. Некоторые из них, наиболее часто встречающиеся на чертежах в машиностроении, приведены в приложении 3 данного методического пособия.

Параллельные линии штриховки проводят под углом  $45^{\circ}$  к линии рамки чертежа (рис. 2.30) или к оси вынесенного или наложенного сечения (рис. 2.31). Расстояние между линиями выбирается в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений: от 1 до 10 мм (для учебных чертежей рекомендуется – 2...3 мм). Оно должно быть одинаковым для всех сечений данной детали, выполняемых в одном и том же масштабе, и с наклоном в одну и ту же сторону.





Р

ис. 2.30

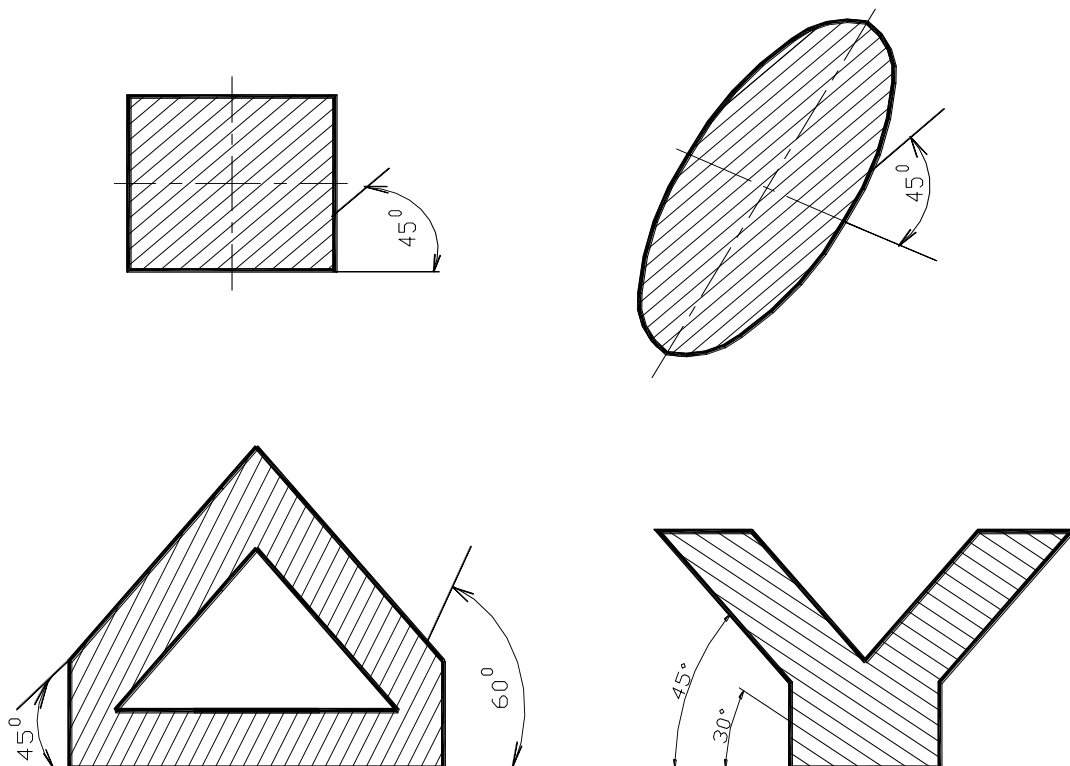


Рис. 2.31

При совпадении направления линий штриховки с контурными или осевыми линиями вместо угла наклона  $45^{\circ}$  применяют угол  $30^{\circ}$  или  $60^{\circ}$  (рис. 2.31).

Используются стандартные условные графические обозначения материалов, некоторые из них показаны на рисунке 2.32.

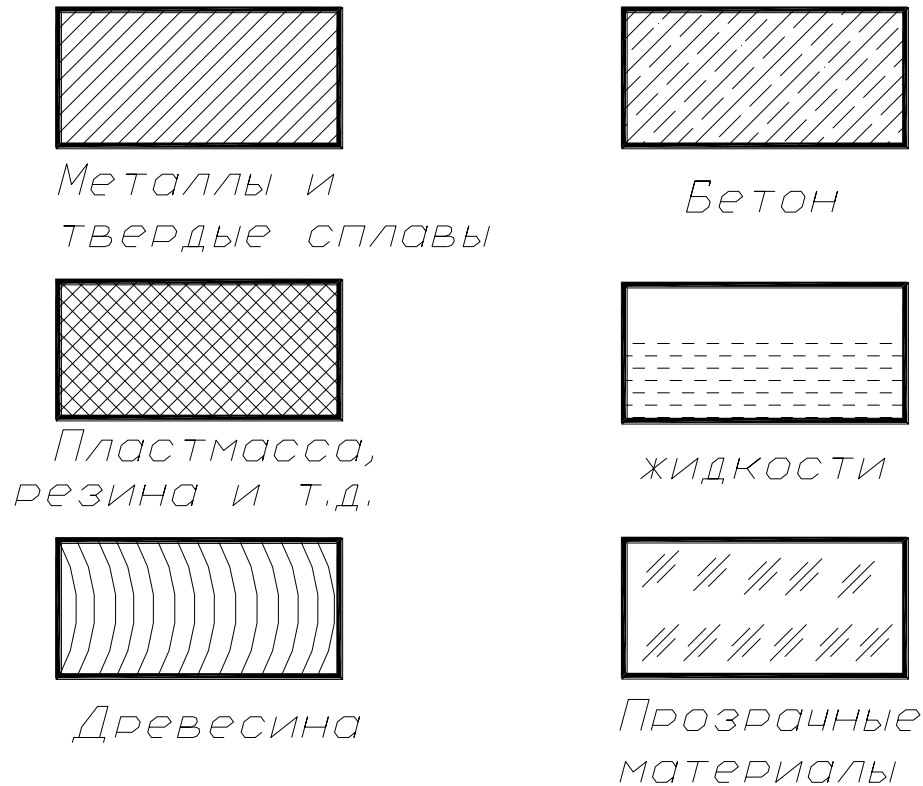


Рис. 2.32

## 2.8. Нанесение размеров

Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат только числовые размеры, нанесенные на чертеже, независимо от масштаба и точности выполнения последнего. Исключение составляют случаи, когда величину изделий или его элементов определяют по изображениям, выполненным с соответствующей точностью.

Правила нанесения размерных чисел на чертежах и других технических документах на изделиях всех отраслей промышленности и строительства установлены ГОСТ 2.307-68\*. Это очень важный стандарт. Пропуск или ошибка хотя бы в одном из размеров делают чертеж непригодным к использованию, так как определять пропущенные или ошибочные размеры путем обмера соответствующих мест на чертеже не допускается.

Поэтому простановка размеров - одна из наиболее ответственных стадий при изготовлении чертежа.

В этой операции принято различать: *задание размеров* – какие размеры, и с какой точностью необходимо задать на чертеже, чтобы изображенное на

нем изделие, возможно, было изготовить (чертеж должен быть метрически определенным), *нанесение размеров*, как следует расположить их на чертеже.

Задание размеров зависит от многих факторов – конструктивных, прочностных, технологических и др. При выполнении первых учебных чертежей студенту нужно знать правила нанесения размеров с чертежа задания на выполняемый чертеж.

Различают *размеры рабочие* (исполнительные), каждый из которых используют при изготовлении изделия и его приемке (контроле), и *справочные*, указанные только для большего удобства пользования чертежом. Их использование для каких-либо измерений в процессе изготовления изделия не допускается. Справочные размеры отмечают знаком (\*), а в технических требованиях, располагаемых над основной надписью, записывают «\* Размер (ры) для справки (вок)».

Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на изображениях, в технических требованиях, основной надписи и спецификации.

Линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах указывают в миллиметрах, без обозначения единицы, угловые – в градусах, минутах и секундах.

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями, ограниченными с одной или обоих концов стрелками или засечками. Размерные линии проводят параллельно отрезку, размер которого указывают, а выносные линии – перпендикулярно размерным (рис. 2.33), за исключением случаев, когда они вместе с измеряемым отрезком образуют параллелограмм (рис. 2.7).

На чертеже наиболее часто встречаются следующие условные знаки:

∅ - диаметр

R – радиус

∩ - дуга окружности

□ - квадрат

∠ - уклон

▷ - конусность

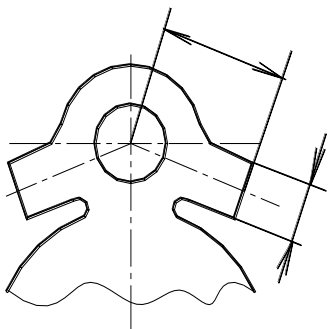


Рис. 2.33

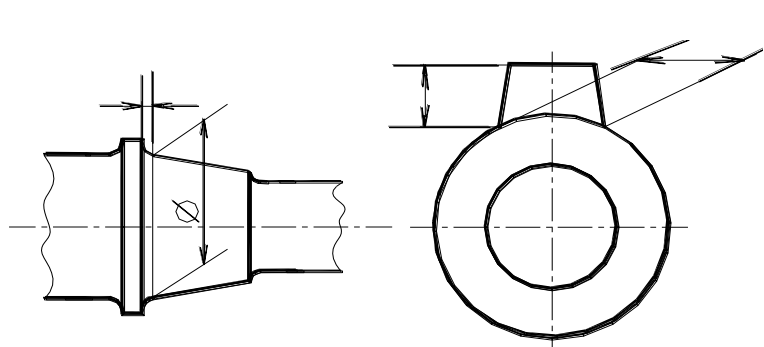


Рис. 2.34

Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями – 7 мм, а между размерной и линией контура – 10 мм (рис 2.8).

Выносные и размерные линии, как правило, должны быть взаимно перпендикулярны. Однако, когда выносные линии составляют с контурными очень малый угол (рис. 2.34), выносные линии проводят не под прямым углом к размерным. При этом размерную линию проводят, как обычно, параллельно тому отрезку, размер которого указывают.

Необходимо избегать пересечения размерных линий, располагая их так, как показано на рисунке 2.36.

Выносные линии должны выходить за концы стрелок или засечек на 1...5 мм (рис. 2.35).

Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине. При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий (рис. 2.23).

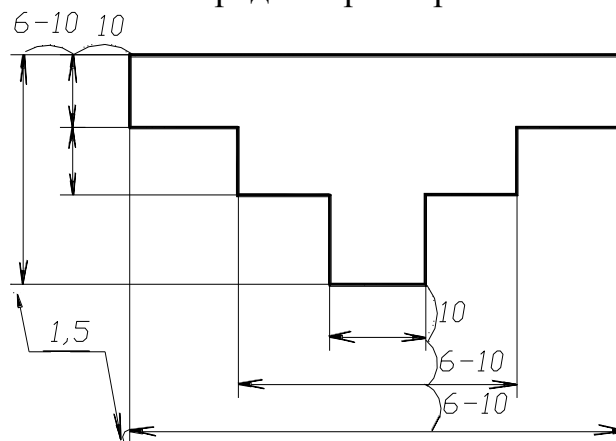


Рис. 2.35

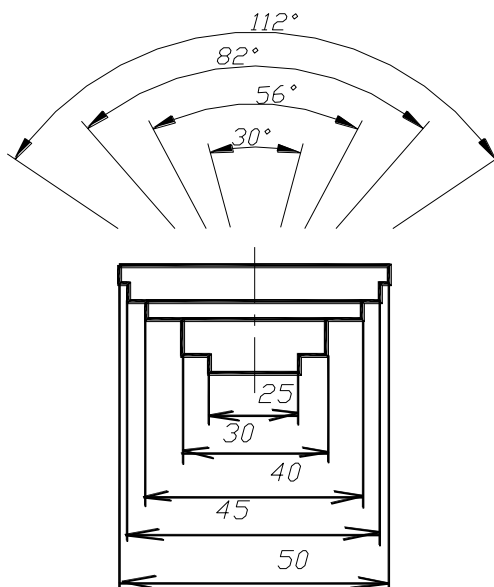


Рис. 2.36

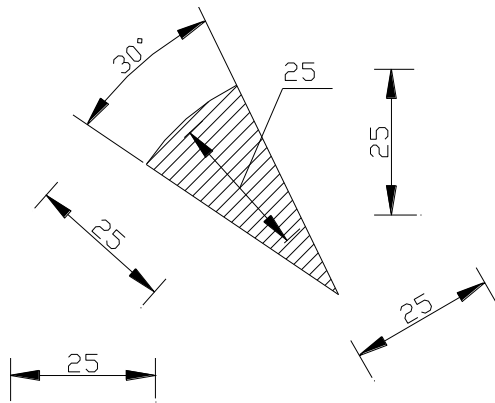


Рис. 2.37

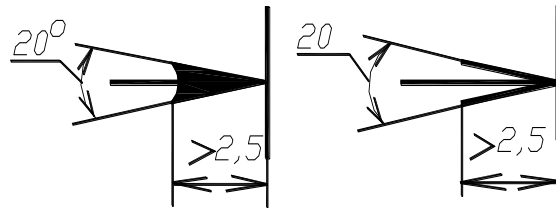


Рис. 2.38

Над параллельными или концентричными размерными линиями размерные числа располагаются в шахматном порядке (рис. 2.36).

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рисунке 2.37. Размерные числа нельзя пересекать или разделять какими бы то ни было линиями чертежа. Нельзя также допускать, чтобы размерное число касалось линии чертежа. При необходимости нанесения размерного числа на осевой линии или заштрихованном поле осевую линию и линии штриховки следует прерывать. Если необходимо указать размер в заштрихованной зоне, то размерное число наносят на полке линии-выноске (рис. 2.37) или заштрихованную зону убрать в месте простановки размерного числа (2.46). Величина стрелок размерных линий зависит от толщины линии видимого контура (рис. 2.11, для учебных чертежей рекомендуется 5-7 мм), высота размерных чисел 5 мм. Между цифрами и размерной линией оставляют промежутки в 0,5...1 мм (рис.2.9).

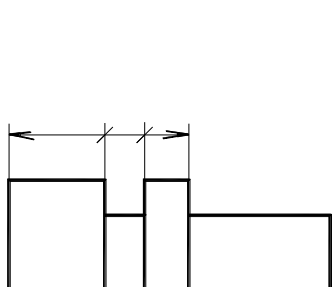


Рис. 2.39

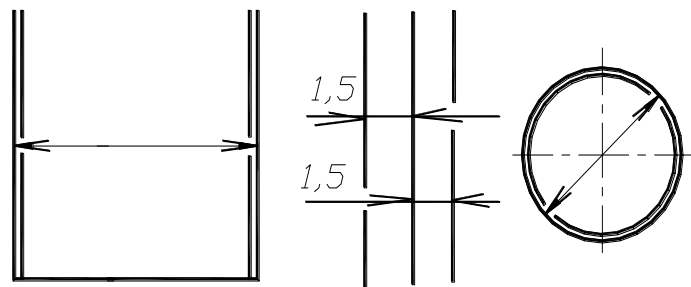


Рис. 2.40

При нанесении на чертеже группы смежных малых размеров стрелки заменяют четко наносимыми точками, или штрихами на выносных линиях (рис. 2.39). Штрихи наносят под углом 45 градусов к размерным линиям. Точки и штрихи на контурных линиях ставить нельзя, и размеры в этом случае как на рисунке 2.40.

При недостатке места для стрелок из-за близкого расположения контурной линии последнюю можно прерывать (рис. 2.40).

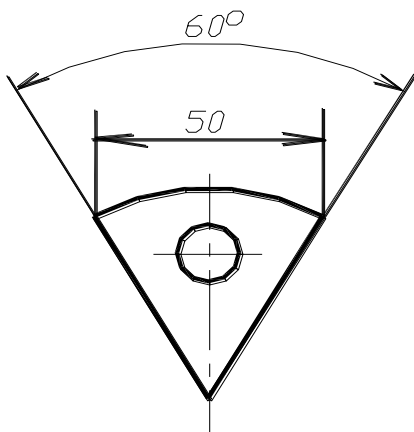


Рис. 2.41

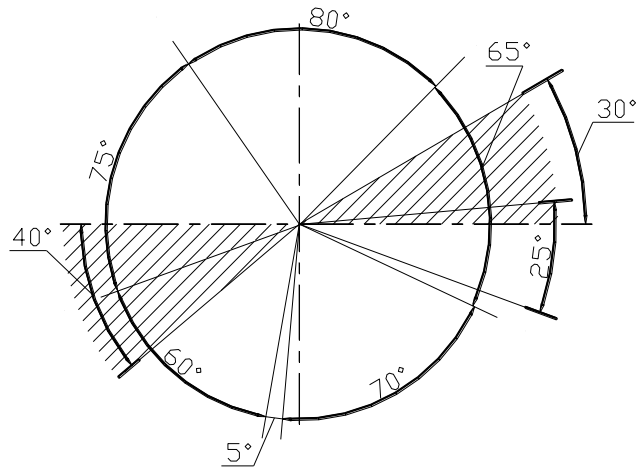


Рис. 2.42

На рисунке 2.41 показано, как надо наносить размеры угла, хорды и дуги окружности.

Угловые размеры наносят так, как показано на рис. 2.42, для углов малых размеров размерные числа помещают на полках линий-выносок любой зоне.

Если вид или разрез симметричного предмета или отдельных симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обрывом и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва предмета (рис. 2.43).

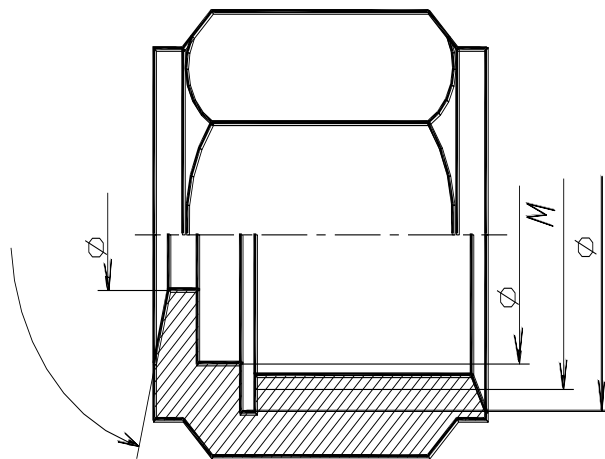


Рис. 2.43

При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (рис. 2.44).

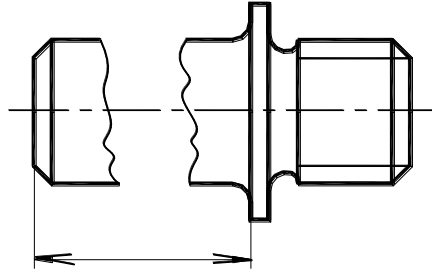


Рис. 2.44

Если для нанесения числа или стрелок недостаточно места, то их наносят по одному из способов, показанных на рис. 2.45. Выбор способа определяет обстановка.

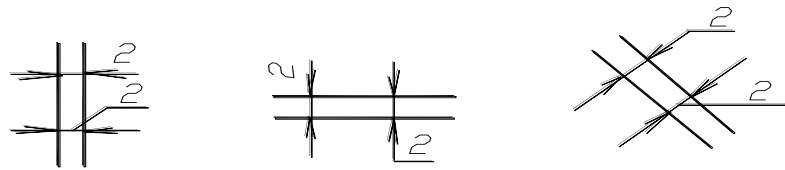


Рис. 2.45

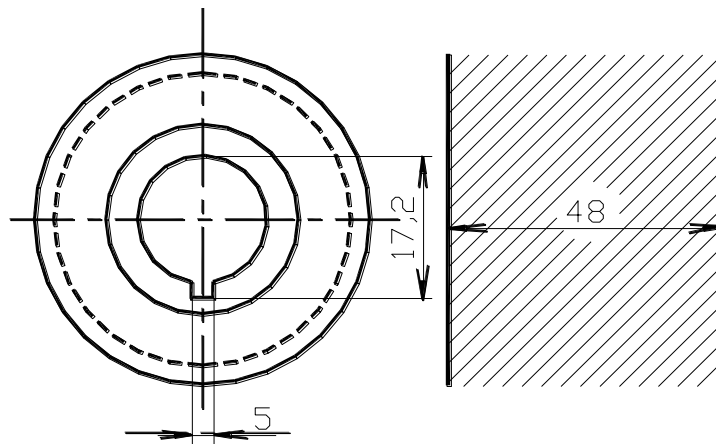


Рис. 2.46

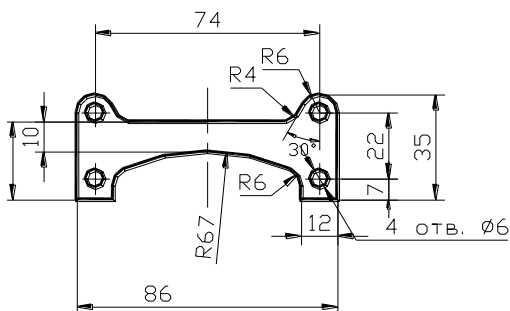


Рис. 2.47

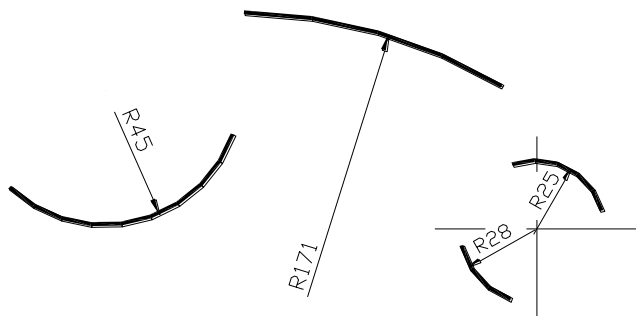


Рис. 2.48

Не рекомендуется разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. Осевые, центровые линии и линии штриховки прерываются при простановке размерного числа (рис. 2.46).

Перед размерным числом радиуса помещают прописную букву R. Ее нельзя отделять от числа любой линией чертежа (рис. 2.48).

Если при нанесении размера радиуса дуги окружности необходимо указать размер, определяющий положение ее центра, то последний изображают в виде пересечения центровых или выносных линий, причем при большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге. В этом случае равномерную линию радиуса показывают с изломом под углом  $90^{\circ}$ .

Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра и даже смещать ее относительно центра (рис. 2.47).

Размеры радиусов наружных и внутренних скруглений наносят, как показано на рисунке 2.49.

Способ нанесения определяет обстановка. Так же, как и для диаметров, между знаком R и размерным числом не ставят никаких добавочных знаков. Размерную линию радиуса наносят на том изображении, где дуга проецируется в истинном виде. Размерная линия радиуса должна располагаться в направлении истинного радиуса и оканчиваться одной стрелкой, примыкающей к контурной или соответствующей ей выносной линии. При величине радиуса (на чертеже) менее 6 мм стрелку рекомендуется располагать с внешней стороны дуги.

Дуги окружностей (скругления), величина радиуса которых (на чертеже) равна 1 мм и мене, на чертежах не изображают, а размеры наносят (рис. 2.50).

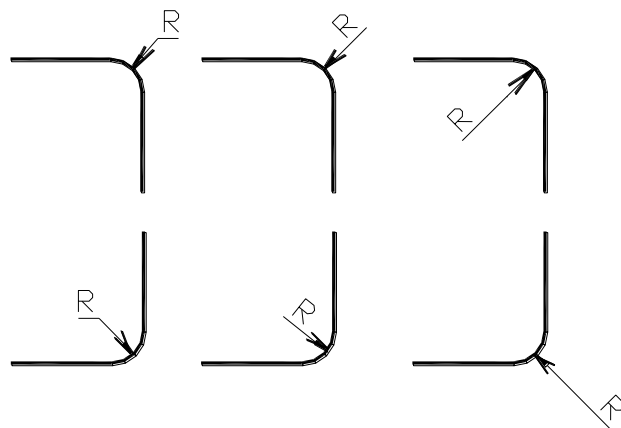


Рис. 2.49

Размерные линии двух радиусов, проводимых из одного центра, но в противоположных направлениях, нельзя располагать по одной прямой (рис. 2.48).



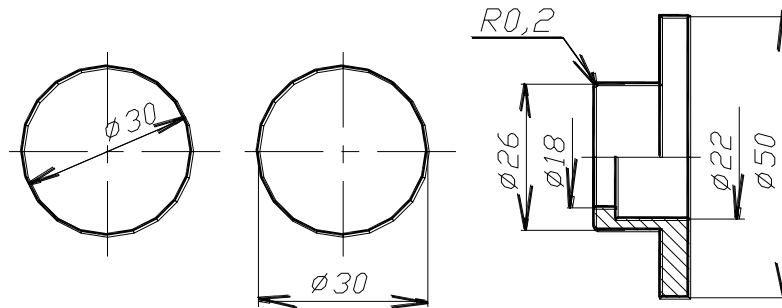


Рис. 2.50

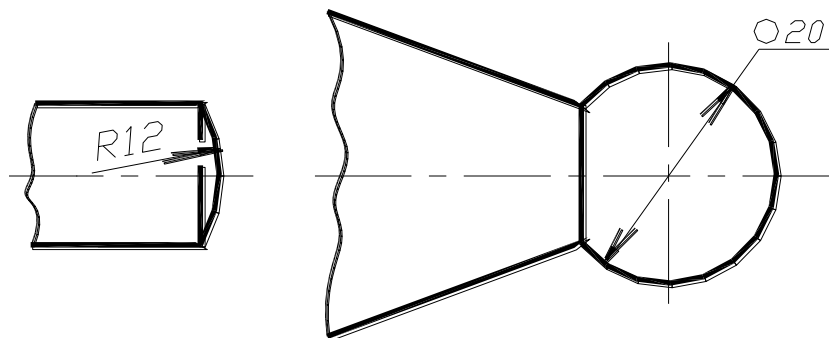


Рис. 2.51

При указании размера диаметра перед размерным числом наносят знак « $\phi$ » (рис.2.50.). Между знаком  $\phi$  и размерным числом никаких добавочных знаков не ставят. Нельзя также делать пропуск между знаком и числом. В случаях, когда сферу трудно отличить от других поверхностей, перед размерным числом наносят слово «Сфера» или знак в виде окружности (рис. 2.51). Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел на чертеже.

Перед размерным числом, определяющим сторону квадрата, ставят знак квадрата, высота которого равна высоте размерных чисел на чертеже. Этот знак наносят, как правило, на том изображении, где квадрат проецируется в линию или где он спроецирован в натуральную величину (рис. 2.52). Высота знака «квадрат» равна высоте цифр размерных чисел на чертеже.

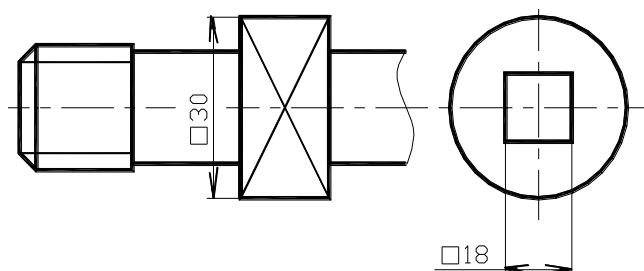


Рис. 2.52

Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения, располагая по возможности внутренние и наружные размеры детали по разные стороны изображения (внутренние – со стороны разреза, а внешние – со стороны вида) (рис.2.53). Однако *размеры можно нанести внутри контура изображения, если ясность чертежа от этого не пострадает.*

Простановка размеров с невидимого контура не допускается, и делают это только в том случае, когда это позволит отказаться от вычерчивания дополнительного изображения (рис. 2.54).

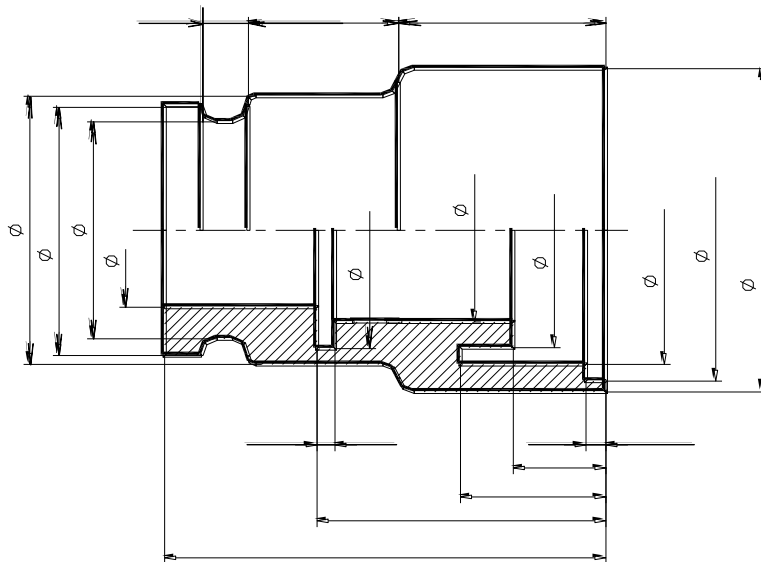


Рис. 2.53

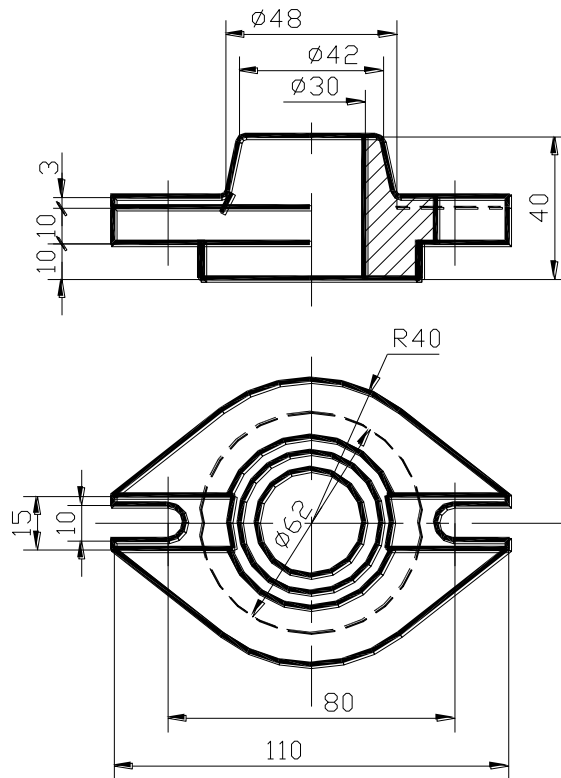


Рис. 2.54

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т.д.), рекомендуется группировать в одном месте. Располагают их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 2.55, 2.56). Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях. Допускается наносить количество одинаковых элементов и под полкой линии выноски или размерной линии (рис. 2.56).

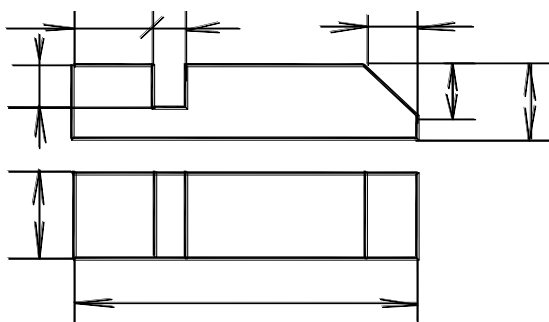


Рис. 2.55

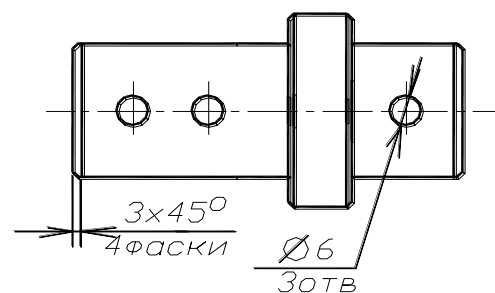
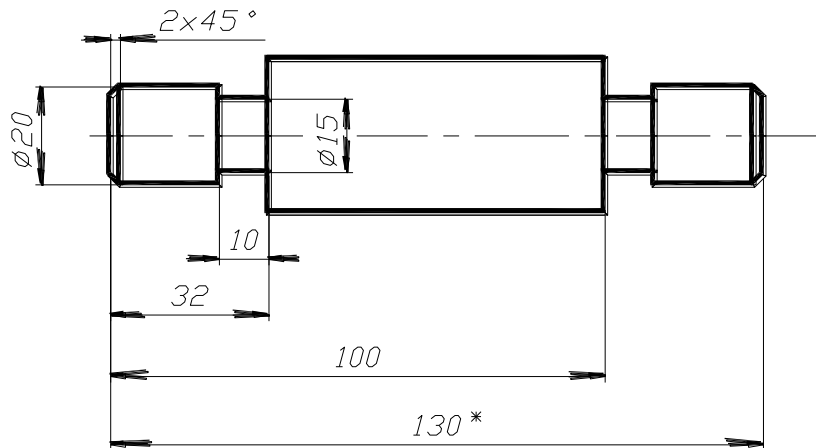


Рис.2.56

Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий и фасок) наносят один раз без указания их количества (рис. 2.57, 2.58).

При изображении детали в одной проекции размер ее толщины или длины наносят так, как показано на рис. 2.59, 2.60.



\* Размер для справок

Рис. 2.57

При симметричности изображения размеры симметричных элементов и форм наносят от оси как от базы (рис. 2.58).

При расположении элементов предмета на одной оси размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующим способом: от общей базы (рис. 2.61), от нескольких баз (рис. 2.62), цепочкой (рис. 2.63).

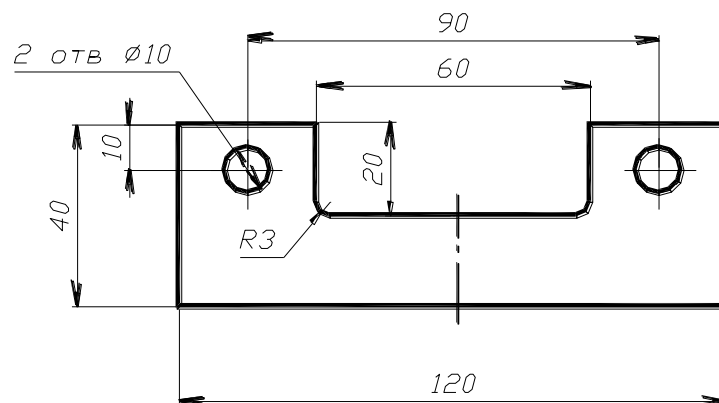


Рис. 2.58

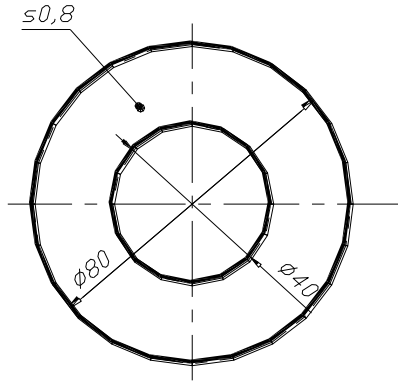


Рис. 2.59

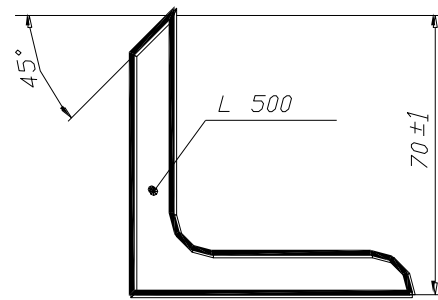


Рис. 2.60

При расположении элементов предмета на одной оси размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующим способом: от общей базы (рис. 2.61), от нескольких баз (рис. 2.62), цепочкой (рис. 2.63).

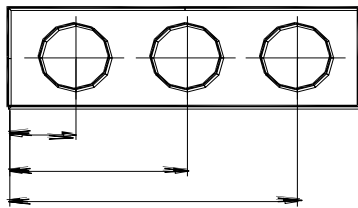


Рис. 2.61

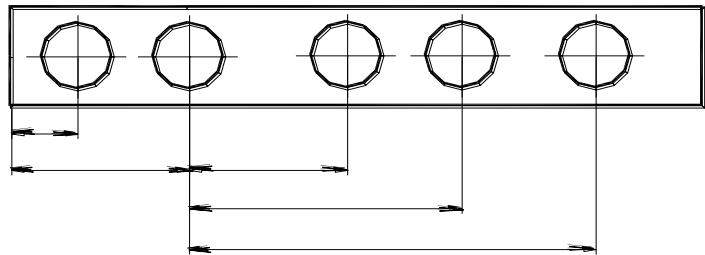


Рис. 2.62

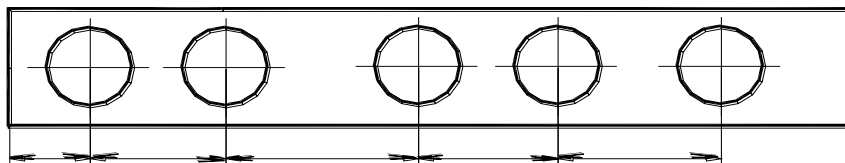


Рис. 2.63

Скошенную острую кромку стержня, бруска, листа или отверстия называют фаской. При нанесении размеров конических фасок (рис. 2.65, 2.66) *размерную линию проводят параллельно оси конуса*. Первое число обозначения указывает высоту усеченного конуса, второе – угол наклона образующей конуса. Такое упрощение допускается лишь в том случае, если угол наклона образующей конуса равен  $45^\circ$  (рис. 2.66), при любом другом значении угла указывают два размера линейный и угловой (рис. 2.65).

Плоские фаски (рис. 2.64) задают двумя линейными размерами или линейным и угловым.

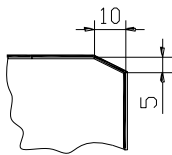


Рис. 2.64

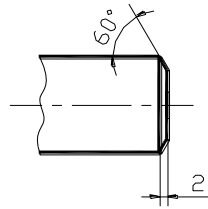


Рис. 2.65

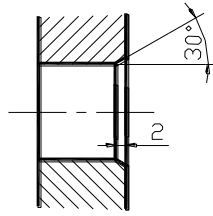
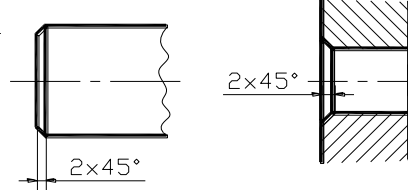


Рис. 2.66



Дополнительные сведения о простановке размеров приводятся в последующих разделах.

## 2.9 Наглядные аксонометрические изображения

Прямоугольные проекции являются графически простыми и удобно измеряемыми, однако по ним не всегда легко представить предмет в пространстве. Необходим чертеж, дающий и наглядное представление. Он может быть получен при проецировании предмета вместе с осями координат на одну плоскость. В этом случае по одной проекции можно получить наглядное и метрически определенное изображение. Такие виды изображений называют аксонометрическими проекциями.

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что *данная фигура вместе с осями прямоугольных координат, к которым она отнесена в пространстве, проецируется на некоторую плоскость, принятую за плоскость проекций (эту плоскость называют также картинной плоскостью).*

Правила построения аксонометрических проекций предметов предусмотрены ГОСТ 2.317-69\*. Из всех видов аксонометрических проекций указанный государственный стандарт рекомендует такие, которые меньше искажают натуральный вид предмета и наиболее удобны для построений.

Все виды аксонометрических проекций характеризуются двумя параметрами: направлением аксонометрических осей и коэффициентом искажения по этим осям, что образует определенную аксонометрическую систему.

Очевидно, проекции прямых, параллельных в натуре натуральным осям координат, параллельны соответствующим аксонометрическим. Именно в использовании этого свойства параллельных проекций и заключается простота построения параллельной аксонометрии

В зависимости от положения плоскостей проекций, плоскости аксонометрических проекций и направления проецирования в пространстве координаты точки будут проецироваться с различными искажениями

Из многих аксонометрических проекций, приведенных в ГОСТ 2.317-69\*, применяем в учебных чертежах прямоугольные аксонометрические проекции: изометрическую и диметрическую.

### Изометрическая проекция

В изометрической проекции коэффициенты искажения по всем осям одинаковые - 0,82. Для упрощения построений, как правило, их принимают равными 1. Получаемое при этом изображение предмета в изометрической проекции имеет несколько большие размеры, чем в действительности. Расположение осей изометрической проекции показано на рисунке 2.67. На рисунке 2.68 и показаны ортогональные и изометрические проекции точки  $A$ .

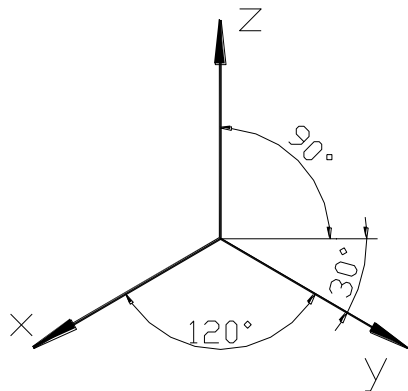


Рис. 2.67

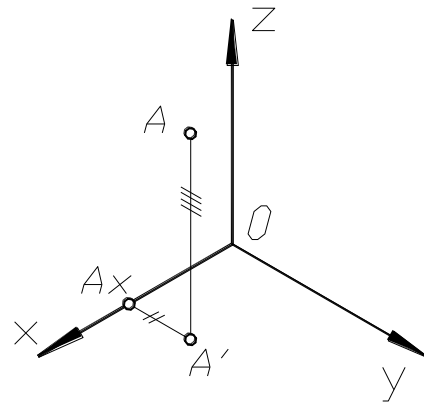


Рис. 2.68

Пример построения шестигранной призмы в изометрии показан на рисунке 2.67.

Окружности в аксонометрии изображаются в виде эллипсов, их изображения приведены на рисунке 2.68.

### Диметрическая проекция

Коэффициенты искажения в диметрической проекции по осям  $x$  и  $z$  0,94, а по оси  $y$  - 0,47. В целях упрощения построений, как и в изометрических проекциях, коэффициент искажения по осям  $x$  и  $z$  принимают равным 1; по оси  $y$  коэффициент искажения равен 0,5. По осям  $x$  и  $z$  или параллельно им все размеры откладываются в натуральную величину, по оси  $y$  - размеры уменьшают вдвое.

Расположение осей в диметрической проекции показано на рисунке 2.69.

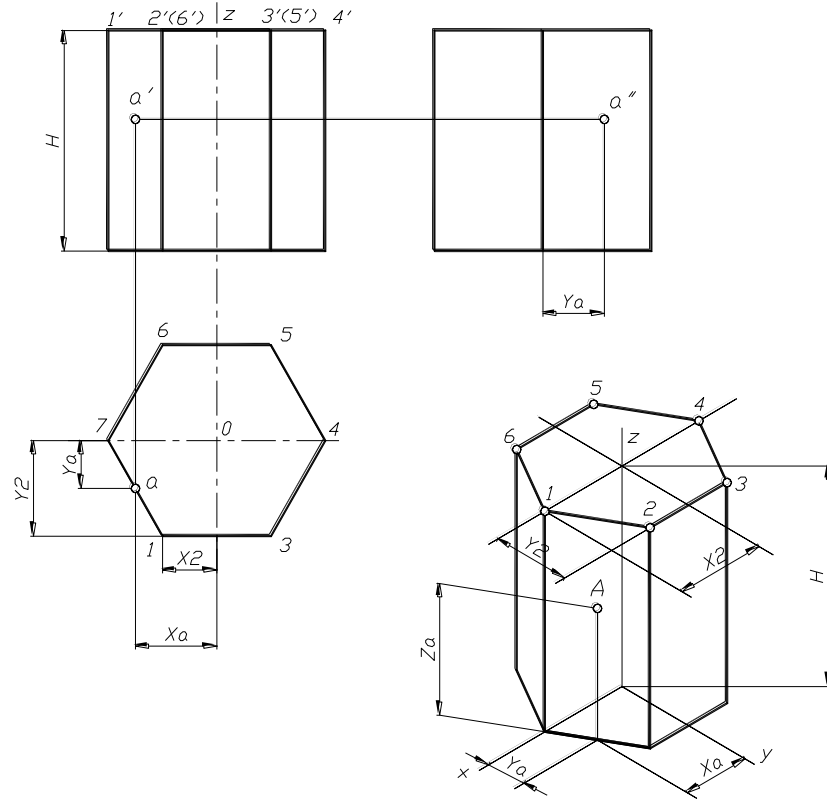


Рис. 2.67

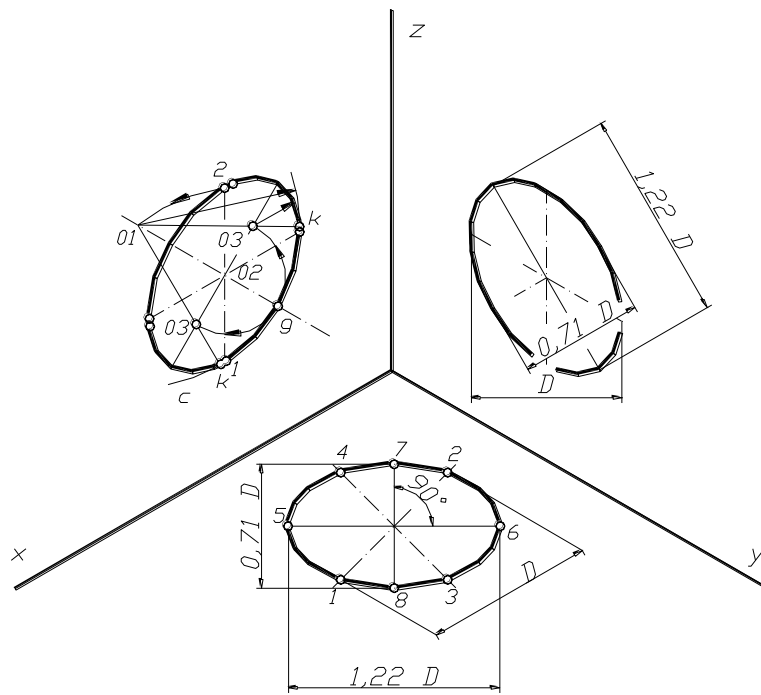


Рис. 2.68



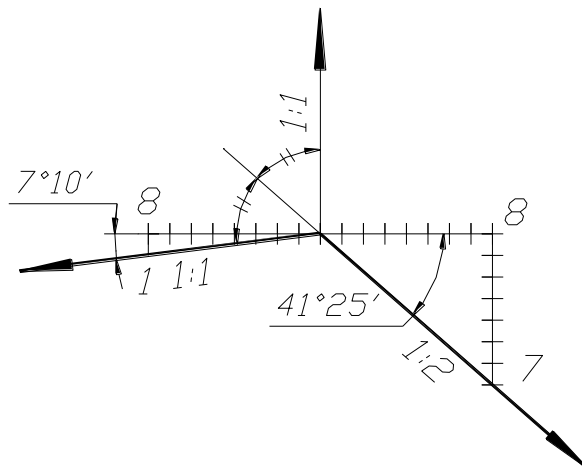


Рис. 2.69

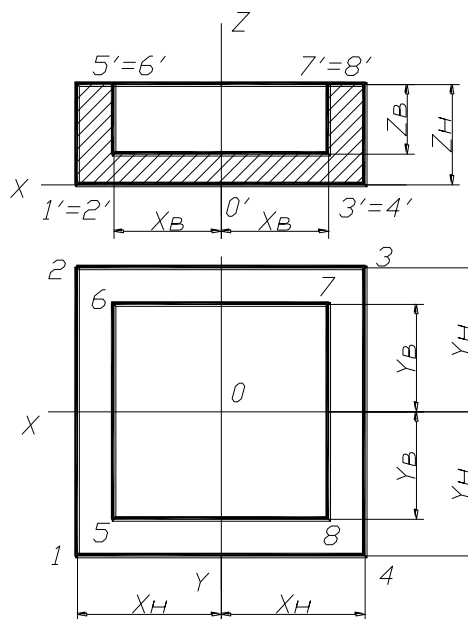


Рис. 2.70

Построение призмы с призматическим отверстием (рис. 5.6) показано на рисунке 2.71.

Для выявления внутренней формы детали аксонометрическая проекция выполняется с вырезом  $\frac{1}{4}$  (угол, образованный секущими плоскостями, выполняется раскрытым). Так как деталь симметрична, начало координат (точку  $O$ ) выбираем в центре призмы и строим оси  $x, y, z$  (рис. 2.71).

Аксонометрическую проекцию строим в следующей последовательности.

Строим аксонометрические оси и плоские фигуры, полученные при сечении детали плоскостями  $XOZ$  и  $YOZ$  (рис. 2.71 а).

Обозначаем вершины нижнего основания (точки 1,2,3,4) и строим аксонометрические проекции точек 2,3,4. Строим верхнее основание призмы, проводя из полученных точек отрезки, параллельные оси  $z_1$ , и откладываем на них высоту призмы  $z_H$  (рис. 2.71 б).

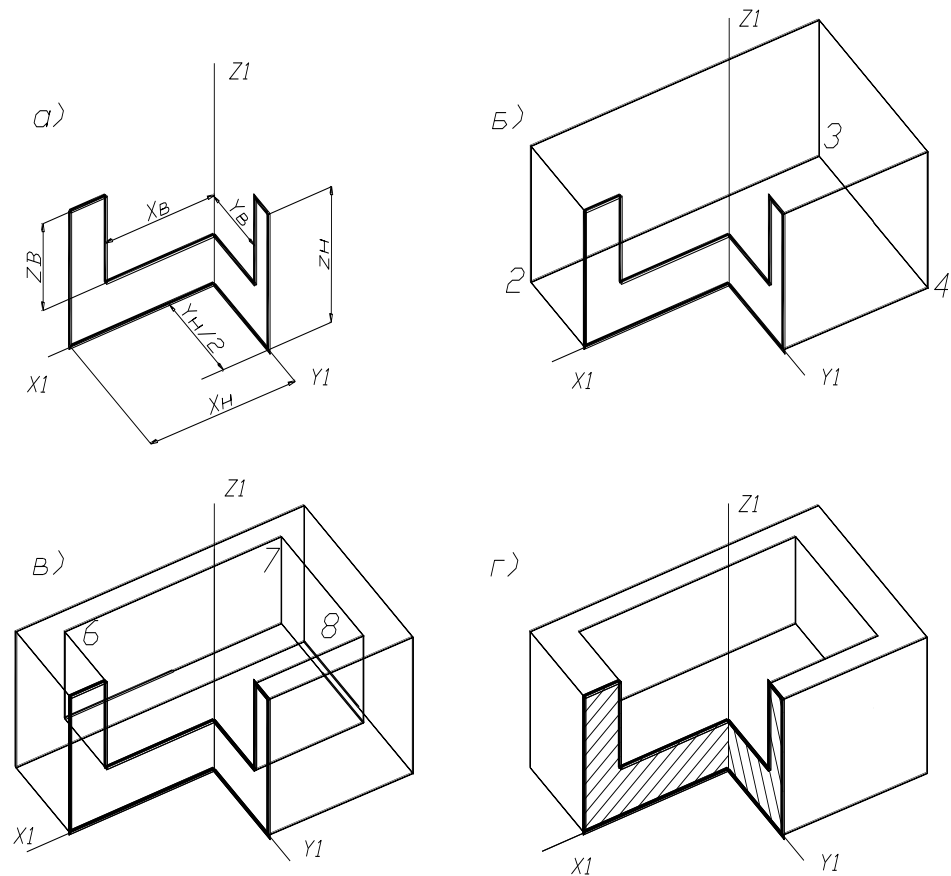


Рис.2.71

В верхнем основании обозначим вершины призматического отверстия (точки 5,6,7,8) и строим аксонометрические проекции точек 6,7,8. Из этих точек проводим линии, параллельные оси  $Z_1$ , и на них откладываем  $Z_B$  - глубину отверстия. Полученные точки соединяем тонкими линиями (рис. 2.71 в). Обводим видимые линии чертежа и убираем вспомогательные построения. Провидим линии штриховки (рис. 2.71 г).

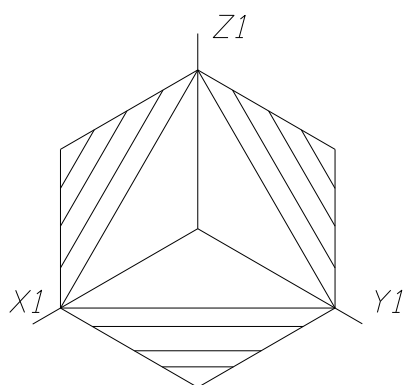


Рис. 2.72

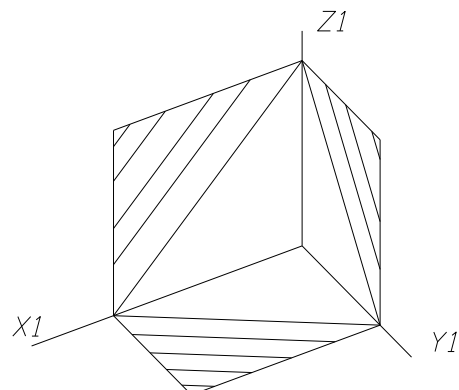


Рис. 2.73

Линии штриховки в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей прецедий квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рис. 2.72 – для изометрии, рис. 2.73 – для диметрии).

Окружности в диметрической проекции изображаются также в виде эллипсов, их изображения в диметрической проекции показаны на рисунке 2.74

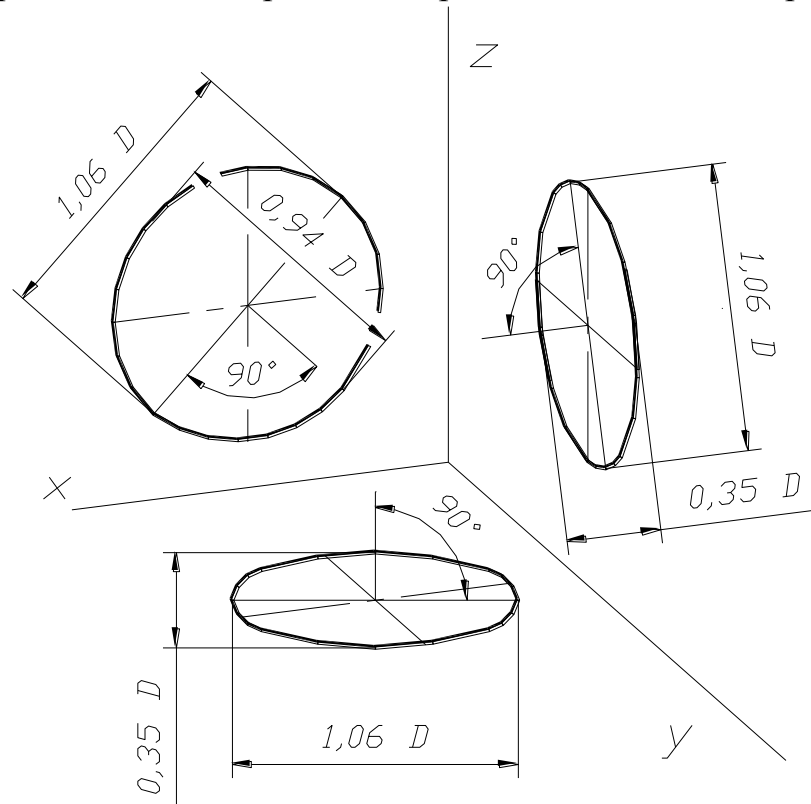


Рис. 2.74

### 3. Детализование

*Детализование* - это выполнение рабочих чертежей деталей по чертежам общего вида и сборочным чертежам. Чертеж общего вида – это документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных частей и поясняющий принцип работы изделия. Сборочный чертеж - это документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля.

Деталью называется изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, а также тоже изделие, подвергнутое покрытиям (защитным или декоративным) независимо от вида, толщины и назначения покрытия или изготовленное с применением местной сварки, пайки, склеиванию, сшивки и т.п.

Рабочие чертежи деталей выполняются по чертежу общего вида или сборочным чертежам.

Целью данного пособия является привитие навыков чтения сборочных чертежей, а также ознакомление с требованиями ГОСТов по оформлению чертежей деталей. В методических указаниях приведены рекомендации по самостоятельной работе по детализованию.

### **3.1 Содержание и объем работы**

В данной работе необходимо выполнить рабочие чертежи одной-двух, указанных преподавателем, деталей.

Заданием к этой работе является учебный сборочный чертеж радиотехнического или электротехнического изделия со спецификацией и описанием сборочной единицы. Выполнение работы складывается из чтения сборочного чертежа и детализования сборочного чертежа.

### **3.2 Чтение сборочного чертежа**

Сборочные чертежи рекомендуется читать в такой последовательности.

а) По наименованию сборочной единицы в основной надписи составить представление об ее назначении и принципе работы. Чертежи могут сопровождаться схемой и кратким описанием устройства и работы сборочной единицы.

б) По спецификации определить, из каких сборочных единиц, оригинальных и стандартных деталей состоит изделие. Выяснить характер соединения составных частей (разъемные или неразъемные) и каждый элемент этого соединения. Уяснить габаритные размеры соединения.

в) По чертежу представить форму, взаимное расположение деталей, способы их соединений и возможность относительного перемещения, т.е. представить, как взаимодействуют детали и как изделие работает.

г) Определить последовательность сборки и разборки изделия, материалы, применяемые при сборке изделия.

Получив представление об устройстве и характере работы сборочной единицы, определяют, какими поверхностями ограничены элементы деталей. Для этого необходимо отыскать на сборочном чертеже и рассмотреть все изображения изучаемой детали, при этом уделить особое внимание дополнительным видам, разрезам, сечениям, так как на них дается изображение элементов детали, которые не выявляются на основных видах. В процессе изучения формы определяют назначение каждого элемента детали. При возникновении трудностей в представлении отдельных элементов детали чтение чертежа продолжают, рассматривая изображения смежных деталей. Это помогает выявить геометрию сопряженных элементов, вызывающих затруднение в представлении. Чтению сборочного чертежа помогает проекционная связь между изображениями, штриховка сечений одной и той же детали на разных изображениях в одном направлении и с одинаковым интервалом.

При чтении сборочного чертежа необходимо учитывать некоторые упрощения и условности изображений на чертежах, допускаемые ГОСТ

2.305-68\*\* и ГОСТ 2.109-73\*. Так, на видах и разрезах может быть изображено не все, что проецируется, а лишь необходимое в данном случае. Например, допускается не показывать крышки, щиты, кожухи, перегородки, если необходимо показать закрытые ими составные части изделия (при этом над изображением делают соответствующую надпись, например «крышка поз. 3 не показана»), видимые составные части изделия, расположенные за пружиной или сеткой, а также частично закрытые впереди расположенными составными частями.

Любую деталь на рабочем чертеже изображают в том виде, в котором она поступает на сборку, то есть при чтении сборочного чертежа определяют вид детали до выполнения таких операций как расклепывание, развальцовка, запрессовка, сверление при сборке и т.д. На рисунке 3.1 а показано соединение деталей развальцовкой. На рисунке 3.1,б приведены те изображения этих деталей, которые должны быть при выполнении их рабочих чертежей.

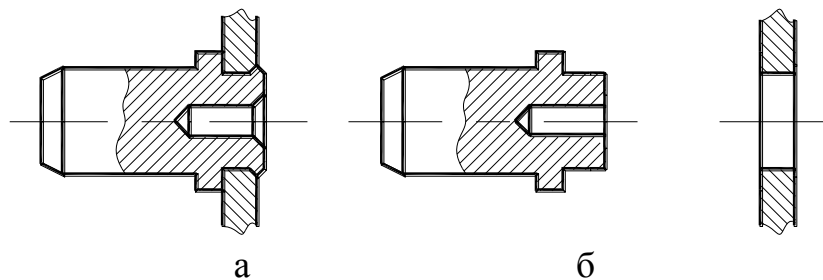


Рис. 3.1

На сборочных чертежах составные части изделий или их элементы, расположенные за прозрачными элементами (циферблаты и т.п.), допускается изображать как видимые.

На разрезах в сборочных чертежах отдельные части изделия, имеющие самостоятельные сборочные чертежи, допускается изображать не рассеченными. Элементы изделия или детали, не попавшие в плоскость разреза, допускается показывать рассеченными (выносить в плоскость разреза).

Допускается одинаковые, равномерно расположенные элементы, например, болты, винты, отверстия показывать не все, а только 1-2 из них.

Изображение детали считается изученным, если получено полное представление об ее форме, характере работы и назначении каждого составного элемента.

Конечной целью чтения сборочного чертежа является выполнение рабочего чертежа детали. Это и определяет основной этап чтения сборочного чертежа – выяснение геометрической формы каждой детали и ее размеров.

На сборочном чертеже ФВС1. 305411. 000 СБ (рис.3.2) изображена роликовая опора, что видно из основной надписи. Наименование сборочной единицы, а также изображения говорят о том, что ролик служит опорой ленты конвейера.

Сборочный чертеж содержит четыре изображения: вид спереди (главный вид), вид слева, вид сверху, выносной элемент 1.

На виде спереди и виде слева с целью выявления конструкции деталей выполнении местные разрезы. Выносной элемент позволяет подробнее изобразить мелкие детали - поз. 4, 5, 6. Число и наименование составных частей сборочной единицы определяются по спецификации.

В состав роликовой опоры входят сборочная единица - поз.1, оригинальные детали - поз. 2...6, стандартные изделия - поз. 7... 12.

При чтении чертежа необходимо мысленно выделить на изображениях рассматриваемую деталь или часть сборочной единицы.

Сборочная единица - ролик 1 на чертеже ФВС1. 305411. 000 СБ изображена на виде спереди, виде слева и на выносном элементе 1. Ролик имеет цилиндрическую форму и представляет собой неразъемное соединение.

### 3.3 Пример чтения чертежа

На рисунке 3.2 показан текстовый документ, представляющий собой спецификацию. Он содержит наименование деталей, входящий в сборочную единицу чертежа ФВС1. 305411. 000 СБ.

Для учебных заданий в графе спецификации «Примечание» разрешается давать сокращенное наименование материала или его марку, например Ст. 3 (стали углеродистая обыкновенного качества). На рабочих чертежах деталей материалы обозначаются в соответствии со стандартами, например, Ст. 3 ГОСТ 380-88 и т.д.

На сборочном чертеже ФВС1. 305411. 000 СБ (рис. 3.3) изображена роликовая опора, что видно из основной надписи. Наименование сборочной единицы, а также изображения говорят о том, что ролик служит опорой ленты конвейера.

Сборочный чертеж содержит четыре изображения: вид спереди (главный вид), вид слева, вид сверху, выносной элемент 1.

На виде спереди и виде слева с целью выявления конструкции деталей выполнении местные разрезы. Выносной элемент позволяет подробнее изобразить мелкие детали - поз. 4, 5, 6. Число и наименование составных частей сборочной единицы определяются по спецификации.

В состав роликовой опоры входят сборочная единица - поз.1, оригинальные детали - поз. 2...6, стандартные изделия - поз. 7... 12.

При чтении чертежа необходимо мысленно выделить на изображениях рассматриваемую деталь или часть сборочной единицы.

Сборочная единица - ролик 1 на чертеже ФВС1. 305411. 000 СБ изображена на виде спереди, виде слева и на выносном элементе 1. Ролик имеет цилиндрическую форму и представляет собой неразъемное соединение.

Ось 4 на чертеже ФВС1. 305411. 000 СБ изображена на видах спереди, слева и на выносном элементе 1. Она имеет ступенчатую цилиндрическую форму и опирается на кронштейны 5. От вращения она удерживается лысками, выполненными на ее концах.

Кронштейны 5 на чертеже ФВС1. 305411. 000 СБ показаны на видах спереди, сверху и слева. Кронштейны изготавливаются из листового материала

и имеют цилиндрические отверстия для болтов и отверстия прямоугольной формы для фиксации оси 4.

Втулка 3 на чертеже ФВС1. 305411. 000 СБ изображена на виде спереди, на выносном элементе и ограничена цилиндрическими, торовыми поверхностями и плоскостями. Втулка фиксирует внутреннее кольцо подшипника 11 на цилиндрической ступени оси 4 с помощью кольца 9 и уплотнительного кольца 6.

Обойма 2 (чертеж ФВС1. 305411. 000 СБ) изображена на виде спереди и на выносном элементе 1. Деталь ограничена цилиндрическими (наружной и внутренней) торовыми и плоскими поверхностями и служит для фиксации уплотнительного кольца 6. Обойма защищает подшипник от проникновения посторонних предметов.

Уплотнительное кольцо 6 (чертеж ФВС1. 305411. 000 СБ) изображено на виде спереди и на выносном элементе 1. Оно ограничено цилиндрическими и плоскими поверхностями и служит для удержания смазки в подшипниках.

В такой же последовательности определяются назначение и принцип работы остальных деталей. Одним из важных элементов чтения чертежа является анализ последовательности монтажа сборочной единицы.

Кронштейны 5 прикреплены к угольникам с помощью болтов 7, гаек 8 и шайб 12. Опорный ролик монтируется на оси 4, которая свободно вставляется в отверстие кронштейнов. На ступени оси 4 надеты внутренние кольца подшипников 11, наружные кольца входят в стакан ролика 1.

Детали 2, 3, 6 уплотнительного устройства фиксируются стопорными кольцами 9, 10. Роликовая опора может быть легко установлена в кронштейны и заменена в процессе работы, что обеспечивается конструкцией кронштейнов.

Изучив форму всех деталей, входящих в сборочную единицу, объединяют их в группы:

- 1) группа стандартных деталей ( болты, винты, гайки, заклепки, штифты, шпонки и т.д.);
- 2) группа деталей со стандартными изображениями всей детали или отдельных ее элементов (зубчатые колеса, оптические изделия, пружины и т.п.);
- 3) группа оригинальных деталей, не принадлежащих к первым двум группам.


Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			ФВС1.305411.000 СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
A4		1	ФВС1.340211.000	Ролик	1	
				<u>Детали</u>		
A4		2	ФВС1.712000.000	Обойма	2	Ст 3
A4		3	ФВС1.713000.000	Втулка	2	Ст 3
A4		4	ФВС1.715000.000	Ось	1	Ст 3
A4		5	ФВС1.734300.000	Кронштейн	2	Ст 3
A4		6	ФВС1.754175.000	Кольцо	2	Воилко
				<u>Стандартные изделия</u>		
		7		Болт М8*25 ГОСТ 7798-70	4	
		8		Гайка М8 ГОСТ 5915-70	4	
		9		Кольцо Б17 ГОСТ 13942-86	2	
		10		Кольцо Б40 ГОСТ 13943-86	2	
		11		Подшипник 203 ГОСТ 8338-75	2	
		12		Шайба 865 ГОСТ 6402-70	4	
						
Изм.	Лист	N докум.	Подпись	Дата		
Проект.					Лит.	Лист Листов
Консульт.						
Чертил					ТУСУР, каф МГ гр. 588-1	
Принял						
Опора роликовая						

Рис. 3.2





Группу стандартных деталей из детализирования исключают. Рабочие чертежи деталей со стандартным изображением ее или отдельных ее элементов выполняют в соответствии со стандартами четвертой группы, например, пружин - по ГОСТ 2.401-68, цилиндрических зубчатых колес – по ГОСТ 2.403-75 и т.п.

На оригинальные детали, как правило, выполняют рабочие чертежи.

### **3.4 Чертежи деталей**

*Чертеж детали - это документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.*

#### ***Основные требования к чертежу***

Чертеж должен читаться однозначно при наименьшем числе видов, разрезов и сечений (изображений), т.е. так, чтобы на основании данного чертежа можно было представить только одну геометрическую форму.

Размеры, необходимые для изготовления детали, должны полностью определять ее геометрию и проставляться технически грамотно, т.е. соответствовать конструкторскому назначению детали и простейшей технологии ее изготовления и контроля (см. ГОСТ 2.305-68\*\*).

На чертеже детали обозначается шероховатость поверхности по ГОСТ 2.309-73\*, наносятся надписи, определяющие отделку и термическую обработку по ГОСТ 2.301-68\*\*, приводятся сведения о материале, а также другие данные.

#### ***Порядок выполнения и оформления чертежей***

Прочитав сборочный чертеж, необходимо сделать следующее.

1. Выбрать главный вид вычерчиваемой детали - вид спереди. Он должен дать наиболее полное представление о форме и размерах детали. Вид спереди выбирается независимо от того, как деталь располагается на главном виде сборочного чертежа. Выбор главного вида обуславливается также рабочим положением детали при преимущественном положении ее при обработке. Обычно изображение вида спереди для детали типа корпуса, крышки, фланца соответствует ее рабочему положению.

Вид спереди детали, представляющей собой тело вращения (валик, ось, втулка и т.д.), должен быть вычерчен так, чтобы ее ось располагалась параллельно основной надписи чертежа.

2. Установить минимальное, но достаточное число изображений, необходимое для полного выявления формы вычерчиваемой детали.

Число, а также виды изображений - виды, разрезы, сечения - на сборочном чертеже и рабочем чертеже детали могут не соответствовать друг другу. Например, на сборочном чертеже симметричные относительно осей детали показывают в полном разрезе вместе с несимметричным корпусом, внутри которого они находятся. На рабочих чертежах таких деталей целесо-

образно представлять совмещенное изображение внешнего вида детали и разреза (правую или нижнюю половины).

3. Выбрать масштаб изображения по ГОСТ 2.302-68\*. Для изображений на рабочих чертежах предпочтительны масштаб 1:1.

Крупные и несложные детали можно вычерчивать в масштабе уменьшения, мелкие - в масштабе увеличения, добиваясь четкости чертежа. Мелкие элементы деталей можно изображать отдельно, вынесенные в масштабе увеличения для уточнения их формы и возможности четкой простановки всех размеров (чертеж ФВС1. 715000. 000).

4. Выбрать формат для чертежа. Формат выбирается в зависимости от размера детали, числа и масштаба изображений. Изображения и надписи должны занимать примерно 2/3 рабочего поля формата. Рабочее поле формата ограничено рамкой и основной надписью.

После решения этих вопросов можно приступить к выполнению чертежа. Чертеж каждой детали выполняется как отдельный документ в такой последовательности:

1. На выбранном формате вычерчивают рамку, отступая 20 мм слева и по 5 мм со всех других сторон от границ формата, а также основную надпись и графу для обозначения чертежа. Основная надпись располагается в правом нижнем углу (на формате А4 основная надпись располагается вдоль короткой стороны листа).

2. Производят компоновку чертежа. Для рационального заполнения поля формата при компоновке рекомендуется тонкими линиями наметить контуры выбранных изображений, а затем провести оси симметрии. Расстояние между контурами изображений и рамкой формата должны быть примерно одинаковыми со всех сторон. Они выбираются с учетом последующего нанесения выносных и размерных линий и соответствующих надписей.

3. Вычерчивают изображения. Вычерчивание необходимо начинать с проведения осевых линий. Не следует сразу вычерчивать изображение до конца, рекомендуется выполнять все изображения, переходя от одного к другому, постепенно выявляя особенности детали.

4. Наносят выносные и размерные линии в соответствии с ГОСТ 2.307-68\*.

5. Выполнив тонкими линиями чертеж, проверяют его, удаляют лишние линии. После этого выбирают толщину основной линии и обводят изображения, соблюдая соотношение линий по ГОСТ 2.303-68\*. Обводка должна быть четкой.

Штриховые линии на первой стадии работы не наносят, они проводятся одновременно с обводкой тонких линий изображения. В зависимости от толщины линий и качества бумаги используют карандаши различной твердости.

Линий чертежа обводят в такой последовательности: окружности и дуги, горизонтальные линии (начиная с верхних), вертикальные линии (начиная с левой стороны чертежа) и затем наклонные.

6. После обводки выполняют необходимые надписи и проставляют числовые значения размеров над размерными линиями, предпочтительно размером шрифта 5 по ГОСТ 2.304-81\*.

Размеры деталей определяют по сборочному чертежу с учетом его масштаба.

Особое внимание обращают на увязку размеров сопряженных деталей. При выборе числовых значений размеров руководствуются ГОСТ 6636-81. 7. Выполняют основную надпись.

### *Примеры выполнения чертежей*

**Пример 1.** Ось 4 (чертеж ФВС1. 715000. 000) ограничена поверхностями вращения. Такие детали на рабочем чертеже принято изображать на виде спереди в положении, соответствующем его обработке, т.е. осевая линия должна быть параллельна основной надписи. Чтобы полнее выявить форму оси кроме вида спереди, вычерчены сечения концов оси и выносной элемент канавки. Масштаб вида спереди и сечения 1:1, выносного элемента 5:1. Для выполнение рабочего чертежа этой детали необходим формат А4. Вычертив рамку, ограничиваем поле чертежа. Вдоль нижней короткой стороны листа располагаем основную надпись, в левом верхнем углу - графу для обозначения чертежа. Намечаем расположение вида спереди, сечения и выносного элемента.

Приступаем к вычерчиванию. Выполняем тонкими линиями все изображения, наносим выносные и размерные линии.

Обозначаем шероховатость поверхностей. Ось изготавливается из прутка диаметром 20мм. Механической обработке подвергаются поверхности детали, входящие в соединения с другими деталями, наиболее тщательно обрабатываются опорные поверхности для внутренних колец подшипников 11 и колец 9.

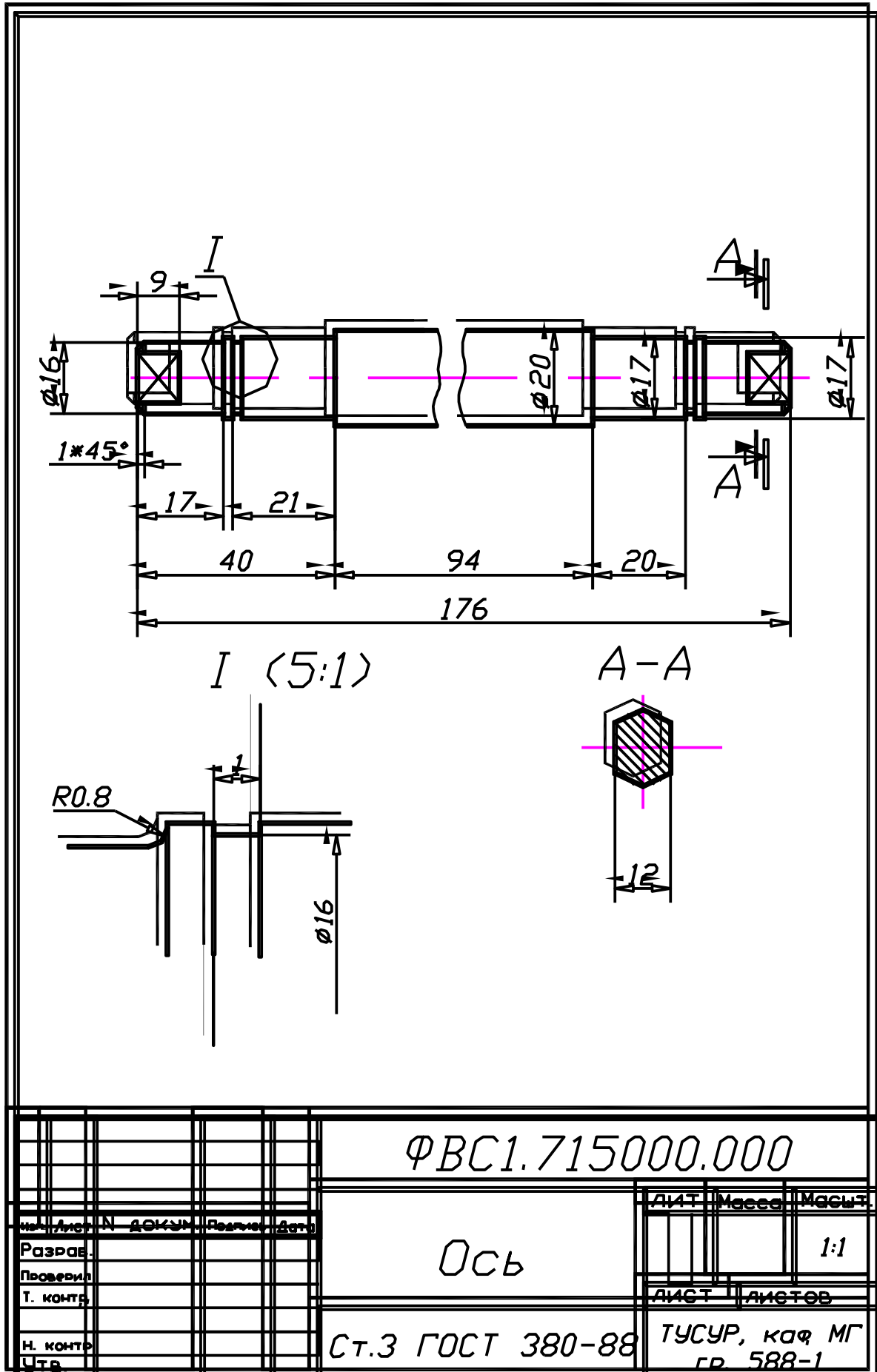
Проверяем обводку чертежа и заполнение основной надписи.

**Пример 2.** Кронштейн 5 (чертеж ФВС1.734300.000) ограничен плоскими и цилиндрическими поверхностями.

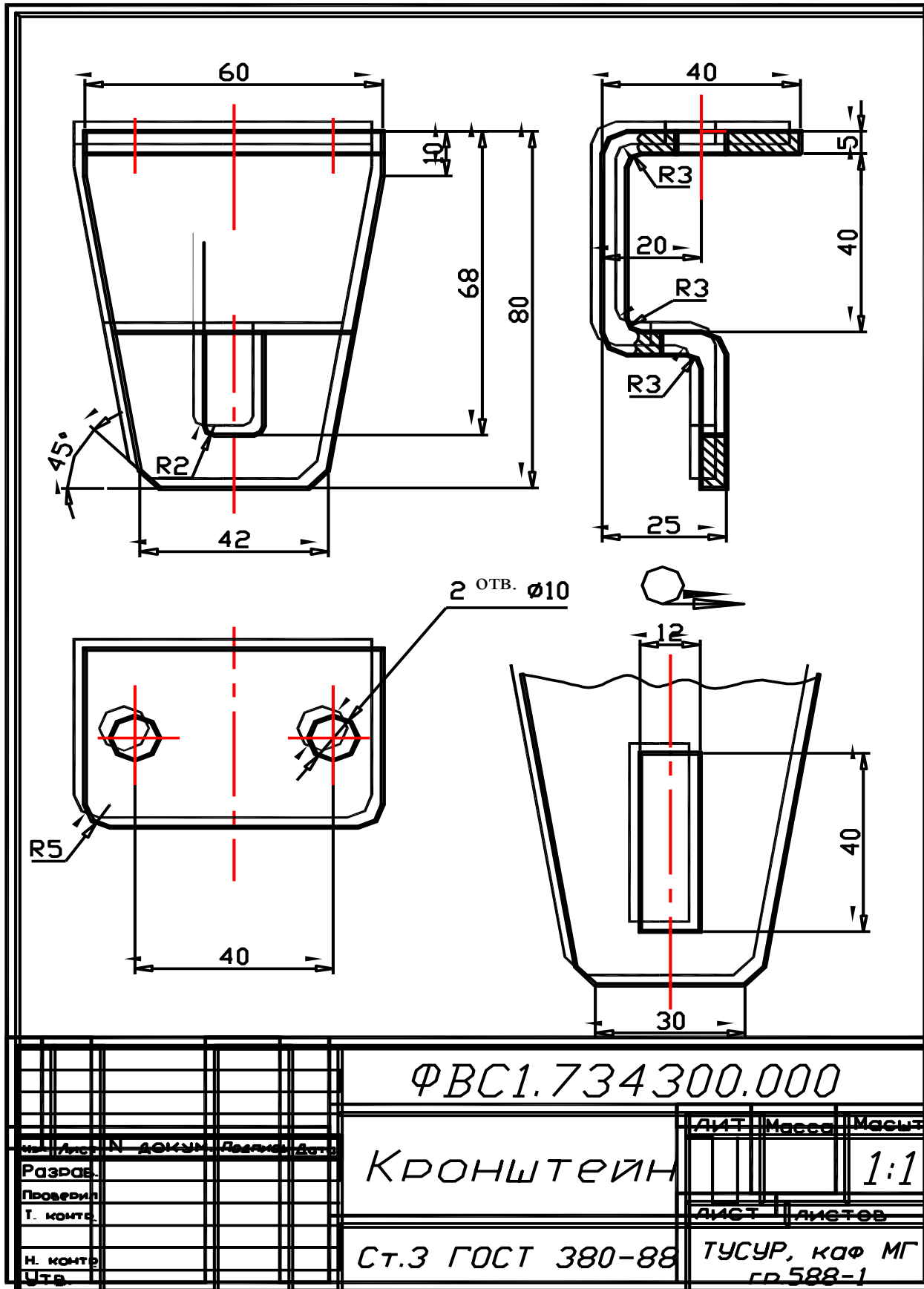
За вид спереди принимаем изображение кронштейна, расположенного на виде слева сборочного чертежа, так как оно дает наибольшее представление о размерах детали, расположении и форме отверстий. Кроме вида спереди необходимо выполнить вид слева, вид сверху и развертку детали. Масштаб изображений 1:1, формат А4.

Вычерчиваем рамку. Намечаем расположение изображений. Выполняем тонкими линиями все изображения. Наносим выносные и размерные линии. При обозначении шероховатости учитываем, что механической обработке подвергают только отверстия и торцевые плоскости.

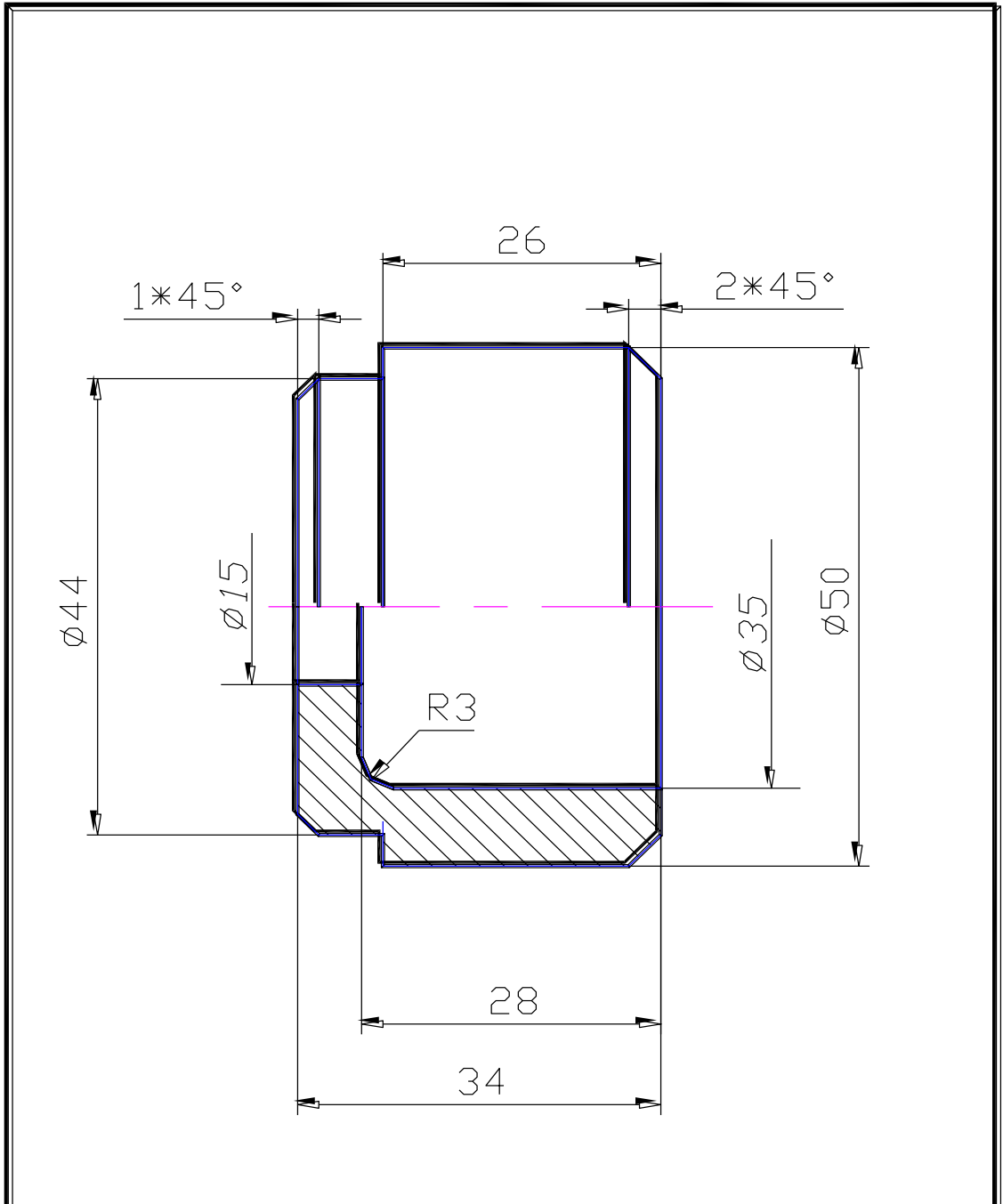
ПРИМЕР 1



Пример 2



Пример 3



				ФВС1.732310.000		
				Стакан		2:1
				Ст.3 ГОСТ 380-88		ТУСУР, каф МГ гр. 588-1
Изм.	Лист	N Докум.	Подпись	Дата	ЛИСТ	ЛИСТОВ
Разраб						
Проверил						
Т. контр						
Н. контр						
УТВ.						

### 3.5 Выбор и нанесение размеров

Размер - числовое значение линейной величины (диаметр, длина и т.д.) в выбранных единицах измерения.

В машиностроении детали изготавливают по чертежу. Судить о величине детали можно только на основании размерных чисел, нанесенных на чертеже. Простановка размеров является наиболее ответственной частью работы над чертежами, так как неправильно проставленные и лишние размеры приводят к браку, а недостаток размеров вызывает задержки производства.

Выбор и простановка размеров зависит от многих факторов и, прежде всего, от назначения чертежа.

#### *Основные положения*

Чтобы нанести размеры на чертеже, необходимо произвести анализ поверхностей детали, выбор базы отсчета, размеры, необходимые для простановки, и правильно нанести последние на чертеже. Правила нанесения размеров предусмотрены ГОСТ 2.307-68\*.

Рассмотрим некоторые из этих правил.

Линейные размеры указываются в миллиметрах без обозначения единицы измерения. Каждый размер задается только один раз.

Размеры проставляют последовательно, переходя от одного элемента детали к другому. При этом учитывают следующее: размеры, относящиеся к одному и тому же элементу детали, по возможности наносят на одном изображении, там, где этот элемент показан наиболее полно (рис. 3.4)

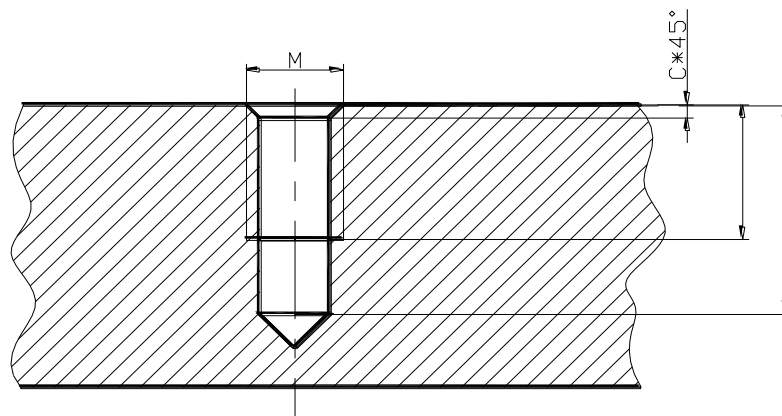


Рис. 3.4

Размеры на рабочих чертежах проставляются от линий видимого контура.

Размеры по возможности выносятся за пределы контура изображений детали.

Чтобы размерные и выносные линии не пересекались, размеры внешнего и внутреннего контуров располагают по разным сторонам изображений



детали. В случае соединения части вида с частью разреза размеры внутреннего контура показывают со стороны разреза.

Если выносная линия и линия внутреннего контура совпадает с линией внешнего контура, то внутренний размер наносят на изображении детали.

Для детали, ограниченной соосными поверхностями вращения, на изображениях ее в виде концентрических окружностей принято проставлять наибольший и наименьший диаметры (рис 3.5).

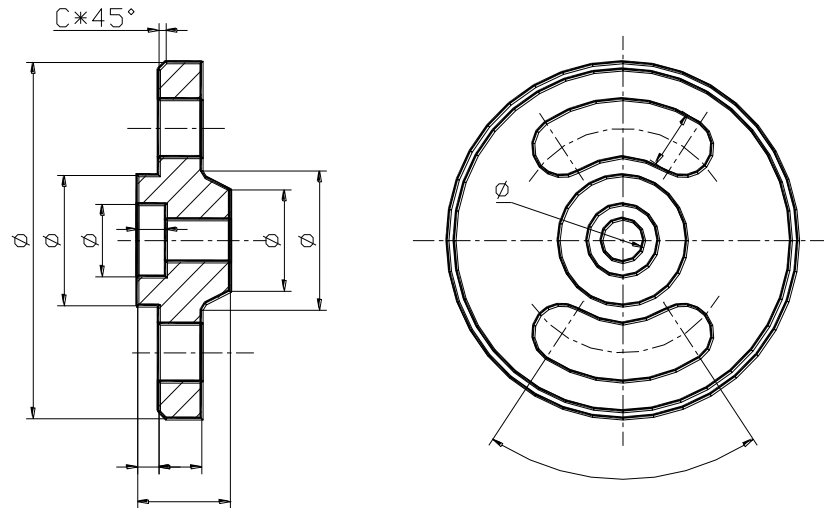


Рис. 3.5

Особенности изготовления и контроля, не выполняемые на изображениях, записываются в технических требованиях.

Размеры на чертежах можно разделить на две группы:

1 *Формообразующие*. Размеры, определяющие форму любого элемента детали;

2. *Координирующие*. Размеры расположения элементов детали. Этими размерами являются расстояния между центрами отверстий, от торцов и кромок до центра отверстий, расстояния до стенок прорезей, пазов, канавок, проточек, выступов и других элементов.

*Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу, рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, где геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 3.6).*

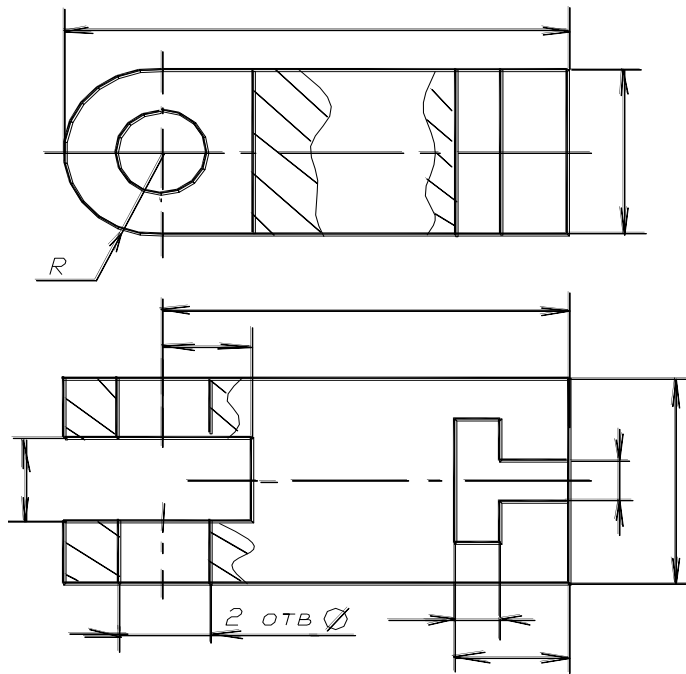


Рис. 3.6

Если указывается размер ступенчатого отверстия (рис. 3.7 б), то его диаметры указываются там, где и глубина. Диаметр цилиндра указывается с образующих цилиндра, дающего данное отверстие (рис. 3.7 а).

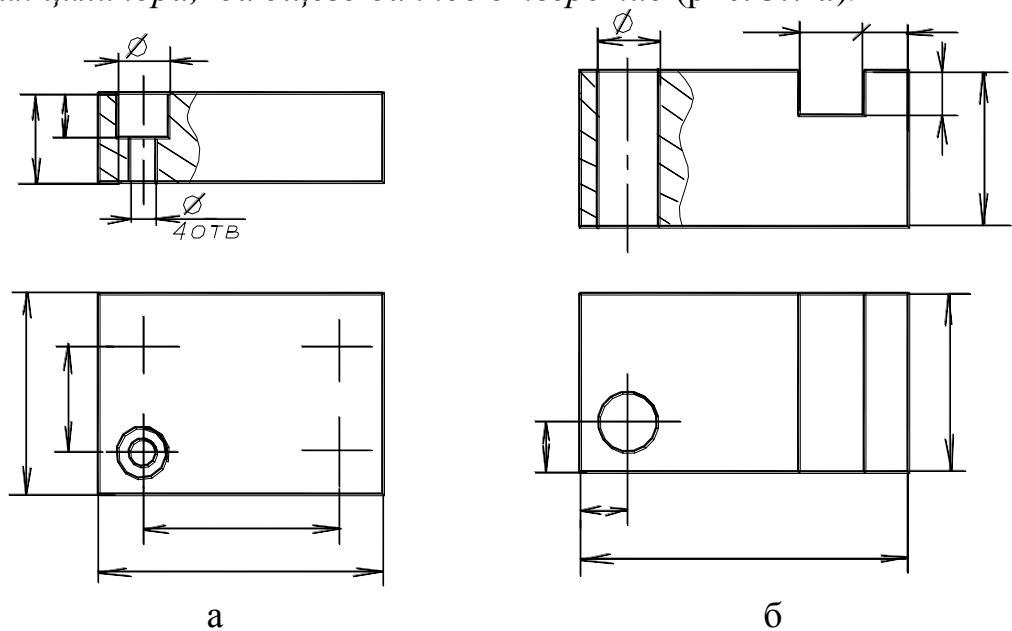


Рис. 3.7

Чтобы облегчить чтение чертежа, следует:

1. По возможности избегать нанесение размеров внутри контура изображений;
2. Не наносить размеры на невидимом контуре, за исключением случаев, когда при этом отпадает необходимость в вычерчивании дополнительных изображений;

3. Избегать взаимного пересечения размерных и выносных линий, а также пересечения этих линий с контурными;

4. Размеры внутренних и наружных элементов предмета располагать по разные стороны изображения (внутренние – со стороны разреза, внешние со стороны вида).

Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях. Для удобства изготовления и контроля детали ее размеры должны быть указаны от определенных поверхностей, линий или точек, а все наносимые на чертеж размеры выбраны из ряда нормальных чисел, установленные гостами.

### Нанесение размеров от баз

Детали имеют форму различных геометрических тел, размеры которых наносятся на чертеже (рис. 3.8).

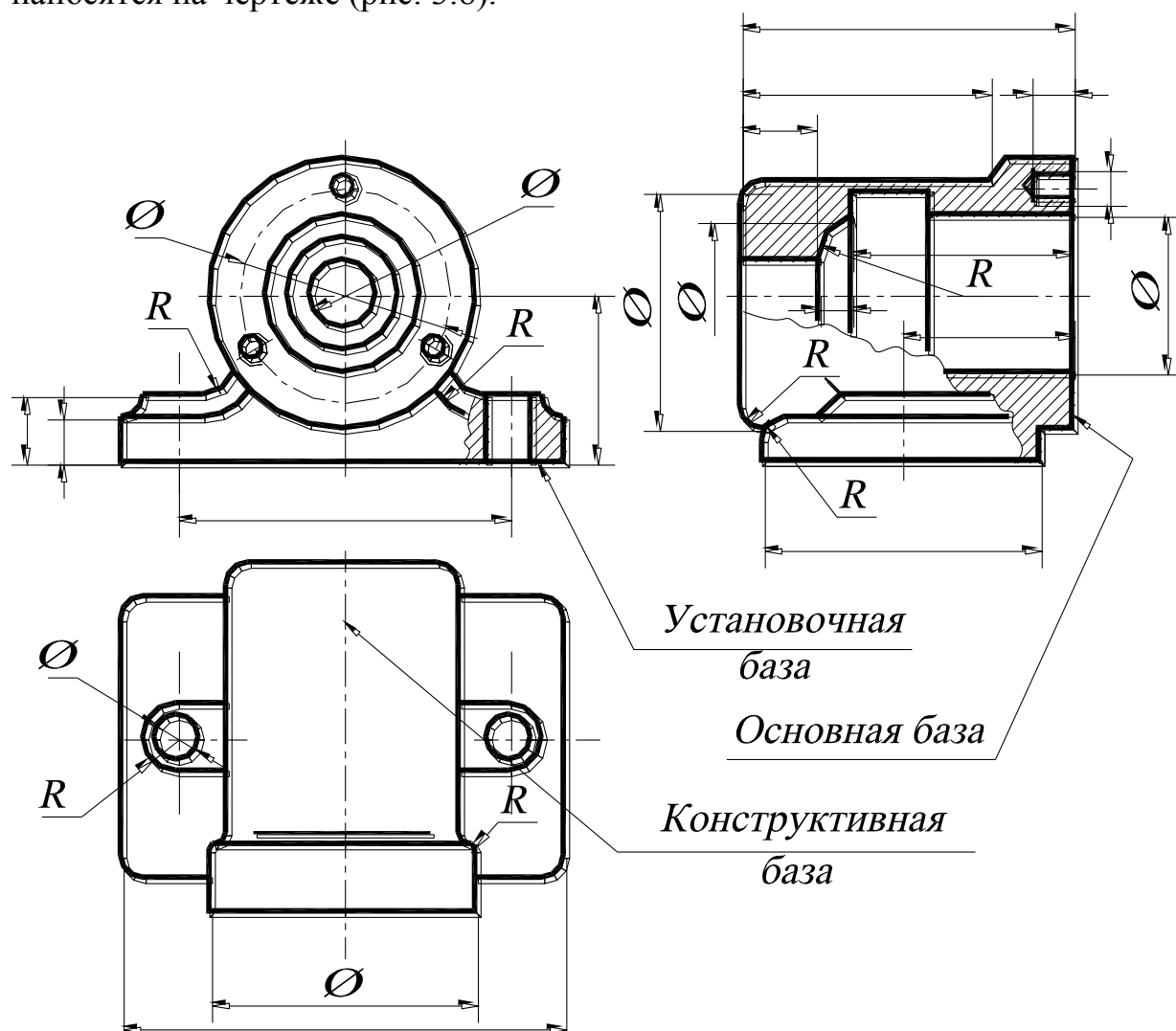


Рис. 3.8

Поверхности деталей разделяют на рабочие, участвующие в работе механизма, и нерабочие - свободные. Рабочие поверхности соприкасаются с ра-

бочими поверхностями других деталей и изготавливаются с повышенной точностью.

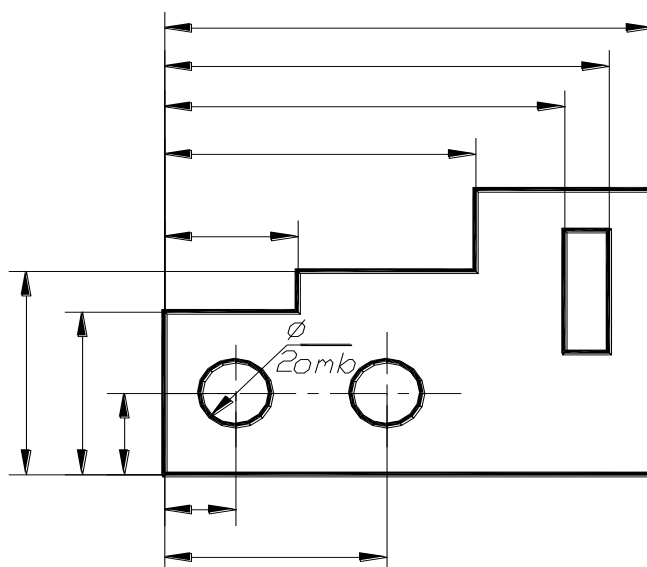


Рис. 3.9

Элементы детали (поверхности, линии, или точка), определяющие положение ее в механизме или при изготовлении, от которых ведется отсчет размеров других элементов детали, принимают за базы отсчета (рис. 3.8, 3.9).

За базы принимают:

- плоскости, которыми данная деталь соприкасается с другими деталями;
- линии - оси симметрии и прямые линии кромок детали, которые могут служить осями координат для отсчета размеров (рис. 3.8, 3.9);
- точка и ось (точка - полюс системы полярных координат, ось - база для отсчета углов).

Правила выбора баз для нанесения размеров стандартом не предусматривается, поэтому геометрию одного и того же элемента можно задать простановкой размеров от различных баз и различными способами.

По характеру расположения на чертеже различают цепной и координатный способы простановки размеров.

При цепном способе размеры проставляют последовательно один за другим и выполняют также последовательно. При этом на точность выполнения размера каждого элемента детали не влияют ошибки выполнения предыдущих размеров, но размер между элементами будет включать сумму ошибок выполнения размеров расположенными между этими элементами (рис. 3.10). Например, ошибка размера между плоскостями  $B_2$  и  $B_7$  определится суммой ошибок размеров  $L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$ .

*Цепной способ* заключается в последовательном нанесении размеров, образующих как бы цепочку (рис. 3.10), определяющую последовательность обработки отдельных частей детали. В этом случае каждый следующий размер определяется новой базой. Его применяют при указании межцентровых расстояний, размеров ступенчатых деталей при необходимости выдержать их на каждом отдельном элементе. Нанесение размеров в виде замкнутой цепи не допускается, за исключением случаев, когда один из размеров цепи указан как справочный.

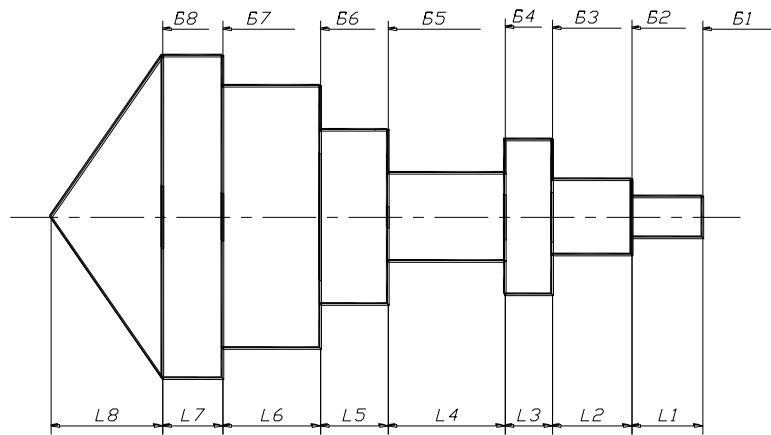


Рис. 3.10

*Координатный способ* заключается в нанесении размеров от одной базы (рис. 3.9). Он наиболее удобен при конструировании изделий. Размеры, назначаемые от одной базы, представляют собой координаты, указывающие расстояния от этой базы до плоскостей, линий и точек детали. Точность получения любого размера при этом способе зависит только от технологии изготовления детали и совершенно не зависит от точности других размеров.

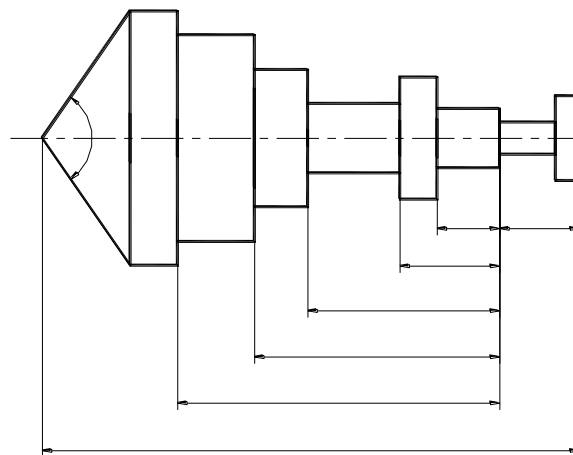


Рис. 3.12

*Комбинированный способ* заключается в сочетании цепного и координатных способов. В этом случае помимо основной размерной базы используют вспомогательные, от которых удобно наносить и проще контролировать размеры ряда элементов детали. Комбинированный способ нанесения размеров имеет наиболее широкое применение, особенно в деталях сложной формы. При любом способе цепочка размеров не должна быть замкнутой, так как в этом случае при изготовлении детали нельзя выдержать требуемой точности размеров. Если, например, при цепном способе на чертеже указывается габаритный размер, то одного из промежуточных размеров не должно быть. Чтобы повысить точность изготовления отдельных элементов детали, применяют одновременно цепной и координатный способы простановки размеров (рис. 3.12).

Размеры по своему назначению подразделяются на *габаритные, присоединительные и установочные*. *Габаритные размеры определяют предельные внешние (или внутренние) очертания изделий*. Такие размеры не всегда наносятся для определения геометрической формы детали, но их часто указывают для справок, особенно для крупных литейных деталей. Для изделий из листового материала и других форм проката габаритные размеры нужны для определения размеров заготовки.

Справочные размеры на чертежах указываются значком \*, и на поле чертежа над основной надписью записывают «\*Размеры для справок».

Справочный габаритный размер, если он замыкает размерную цепь, т.е. не является конструктивным, отмечается значком \* (рис. 3.13), а на поле чертежа над основной надписью делают запись «\* Размер для справок». Габаритный размер не наносится на болтах и шпильках, где  $l$  (длина) является конструктивно определяющим рабочую длину болта (шпильки) и выбирается по стандартам.

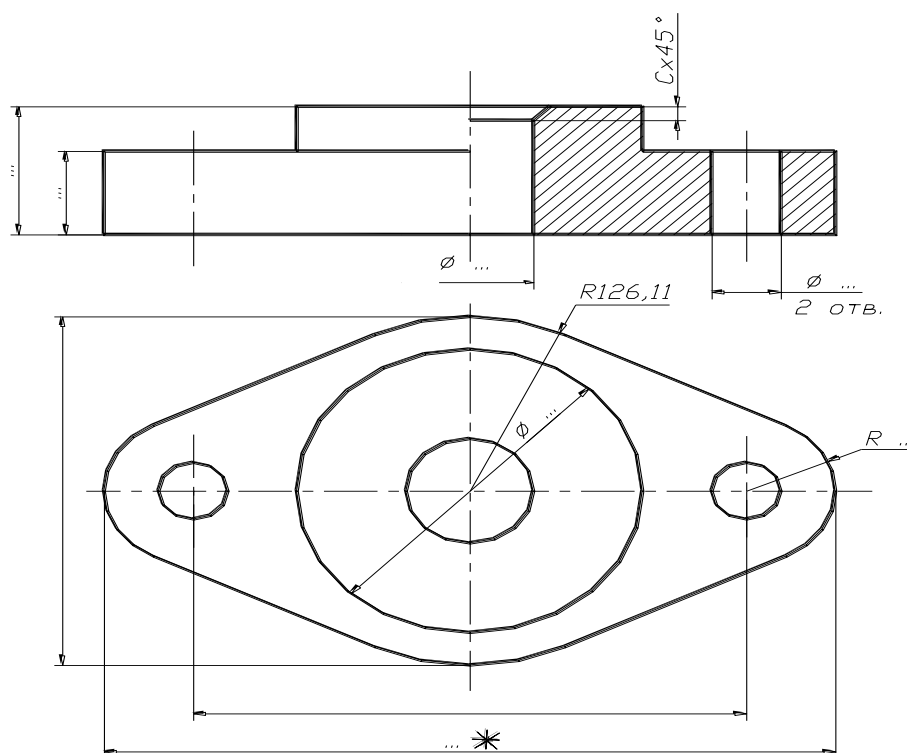


Рис. 3.13

Присоединительные и установочные размеры определяют величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому. К таким размерам относятся высота центра подшипника от плоскости основания, расстояние между центрами отверстий, диаметр окружности центров, т.е. размеры между отдельными геометрическими элементами детали.

Группа конструктивных размеров, определяющих геометрию отдельных элементов детали, предназначенных для выполнения какой-либо функции, и группа размеров элементов деталей, таких, как фаски, проточки (наличие которых вызвано технологией обработки или сборки), выполняются с

различной точностью, поэтому эти размеры не включают в одну размерную цепь (рис. 3.14, 3.15, 3.16).

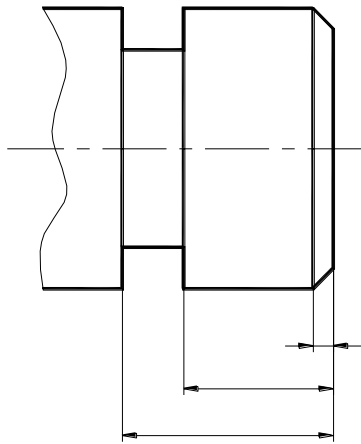


Рис. 3.14

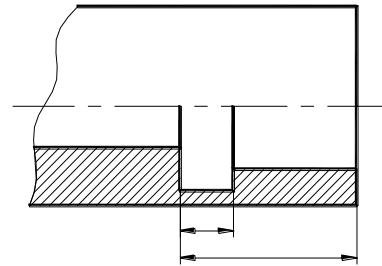


Рис. 3.15

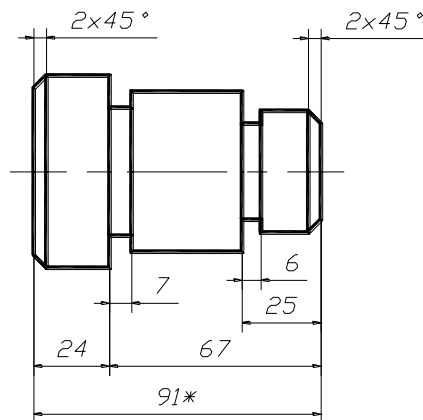
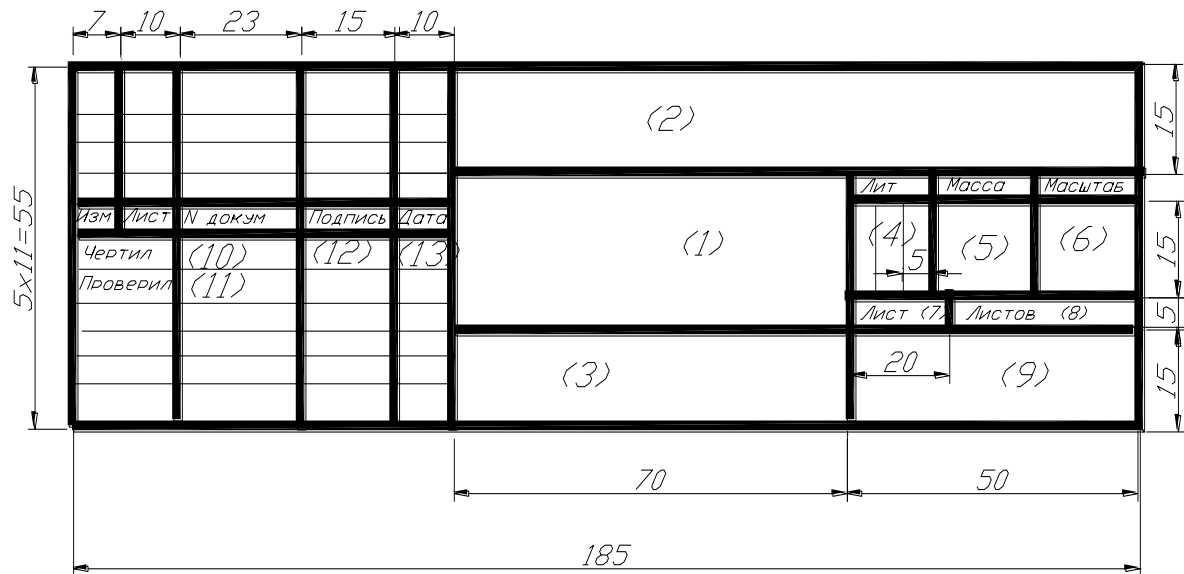


Рис. 3.16

Технология изготовления влияет и на разделение размерных цепей между поверхностями деталей, подвергаемыми механической обработке, и необрабатываемыми. Связь между такими размерными цепями рекомендуется устанавливать одним размером (см. ГОСТ 2.307-68\*). Точность выполнения размеров деталей и шероховатость поверхностей также зависит от способов изготовления.

### 3.6 ЗАПОЛНЕНИЕ ОСНОВНОЙ НАДПИСИ

Обозначение, данное на предложенном сборочном чертеже общего вида, не учитываем. При присвоении обозначения каждой конкретной детали находимо найти ее классификационную характеристику по ее названию в приложении 18 методических указаний.



При заполнении основной надписи следует обратить внимание на следующее:

в графе 1 (приложение 1) записывается название детали, которое берут из спецификации предлагаемого задания (шрифт №7);

в графе 2 записывают обозначение чертежа из выписки классификатора наиболее часто встречающихся деталей данных в приложении 16 (шрифт №7);

в графе 3 записывают название и марку материала, которые выбирают из спецификации предлагаемого задания. ГОСТ на материал выбирают из любого справочного пособия или из приложения 1 данного пособия (шрифт №5);

в графе 4 – "У" (учебный чертеж) (шрифт №5):

в графе 6 – масштаб чертежа (шрифт №5):

в графе 7 – порядковый номер листа (на заданиях, состоящих из одного листа, графу не заполняют):

в графе 8 – общее количество листов задания (графу заполняют только на первом листе):

в графе 9 – ТУСУР, название проверяющей кафедры, факультет, номер группы (шрифтом № 3,5);

в графе 10 – фамилию студента;

в графе 11 – фамилию преподавателя;

в графе 12 – подпись студента;

в графе 13 – дату выполнения чертежа.

Все остальные графы в учебных чертежах не заполняются.

Пример выполнения данного задания приводится в приложении 14 методических указаний. 5.4. Обозначение основного конструкторского документа

Обратите внимание на заполнение основной надписи (в предыдущем задании в учебных целях она заполнена несколько иначе).

В верхней графе основной надписи записывается обозначение основного конструкторского документа:

XXXX. XXXXXX. XXX



Классификатор изделий и конструкторских документов – классификатор ЕСКД представляет собой систематизированный свод наименований классификационных группировок объектов классификации – изделий основного и вспомогательного производства всех отраслей народного хозяйства, общетехнических документов и их кодов; является основной частью Единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации (ЕСКК ТЭИ).

В классификатор ЕСКД включены классификационные характеристики изделий: деталей, сборочных единиц, комплектов, комплексов (ГОСТ 2.101-68\* ЕСКД), на которых разработаны и разрабатывается конструкторская документация по ЕСКД, в том числе стандартных изделий, а также общетехнических документов (нормы, правила, требования и т.д.) на изделия, входящие в классификатор ЕСКД.

Обозначение изделий и конструкторских документов устанавливается по ГОСТ 2.201-80 ЕСКД "Обозначение изделий и конструкторских документов". Обозначение основного конструкторского документа (чертежа детали или спецификации) включает:

- 1 – код организации разработчика (четыре знака);
- 2 – код классификационной характеристики (шесть знаков);
- 3 – код порядкового регистрационного номера три знака.

На учебных чертежах код организации разработчика записывается по аббревиатуре названия факультета, на котором обучается студент и номера курса студента (например ФВС!).

Так, например, для обозначения корпуса в верхней графе основной надписи будет записано:

ФВС1. 731000. 000

Классификационная характеристика является основной частью обозначения изделия и его конструкторского документа. Код классификационной характеристики присваивается по классификатору ЕСКД (краткая выписка из классификатора наиболее часто встречающихся названий деталей приведена в приложении 4 методического пособия), в шесть знаков которого входит обозначение класса, подкласса, подгруппы и вида изделия.

При заполнении основной надписи указывают:

- 1) наименование детали (сборочной единицы), которое берется из спецификации сборочного чертежа;
- 2) обозначение детали (сборочной единицы), которое берется из классификатора (см. приложение 2 данного пособия);
- 3) материал детали;
- 4) название университета, кафедры и номер группы студента.

### **3.7 Определение размеров детали по ее изображению с использованием углового графика масштабов**

Для определения, например, размеров втулки, изображенной на рисунке 3.17 только с одним размером диаметра 70, на миллиметровой бумаге проводят две перпендикулярные линии. На горизонтальной прямой откладывают по линейке 70 мм., на вертикальной прямой - размер изображения с чертежа. Проведя через найденные точки линии, параллельные осям, определим точку А. Проведя через точку А луч, получим возможность с помощью этого луча определить размер любого

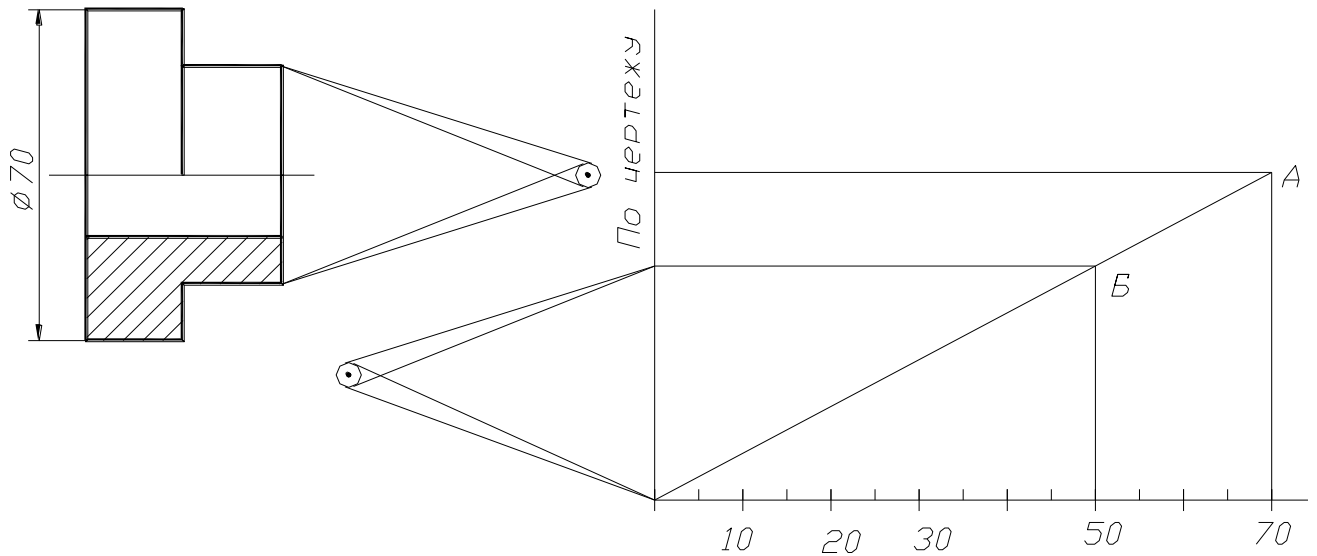


Рис. 3.17

Для определения второго внешнего диаметра втулки переносят циркулем размер его изображения на вертикальную прямую. Через полученную точку проводят прямую, перпендикулярную вертикальной оси, до пересечения с лучом в точке Б. Перпендикуляр из этой точки к горизонтальной оси определит искомый внешний диаметр втулки, он равен 60 мм.

Можно построить линию пропорционального масштаба, например масштаба 1:2 и т.д. Аналогично находят все другие размеры детали.

## 4. СОЕДИНЕНИЯ

Соединения деталей между собой в приборах, машинах установках весьма разнообразны по своему назначению, конструктивной форме, технологии изготовления.

Соединения подразделяют на разъемные и неразъемные.

*Разъемными* называют соединения, повторная сборка и разборка которых возможна без повреждения их составных частей. Такими соединениями являются резьбовые соединения, шпоночные, шлицевые, штифтовые и др.

По данному курсу рассматриваются резьбовые соединения и их конкретный случай – соединение винтом. Такой тип соединения относится к неподвижным разъемным соединениям, в которых детали не могут перемещаться одна относительно другой.

### 4.1 Резьбы

### ***Классификация резьб***

*Резьба* – это поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности. При таком движении плоский контур образует винтовой выступ соответствующего профиля, ограниченный винтовыми цилиндрическими или коническими поверхностями.

Резьбы классифицируются по форме поверхности, на которой нарезана резьба (цилиндрические и конические); по форме профиля (треугольная, прямоугольная, круглая и т.д.); по направлению винтовой поверхности (правые и левые); по числу заходов (однозаходные и многозаходные), по расположению резьбы на поверхности стержня или отверстия (внешние и внутренние); по назначению (крепежные, ходовые и т.д.).

Все резьбы делят на две группы: *стандартные* и *нестандартные*. У стандартных резьб параметры (профиль, шаг и диаметр) определены стандартами. У нестандартных или специальных резьб параметры резьб не соответствуют стандартам.

Основными параметрами резьб по ГОСТ 11708-82 являются:

*наружный* – (номинальный) *диаметр резьбы* – диаметр воображаемого цилиндра или конуса, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы;

*внутренний диаметр резьбы* – диаметр воображаемого цилиндра или конуса, описанного вокруг впадин наружной резьбы или вершин внутренней резьбы;

*профиль резьбы* – контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось;

*угол профиля резьбы* – угол между смежными боковыми сторонами профиля;

*шаг резьбы* – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы;

*ход резьбы* – расстояние между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы.

### ***Изображение и обозначение резьб***

Согласно ГОСТ 2.311-68, *резьбы всех типов изображаются условно. Резьбу на стержне изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру* (рис. 3.18). На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$

окружности, разомкнутую в любом месте (не замыкая на оси). Линию, определяющую границу резьбы, наносят в конце полного профиля резьбы (до начала сбега). *Линию конца резьбы проводят сплошной основной линией до линии наружного диаметра резьбы* (рис. 3.18). При изображении резьб величина меньшего диаметра резьбы составляет 0.85 от большего.

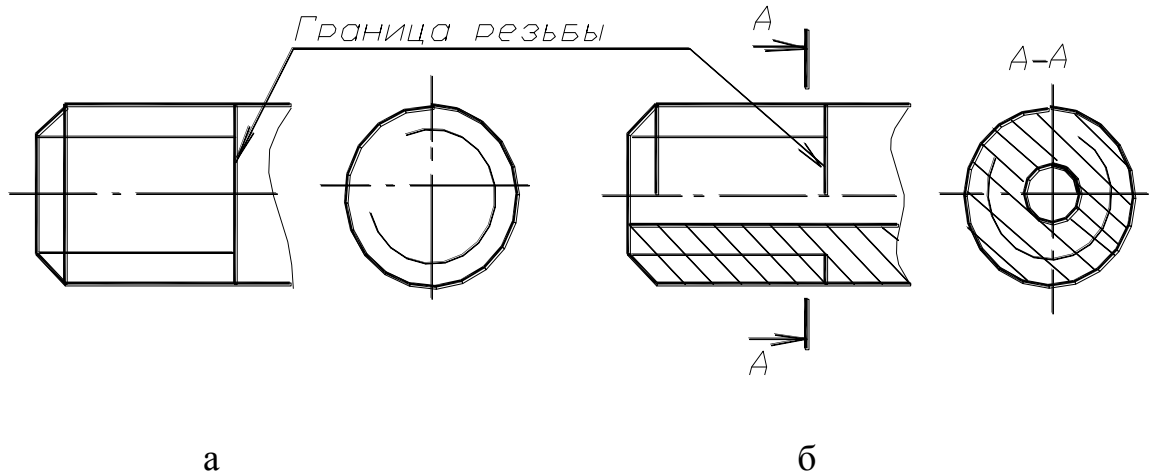


Рис. 3.18

Резьбу в отверстии при выполнении разреза изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими по наружному (рис. 3.19). На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте. Границу резьбы в отверстии показывают сплошной основной линией, проводя ее до линии наружного диаметра резьбы (рис. 3.19).

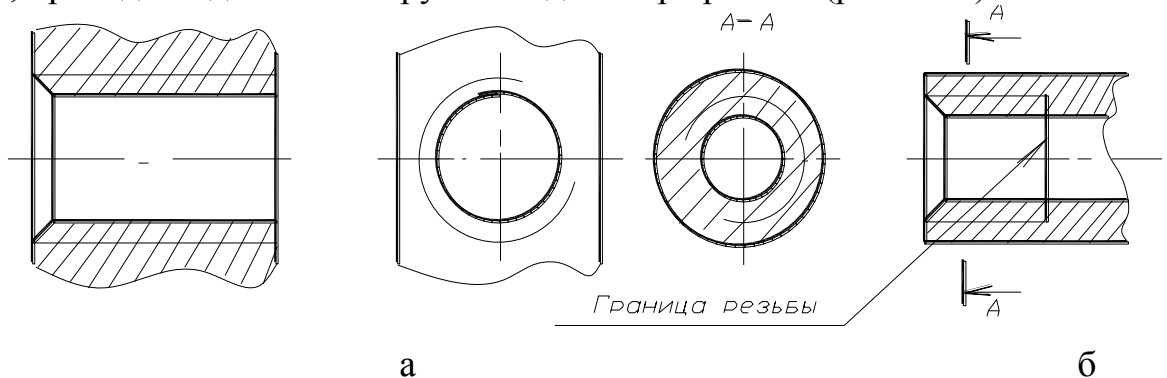


Рис. 3.19

Линии штриховки в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержне и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т.е. в обоих случаях до сплошных основных линий (рис. 3.20).

Фаски на стержне и в отверстии с резьбами, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображают (рис. 3.19 а).

Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают без сбега.

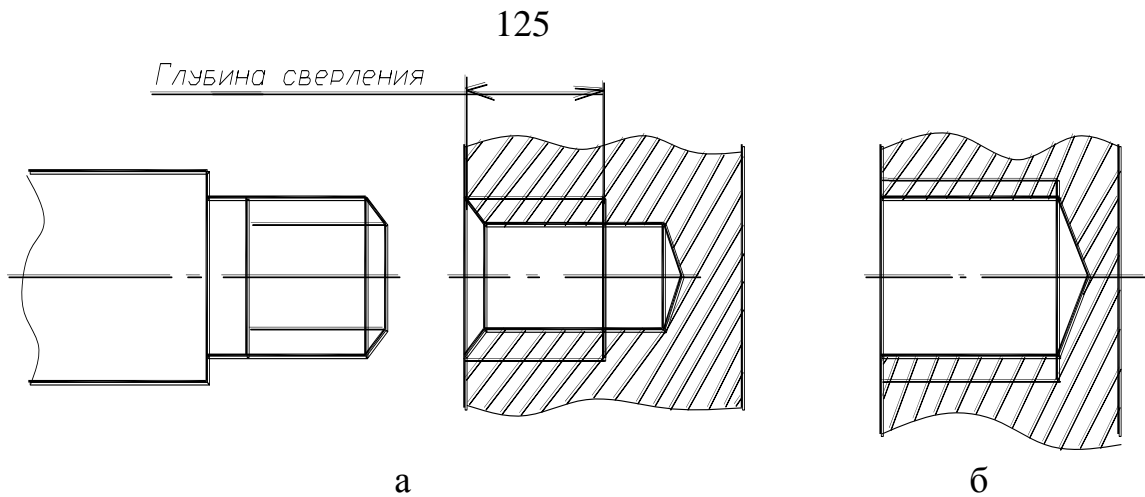


Рис. 3.20

Глухое отверстие с резьбой называется *гнездом*. Гнездо заканчивается конусом, полученным при сверлении (сверло на конце имеет коническую заточку) (рис. 3.20 а). Если нет необходимости в точном изображении границы резьбы, то допускается изображать резьбу, доходящей до дна отверстия, а также не показывать коническую часть гнезда (рис. 3.20 б).

### Условное обозначение резьб

Каждая из стандартных резьб имеет свое условное буквенное и цифровое обозначение.

*Метрическая* резьба имеет треугольный профиль с углом при вершине 60 градусов (ГОСТ 9150-81).

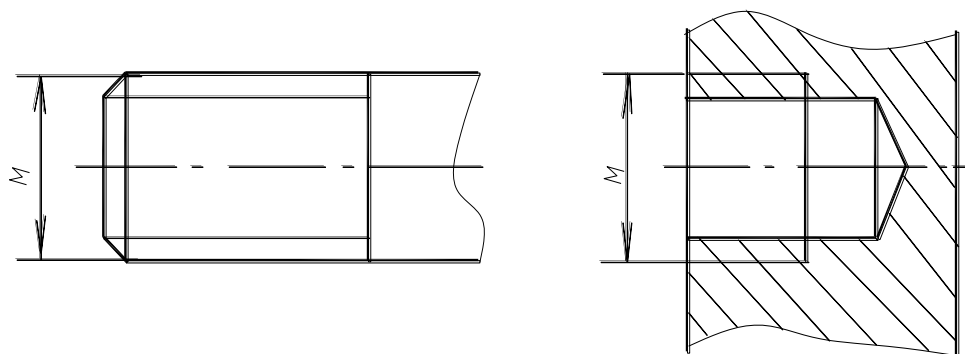


Рис. 3.22

В условное обозначение метрической резьбы с крупным шагом входит буква *M* и номинальный (наружный диаметр выступов на стержне и внутренний диаметр по впадинам в отверстии) (рис. 3.22) диаметр резьбы в миллиметрах. Например, *M56* обозначает, что резьба метрическая с крупным шагом с номинальным диаметром 56 мм.

В условном обозначении метрической резьбы с мелким шагом дополнительно указывается шаг резьбы в миллиметрах, например: *M56X3*.

Правое обозначение резьбы не указывается. Если резьба имеет левое направление, то в условном обозначении указываются буквы *LH*, например: *M36X3LH*.

Пример условного обозначения метрической многозаходной резьбы:  $M24X6(P2)$ - трехзаходная метрическая резьба с номинальным диаметром 24мм, шагом 2мм, ходом 6 мм.

## 4.2 Резьбовое соединение

На разрезах резьбового соединения при изображении на плоскости, параллельные его оси, в отверстиях показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня, изображая резьбу на стержне выше указанными линиями (рис. 3.21).

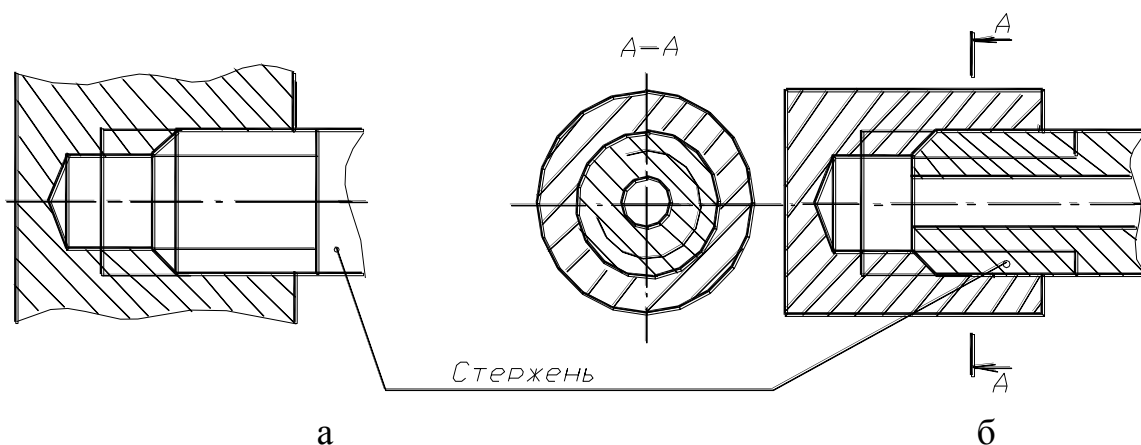


Рис. 3.21

## 4.3 Расчёт винтового соединения

В винтовое соединение входят винт и скрепляемые детали. Определяющими размерами служат: толщина присоединяемой детали  $\delta$  и диаметр стержня винта  $d$ , равный наружному диаметру резьбы. Верхняя деталь имеет сквозное отверстие, равное  $1.1d$ , форма которого зависит от головки винта. Нижняя деталь имеет глухое резьбовое отверстие. Соединение деталей винтами с различными конструкциями головок приведены в методических указаниях. На виде сверху шлица (прорезь под отвертку) изображают под углом  $45^\circ$  к горизонтальной оси.

В качестве примера рассмотрим расчет рабочей длины винта и глухого сверленного отверстия под винт диаметром 12 мм с формой головки по ГОСТ 17473-80 (рис. 5.6).

Толщина верхней скрепляемой детали  $\delta = 14$  мм.

Рабочая длина винта  $l$  складывается из суммы двух величин: толщины детали  $\delta$  и глубины ввинчиваемого конца  $l_1$  (рис. ). Величина ввинчиваемого конца имеет различные значения в зависимости от коэффициента  $k$ , величина которого определяется твердостью материала нижней детали (ГОСТ 22032-76 – ГОСТ 22040-76). Этот коэффициент может иметь значения: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5. Для всех вариантов заданий в учебной работе предлагается принять  $l_1 = (1,25 - 2) d$ .

Принимаем  $l_1 = 1,25 d$ ; тогда  $l_1 = 1,25 \times 12 = 15$  мм.

Рабочая длина  $l = l_1 + \delta = 15 + 14 = 29$  мм. Эту величину сравнивают со стандартными длинами винтов по соответствующему стандарту (таблица приложения) и принимают ближайшую большую к подсчитанной. В данном примере рабочая длина винта принимается равной 30 мм. Уточняем длину ввинчивания  $l_1 = l - \delta = 30 - 14 = 16$  мм. Подсчитываем глубину гнезда (длина сверленного отверстия под винт) и длину резьбы в нем:  $l_2 = l_1 + 0.5 d = 16 + 0.5 \times 12 = 22$  мм.  $l_{\text{резьбы}} = l_1 + 0.25 d = 16 + 0.5 \times 12 = 16 + 3 = 19$  мм.

Примечание:

1. Для винтов с потайной головкой по ГОСТ 17475-80 рабочая длина винта подсчитывается по формуле:  $l = \delta - (k + 1) + l_1$ .
2. Винты с цилиндрической головкой по ГОСТ 1491-80 могут изображаться как с головкой, выступающей над деталью, так и с углубленной. Во втором случае рабочая длина подсчитывается аналогично рабочей длине винта с потайной головкой. Рекомендуется при выполнении задания изображать соединение с головкой, выступающей над деталью.

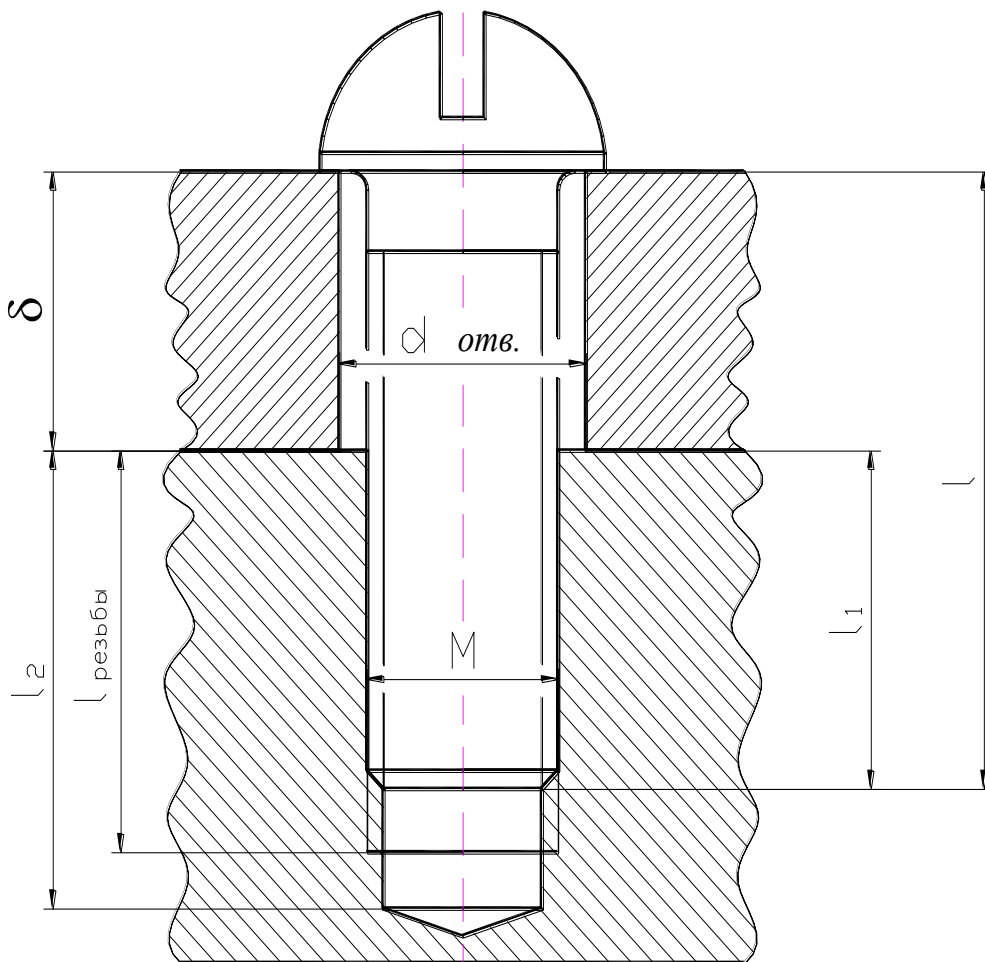
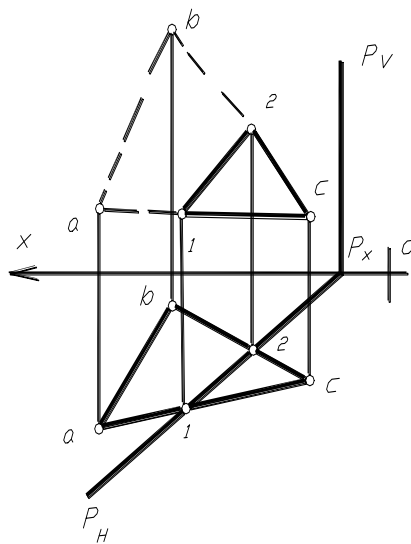
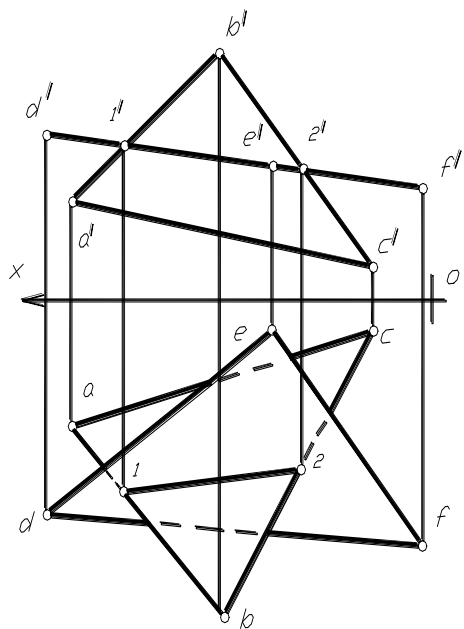


Рис. 5.5

Изучив данный курс инженерной графики студент должен:



изображений  
 ;  
 ых предме-  
 ых деталей  
 инений де-  
 ; также вы-