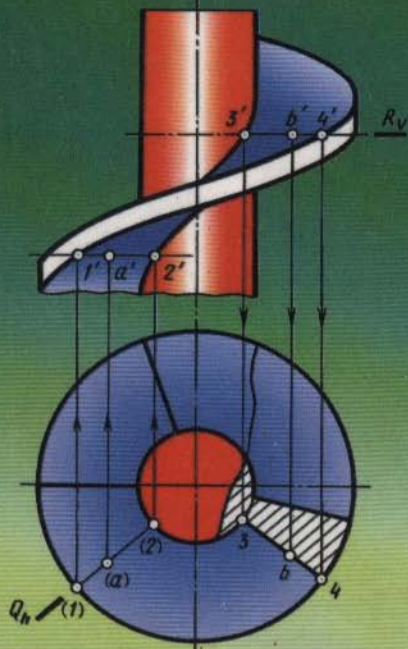


УЧЕБНИК  
ДЛЯ ВУЗОВ



А.А. ЧЕКМАРЕВ

# НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ЧЕРЧЕНИЕ

ГУМАНИТАРНЫЙ  
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ  
ЦЕНТР

**ВЛАДОС**

УЧЕБНИК  
ДЛЯ ВУЗОВ

---

**А.А. ЧЕКМАРЕВ**

# **НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ЧЕРЧЕНИЕ**

---

Рекомендовано Министерством образования  
Российской Федерации в качестве учебника  
для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по техническим специальностям

---

Издание второе,  
переработанное и дополненное

Москва

ГУМАНИТАРНЫЙ  
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ  
ЦЕНТР  
**ВЛАДОС**  
2002

Рецензенты:

профессор *Г.П. Вяткин*  
(Московский государственный технологический  
университет «Станкин»);  
профессор *Э.Д. Новожилов*  
(Московский педагогический университет)

**Чекмарев А.А.**

Ч37 Начертательная геометрия и черчение: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2002. — 472 с.: ил.

ISBN 5-691-00217-1.

В учебнике изложены основы начертательной геометрии в непосредственной связи с основами технического рисунка и черчения; основы машиностроительного черчения, правила выполнения схем; даны элементы строительного и топографического черчения; основы использования персональных электронных вычислительных машин для решения графических задач.

Учебник адресован студентам педагогических и машиностроительных вузов, педагогических училищ, будет полезен учителям математики и черчения.

**ББК 30.11я73**

- © Чекмарев А.А., 1999
- © «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 1999
- © Серийное оформление обложки. «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 1999

## ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения курса состоит в том, чтобы овладеть теоретическими основами построения изображений на машиностроительных и строительных чертежах и дать знания и практические навыки, необходимые:

для выполнения чертежей в соответствии со стандартами ЕСКД и СПДС (учитывая специфику обучения), включая использование вычислительной техники при создании чертежей;

для съемки эскизов деталей и их измерений;

для нанесения размеров с учетом основных положений конструирования и технологии;

для выполнения и чтения изображений предметов, машиностроительных и общих строительных чертежей зданий и сооружений на основе метода прямоугольного проецирования, а также отдельных видов схем;

для пользования стандартными и справочными материалами;

для овладения методикой преподавания черчения в школе.

Знания, умения и навыки, приобретенные при изучении начертательной геометрии и черчения, необходимы для изучения общеинженерных и специальных технических дисциплин, а также в последующей педагогической и инженерной деятельности. Умения представить мысленно форму предметов и их взаимное расположение в пространстве особенно важны для эффективного использования современных технических средств на базе вычислительной техники, для машинного проектирования технических устройств и технологии их изготовления.

В процессе изучения начертательной геометрии и черчения вы освоите основные положения Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) — комплекса государственных стандартов и системы проектной документации для строительства (СПДС), а также современные системы автоматизированного выполнения чертежей.

В ЕСКД установлены взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, которые обязательны для всех организаций и предприятий.

Установленные в стандартах ЕСКД единые правила обеспечивают:

возможность обмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления;

стабилизацию комплектности, исключающую дублирование и разработку не требуемых производству документов;

возможность расширения унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий;

упрощение форм конструкторских документов и графических изображений, снижающих трудоемкость проектно-конструкторских разработок промышленных изделий;

механизацию и автоматизацию обработки технических документов и содержащейся в них информации;

оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства.

Установленные стандартами ЕСКД объем и содержание данных и технических показателей, включаемых в конструкторские документы, служат основанием для разработки систем и программ механизированной их обработки на сканирующих устройствах, например:

цифровые коды, шифрующие данные, содержащиеся в конструкторских документах;

стандартные программы для статистической обработки информации, содержащейся в конструкторских документах и их классификационных обозначениях;

системы регистрации конструкторских документов на машинных носителях информации, обеспечивающие быструю выдачу требуемой информации и ее обработку на средствах вычислительной техники и т.п.

Развитие вычислительной техники позволило создать системы автоматизации графических работ и решения геометро-графических задач. Создаются специализированные для различных отраслей промышленности автоматизированные рабочие места конструктора.

Для эффективного использования современных дорогостоящих технических средств автоматизации конструктор должен иметь хорошо развитые пространственное воображение и геометрическое мышление.

# ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

## НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

### Глава первая

### МЕТОД ПРОЕКЦИЙ

В основе правил построения изображений, рассматриваемых в начертательной геометрии и применяемых в техническом черчении, лежит метод проекций (от латинского *projectio* — бросание вперед, вдаль). Изучение его начинают с построения проекции точки, так как при построении изображения любой пространственной формы объекта рассматривается ряд точек, принадлежащих этой форме. Проекцией фигуры называется совокупность проекций всех ее точек.

#### 1.1. Центральные проекции и их основные свойства

**Центральные проекции.** При центральном проецировании (построении центральных проекций) задают плоскость проекций и центр проекций — точку, не лежащую в плоскости проекций. На рисунке 1.1 плоскость  $P$  — плоскость проекций, точка  $S$  — центр проекций.

Для проецирования произвольной точки через нее и центр проекций проводят прямую. Точка пересечения этой прямой с плоскостью проекций и является *центральной проекцией заданной точки* на выбранной плоскости проекций.

На рисунке 1.1 центральной проекцией  $A$  является точка  $a_p$ , пересечения прямой  $SA$  с плоскостью  $P$ . Так же построены центральные проекции  $b_p$ ,  $c_p$ ,  $d_p$  точек  $B$ ,  $C$ ,  $D$  на плоскости  $P$ .

Прямые, проходящие через центр проекций и проецируемые точки, называют *проецирующими прямыми*.

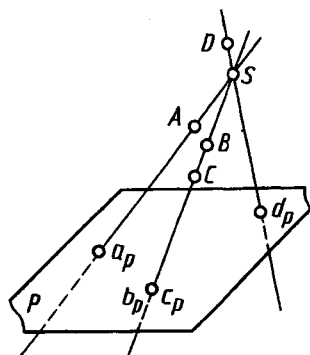


Рис. 1.1

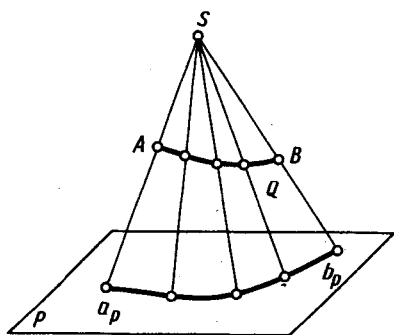


Рис. 1.2

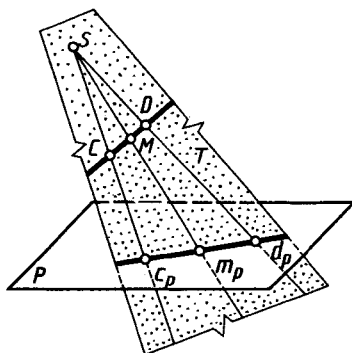


Рис. 1.3

Центральные проекции  $b_p$  и  $c_p$  двух различных точек  $B$  и  $C$  в пространстве, которые располагаются на одной проецирующей прямой, совпадают. Все множество точек пространства, принадлежащих одной проецирующей прямой, имеет при одном центре проецирования одну центральную проекцию на заданной плоскости проекций.

Следовательно, при заданных плоскости проекций и центре проецирования одна точка в пространстве имеет одну центральную проекцию. Но одна центральная проекция точки не позволяет однозначно определить положение точки в пространстве.

Для обеспечения обратимости чертежа, т. е. однозначного определения положения точки в пространстве по ее проекции, нужны дополнительные условия, например, можно задать второй центр проекций. Центральным проецированием может быть построена проекция любой линии или поверхности как множество проекций всех ее точек (см. рис. 1.2, 1.3). При этом проецирующие прямые (в своей совокупности), проведенные через все точки кривой линии, образуют проецирующую коническую поверхность (рис. 1.2) или могут оказаться в одной плоскости (см. рис. 1.3), которая называется проецирующей.

Проекция кривой линии представляет собой линию пересечения проецирующей конической поверхности с плоскостью проекций. Так, на рисунке 1.2 проецирующая коническая поверхность  $Q$  пересекается с плоскостью проекций  $P$  по кривой  $a_p b_p$ , являющейся проекцией линии  $AB$ . Однако проекция линии не определяет проецируемую линию, так как на проецирующей поверхности может быть бесчисленное количество линий, проецирующихся в одну и ту же линию на плоскости проекций (рис. 1.4).

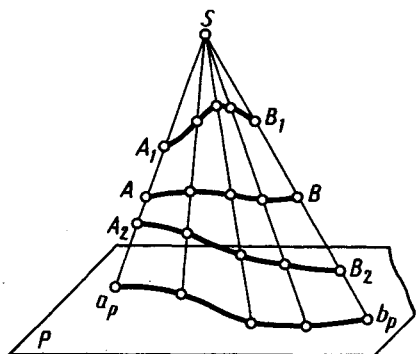


Рис. 1.4

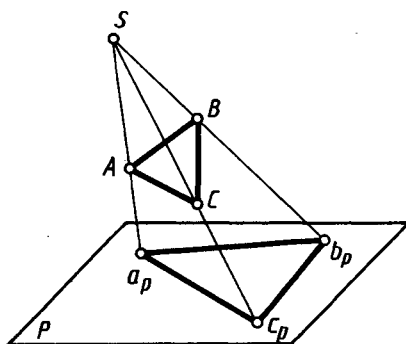


Рис. 1.5

При проецировании прямой линии, не проходящей через центр проекций, проецирующей поверхностью служит плоскость. Так, на рисунке 1.3 проецирующая плоскость  $T$ , образуемая проецирующими прямыми  $SC$  и  $SD$ , проходящими через точки  $C$  и  $D$  прямой, пересекает плоскость проекций  $P$  по прямой  $c_p d_p$ , которая и является проекцией прямой  $CD$ . Соответственно проекция  $m_p$  точки  $M$  прямой  $CD$  принадлежит и проекции  $c_p d_p$ .

Для построения проекций линий, поверхностей или тел часто достаточно построить проекции лишь некоторых характерных точек. Например, при построении на плоскости проекций  $P$  проекции треугольника  $ABC$  (рис. 1.5) достаточно построить проекции  $a_p, b_p, c_p$  трех его точек — вершин  $A, B, C$ .

#### Свойства центрального проецирования.

1. При центральном проецировании:

- а) точка проецируется в точку;
- б) прямая, не проходящая через центр проекций, проецируется в прямую (проецирующая прямая — в точку);
- в) плоская (двумерная) фигура, не принадлежащая проецирующей плоскости, проецируется в виде двумерной фигуры (фигуры, принадлежащие проецирующей плоскости, проецируются вместе с ней в виде прямой);
- г) трехмерная фигура отображается двумерной.

2. Центральные проекции фигур сохраняют взаимную принадлежность, непрерывность и некоторые другие геометрические свойства.

3. При заданном центре проецирования проекции фигуры на параллельных плоскостях подобны.



4. Центральное проецирование устанавливает однозначное соответствие между фигурой и ее изображением, например изображения на киноэкране, фотопленке.

Центральные проекции применяют для изображения предметов в перспективе. Изображения в центральных проекциях наглядны, но для технического черчения неудобны, так как не соблюдается метрика.

## 1.2. Параллельные проекции и их основные свойства

Параллельное проецирование (рис. 1.6) можно рассматривать как частный случай центрального проецирования, при котором центр проекций удален в бесконечность ( $S_\infty$ ). При параллельном проецировании применяют параллельные проецирующие прямые, проведенные в заданном направлении относительно плоскости проекций. Если направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций, то проекции называют прямоугольными или ортогональными, в остальных случаях — косоугольными (на рис. 1.6 направление проецирования указано стрелкой под углом  $\alpha \neq 90^\circ$  к плоскости проекций  $P$ ).

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

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

Если прямые  $MN$  и  $KL$  (рис. 1.7) параллельны, то проецирующие плоскости  $Q$  и  $T$  параллельны, так как пересекающиеся прямые в этих плоскостях взаимно параллельны:  $MN \parallel KL$  — по условию,  $Aa_p \parallel Cc_p \parallel S_\infty$ . Следовательно, проекции  $m_p n_p$  и  $k_p l_p$  параллельны как линии пересечения параллельных плоскостей  $Q$  и  $T$  с плоскостью  $P$ .

Отметим на прямой  $MN$  произвольный отрезок  $AB$  и на прямой  $KL$  — произвольный отрезок  $CD$ . Проведем в плоскости  $Q$  через точку  $A$  прямую  $A-1 \parallel a_p b_p$  и в плоскости  $T$  через точку  $C$  — прямую

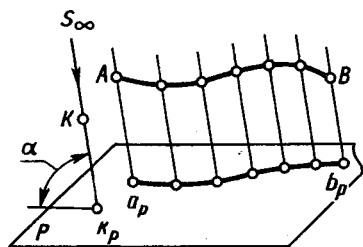


Рис. 1.6

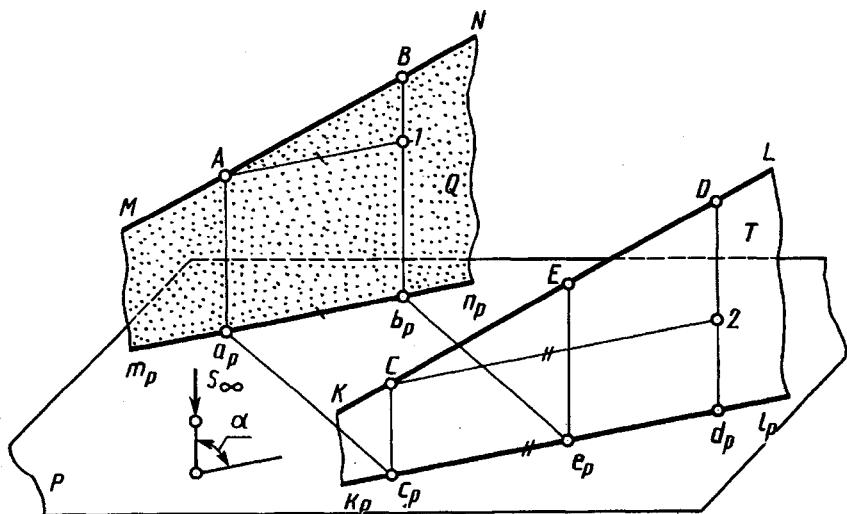


Рис. 1.7

$C-2 \parallel c_p d_p$ . Отрезки  $[A-I] = [a_p b_p]$ ,  $[C-2] = [c_p d_p]$  как отрезки параллельных между параллельными. Отрезки  $C-2 \parallel c_p d_p \parallel a_p b_p$  и, следовательно,  $C-2 \parallel A-I$ . Отрезки  $B-1 \parallel D-2 \parallel S_\infty$ ,  $\triangle AB-1 \sim \triangle CD-2$ , так как все их стороны взаимно параллельны. Из подобия треугольников  $AB-1$  и  $CD-2$  следует:

$$|AB| : |CD| = |A-I| : |C-2| = |a_p b_p| : |c_p d_p|.$$

Из рассмотренного следует:

а) если длина отрезка прямой делится точкой в каком-либо отношении, то и длина проекции отрезка делится проекцией этой точки в том же отношении (рис. 1.8):

$$|AK| : |KB| = |a_p k_p| : |k_p b_p|;$$

б) проекции равных по длине отрезков взаимно параллельных прямых взаимно параллельны и равны по длине.

Это очевидно, так как (см. рис. 1.7) при  $|AB| : |CD| = 1$  будет  $|a_p b_p| = |c_p d_p|$ . Поэтому при косоугольном проецировании

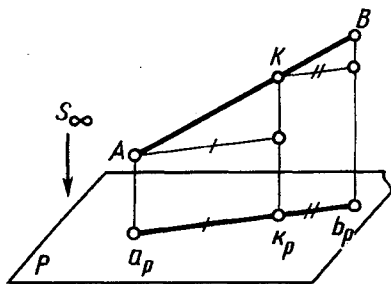


Рис. 1.8



Докажем это. На рисунке 1.10  $\angle ABC = 90^\circ$ ;  $(AB) \parallel P$ ;  $(CB)$  не перпендикулярно  $P$ . Докажем, что  $\angle a_p b_p c_p = 90^\circ$ .

Проецирующая прямая  $Bb_p$  перпендикулярна плоскости проекций  $P$  и прямой  $BA$ . Прямая  $BA$  перпендикулярна плоскости  $Q$  ( $Q \supset Bb_p$ ;  $Q \supset BC$ ), так как прямая  $BA$  перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости ( $\angle ABC = 90^\circ$  — по условию, а  $\angle ABb_p = 90^\circ$  — по построению). Проекция  $b_p a_p$  перпендикулярна плоскости  $Q$ , так как  $(b_p a_p) \parallel (BA)$ . Следовательно, проекция плоскости  $Q$  на плоскости  $P$  — прямая  $KL$ , перпендикулярная проекции  $b_p a_p$ . Но с прямой  $KL$  совпадает проекция  $b_p c_p$ , т. е.  $\angle a_p b_p c_p = 90^\circ$ , что и требовалось доказать.

Соответственно при  $\angle DBA = 90^\circ$ ,  $(DB) \not\perp P$  и  $(AB) \parallel P$  имеем:

$$\angle d_p b_p a_p = 90^\circ.$$

Ортогональное проецирование имеет ряд преимуществ перед центральным и косоугольным параллельным проецированием. К ним, в первую очередь, относятся простота геометрических построений ортогональных проекций точек и сохранение на проекциях при определенных условиях формы и размеров проецируемой фигуры.

Указанные преимущества обеспечили применение ортогонального проецирования для разработки чертежей во всех отраслях промышленности и в строительстве.

#### 1.4. Проецирование на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций

Обратимость чертежа может быть обеспечена проецированием на две непараллельные плоскости проекций.

Для удобства проецирования в качестве двух плоскостей проекций выбирают две взаимно перпендикулярные плоскости (рис. 1.11). Одну из них принято располагать горизонтально — ее называют *горизонтальной плоскостью* проекций, другую — вертикально. Вертикальную плоскость называют *фронтальной плоскостью проекций*. Эти плоскости проекций пересекаются по линии, называемой *осью проекций*.

Ось проекций разделяет каждую из плоскостей проекций на две полуплоскости.

Обозначим плоскости проекций буквами:  $V$  — фронтальную,  $H$  — горизонтальную, ось проекций — буквой  $x$  или в виде

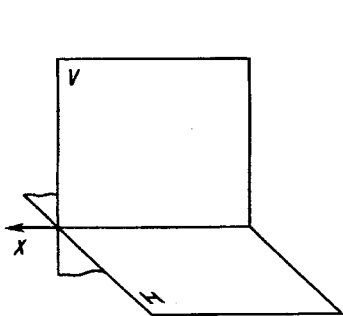


Рис. 1.11

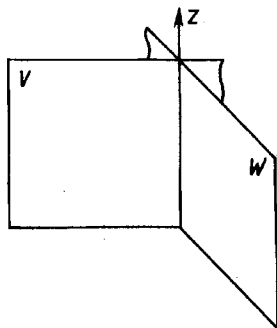


Рис. 1.12

доби  $V/H$ . Плоскости  $V$  и  $H$  образуют систему  $V, H$ . (Наряду с указанными обозначениями плоскостей проекций в литературе применяют и другие обозначения, например буквой  $\pi$  с индексами.)

Плоскости проекций, пересекаясь, образуют четыре двугранных угла, из которых приведенный на рисунке 1.11 (с обозначениями граней  $V, H$ ) считают первым.

В промышленности чертежи многих деталей выполняют также в системе двух взаимно перпендикулярных плоскостей, пересекающихся по вертикальной оси проекций  $z$  (рис. 1.12). При этом фронтальной плоскостью проекций оставляют также плоскость  $V$ , а перпендикулярную к ней и обозначаемую  $W$  называют *профильной плоскостью проекций*.

В системе двух взаимно перпендикулярных плоскостей проекций *горизонтальной проекцией точки* называют прямоугольную проекцию точки на горизонтальной плоскости проекций; *фронтальной проекцией точки* называют прямоугольную проекцию точки на фронтальной плоскости проекций.

Наглядное изображение построения проекций произвольной точки  $A$  в системе  $V, H$  показано на рисунке 1.13. Горизонтальную проекцию, обозначенную  $a$ , находят как пересечение перпендикуляра, проведенного из точки  $A$  к плоскости  $H$ , с этой плоскостью. Фронтальную проекцию, обозначенную  $a'$ , находят как пересечение перпендикуляра, проведенного из точки  $A$  к плоскости  $V$ , с этой плоскостью.

Проецирующие прямые  $Aa'$  и  $Aa$ , перпендикулярные к плоскостям  $V$  и  $H$ , принадлежат плоскости  $Q$ . Она перпендикулярна плоскостям проекций и пересекает ось проекций в точке  $a_x$ . Три взаимно перпендикулярные плоскости  $Q, V$  и  $H$  пересека-

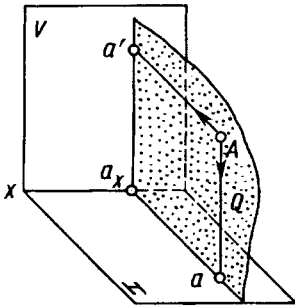


Рис. 1.13

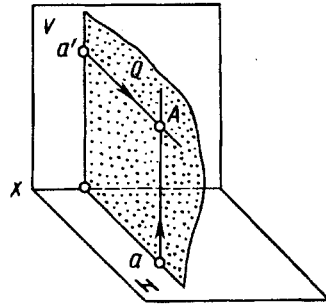


Рис. 1.14

ются по взаимно перпендикулярным прямым, т. е. прямые  $a'a_x$ ,  $aa_x$  и ось  $x$  взаимно перпендикулярны.

Построение некоторой точки  $A$  в пространстве по двум заданным ее проекциям — фронтальной  $a'$  и горизонтальной  $a$  — показано на рисунке 1.14. Точку  $A$  находят на пересечении перпендикуляров, проведенных из проекции  $a'$  к плоскости  $V$  и из проекции  $a$  к плоскости  $H$ . Проведенные перпендикуляры принадлежат одной плоскости  $Q$ , перпендикулярной к плоскостям  $V$  и  $H$ , и пересекаются в единственной искомой точке  $A$  пространства.

Таким образом, две прямоугольные проекции точки вполне определяют ее положение в пространстве относительно данной системы взаимно перпендикулярных плоскостей проекций.

В дальнейшем прямоугольные проекции точки в системе взаимно перпендикулярных плоскостей проекций будем называть ортогональными проекциями точки.

Рассмотренное наглядное изображение точки в системе  $V, H$  неудобно ввиду своей сложности для целей черчения. Преобразуем его так, чтобы горизонтальная плоскость проекций совпала с фронтальной плоскостью проекций, образуя одну плоскость чертежа. Это преобразование осуществляют (рис. 1.15) путем поворота вокруг оси  $x$  плоскости  $H$  на угол  $90^\circ$  вниз. При этом отрезки  $a_x = a'$  и  $a_x = a$  образуют один отрезок  $a'a$ , перпендикулярный оси проекции, называемый *линией связи*. В результате указанного совмещения плоскостей  $V$  и  $H$  получается чертеж — рисунок 1.16, известный под названием эпюр (от французского *epure* — чертеж, проект) или эпюр Монжа. Этот чертеж в системе  $V, H$  (или в системе двух прямоугольных проекций) называют

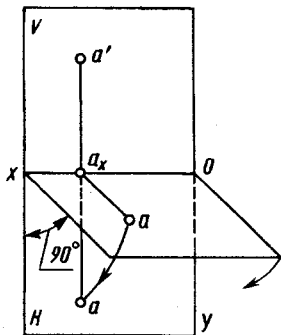


Рис. 1.15

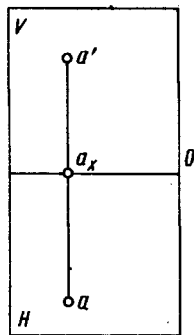


Рис. 1.16

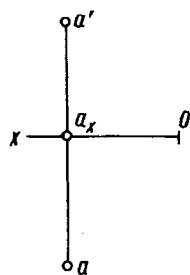


Рис. 1.17

двухкартинным чертежом Монжа. Без обозначения плоскостей  $V$  и  $H$  этот чертеж приведен на рис. 1.17.

### 1.5. Проецирование на три взаимно перпендикулярные плоскости проекций

Для полного выявления наружных и внутренних форм сложных деталей и их соединений, для решения ряда задач бывает необходимо три и даже более изображений. Поэтому вводят три и более плоскостей проекций.

**Система  $V, H, W$ .** Введем в систему  $V, H$  третью вертикальную плоскость проекций (рис. 1.18), перпендикулярную к оси  $x$  и соответственно к фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций. Ее называют профильной плоскостью проекций и обозначают  $W$  (см. также рис. 1.12). Такую систему плоскостей проекций называют системой  $V, H, W$ . В этой системе оси проекций  $z$  и  $y$  являются линиями пересечения профильной плоскости проекций с фронтальной и горизонтальной. Точка  $O$  — пересечение всех трех осей проекций.

Схема совмещения трех взаимно перпендикулярных плоскостей проекций в одну плоскость чертежа показана на рисунке 1.19. При этом ось  $y$  занимает два положения. Наглядное изображение некоторой точки  $A$  и ее проекции  $a', a, a''$  в системе  $V, H, W$  приведено на рисунке 1.20, ее чертеж — на рисунке 1.21.

*Профильной проекцией точки* называется прямоугольная проекция точки на профильной плоскости проекций (например, проекция  $a''$  на рис. 1.21). Фронтальная и профильная проек-

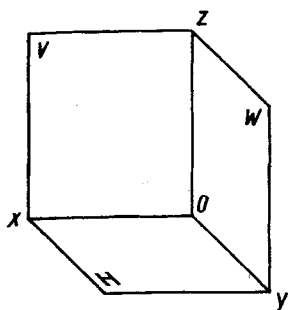


Рис. 1.18

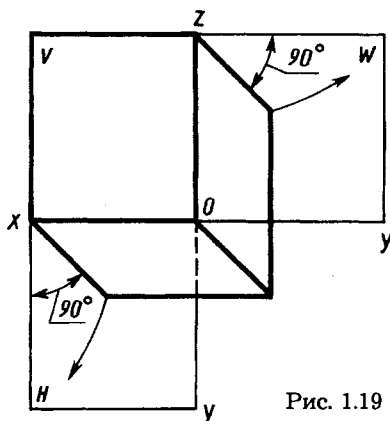


Рис. 1.19

ции точки ( $a'$  и  $a''$ ) лежат на одной линии связи ( $a'a''$ ), перпендикулярной оси  $z$ . Профильную проекцию точки строят несколькими способами (рис. 1.21).

Через фронтальную проекцию проводят линию связи, перпендикулярную к оси  $z$ , и от оси  $z$  отмечают координату  $y_a$  (отрезок  $aa_x$ ).

Это построение можно выполнить также с помощью дуги окружности, проведенной из центра  $O$ , или с помощью прямой, проведенной под углом  $45^\circ$  к оси  $y$ . Первый из указанных способов предпочтителен как более точный.

**Точки в четвертях и октантах пространства.** Необходимость использования четвертей и октантов пространства возникает при решении некоторых задач, например при нахождении проекций точки пересечения прямых или прямой и плоскости, которые пересекаются за пределами первого октанта. Плоскости  $V$  и  $H$

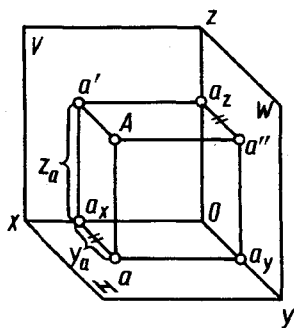


Рис. 1.20

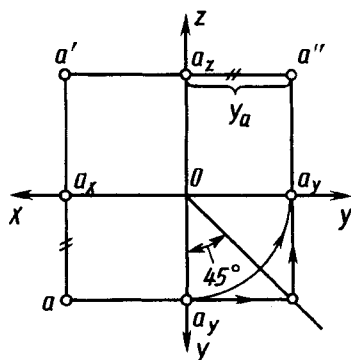


Рис. 1.21



при пересечении образуют четыре двугранных угла, которые называют квадрантами или четвертями пространства. На рисунке 1.22, *a* указан принятый порядок отсчета четвертей I, II, III, IV. Ось проекций делит плоскости *V* и *H* на полуплоскости, условно обозначаемые *H* и  $-H$ , *V* и  $-V$ . На рисунке 1.22, *b* приведен чертеж точек *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, расположенных в различных четвертях пространства (рис. 1.22, *a*).

Точка *A* расположена в первой четверти. Ее проекции на чертеже (рис. 1.22, *b*) аналогичны чертежу на рисунке 1.17. Точка *B* ближе к *V*, чем к  $-H$ ; на чертеже  $bb_x < b'b_x$ . Точка *C* одинаково удалена от  $-H$  и от *V*; проекции  $c'$  и  $c$  совпадают между собой. Точка *D* расположена в третьей четверти. Горизонтальная проекция  $d$  получается над осью проекций, фронтальная  $d'$  — под осью проекций. Точка *D* расположена от  $-V$  дальше, чем от  $-H$ , поэтому на чертеже  $dd_x > d'd_x$ . Точка *E* расположена в четвертой четверти. Точка *E* ближе к *H*, чем к  $-V$ ;  $e'e_x < ee_x$ . Точка *F* (на рис. 1.22, *a* не показана) одинаково удалена от  $-V$  и от *H*, поэтому ее фронтальная  $f'$  и горизонтальная  $f$  проекции совпадают.

Система из трех плоскостей проекций показана на рисунке 1.23. В своем пересечении они образуют восемь трехгранных углов — восемь октантов. Их нумерация — I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII — приведена на рисунке 1.23. Из рисунков 1.22, *a* и 1.23 видно, что четверти пространства нумеруются как I—IV октанты.

Система знаков для отсчета координат *x*, *y*, *z* точек в октантах (в соответствии с рис. 1.23) будет следующая:

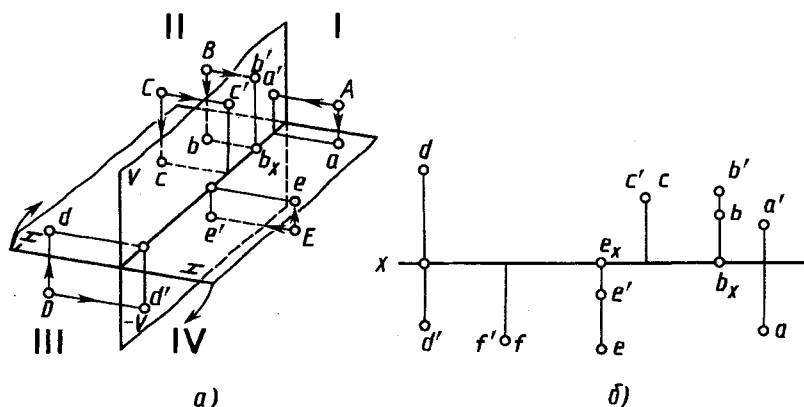


Рис. 1.22

- октант I (+, +, +);
- октант II (+, -, +);
- октант III (+, -, -);
- октант IV (+, +, -);
- октант V (-, +, +);
- октант VI (-, -, +);
- октант VII (-, -, -);
- октант VIII (-, +, -).

Например, точка  $(-25; +15; -10)$  находится в октанте VIII, а точка  $(-25; -10; -10)$  — в октанте VII.

Проекции точки, расположенной в I октанте, не могут наложиться одна на другую. Это же относится к точкам, расположенным в VII октанте. Для остальных октантов две или все три (для II и VIII октантов) проекции одной и той же точки могут оказаться наложенными друга на друга.

Трехмерное пространство, в котором действуют аксиомы Евклида (III в. до н. э.), стали называть евклидовым пространством.

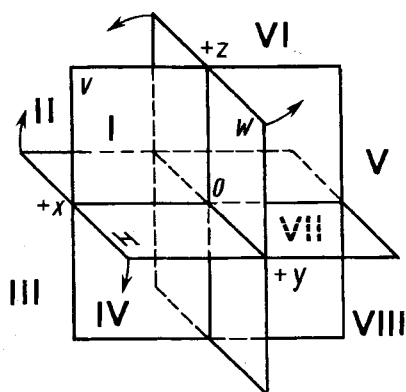


Рис. 1.23

## 1.6. Проекции с числовыми отметками и векториальные

В 1.4 рассмотрен способ обеспечения обратимости чертежа проецированием на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций, который повсеместно применяется в машиностроительном и строительном черчении. Обратимость чертежа обеспечивается и другими способами. Например, если рядом с обозначением ортогональной проекции точки на одной плоскости проекций указать величину расстояния (т. е. координату  $z$ ) от точки до ее проекции, то такой чертеж тоже будет обратимым. При этом положительному знаку будет соответствовать положение точки над плоскостью проекций, отрицательному — под ней. Такие проекции носят название проекций с числовыми отметками. Их используют, например, в топографическом черчении на географических картах, на планах местности. Более подробно они будут рассмотрены в главе, посвященной элементам топографического черчения.

Удаление точек от плоскости проекций можно указать произвольно направленными параллельными отрезками (векторами), исходящими из проекций этих точек. Такие проекции называют векториальными или федоровскими (названы по имени академика Е.С. Федорова (1853—1919) — основоположника теоретической кристаллографии). Для точек, расположенных выше плоскости проекций, векторы считаются положительными, для расположенных ниже плоскости проекций — отрицательными. Длины векторов равны величине расстояний соответствующих точек от плоскости проекций. Чертежи в федоровских проекциях применяют в геологии и горном деле, в топографических съемках, земляных и других работах.



1. Как строят центральную проекцию точки?
2. В каком случае центральная проекция прямой линии является точкой?
3. В чем заключается способ проецирования, называемый параллельным?
4. Как строят параллельную проекцию прямой линии?
5. Может ли параллельная проекция прямой линии представлять собой точку?
6. В каком случае при параллельном проецировании отрезок прямой линии проецируется в натуральную величину?
7. Как расшифровывается понятие “ортогональный”?
8. Как читается свойство проецирования прямого угла?
9. Что такое эпюр Монжа?
10. Что такое система  $V, H$  и как называют плоскости проекции  $V$  и  $H$ ?
11. Что называют осью проекций?
12. Как строят проекции точки в системе  $V, H$ ?
13. Что такое система  $V, H, W$  и как называют плоскость проекции  $W$ ?
14. Как строят профильную проекцию точки по ее фронтальной и горизонтальной проекциям?
15. Что такое прямоугольные координаты точки и в какой последовательности их записывают в обозначении точки?
16. Что такое октанты?
17. В каком октанте значения координат по всем осям отрицательные?
18. Какую координату точки обозначают числом в проекциях с числовыми отметками?

Глава вторая  
**ПРОЕКЦИРОВАНИЕ ОТРЕЗКА  
 ПРЯМОЙ ЛИНИИ**

**2.1. Проецирование отрезка и деление его  
 в данном отношении**

Наглядное изображение отрезка  $AB$  прямой и его ортогонального проецирования на плоскость  $P$  показано на рисунке 2.1. Рассмотрим ортогональное проецирование отрезка  $AB$  с учетом свойств параллельного проецирования (1.2). Параллельные проецирующие прямые  $Aa_p$  и  $Bb_p$ , проведенные из точек  $A$  и  $B$  прямой, образуют проецирующую плоскость  $Q$ , пересекающуюся с плоскостью проекций  $P$ . Линия пересечения плоскостей  $P$  и  $Q$  проходит через проекции  $a_p$  и  $b_p$  точек  $A$  и  $B$  на плоскости проекций  $P$ . Эта линия и является единственной проекцией прямой на плоскости проекций  $P$ .

Между длинами отрезка  $AB$  прямой и его проекции  $a_p b_p$  имеется зависимость  $|a_p b_p| = |AB| \cos \varphi$ , где  $\varphi$  — угол между отрезком и плоскостью проекций. При  $\varphi = 0$  отрезок проецируется в натуральную величину ( $|a_p b_p| \cong |AB|$ ); при  $\varphi = 90^\circ$  отрезок проецируется в точку. В остальных случаях длина проекции отрезка меньше длины самого отрезка.

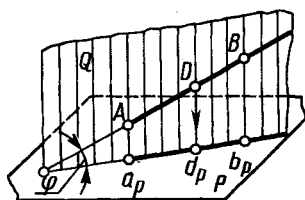


Рис. 2.1

Наглядное изображение проецирования отрезка  $AB$  прямой на две плоскости проекций в системе  $V, H$  показано на рисунке 2.2, чертеж — на рисунке 2.3.

Если какая-либо точка принадлежит прямой, то ее проекция принадлежит проекции прямой. Например, точка  $D$  (см. рис. 2.1) принадлежит прямой  $AB$ , ее проекция  $d_p$  — проекция  $a_p b_p$ . На рисунке 2.3 точка с проекциями  $d'$  и  $d$  принадлежит прямой с проекциями  $a'b'$ ,  $ab$ .

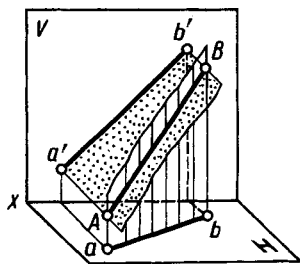


Рис. 2.2

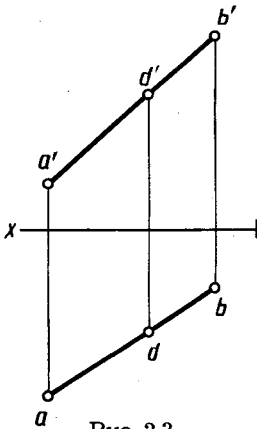


Рис. 2.3

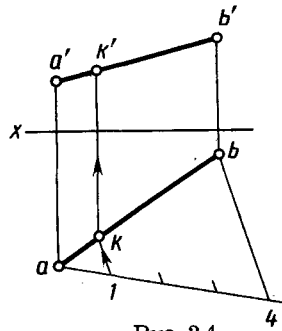


Рис. 2.4

Если точка на отрезке делит его длину в данном отношении, то проекция точки делит длину одноименной проекции отрезка в том же отношении (см. рис. 1.8). Например, на рисунке 2.1 отношение  $|AB| / |DB| = |a_p d_p| / |d_p b_p|$ . Для рисунка 2.3 — отношения  $|a'd'| / |d'b'|$  и  $|ad| / |ab|$  равны отношению  $|AD| / |DB|$ .

Пример построения на чертеже проекций  $k'$  и  $k$  точки  $K$ , делящей отрезок с проекциями  $a'b'$ ,  $ab$  в отношении 1:3, показан на рисунке 2.4.

## 2.2. Положение прямой линии относительно плоскостей проекций и особые случаи положения прямой

Относительно плоскостей проекций прямая может занимать различные положения:

не параллельна ни одной из плоскостей проекций  $V$ ,  $H$ ,  $W$ ; параллельна одной из плоскостей проекций (прямая может и принадлежать этой плоскости);

параллельна двум плоскостям проекций, т. е. перпендикулярна третьей.

Прямую, не параллельную ни одной из плоскостей проекций, называют прямой общего положения (см. рис. 2.3, 2.4). Прямую, параллельную одной из плоскостей проекций или двум плоскостям проекций, т. е. перпендикулярную третьей, называют прямой частного положения.

На рисунке 2.5 приведены наглядные изображения и чертежи отрезков прямых частного положения — параллельных плоскостям проекций:

а) прямая  $AB$  параллельна плоскости  $H$  (ее называют *горизонтальной прямой*); фронтальная проекция  $a'b'$  параллельна оси  $x$ ; длина горизонтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка ( $[ab] \cong [AB]$ ); угол  $\beta$ , образованный горизонтальной проекцией и осью проекций, равен углу наклона прямой к фронтальной плоскости проекций;

б) прямая  $CD$  параллельна плоскости  $V$  (ее называют *фронтальной прямой*); горизонтальная проекция  $cd$  параллельна оси  $x$ ; длина фронтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка ( $[c'd'] \cong [CD]$ ); угол  $\alpha$ , образованный фронтальной проекцией и осью проекций, равен углу наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций;

в) прямая  $EF$  параллельна плоскости  $W$  (ее называют *профильной прямой*);  $(e'f') \parallel [Ox]$  и  $(ef) \parallel [Oy]$ ; длина профильной проекции отрезка равна длине самого отрезка ( $[e''f''] \cong [EF]$ ); углы  $\beta$  и  $\alpha$ , образованные профильной проекцией с осями  $z$  и  $y$ , равны углам наклона прямой к фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций соответственно.

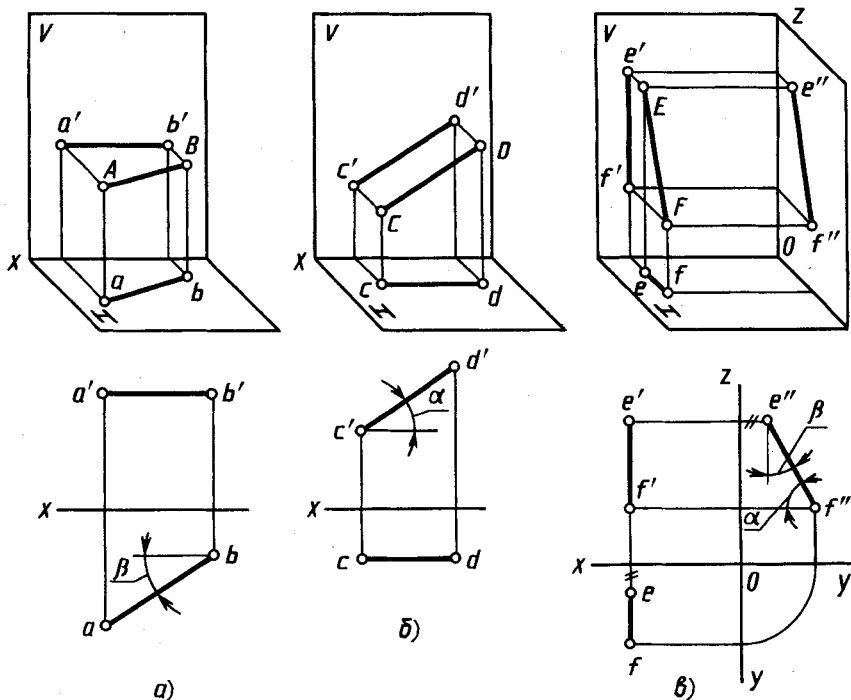


Рис. 2.5

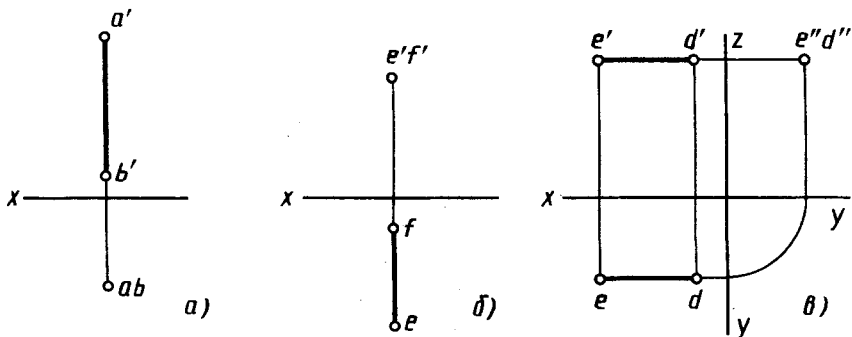


Рис. 2.6

На рисунке 2.6. приведены чертежи отрезков прямых, перпендикулярных плоскостям проекций;

а) прямая перпендикулярна плоскости  $H$ , ее проекция  $a'b'$  перпендикулярна оси  $x$ , проекции  $a$  и  $b$  совпадают;

б) прямая перпендикулярна плоскости  $V$ , ее проекция  $ef$  перпендикулярна оси  $x$ , проекции  $e'$  и  $f'$  совпадают;

в) прямая перпендикулярна плоскости  $W$ , ее проекции  $e'd'$ ,  $ed$  параллельны оси  $x$ , проекции  $e''$  и  $d''$  совпадают.

Эти прямые называют проецирующими.

Как уже указывалось, если точка принадлежит прямой, то ее проекции принадлежат одноименным проекциям этой прямой (см. рис. 2.3, 2.4). Обратное положение: если две проекции точки принадлежат одноименным с ними проекциям прямой в системе  $V, H$ , то точка принадлежит прямой, — справедливо для проекций всех прямых, кроме профильной. Для профильных прямых обратное положение справедливо только в системах  $V, H, W$ , или  $V, W$ , или  $H, W$ .

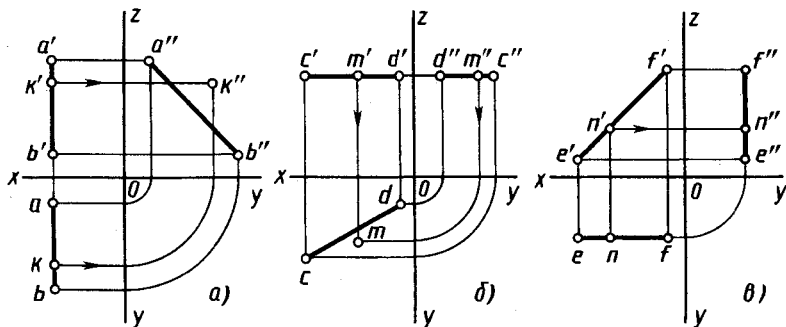


Рис. 2.7

Это положение наглядно иллюстрируется на рисунке 2.7:

а)  $(AB) \parallel W, \parallel V, \not\parallel H; k' \in (a'b'); k \in (ab), \text{ но } k'' \notin (a''b'') \Rightarrow K \notin (AB);$

б)  $(CD) \parallel H, \not\parallel V, \not\parallel W; m' \in (c'd'); m'' \in (c''d''),$   
но  $m \notin (cd) \Rightarrow M \notin (CD);$

в)  $(EF) \parallel V, \not\parallel H, \not\parallel W; n' \in (e'f'); n \in (ef) \Rightarrow N \in (EF)$  и соответственно  $n'' \in (e''f'').$

### 2.3. Определение натуральной величины отрезка прямой общего положения и углов его наклона к плоскостям проекций

На рисунке 2.8 видно, что натуральная величина отрезка  $BC$  прямой общего положения является гипотенузой прямоугольного треугольника  $BC-I$ . В этом треугольнике один катет  $B-I$  параллелен плоскости  $H$  и равен по длине горизонтальной проекции отрезка  $BC$  ( $[B-I] \cong [bc]$ ), а величина второго катета равна разности расстояний точек  $C$  и  $B$  до плоскости проекций  $H$  ( $|C-I| = z_c - z_b = \Delta z$ ).

Построения на чертеже для определения натуральной величины отрезка  $BC$  прямой общего положения приведены на рисунке 2.9. В качестве одного катета принята горизонтальная проекция  $bc$ , длина другого катета  $|c\bar{C}| = |c'I'| = \Delta z$ . Длина гипотенузы  $bc$  равна длине отрезка  $BC$  ( $[b\bar{C}] \cong [BC]$ ).

Другое построение выполнено на фронтальной проекции. Проекция  $b'c'$  отрезка взята за один катет прямоугольного треугольника. Длина другого катета равна разности расстояний от концов отрезка до плоскости  $V$  ( $|\bar{B}b'| = Y_b - Y_c = \Delta Y$ ). Длина гипотенузы  $\bar{B}c'$  равна длине отрезка  $BC$  ( $[\bar{B}c'] \cong [BC]$ ).

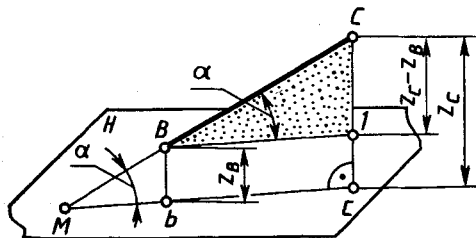


Рис. 2.8

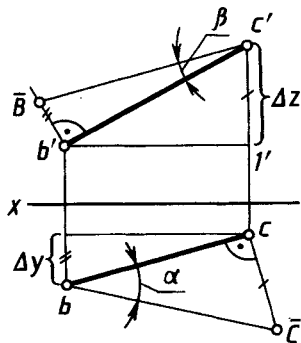


Рис. 2.9



Итак, натуральную величину отрезка определяют как гипотенузу прямоугольного треугольника, одним из катетов которого является горизонтальная (фронтальная) проекция отрезка, другим — разность координат концов отрезка до горизонтальной (фронтальной) плоскости проекций. Этот метод иногда называют способом прямоугольного треугольника.

Угол между прямой и плоскостью проекций определяется как угол между прямой и ее проекцией на эту плоскость. На рисунке 2.8. таким углом между прямой  $BC$  и плоскостью  $H$  является угол  $\alpha$  ( $\angle Bmb$ ). Угол  $\alpha$  равен углу  $CB-I$ , так как одна сторона  $MC$  общая, а две другие  $B-I$  и  $MC$  параллельны.

Величину угла  $\alpha$  определяют из того же треугольника  $CB-I$ , что и натуральную величину отрезка  $BC$ . На рисунке 2.9 показано, что  $\angle \alpha \cong \angle cb\bar{C}$ . Угол  $\beta$  наклона прямой к фронтальной плоскости проекций определяется из треугольника  $b'c'\bar{B}$ , построенного на фронтальной проекции отрезка:  $\angle \beta \cong \angle b'c'\bar{B}$ .

## 2.4. Взаимное положение прямых

Как известно, прямые в пространстве могут быть пересекающимися, параллельными или скрещивающимися. Рассмотрим эти случаи.

**Пересекающиеся прямые.** Наглядное изображение двух прямых  $AB$  и  $CD$ , пересекающихся в точке  $K$ , приведено на рисунке 2.10, их чертеж в системе  $V, H$  — на рисунке 2.11.

Если прямые пересекаются, то их одноименные проекции пересекаются между собой, а проекции точек пересечения лежат на одной линии связи.

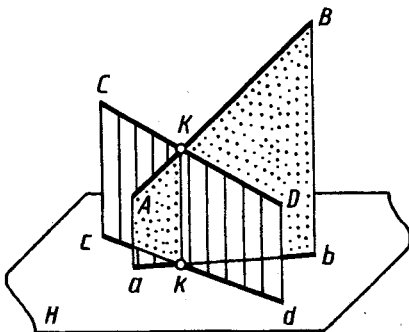


Рис. 2.10

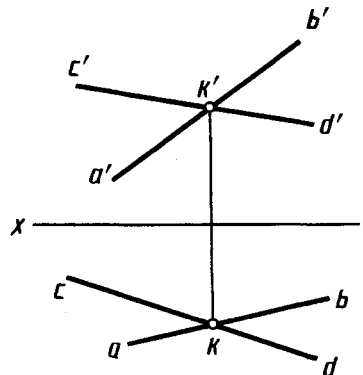


Рис. 2.11

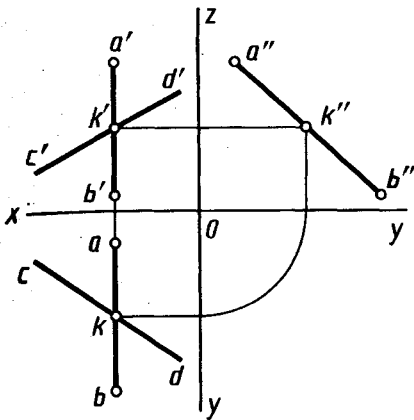


Рис. 2.12

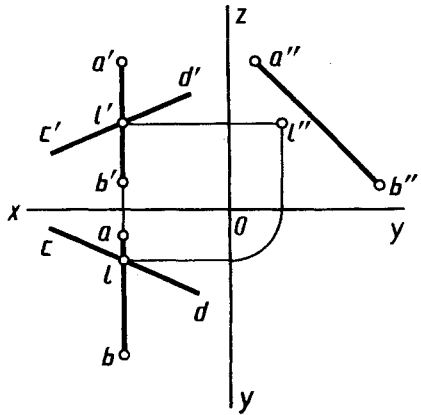


Рис. 2.13

Для прямых, кроме профильных, в системе  $V, H$  справедливо и обратное утверждение:

*если в системе  $V, H$  точки пересечения одноименных проекций прямых, кроме профильных, лежат на одной линии связи, то прямые пересекаются.*

Если в системе  $V, H$  одна из рассматриваемых прямых профильная, то, чтобы ответить на вопрос, пересекаются ли прямые, следует построить их профильные проекции.

Примеры чертежей пересекающихся и непересекающихся (скрещивающихся) прямых, из которых одна с проекциями  $a'b', ab, a''b''$  — профильная, показаны на рисунках 2.12 и 2.13.

На рисунке 2.12 все три проекции  $k', k, k''$  точки  $K$  прямой  $CD$  принадлежат и трем одноименным проекциям  $a'b', ab$  и  $a''b''$  прямой  $AB$ , т. е. прямые пересекаются.

На рисунке 2.13 профильная проекция  $l''$  точки  $L$  прямой  $CD$  не принадлежит профильной проекции  $a''b''$ , следовательно, прямые  $AB$  и  $CD$  не пересекаются (см. также рис. 2.7, а).

На рисунке 2.14 показаны прямые, две проекции которых пересекаются в одной точке, а две другие проекции сливаются в одну линию. Это означает, что обе прямые принадлежат плоскости  $P$ , перпендикулярной плоскости  $H$  (рис. 2.15).

Частный случай ортогональной проекции двух взаимно перпендикулярных прямых, из которых одна параллельна плоскости проекций, а другая не перпендикулярна ей, рассмотрен в § 1.3 (см. рис. 1.10).

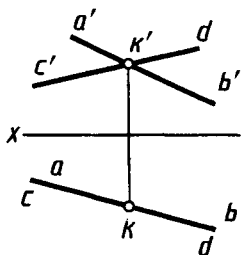


Рис. 2.14

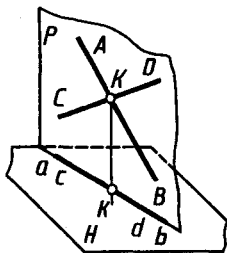


Рис. 2.15

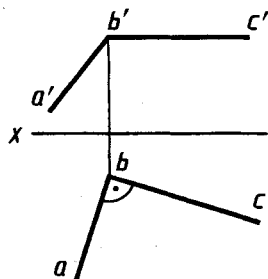


Рис. 2.16

*Чертеж прямого угла  $ABC$  со стороной  $BC$ , параллельной плоскости  $H$ , приведен на рисунке 2.16. Горизонтальная проекция  $ba$  стороны  $BA$  перпендикулярна горизонтальной проекции  $bc$  стороны  $BC$ .*

Эта особенность проецирования прямого угла упрощает решение ряда задач. Например, пусть требуется начертить перпендикуляр из точки с проекциями  $a'$ ,  $a$  к прямой с проекциями  $b'c'$ ,  $bc$ , параллельной плоскости  $V$  (рис. 2.17). Для этого из точки  $a'$  проводим перпендикуляр  $a'm'$  к  $b'c'$ . Построив проекцию  $m$ , проводим горизонтальную проекцию  $am$  перпендикуляра.

Это свойство будет широко использовано в дальнейшем.

Заметим, что проекция любого угла в зависимости от положения его плоскости может представлять собой острый, прямой или тупой угол (или прямую линию, если плоскость угла перпендикулярна плоскости проекций). Если угол не прямой и одна сторона его параллельна плоскости проекций, то на эту плоскость острый угол проецируется также в виде острого угла меньшей величины, тупой угол — в виде тупого угла большей величины.

**Параллельные прямые.** *Если в пространстве прямые параллельны, то их одноименные проекции параллельны между собой.* Действительно (рис. 2.18), проецирующие плоскости  $P$  и  $Q$ , проведенные через параллельные прямые  $AB$  и  $CD$ , параллельны между собой. С плоскостью проекций  $H$  они пересекаются по параллельным прямым  $ab$  и  $cd$  — проекциям прямых  $AB$  и  $CD$  на плоскости  $H$ . Однако из параллельности проекций не всегда следует параллельность прямых.

В примере на рисунке 2.19 проекции  $a'b'$ ,  $e'f'$ ,  $ab$ ,  $ef$  профильных прямых  $AB$  и  $EF$  между собой параллельны. Однако

из взаимного положения их профильных проекций видно, что сами прямые не параллельны.

Для прямых общего положения эти условия параллельности следующие:

*если одноименные проекции прямых общего положения параллельны в системе двух плоскостей проекций, то прямые параллельны (рис. 2.20).*

Для прямых частного положения:

*если одноименные проекции прямых параллельны одной из осей проекций, то прямые параллельны при условии параллельности одноименных проекций на той плоскости проекций, которой параллельны прямые.*

По рисунку 2.21 заключаем, что профильные прямые 5—6 и 7—8 параллельны, так как параллельны их профильные проекции  $5''6''$  и  $7''8''$

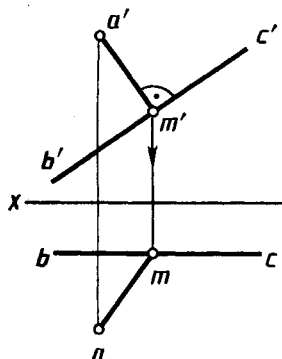


Рис. 2.17

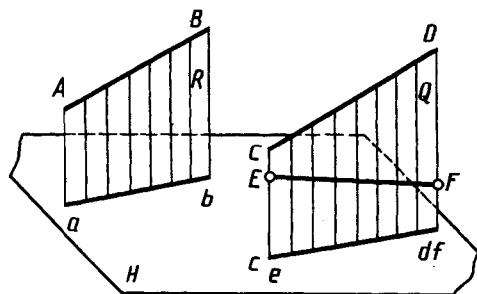


Рис. 2.18

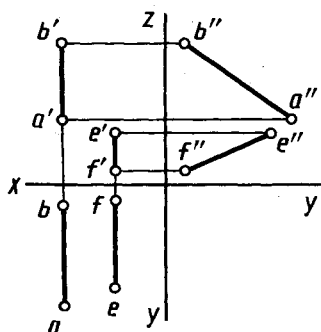


Рис. 2.19

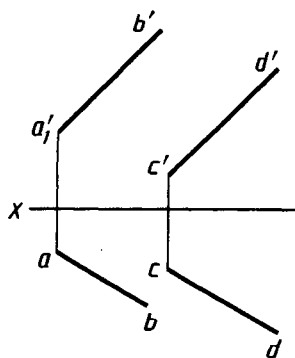


Рис. 2.20

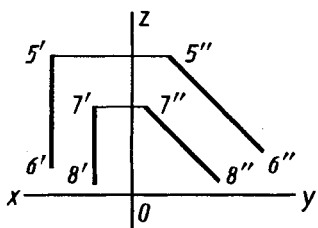


Рис. 2.21

**Скрещивающиеся прямые.** Скрещивающиеся прямые не имеют общих точек. Наглядное изображение двух скрещивающихся прямых  $AB$  и  $CD$  общего положения дано на рисунке 2.22, их чертеж — на рисунке 2.23. С точкой пересечения одноименных проекций  $ab$  и  $cd$  (рис. 2.22) совпадают проекции  $k$  и  $l$  двух точек  $K$  и  $L$ ,

принадлежащих различным прямым  $CD$  и  $AB$ .

*Точки пересечения одноименных проекций скрещивающихся прямых не лежат на одной линии связи (рис. 2.23).*

Интересен вопрос: какая из изображенных на чертеже прямых выше другой или ближе другой к наблюдателю? Это определяют путем анализа положения определенных точек этих прямых.

На рисунке 2.22 видно, что при взгляде сверху по указанной стрелке точка  $L$  на прямой  $AB$  закрывает точку  $K$  (проекция точки  $K$  на плоскости  $H$  показана поэтому в скобках). Соответственно и на чертеже, приведенном на рисунке 2.23, видно, что фронтальная проекция  $l'$  выше фронтальной проекции  $k'$ , и при взгляде сверху по стрелке  $N$  при проецировании на плоскость  $H$  точка  $L$  закрывает точку  $K$  (горизонтальная проекция  $k$  показана в скобках). На плоскости  $V$  совпадают фронтальные проекции  $1'$  и  $2'$  точек прямых  $AB$  и  $CD$ . При взгляде спереди по стрелке  $M$  видно, что точка  $1$  прямой  $AB$

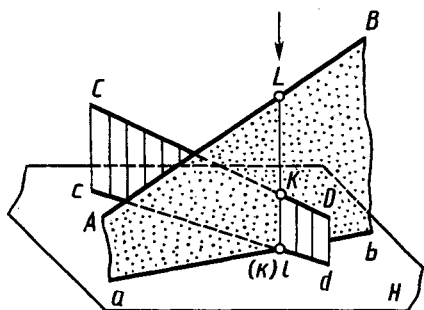


Рис. 2.22

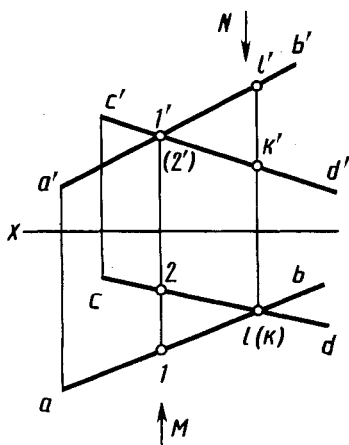


Рис. 2.23

находится ближе к наблюдателю, и при проецировании на плоскость  $V$  точка 1 прямой  $AB$  закрывает точку 2 прямой  $CD$  (фронтальная проекция 2' точки 2 показана в скобках).

Рассмотренные точки скрещивающихся прямых, проекции которых на одной из плоскостей совпадают, в литературе иногда называют конкурирующими точками.



1. При каком положении относительно плоскостей проекций прямую называют прямой общего положения?
2. Как выражается соотношение между проекцией отрезка прямой и самим отрезком?
3. Как расположена прямая в системе  $H, V, W$ , если все три проекции отрезка этой прямой равны между собой?
4. Как построить профильную проекцию отрезка прямой общего положения по данным фронтальной и горизонтальной проекциям?
5. Как располагается фронтальная проекция отрезка прямой линии, если его горизонтальная проекция равна самому отрезку?
6. Как располагается горизонтальная проекция отрезка прямой линии, если его фронтальная проекция равна самому отрезку?
7. Как разделить на чертеже отрезок прямой линии в заданном отношении?
8. Как построить на чертеже треугольники для определения длины отрезка прямой линии общего положения и ее углов с горизонтальной и фронтальной плоскостями проекций?
9. Какое свойство параллельного проецирования относится к параллельным прямым?
10. Можно ли по фронтальной и горизонтальной проекциям двух профильных прямых определить, параллельны ли между собой эти прямые?
11. Как следует истолковать точку пересечения проекций двух скрещивающихся прямых?
12. В каком случае прямой угол проецируется в виде прямого угла?

Глава третья  
**ПЛОСКОСТЬ**

**3.1. Способы задания плоскости на чертеже**

Положение плоскости в пространстве определяется: тремя точками, не лежащими на одной прямой, прямой и точкой, взятой вне прямой, двумя пересекающимися прямыми и двумя параллельными прямыми. Соответственно плоскость на чертеже (рис. 3.1) может быть задана проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой (*a*), прямой и точки, взятой вне прямой (*b*), двух пересекающихся прямых (*в*), двух параллельных прямых (*г*). Проекции любой плоской фигуры также могут служить заданием плоскости на чертеже, например на рисунке 3.6 дано изображение плоскости проекциями треугольника.

**3.2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций**

Плоскость относительно плоскостей проекций может занимать следующие положения: 1) не перпендикулярна плоскостям проекций; 2) перпендикулярна одной плоскости проекций; 3) перпендикулярна двум плоскостям проекций.

Плоскость, не перпендикулярную ни к одной из плоскостей проекций, называют *плоскостью общего положения* (см. рис. 3.1).

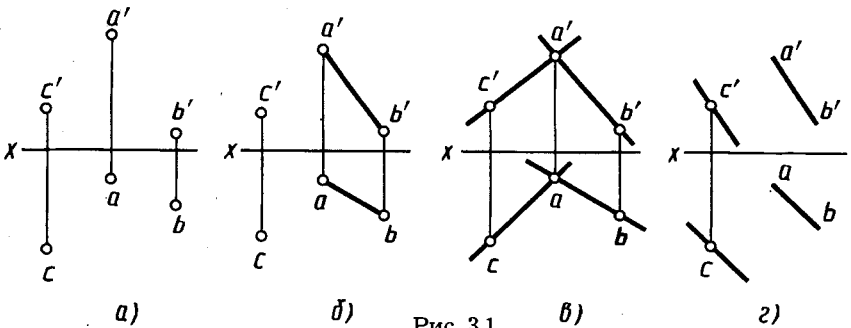


Рис. 3.1

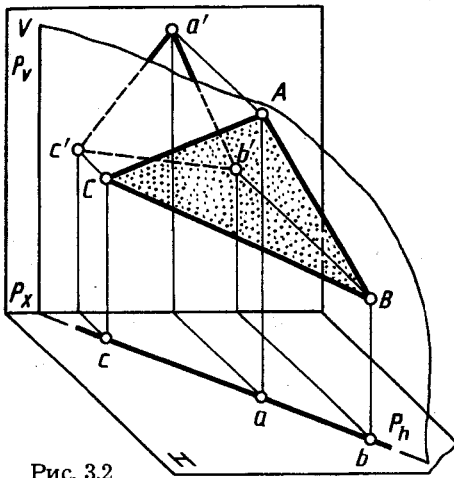


Рис. 3.2

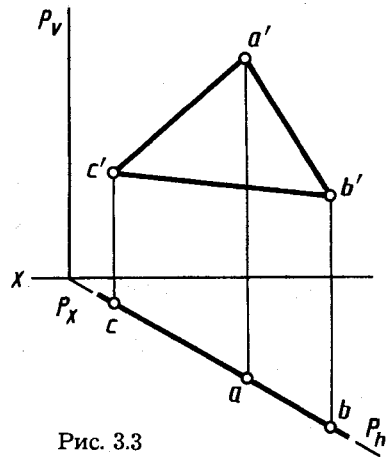


Рис. 3.3

Второе и третье положения плоскостей являются частными случаями. Плоскости в этом положении являются *проецирующими* плоскостями.

**Плоскость перпендикулярна одной плоскости проекций.** Наглядное изображение плоскости  $P$ , заданной треугольником  $ABC$  и перпендикулярной плоскости  $H$ , приведено на рисунке 3.2, ее чертеж — на рисунке 3.3. Такую плоскость называют *горизонтально-проецирующей*.

Наглядное изображение плоскости  $Q$ , заданной параллелограммом  $ABCD$ , перпендикулярной фронтальной плоскости проекций, приведено на рисунке 3.4, ее чертеж — на рисунке 3.5. Такую плоскость называют *фронтально-проецирующей*.

Чертеж плоскости в виде треугольника с проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$ ,  $a''b''c''$ , перпендикулярной профильной плоскости проекций, показан на рисунке 3.6. Такую плоскость называют *профильно-проецирующей*.

**Следы плоскостей.** Линию пересечения плоскости с плоскостью проекций называют *следом*. Линия пересечения некоторой плоскости  $P$ , заданной треугольником  $ABC$ , с плоскостью  $H$  обозначена  $P_h$ , с плоскостью  $V - P_v$  (см. рис. 3.2).

Линию пересечения плоскости с плоскостью  $H$  называют *гориз-*

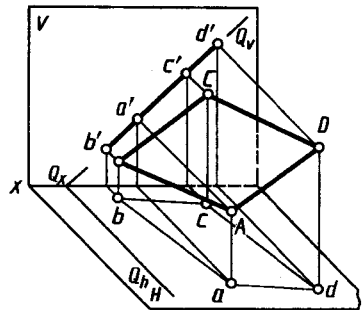


Рис. 3.4



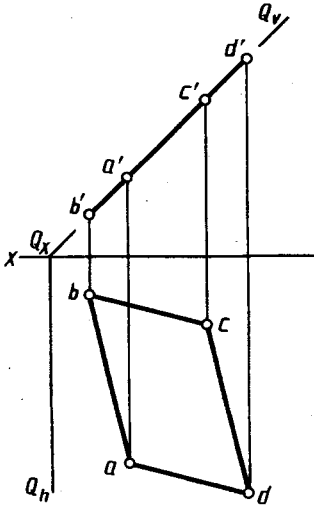


Рис. 3.5

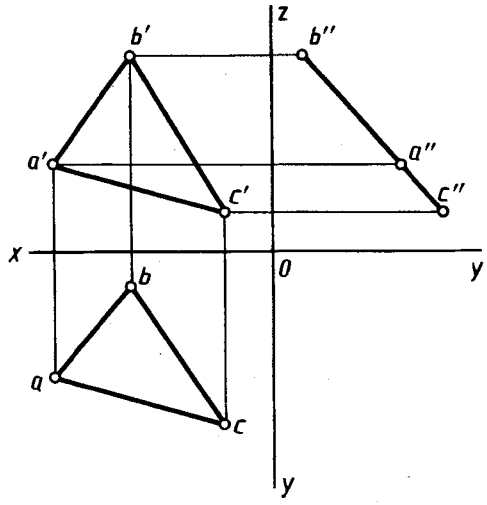


Рис. 3.6

горизонтальным следом, с плоскостью  $V$  — фронтальным следом, с плоскостью  $W$  — профильным следом.

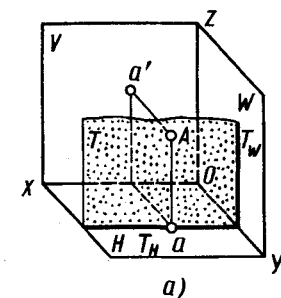
Для плоскости  $P$ , перпендикулярной плоскости  $H$ , горизонтальный след  $P_h$  (см. рис. 3.2, 3.3) располагается под углом к оси  $x$ , соответствующим углу наклона этой плоскости к фронтальной плоскости проекций, а фронтальный след  $P_v$  — перпендикулярно оси  $x$ .

Аналогично для некоторой плоскости  $Q$ , перпендикулярной плоскости  $V$  (см. рис. 3.4, 3.5), фронтальный след  $Q_v$  располагается под углом к оси  $x$ , соответствующим углу наклона этой плоскости к плоскости  $H$ , а горизонтальный след  $Q_h$  — перпендикулярно оси  $x$ .

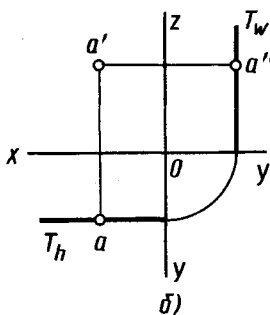
На чертежах тот след, который перпендикулярен оси проекций, обычно, когда он не участвует в построениях, не изображают.

**Свойство проекций геометрических элементов, лежащих в проецирующих плоскостях** (см. 1.1, п. 1, в). Проецирующая плоскость изображается прямой линией на той плоскости проекций, к которой она перпендикулярна. Следовательно, и *любая геометрическая фигура, лежащая в проецирующей плоскости, проецируется на эту плоскость проекций в прямую линию.*

**Плоскость перпендикулярна двум плоскостям проекций.** Если плоскость перпендикулярна двум плоскостям проекций, то она параллельна третьей плоскости проекций. Такую плоскость на-

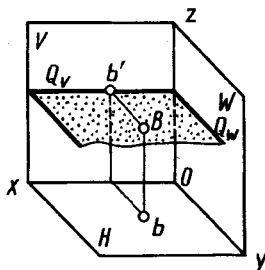


а)

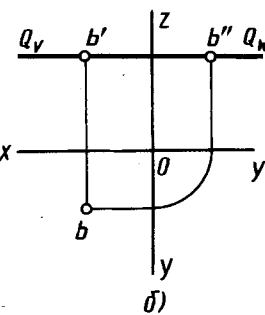


б)

Рис. 3.7

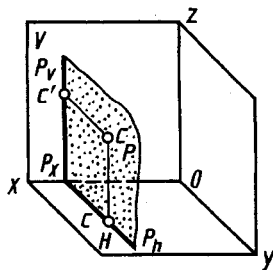


а)

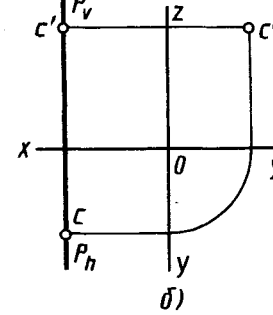


б)

Рис. 3.8



а)



б)

Рис. 3.9

зывают горизонтальной (параллельная плоскости  $H$ ), фронтальной (параллельная плоскости  $V$ ) и профильной (параллельная плоскости  $W$ ).

Примеры их наглядных изображений и чертежей приведены на рисунке 3.7, а, б (фронтальная плоскость  $T$  и принадлежащая ей точка  $A$ ), на рисунке 3.8, а, б (горизонтальная плоскость  $Q$  и принадлежащая ей точка  $B$ ), на рисунке 3.9, а, б (профильная плоскость  $P$  и принадлежащая ей точка  $C$ ).

### 3.3. Прямая и точка в плоскости

К числу основных задач, решаемых на плоскости, относят: проведение любой прямой в плоскости, построение в плоскости некоторой точки, построение недостающей проекции точки, проверка принадлежности точки плоскости.

Решение этих задач основывается на известных положениях геометрии:

прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, принадлежащие плоскости, или через одну точку этой плоскости параллельно прямой, лежащей в этой плоско-

сти или ей параллельной. При этом используется известное условие, что если точка принадлежит плоскости, то ее проекции лежат на одноименных проекциях прямой, принадлежащей плоскости.

**Проведение любой прямой в плоскости.** Для этого достаточно (рис. 3.10) на проекциях плоскости взять проекции двух произвольных точек, например  $a'$ ,  $a$  и  $l'$ ,  $l$ , и через них провести проекции  $a'l'$ ,  $a-l$  прямой  $A-l$ . На рисунке 3.11 проекции  $b'l'$ ,  $b-l$  прямой  $B-l$  проведены параллельно проекциям  $a'c'$ ,  $ac$  стороны  $AC$  треугольника, заданного проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$ . Прямая  $B-l$  принадлежит плоскости треугольника  $ABC$ .

**Построение в плоскости некоторой точки.** Для построения в плоскости точки в ней проводят вспомогательную прямую и на ней отмечают точку. На чертеже (рис. 3.12) плоскости, заданной проекциями  $a'$ ,  $a$  точки,  $b'c'$ ,  $bc$  прямой, проведены проекции  $a'l'$ ,  $a-l$  вспомогательной прямой, принадлежащей плоскости. На ней отмечены проекции  $d'$ ,  $d$  точки  $D$ , принадлежащей плоскости.

**Построение недостающей проекции точки.** На рисунке 3.13 плоскость задана проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$  треугольника. Принадлежащая этой плоскости точка  $D$  задана проекцией  $d'$ . Следует достроить горизонтальную проекцию точки  $D$ . Ее строят с помощью вспомогательной прямой, принадлежащей плоскости и проходящей через точку  $D$ . Для этого проводят, например, фронтальную проекцию  $b'l'd'$  прямой, строят ее горизонтальную проекцию  $b-l$  и на ней отмечают горизонтальную проекцию  $d$  точки.

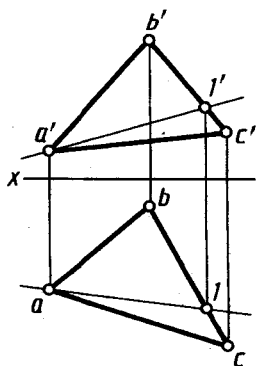


Рис. 3.10

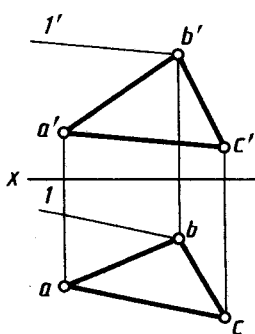


Рис. 3.11

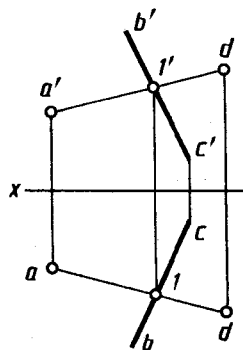


Рис. 3.12

**Проверка принадлежности точки плоскости.** Для проверки принадлежности точки плоскости используют вспомогательную прямую, принадлежащую плоскости. Так, на рисунке 3.14 плоскость  $P$  задана проекциями  $a'b'$ ,  $ab$  и  $c'd'$ ,  $cd$  параллельных прямых, точка — проекциями  $e'$ ,  $e$ . Проекции вспомогательной прямой проводят так, чтобы она проходила через одну из проекций точки. Например, фронтальная проекция  $1'2'$  вспомогательной прямой проходит через проекцию  $e'$ . Построив горизонтальную проекцию  $1-2$  вспомогательной прямой, убеждаемся, что точка  $E$  не принадлежит плоскости  $P$ .

### 3.4. Прямые особого положения в плоскости — главные линии плоскости

К прямым, занимающим особое положение в плоскости, относят горизонтали, фронтали, профильные прямые и линии наибольшего наклона к плоскостям проекций. Эти линии называют главными линиями плоскости.

*Горизонталь — прямая, лежащая в плоскости и параллельная плоскости проекций  $H$ .* На рисунке 3.15 проекции горизонтали проведены через проекции  $c'$ ,  $c$  точки  $C$  и  $1'$ ,  $1$  точки  $1$  прямой  $AB$  плоскости, заданной проекциями точки  $C$  и прямой  $AB$ . Фронтальная проекция  $c'$ ,  $1'$  горизонтали параллельна оси  $x$ .

*Фронталь — прямая, лежащая в плоскости и параллельная плоскости проекций  $V$ .* На рисунке 3.16 проекции фронтали проведены через проекции  $1'$ ,  $1$  и  $2'$ ,  $2$  точек  $1$  и  $2$  проекций  $a'b'$ ,  $ab$ ,  $c'd'$ ,  $cd$  параллельных прямых  $AB$  и  $CB$  заданной

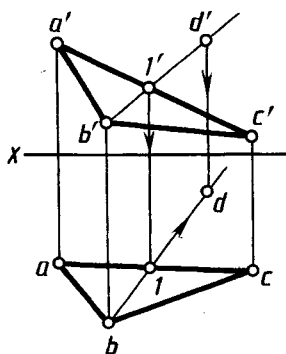


Рис. 3.13

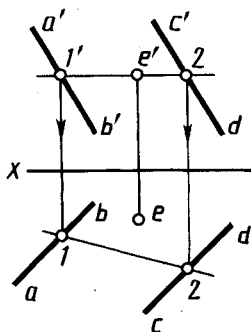


Рис. 3.14

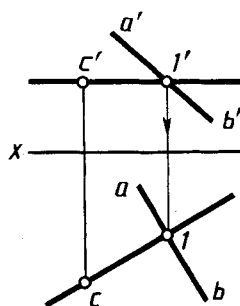


Рис. 3.15

плоскости. Горизонтальная проекция  $1-2$  фронтали параллельна оси  $x$ .

Линиями наибольшего наклона плоскости к плоскостям  $H$ ,  $V$  и  $W$  называют прямые, лежащие в ней и перпендикулярные или к горизонталям плоскости, или к ее фронталям, или к ее профильным прямым. Соответственно определяется наклон плоскости к плоскостям  $H$ ,  $V$  или  $W$ .

Рассмотрим линию наибольшего наклона к плоскости  $H$ , называемую линией ската.

Линия ската  $BK$  плоскости  $Q$  и горизонталь  $C-1$  показаны на рисунке 3.17:  $BK \perp Q_h$ . Согласно правилам проецирования прямого угла (см. 1.3, 2.4, рис. 1.10, 2.16)  $bK$  перпендикулярна  $Q_h$  и  $c-1$ . Поэтому  $\angle BKB$  есть линейный угол двугранного угла, образованного плоскостями  $Q$  и  $H$ . Следовательно, линия ската плоскости может служить для определения угла наклона этой плоскости к плоскости проекций  $H$ . На рисунке 3.18 линия ската  $A-2$  в плоскости треугольника с проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$  проведена перпендикулярно к горизонтали с проекциями  $c'1'$ ,  $c-1$ .

Вначале на горизонтальной проекции  $a$  проведен перпендикуляр  $a-2$  к проекции  $c-1$  горизонтали, построена фронтальная проекция  $2'$  точки  $2$  и через нее проведена фронтальная проекция  $a'2'$  линии ската.

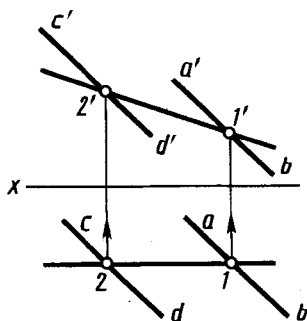


Рис. 3.16

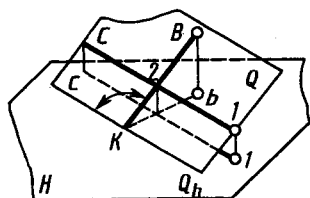


Рис. 3.17

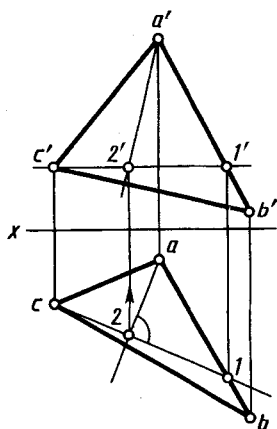


Рис. 3.18

Угол между линией ската и ее горизонтальной проекцией является линейным углом между плоскостью, которой принадлежит линия ската, и плоскостью проекций  $H$ .



1. Как может быть задана плоскость на чертеже?
2. Что называют следом плоскости на плоскости проекций?
3. Где располагаются фронтальная проекция горизонтального следа и горизонтальная проекция фронтального следа плоскости?
4. Как определяют на чертеже, принадлежит ли прямая плоскости?
5. Как строят на чертеже точку, принадлежащую плоскости?
6. Какие линии называют фронталью, горизонталью и линией ската плоскости?
7. Определяет ли прямая линия плоскость, для которой эта прямая является линией ската?

## ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ И ПЛОСКОСТИ, ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ

### 4.1. Пересечение прямой линии с проецирующей плоскостью

При построении точки пересечения прямой с проецирующей плоскостью исходят из рассмотренного выше положения о том, что плоскость, перпендикулярная плоскости проекций, проецируется на нее в виде прямой линии (см. 3.2). Следовательно, на этой прямой находится и соответствующая проекция точки пересечения заданной прямой с проецирующей плоскостью.

На рисунке 4.1, б горизонтально-проецирующая плоскость  $Q$  задана следами  $Q_v$  и  $Q_h$  (наглядное изображение — на рис. 4.1, а), прямая  $AB$  — общего положения. Точка из пересечения одновременно принадлежит прямой  $AB$  и плоскости  $Q$ . Следовательно, ее горизонтальная проекция  $k$  принадлежит одновременно горизонтальному следу  $Q_h$  и горизонтальной проекции прямой, т. е. является точкой их пересечения. По горизонтальной проекции  $k$  точки  $K$  на фронтальной проекции  $a'b'$  прямой находим фронтальную проекцию  $k'$  точки пересечения

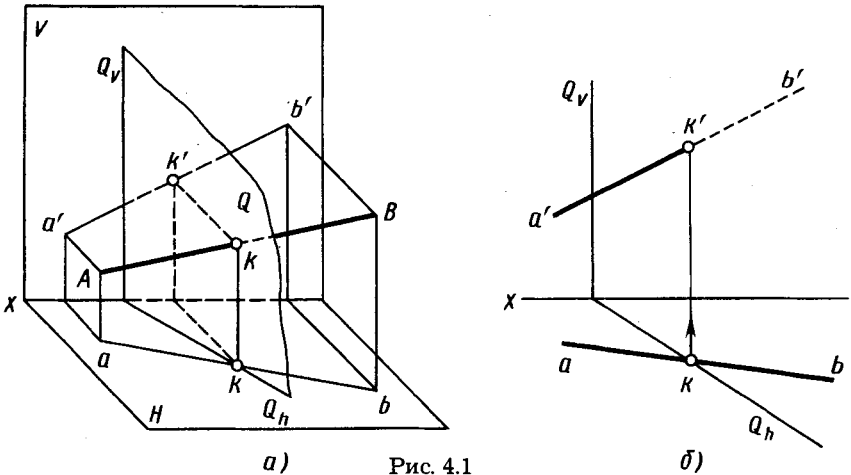


Рис. 4.1

чения. Из горизонтальной проекции видно, что правее проекции  $k$  проекция  $kb$  находится между осью  $x$  и следом  $Q_h$ , т. е. плоскость  $Q$  находится перед прямой  $AB$  и закрывает ее на фронтальной проекции. Условно считают плоскость непрозрачной, поэтому на чертеже фронтальная проекция  $k'b'$  показана для наглядности как невидимая штриховой линией. На сложных чертежах штриховые линии не применяют.

**Некоторые условности изображения невидимых точек, линий, плоскостей.** Условно считают, что данная плоскость непрозрачна. Поэтому точки, линии, участки другой плоскости, расположенные между плоскостью проекций и данной плоскостью, невидимы для наблюдателя, между которым и плоскостью проекций находятся изображаемые объекты. Если линии, точки, участки другой плоскости находятся между данной плоскостью и наблюдателем, то они видимы и закрывают точки, линии, участки данной плоскости, лежащие на одних проецирующих прямых.

Видимые отрезки линий изображают сплошными линиями, невидимые — штриховыми.

Анализ видимости линий обычно проводят путем анализа видимости точек, как это сделано при анализе видимости конкурирующих точек на скрещивающихся прямых (см. 2.4, рис. 2.22, 2.23).

Пример построения точки пересечения прямой общего положения с проекциями  $e'f'$ ,  $ef$  с горизонтально-проецирующей плоскостью в виде треугольника с проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$  показан на рисунке 4.2.

Фронтальная проекция  $m'$  точки пересечения  $M$  построена по ее горизонтальной проекции  $m$ , которая является точкой пересечения горизонтальных проекций  $ef$  прямой и  $acb$  треугольника. Аналогично отмечена видимость: левее от точки  $M$  плоскость треугольника  $ABC$  при взгляде спереди закрывает отрезок прямой, т. е. на фронтальной проекции левее точки  $m'$  прямая невидима до границы проекции  $a'c'$  плоскости треугольника.

Построение на чертеже точки пересечения фронтально-проецирующей плоскости, заданной следами  $P_v$ ,  $P_h$  и прямой с проекциями  $a'b'$ ,  $ab$ , показано на рисунке 4.3.

Фронтальная проекция  $k'$  точки пересечения является точкой пересечения фронтального следа  $P_v$  и фронтальной проекции  $a'b'$  прямой. Горизонтальную проекцию  $k$  находят на горизонтальной проекции  $ab$  прямой на линии связи. Справа



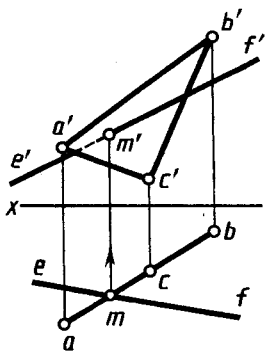


Рис. 4.2

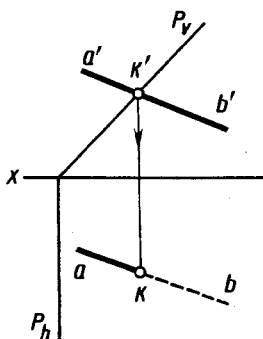


Рис. 4.3

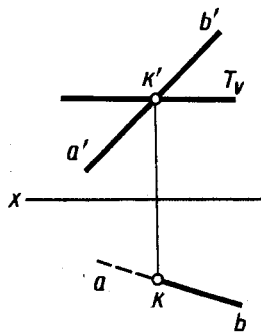


Рис. 4.4

от точки  $K$  прямая  $AB$  (луч  $KB$ ) закрывается сверху плоскостью  $P$ , поэтому на горизонтальной проекции справа от точки  $K$  проекция  $kb$  прямой показана невидимой.

Аналогичное построение приведено на рисунке 4.4 для точки пересечения прямой  $AB$  с горизонтальной плоскостью  $T(T_v)$ . Фронтальная проекция  $k'$  точки пересечения является точкой пересечения следа  $T_v$  и проекции  $a'b'$ . Горизонтальная проекция  $k$  построена на горизонтальной проекции  $ab$  с помощью линии связи. На фронтальной проекции видно, что слева от точки  $k'$  проекция  $k'b'$  находится под проекцией  $T_v$ , т. е. слева от точки  $K$  прямая  $AB$  (луч  $KA$ ) находится под плоскостью  $T$ . На горизонтальной проекции слева от точки  $K$  проекция  $ka$  прямой показана невидимой.

## 4.2. 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.

**Общий прием построения линии пересечения двух плоскостей** заключается в следующем. *Вводят вспомогательную плоскость, строят линии пересечения вспомогательной плоскости с двумя заданными и в пересечении построенных линий находят общую точку двух плоскостей.* Для нахождения второй общей точки *построение повторяют* с помощью еще одной вспомогательной плоскости.

На рисунке 4.5 показано наглядное изображение линии пересечения  $K_1K_2$  двух плоскостей  $P$  и  $Q$ .

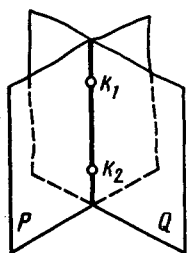


Рис. 4.5

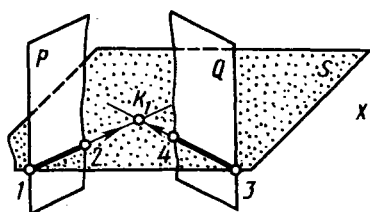


Рис. 4.6

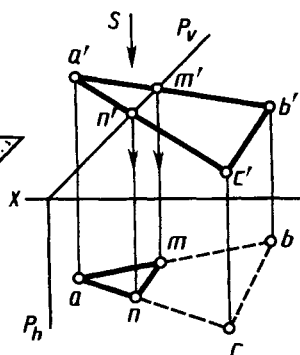


Рис. 4.7

Для наглядного изображения построения первой общей точки линии пересечения плоскостей  $P$  и  $Q$  (рис. 4.6) введена вспомогательная плоскость  $S$ . С плоскостью  $P$  она пересекается по линии  $1-2$ , с плоскостью  $Q$  — по линии  $3-4$ . В пересечении линий  $1-2$  и  $3-4$  определена первая общая точка  $K_1$  двух плоскостей  $P$  и  $Q$  — первая точка линии их пересечения.

Аналогично вводят новую секущую плоскость и строят вторую точку линии пересечения.

**Частный случай построения линии пересечения двух плоскостей, когда одна из них проецирующая.** В этом случае построение линии пересечения упрощается тем, что одна ее проекция совпадает с проекцией проецирующей плоскости на ту плоскость проекций, к которой она перпендикулярна.

В качестве примера на рисунке 4.7 показано построение проекций  $m'n'$ ,  $mn$  линии пересечения  $MN$  фронтально-проецирующей плоскости  $P$  с плоскостью треугольника  $ABC$ .

На фронтальной проекции в пересечении проекций  $a'b'$  и  $a'c'$  со следом  $P_v$  находим фронтальные проекции  $m'$  и  $n'$  двух общих точек заданных плоскостей. По ним построены горизонтальные проекции  $m$  и  $n$  на горизонтальных проекциях  $ab$  и  $ac$  сторон треугольника. Через точки  $m$  и  $n$  проводим горизонтальную проекцию линии пересечения плоскостей. При взгляде по стрелке  $S$  по фронтальной проекции очевидно, что часть треугольника левее линии пересечения  $MN$  ( $m'n'$ ) находится над плоскостью  $P$ , т. е. видима, остальная часть — под плоскостью  $P$ , т. е. невидима (участок  $mncn$  показан штриховой линией).

Другой пример построения линии пересечения двух треугольных пластин  $ABC$  и  $DEF$ , одна из которых ( $DEF$ ) задана как горизонтально-проецирующая плоскость, приведен на

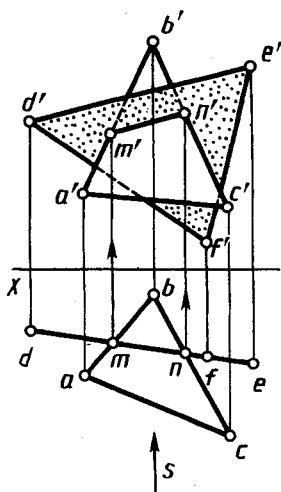


Рис. 4.8

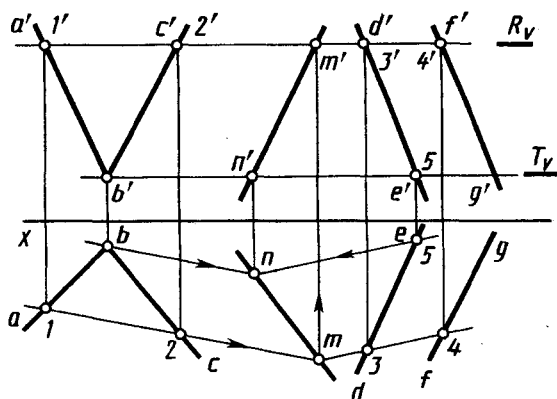


Рис. 4.9

рисунке 4.8. На горизонтальной проекции в пересечении горизонтальных проекций  $ab$  и  $bc$  сторон  $\triangle ABC$  с проекцией  $dfe$  второго треугольника находим горизонтальные проекции  $m$  и  $n$  точек их пересечения. По ним на фронтальных проекциях сторон  $a'b'$  и  $b'c'$  строим фронтальные проекции  $m'$  и  $n'$  точек линии пересечения  $MN$ . На фронтальной проекции отмечаем видимость частей треугольников, руководствуясь следующим: при взгляде по стрелке  $S$  по горизонтальной проекции очевидно, что сторона  $AC$  находится перед плоскостью треугольника  $DEF$ .

Следовательно, сторона  $AC$  и ограничиваемая ею часть треугольника  $ABC$  до линии пересечения  $MN$  видима (т. е. видима фронтальная проекция четырехугольника  $a'c'n'm'$ ). Видимая часть фронтальной проекции  $\triangle DEF$  на чертеже отнечена.

**Построение линии пересечения плоскостей общего положения.**

На рисунке 4.9 приведено построение проекций  $m'n'$ ,  $mn$  линии пересечения двух плоскостей, одна из которых задана проекциями  $a'b'$ ,  $b'c'$ ,  $ab$ ,  $bc$  двух пересекающихся прямых, другая — проекциями  $d'e'$ ,  $f'g'$ ,  $de$ ,  $fg$  двух параллельных прямых.

В качестве вспомогательных плоскостей взяты две горизонтальные плоскости, заданные следами  $R_v$  и  $T_v$ .

Плоскость  $R$  пересекает первую заданную плоскость по прямой  $1-2$ , вторую — по прямой  $3-4$ . По фронтальным проекциям  $1'$ ,  $2'$  и  $3'$ ,  $4'$  находим с помощью линий связи горизонтальные проекции  $1$ ,  $2$  и  $3$ ,  $4$  на горизонтальных проекциях  $ab$ ,  $bc$ ,  $de$ ,  $fg$  прямых. Через них проводим горизонтальные проекции

линий 1—2 и 3—4 линий пересечения. Отмечаем точку  $m$  — горизонтальную проекцию общей точки  $M$  трех плоскостей — двух заданных и вспомогательной  $R$ . По ней определяем фронтальную проекцию  $m'$  на фронтальном следе  $R_v$  вспомогательной плоскости.

Вспомогательные плоскости  $T$  и  $R$  параллельны. Линии их пересечения с заданными плоскостями также параллельны. Поэтому горизонтальные проекции линий пересечения плоскости  $T$  с заданными плоскостями проведены через проекцию  $b$  параллельно проекции 1—2 и через проекцию 5 параллельно проекции 3—4. В их пересечении найдена горизонтальная проекция  $n$  второй общей точки трех плоскостей, т. е. линии пересечения двух заданных плоскостей. По ней на фронтальном следе  $T_v$  вспомогательной плоскости построена фронтальная проекция  $n'$ . Через построенные проекции  $m'$ ,  $n'$  и  $m$ ,  $n$  проводим фронтальную и горизонтальную проекции искомой линии пересечения  $MN$ .

### 4.3. Пересечение прямой линии общего положения с плоскостью общего положения

Точку пересечения прямой с плоскостью общего положения (рис. 4.10, а) строят в следующем порядке (рис. 4.10, б):

а) *через заданную прямую  $AB$  проводят вспомогательную плоскость  $T$ ;*

б) *строят линию пересечения 1—2 вспомогательной плоскости  $T$  и заданной плоскости  $Q$ ;*

в) *в пересечении построенной линии 1—2 с заданной прямой  $AB$  отмечают искомую точку  $K$ .*

На рисунке 4.11 дано построение на чертеже проекций точки пересечения прямой, заданной проекциями  $d'e'$ ,  $de$ , с плоскостью общего положения, заданной проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$  треугольной пластины. Проекции точки пересечения строят в следующем порядке:

через прямую  $DE$  проводят вспомогательную плоскость, например фронтально-проецирующую  $P$  (на рис. 4.11, б показан только след  $P_v$ );

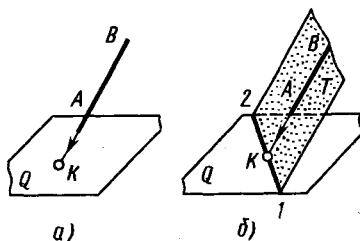


Рис. 4.10

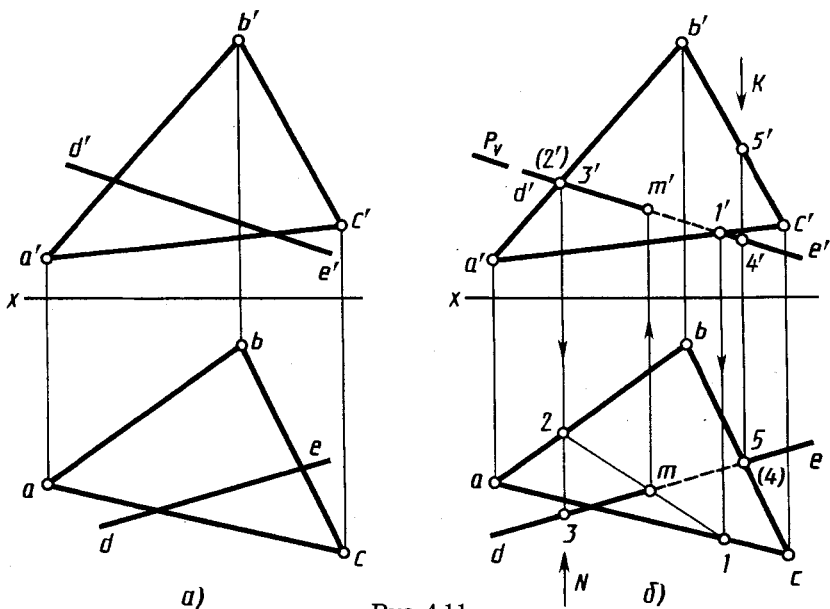


Рис. 4.11

строят проекции  $1'2'$ ,  $1-2$  линии пересечения этой плоскости с плоскостью треугольника, заданной проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$ ; при этом по фронтальным проекциям точек  $1'$  и  $2'$  находят горизонтальные проекции точек  $1$  и  $2$ ;

находят проекции  $m', m$  точки пересечения заданной прямой с плоскостью треугольника. Для этого в пересечении проекций  $de$  и  $1-2$  отмечают горизонтальную проекцию  $m$  искомой точки и с помощью линии связи строят ее фронтальную проекцию  $m'$  на проекции  $d'e'$  прямой. Прямые  $DE$  и  $1-2$  пересекаются, так как принадлежат одной плоскости  $P$ ;

определяют видимые участки прямой  $DE$ .

Для определения видимых участков прямой  $DE$  анализируют положение точек на скрещивающихся прямых. Так, точки с проекциями  $3', 3$  и  $2', 2$  находятся на скрещивающихся прямых с проекциями  $d'e', de$  и  $a'b', ab$  соответственно. Их фронтальные проекции  $2'$  и  $3'$  совпадают. По горизонтальной проекции при взгляде по стрелке  $N$  видно, что точка  $3$  находится перед точкой  $2$ , т. е. она закрывает точку  $2$ . Следовательно, прямая  $DE$  слева от точки  $M$  расположена перед треугольником  $ABC$ . Поэтому фронтальная проекция  $d'm'$  ее показана как видимая. От точки  $M$  вправо прямую  $DE$  закрывает треугольник  $ABC$  до точки  $1$ , соответственно отрезок  $m'1'$  показан как невидимый.

Невидимый участок на горизонтальной проекции прямой  $DE$  выявляют анализом положения точек с проекциями  $5'$ ,  $5$  и  $4'$ ,  $4$ , лежащих на скрещивающихся прямых с проекциями  $b'c'$ ,  $bc$  и  $d'e'$ ,  $de$ . По фронтальной проекции очевидно, что если смотреть по стрелке  $K$ , то вначале видят точку  $5$ , расположенную выше точки  $4$ . Она закрывает точку  $4$ . Следовательно, в этом месте прямая  $DE$  закрыта треугольником  $ABC$  до точки их пересечения  $M$  (участок с проекцией  $m-5$ ). Слева от точки пересечения  $M$  прямая  $DE$  находится над треугольником  $ABC$  и, естественно, видима (участок с проекцией  $dm$ ).

#### 4.4. Построение линии пересечения двух плоскостей по точкам пересечения прямых линий с плоскостью

В 4.2 изложен общий способ построения линии пересечения двух плоскостей с помощью вспомогательных секущих плоскостей (см. рис. 4.9). Но для построения линии пересечения двух плоскостей общего положения можно использовать точки пересечения двух прямых, принадлежащих одной из плоскостей, с другой плоскостью. Построение же точек пересечения прямой линии с плоскостью общего положения изложено в 4.3.

Например (рис. 4.12), одна из плоскостей задана пересекающимися прямыми  $AB$  и  $AC$ . Для построения линии пересечения ее с плоскостью  $Q$  строят точки  $M$  и  $N$  пересечения прямых  $AB$  и  $AC$  с этой плоскостью и через них проводят линию  $MN$  пересечения двух заданных плоскостей.

Таким образом, для построения линии пересечения плоскостей строят точки пересечения прямых одной плоскости с другой и через них проводят искомую линию.

Пример такого построения на чертеже приведен на рисунке 4.13. Одна из плоскостей задана треугольником с проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$ . Вторая — параллельными прямыми с проекциями  $d'e'$ ,  $de$  и  $f'g'$ ,  $fg$ .

Для построения проекций линии пересечения определены проекции  $m'$ ,  $m$  и  $n'$ ,  $n$  двух ее точек пересечения прямых с проекциями  $d'e'$ ,  $de$  и  $f'g'$ ,  $fg$  с плоскостью треугольника. Проекции  $m'$ ,  $m$ ,  $n'$ ,  $n$  точек пересечения построены с помощью фронтально-проецирующих плоскостей, заданных следами  $Q_0$  и  $P_0$ . Плоскость  $Q$  прохо-

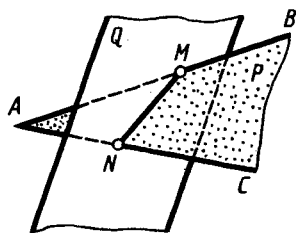


Рис. 4.12

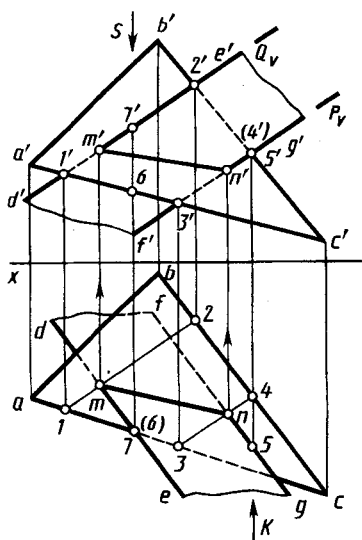


Рис. 4.13

длит через прямую  $DE$  и пересекает плоскость треугольника по линии с проекциями  $1'-2'$ ,  $1-2$ . Пересечение горизонтальных проекций  $1-2$  и  $de$  является горизонтальной проекцией  $m$  искомой точки. По ней построена фронтальная проекция  $m'$  на фронтальной проекции  $d'e'$ .

Аналогично с помощью плоскости  $P(P_v)$  построены проекции  $n'$ ,  $n$  второй точки. Через построенные проекции  $m'$ ,  $n'$  и  $m$ ,  $n$  проведены проекции  $m'n'$ ,  $mn$  отрезка, по которому пересекаются заданные пластины.

Анализ видимости участков пластин на фронтальной проекции выполнен с помощью точек с проекциями  $4'$ ,  $4$  и  $5'$ ,  $5$ , лежащих на скрещивающихся прямых с проекциями  $b'c'$ ,  $bc$  и  $g'f'$ ,  $gf$ . Их фронтальные проекции  $4'$  и  $5'$  совпадают. На горизонтальной проекции видно, что при взгляде по стрелке  $K$  точка  $S$  закрывает точку  $4$ . Видимость участков пластин на горизонтальной проекции определена с помощью точек с проекциями  $6'$ ,  $6$  и  $7'$ ,  $7$ , лежащих на скрещивающихся прямых с проекциями  $a'c'$ ,  $ac$  и  $d'e'$ ,  $de$ . Их горизонтальные проекции  $6$  и  $7$  совпадают. Из фронтальной проекции видно, что при взгляде по стрелке  $S$  точка  $7$  закрывает точку  $6$ .

#### 4.5. Построение взаимно параллельных прямой линии и плоскости и двух плоскостей

**Построение взаимно параллельных прямой линии и плоскости.** Известно, что если прямая линия ( $AB$ , рис. 4.14) параллельна прямой  $KL$ , лежащей в плоскости, то она параллельна этой плоскости.

*Для построения прямой, проходящей через заданную точку пространства параллельно заданной плоскости, достаточно провести прямую, параллельную любой прямой, принадлежащей плоскости.*

При этом возможно бесчисленное множество решений. Дополнительные требования могут обусловить единственное решение.

В качестве примера на рисунке 4.15 показано построение проекций прямой линии, проходящей через точку с проекциями  $k', k$ , параллельной плоскости треугольника с проекциями  $a'b'c', abc$  и параллельной плоскости  $V$  — дополнительное требование. В плоскости треугольника проведена фронталь с проекциями  $a'l', a-l$ . Проекции искомой прямой проведены через проекции  $k', k$  точки параллельно проекциям фронтали  $k'l' \parallel a'l', kl \parallel a-l$ .

Для того чтобы проверить, параллельна ли прямая заданной плоскости, можно попробовать провести в этой плоскости прямую, параллельную заданной. Если такую прямую в плоскости построить не удастся, то заданные прямая и плоскость не параллельны между собой. Можно также попытаться найти точку пересечения данной прямой с данной плоскостью. Если такая точка не может быть найдена, то заданные прямая и плоскость взаимно параллельны.

**Построение взаимно параллельных плоскостей.** Для такого построения используют известное свойство: *если две пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости, то плоскости параллельны.* Так, например, на рисунке 4.16, а построена плоскость, проходящая через точку с проекциями  $k', k$ , параллельная плоскости, заданной проекциями  $a'b', ab$  и  $a'c', ac$  пересекающихся прямых. Для этого через фронтальную проекцию  $k'$  проведены фронтальные проекции  $d'k' \parallel a'c', e'k' \parallel a'b'$  и через горизонтальную проекцию  $k$  — горизонтальные проекции  $dk \parallel ac, ek \parallel ab$ . Построенная плоскость, определяемая проекциями  $k'd', k'e'$  и  $kd, ke$ , будет параллельна заданной плоскости.

Построение параллельных плоскостей на чертеже удобно выполнять с по-

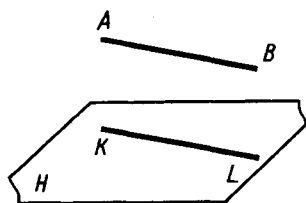


Рис. 4.14

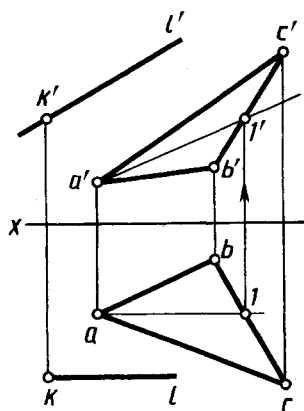


Рис. 4.15



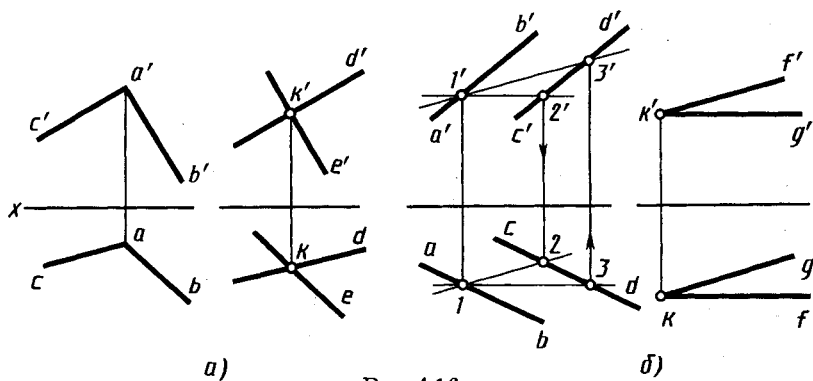


Рис. 4.16

мощью главных линий плоскости — горизонталей и фронталей. На рисунке 4.16, б плоскость  $P$  задана проекциями  $a'b'$ ,  $c'd'$  и  $ab$ ,  $cd$  параллельных прямых. Параллельная ей плоскость  $T$  должна проходить через точку с проекциями  $k'$ ,  $k$ . Проекции плоскости  $T$  построены с помощью фронтальных проекций  $k'f'$  фронтали и  $k'g'$  горизонтали и горизонтальных проекций  $kg$  горизонтали и  $kf$  фронтали. При этом  $k'f' \parallel 1'3'$ ,  $kg \parallel 1-2$ .

#### 4.6. Построение взаимно перпендикулярных прямой и плоскости, двух плоскостей и двух прямых

**Перпендикуляр к плоскости** перпендикулярен к любой прямой, проведенной в этой плоскости (на рис. 4.17  $(AB) \perp P$ ,  $(AB) \perp (DC)$ ,  $(AB) \perp (EF)$ ). Из множества этих прямых при построении перпендикуляра к плоскости на чертеже выбирают фронталь и горизонталь плоскости, так как при этом образуются прямые углы, одна из сторон которых параллельна плоскости проекций.

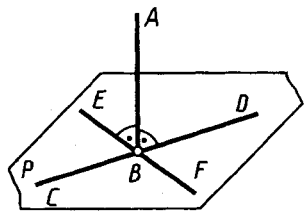


Рис. 4.17

В этом случае на чертеже фронтальную проекцию перпендикуляра проводят под углом  $90^\circ$  к фронтальной проекции фронтали, а горизонтальную проекцию перпендикуляра — под углом  $90^\circ$  к горизонтальной проекции горизонтали (см. 1.3).

Пример построения проекций  $a'm'$ ,  $am$  прямой, перпендикулярной плос-

кости треугольника с проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$ , приведен на рисунке 4.18. Фронтальная проекция  $a'm'$  прямой построена перпендикулярно фронтальной проекции  $a'2'$  фронтали, горизонтальная проекция  $am$  — перпендикулярно горизонтальной проекции  $a-1$  горизонтали плоскости.

Пример построения на чертеже плоскости, перпендикулярной прямой, заданной проекциями  $a'k'$ ,  $ak$ , приведен на рисунке 4.19. Из проекций  $k'$ ,  $k$  проведены проекции  $k'f' \perp a'k'$ ,  $kf \parallel x$  фронтали и проекции  $kh \perp ak$ ,  $k'h' \parallel x$  горизонтали. Они и определяют положение плоскости.

**Построение двух взаимно перпендикулярных плоскостей.** Как известно, плоскости перпендикулярны, если прямая, принадлежащая одной плоскости, перпендикулярна другой плоскости (рис. 4.20) ( $AB \subset Q$ ,  $AB \perp \text{пл. } P$ ,  $\text{пл. } Q \perp \text{пл. } P$ ). Построение проекций плоскости  $P$ , проходящей через прямую с проекциями  $m'n'$ ,  $mn$  и перпендикулярной плоскости, заданной проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$  треугольника, показано на рисунке 4.21. Для построения на чертеже плоскости через проекции  $e'$ ,  $e$  точки прямой проведены проекции  $e'f'$ ,  $ef$  перпендикуляра к плоскости треугольника. Две пересекающиеся прямые определяют положение

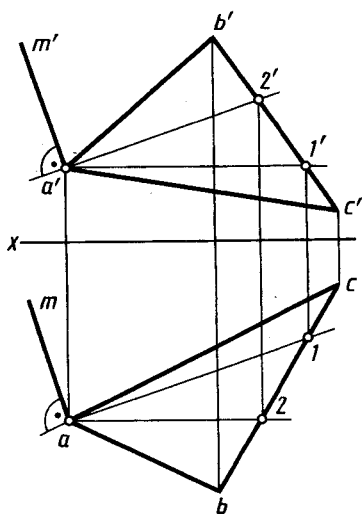


Рис. 4.18

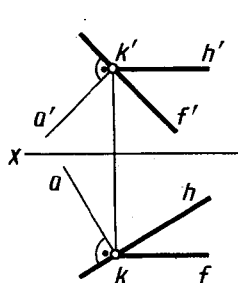


Рис. 4.19

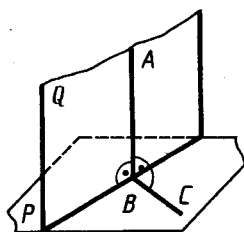


Рис. 4.20

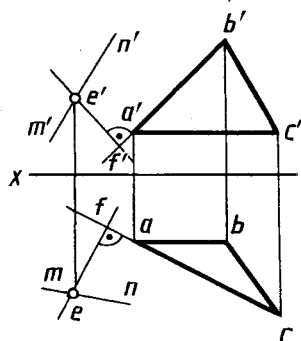


Рис. 4.21

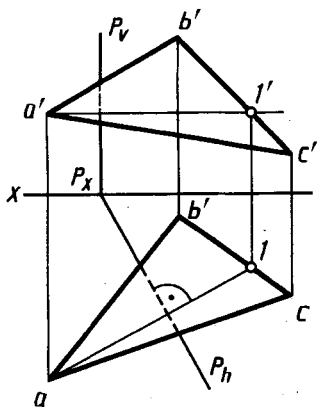


Рис. 4.22

( $P_h \perp a-l$ ). В этом случае плоскость  $P$  перпендикулярна и плоскости  $H$  ( $P_h \perp x$ ), так как горизонталь с проекциями  $a'l'$ ,  $a-l$  параллельна ей.

**Построение двух перпендикулярных прямых общего положения** выполняют с помощью плоскости, перпендикулярной к одной из них. Через точку пересечения прямой и перпендикулярной к ней плоскости проводят в плоскости любую прямую, которая и будет перпендикулярна к заданной прямой.

#### 4.7. Угол между прямой и плоскостью

Угол между прямой и плоскостью определяется углом между этой прямой и ее проекцией на плоскость (см., например, угол  $\alpha$  на рис. 4.23). Для построения угла между прямой и плоскостью в общем случае требуется: найти точку пересечения прямой с плоскостью; провести из некоторой точки прямой перпендикуляр на плоскость; определить точку пересечения перпендикуляра с плоскостью; полученные точки пересечения прямой и перпендикуляра с плоскостью соединить прямой линией. Угол между прямой и построенной линией будет искомым.

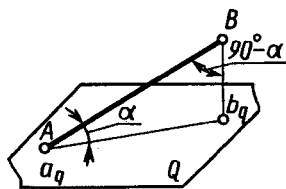


Рис. 4.23

Для определения величины угла  $\alpha$  между прямой и плоскостью на практике поступают так. Определяют угол между прямой и перпендикуляром из точки прямой к плоскости (рис. 4.23). Иско-

мый угол определяют вычитанием из  $90^\circ$  угла между прямой и перпендикуляром к плоскости:

$$\angle BAb_q = 90^\circ - \angle ABb_q.$$

Величина угла между заданной прямой и перпендикуляром может быть определена различными способами, в том числе рассмотренными на рисунках 5.10 и 5.13.

#### 4.8. Примеры комплексных задач

Рассмотренные вопросы построения параллельных и перпендикулярных прямых линий и плоскостей позволяют решать комплексные задачи. Рассмотрим некоторые типовые задачи и примеры их решения.

**Пример 1** (рис. 4.24). Даны плоскость  $P$ , заданная проекциями  $e'f'$ ,  $ef$  и  $q'h'$ ,  $qh$  пересекающихся прямых; проекции  $m'l'$ ,  $ml$  и  $m'n'$ ,  $mn$  пересекающихся прямых  $ML$  и  $MN$ , проекции  $a'b'$ ,  $ab$  и  $b'i'$ ,  $bi$  пересекающихся прямых  $AB$  и  $BI$ , определяющих плоскость четырехугольника  $ABCD$ .

Требуется построить проекции этого четырехугольника, если вершина  $C$  лежит на прямой  $BI$  и равноудалена от сторон угла  $NML$ , а сторона  $AD$  параллельна плоскости  $P$  и равна 85 мм.

В данном случае может быть принят, например, следующий план решения (см. рис. 4.25):

находят проекции  $c'$ ,  $c$  вершины  $C$  как точки, принадлежащей прямой  $BI$  и равноудаленной от сторон угла  $LMN$ ;

строят проекции прямой, на которой должна быть расположена сторона  $AD$ , как прямой, лежащей в плоскости  $ABI$  и параллельной плоскости  $P$ , т. е. как прямой, параллельной линии пересечения этих плоскостей и проходящей через точку  $A$ ;

строят проекции  $a'd'$ ,  $ad$  стороны  $AD$ , для чего на построенной прямой откладывают заданную величину стороны  $AD$  и получают точку  $D$ ;

проводят сторону  $CD$  через построенные точки.

Построения приведены на рисунке 4.25. Построение проекций  $c'$ ,  $c$  вершины  $C$  многоугольника, равноудаленной от сторон угла и лежащей на заданной прямой, приведено в левой части рисунка 4.25.

Точки, равноудаленные от сторон угла  $LMN$ , лежат в биссекторной плоскости этого угла.

В общем случае для ее построения нужно иметь биссектрису угла и пересекающийся с ней перпендикуляр к плоскости угла.

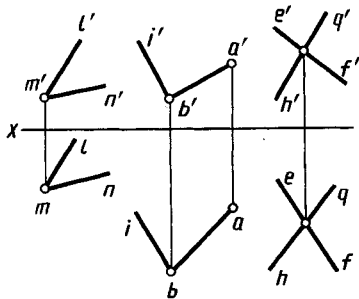


Рис. 4.24

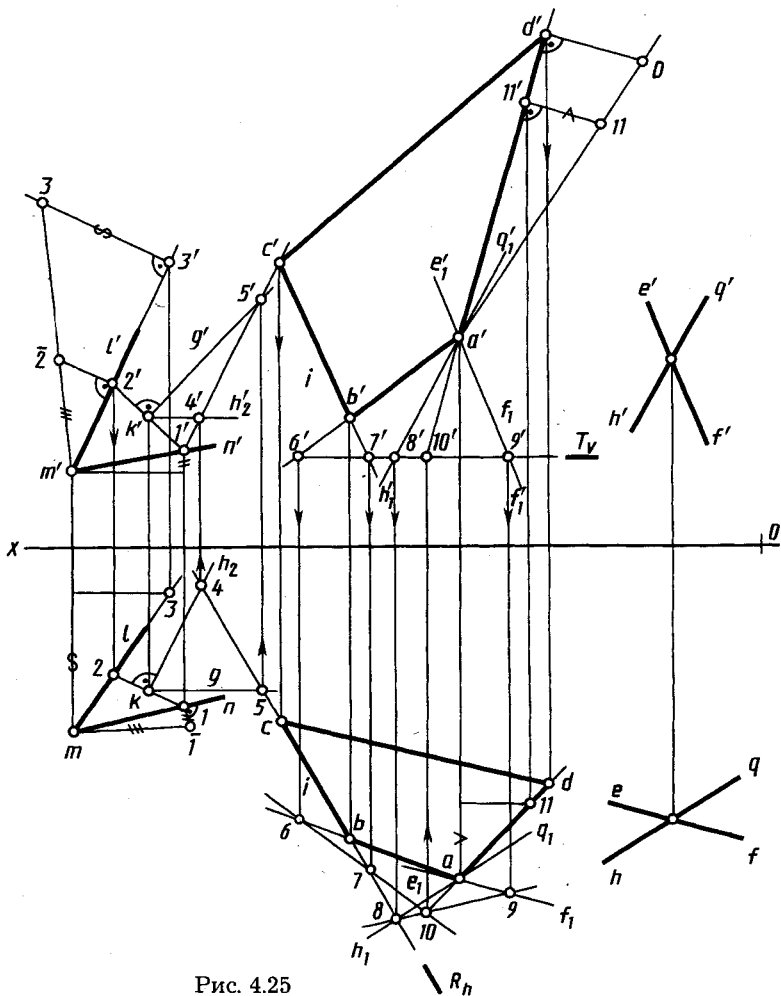


Рис. 4.25

Эту задачу можно упростить, построив биссекторную плоскость как перпендикулярную к середине равнобедренного треугольника, построенного на сторонах угла.

Для построения проекций  $1'2'$ ,  $1-2$  основания равнобедренного треугольника с проекциями  $1'm'2'$ ,  $1-m-2$  на проекциях каждой из сторон выбирают произвольные точки, например точки с проекциями  $1'$ ,  $1$  и  $3'$ ,  $3$ . Строят натуральные величины  $m\bar{1}$  и  $m\bar{3}$  отрезков с проекциями  $m'1'$ ,  $m-1$  и  $m'3'$ ,  $m-3$ . На натуральной величине одного из отрезков, например  $m\bar{3}$ , отмечают натуральную величину другого отрезка —  $m\bar{1}$  (точку  $\bar{2}$ ,  $[m\bar{2}] \cong [m\bar{1}]$ ). По точке  $\bar{2}$  строят проекции  $m'2'$ ,  $m-2$  отрезка, равного по длине отрезку с проекциями  $m'1'$ ,  $m-1$ .

Проекцию биссекторной плоскости  $S$  угла  $LMN$  задают проекциями  $k'h'_2$ ,  $kh_2$  горизонтали и  $k'g'$ ,  $kg$  фронтали, перпендикулярными к основанию с проекциями  $l'2'$ ,  $l-2$  треугольника и проведенными через его середину — точку с проекциями  $k'$ ,  $k$  (см. рис. 4.19).

Проекции  $c'$ ,  $c$  вершины  $C$  на прямой  $BI$  находят как проекции точки пересечения этой прямой с плоскостью  $S$ . Для этого используют вспомогательную горизонтально-проецирующую плоскость со следом  $R_n$ , в которую заключают прямую с проекциями  $b'i'$ ,  $bi$ . Горизонтальную проекцию 4—5 линии пересечения плоскости  $S$  с плоскостью  $R$  отмечают в пересечении горизонтальных проекций  $kh_2$  и  $kg$  и следа  $R_n$ . Ее фронтальную проекцию  $4'5'$  строят с помощью линий связи. В точке пересечения проекций  $4'5'$  и  $b'i'$  находят фронтальную проекцию  $c'$  вершины  $C$ , а по ней — горизонтальную проекцию  $c$ .

Сторону  $AD$ , параллельную заданной плоскости  $P$ , можно построить как линию, параллельную линии пересечения плоскости многоугольника и плоскости  $P$ , или как линию пересечения плоскости многоугольника со вспомогательной плоскостью  $Q$ , параллельной плоскости  $P$  и проходящей через заданную вершину. Построение линии пересечения двух плоскостей в общем случае рассмотрено в 4.2, а для первого случая приведено выше (см. рис. 4.9).

Второй вариант построения приведен на рисунке 4.25. Это построение в данном случае облегчается тем, что одна общая точка плоскости многоугольника и вспомогательной плоскости  $Q$  уже имеется (плоскость  $Q$  проходит через данную вершину  $A$ ).

Проекции плоскости  $Q$ , параллельной плоскости  $P$ , задают проекциями  $q_1'h'_1$ ,  $q_1h_1$  и  $e'_1f'_1$  прямых, проходящих через вершину с проекциями  $a'$ ,  $a$  и параллельных проекциям  $q'h'$ ,  $qh$  и  $e'f'$ ,  $ef$  заданных прямых.

Вторую общую точку плоскости  $Q$  и плоскости многоугольника находят с помощью вспомогательной, например горизонтальной, плоскости  $T$ , заданной следом  $T_n$ .

С плоскостью многоугольника она пересекается по прямой, проекции которой  $6'7'$ ,  $6-7$ , с плоскостью  $Q$  — по прямой, проекции которой  $8'9'$ ,  $8-9$ . В пересечении горизонтальных проекций  $6-7$  и  $8-9$  этих прямых находят горизонтальную проекцию  $10$ , а по ней фронтальную проекцию  $10'$  искомой общей точки. Через их проекции и проекции  $a'$  и  $a$  проводят проекции  $10'a'$ ,  $10-a$  искомой стороны многоугольника. На них отмечают проекции  $d'$ ,  $d$  искомой вершины по заданной величине  $a'D$  стороны  $AD$  (построив предварительно натуральную величину отрезка  $a'I_1$ ).

Через построенные точки  $c'$ ,  $c$  и  $d'$ ,  $d$  проводят проекции  $cd$ ,  $c'd'$  и  $d'a'$ ,  $da$  сторон.

**Пример 2** (рис. 4.26). Даны: плоскость  $P$ , заданная проекциями  $k'l'$ ,  $kl$  и  $k'q'$ ,  $kq$  пересекающихся прямых; проекции  $m'$ ,  $m$  и  $n'$ ,  $n$  двух точек; проекции  $d'e'$ ,  $de$  и  $d'i'$ ,  $di$  пересекающихся прямых и фронтальная проекция  $a'e'$  стороны  $AE$  плоского пятиугольника  $ABCDE$ .

Требуется построить проекции этого пятиугольника, если вершина  $C$  лежит на прямой  $DI$  и равноудалена от точек  $M$  и  $N$ , а сторона  $AB$  параллельна плоскости  $P$  и равна 70 мм.

В данном случае может быть принят, например, следующий план решения:

находят проекции  $c'$ ,  $c$  вершины  $C$  как точки, принадлежащей прямой  $DI$  и равноудаленной от точек  $M$  и  $N$ ;

находят недостающую горизонтальную проекцию  $a$  из условия принадлежности точки  $A$  плоскости, заданной пересекающимися прямыми с проекциями  $d'e'$ ,  $de$  и  $d'i'$ ,  $di$ ;

строят проекции  $a'b'$ ,  $ab$  стороны  $AB$  (как и стороны  $AD$  в примере 1);

проводят проекции  $b'c'$ ,  $bc$  стороны  $BC$  через построенные проекции точек.

Рассмотрим из указанных построений только построение на проекциях прямой проекций  $c'$ ,  $c$  точки (вершины  $C$ ), равноудаленной от двух заданных точек  $M$  и  $N$ . Множеством точек, равноудаленных от двух заданных точек  $M$  и  $N$ , является плоскость  $S$ , проведенная через середину отрезка  $MN$  перпендикулярно к нему. В точке пересечения плоскости  $S$  с заданной прямой находят искомую вершину  $C$ .

Построение проекций  $c'$ ,  $c$  вершины  $C$  приведено на рисунке 4.27.

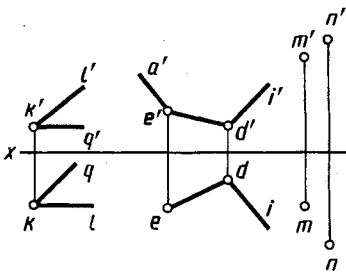


Рис. 4.26

Проекциями плоскости  $S$  задают проекциями двух главных линий —  $1'k'$ ,  $1-k$  фронтали и  $2'k'$ ,  $2-k$  горизонтали. Они перпендикулярны к отрезку, заданному проекциями  $m'n'$ ,  $mn$ , и проходят через его середину — точки  $k'$ ,  $k$ . Проекциями  $c'$ ,  $c$  точки пересечения прямой  $DI$  с плоскостью  $S$  находят с помощью фронтально-проецирующей плоскости, задаваемой следом  $P_v$ .

**Пример 3** (рис. 4.28). Даны: плоскость, заданная следами  $P_v$  и  $P_h$ , проекции  $m'$ ,  $m$ ,  $n'$ ,  $n$  и  $l'$ ,  $l$  трех точек и проекции  $b'c'$ ,  $bc$  и  $b'i'$ ,  $bi$  двух пересекающихся прямых, определяющих плоскость четырехугольника  $ABCD$ .

Построить проекции этого четырехугольника, если вершина  $A$  равноудалена от точек  $M$ ,  $N$  и  $L$ , сторона  $CD$  параллельна плоскости  $P$  и равна 85 мм.

План решения в данном случае может быть принят, например, следующий:

строят проекции  $a'$ ,  $a$  вершины как точки заданной плоскости и равноудаленной от трех заданных точек;

строят проекции  $c'd'$ ,  $cd$  стороны (как и стороны  $AD$  в примере 1);

проводят проекции  $a'd'$ ,  $ad$  стороны через построенные проекции точек.

Рассмотрим построение на плоскости точки, равноудаленной от трех заданных то-

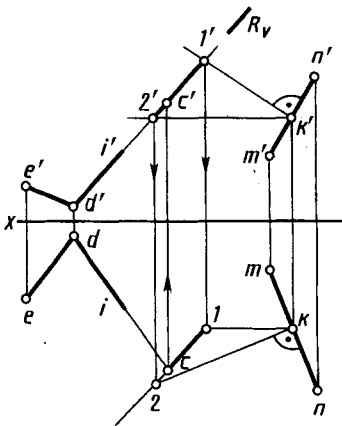


Рис. 4.27

чек  $M$ ,  $N$  и  $L$ . Известно, что точки, равноудаленные от трех заданных точек  $M$ ,  $N$  и  $L$ , лежат на перпендикуляре, проведенном из центра описанной окружности, проходящей через точки  $M$ ,  $N$  и  $L$ . Точка пересечения перпендикуляра с плоскостью заданного многоугольника является искомой вершиной.

Построение проекций вершины приведено на рисунке 4.29.

Проекции  $1'2'$ ,  $1-2$  перпендикуляра строят как проекции линии пересечения плоскостей  $S$  и  $R$ , являющихся соответственно множеством точек, равноудаленных от точек  $M$  и  $N$  и от точек  $N$  и  $L$ . Эти плоскости проводят соответственно перпендикулярно отрезкам с проекциями  $m'n'$ ,  $mn$  и  $l'n'$ ,  $ln$  через их середины — точки с проекциями  $k'$ ,  $k$  и  $f'$ ,  $f$ .

При построении плоскости  $S$  учитывают, что точки  $M$  и  $N$  находятся на одинаковом расстоянии от плоскости  $V$  (по условию), поэтому она является фронтально-проецирующей. Ее задают следом  $S_v$ . Плоскость  $R$  задают проекциями  $f'q'$ ,  $fq$  фронтали и  $f'g'$ ,  $fg$  горизонтали. Линию пересечения  $1-2$ , ( $1'2'$ ,  $1-2$ ) плоскостей  $S$  и  $R$  находят по фронтальным проекциям  $1'$  и  $2'$  их общих точек  $1$  и  $2$ .

Точку пересечения  $A$  прямой  $1-2$  с плоскостью многоугольника находят с помощью вспомогательной горизонтально-проецирующей плоскости  $T$ , проведенной через прямую  $1-2$ . Эта плоскость пересекает плоскость многоугольника по линии с проекциями  $3-4$ ,  $3'4'$ . В пересечении проекций  $3'4'$  и  $1'2'$  находится фронтальная проекция  $a'$  и в проекционной связи на проекции  $1-2$  — горизонтальная проекция  $a$ .

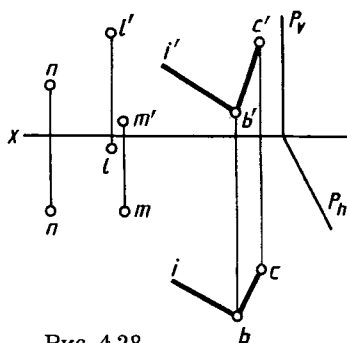


Рис. 4.28

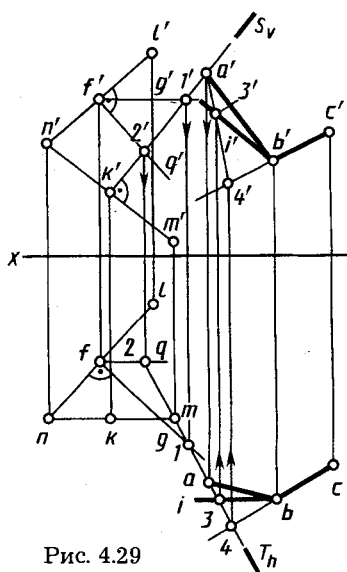


Рис. 4.29



1. Как устанавливают взаимное положение прямой и плоскости?
2. Как строят точку пересечения прямой линии с проецирующей плоскостью?
3. Какая точка из числа расположенных на общем перпендикуляре к горизонтальной плоскости проекций считается видимой на этой плоскости проекций?
4. Как строят линии пересечения двух плоскостей, одна из которых проецирующая?



5. В чем заключается общий способ построения линии пересечения двух плоскостей?
6. В чем заключается в общем случае способ построения точки пересечения прямой с плоскостью?
7. Какие действия и в какой последовательности надо выполнить для построения этой точки (см. вопрос 6)?
8. Как определить видимость при пересечении прямой с плоскостью?
9. Как можно построить прямую пересечения двух плоскостей, если не применять общего способа, рассмотренного в 4.2?
10. Как определить «видимость» в случае взаимного пересечения двух плоскостей?
11. На чем основано построение прямой линии, которая должна быть параллельна некоторой плоскости?
12. Как провести плоскость через прямую параллельно заданной прямой?
13. Чем определяется взаимная параллельность двух плоскостей?
14. Как провести через точку плоскость, параллельную заданной плоскости?
15. Как проверить на чертеже, параллельны ли между собой заданные плоскости?
16. Как располагаются проекции перпендикуляра и плоскости?
17. Как провести плоскость, перпендикулярную к данной прямой (через точку на прямой и через точку вне прямой)?
18. Как провести перпендикуляр из точки на прямую общего положения?
19. Как построить две взаимно перпендикулярные прямые?
20. Как построить взаимно перпендикулярные плоскости?
21. Перпендикулярны ли плоскости общего положения одна к другой, если их одноименные следы взаимно перпендикулярны?
22. Что называется углом между прямой и плоскостью и какие действия надо выполнить для построения на чертеже проекций этого угла?

## СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА

### 5.1. Общая характеристика способов преобразования чертежа

Многие задачи решаются легко и просто, если прямые линии, плоские фигуры (основания, грани, ребра, оси) геометрических тел находятся в частном положении. Такое частное, наивыгоднейшее взаимное расположение геометрического элемента и плоскостей проекций может быть обеспечено преобразованием чертежа.

Рассмотрим два основных способа преобразования чертежа прямой линии или плоской фигуры общего положения в чертеж с их частным положением. Они заключаются в следующем:

в одном случае — заменяют заданную систему плоскостей проекций на новую так, чтобы в ней исходные объекты оказались в частном положении, не меняя своего расположения в пространстве;

в другом случае — изменяют положение исходных объектов в пространстве так, чтобы они приняли частное положение относительно неизменных плоскостей проекций.

В первом случае преобразование чертежа называют способом перемены плоскостей проекций, во втором — способом вращения (перемещения).

Рассмотрим указанные способы.

### 5.2. Способ перемены плоскостей проекций

Этот способ широко применяют в машиностроении и приборостроении. *Сущность способа перемены плоскостей проекций заключается в следующем: положение точек, линий, плоских фигур, поверхностей в пространстве не изменяется, а система  $V, H$  дополняется плоскостями, образующими с  $V$ , или  $H$ , или между собой системы двух взаимно перпендикулярных плоскостей, принимаемых за плоскости проекций.*

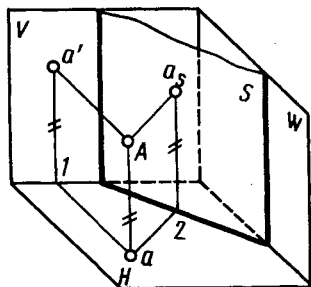


Рис. 5.1

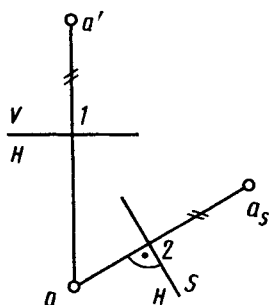


Рис. 5.2

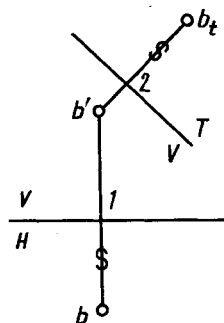


Рис. 5.3

Каждая новая система выбирается так, чтобы по отношению к заданным геометрическим элементам она заняла положение, наиболее удобное для выполнения требуемого построения.

На рисунке 5.1 показано преобразование проекций точки  $A$  из системы  $V, H$  в систему  $S, H$ , в которой вместо плоскости  $V$  введена новая плоскость  $S$ , а плоскость  $H$  осталась неизменной. При этом  $S \perp H$ . В системе  $S, H$  горизонтальная проекция  $a$  точки  $A$  осталась неизменной. Проекция  $a_s$  точки  $A$  на плоскости  $S$  находится от плоскости  $H$  на том же расстоянии, что и проекция  $a'$  точки  $A$  на плоскости  $V$ . Это условие позволяет легко строить проекцию точки на чертеже (рис. 5.2) на новой плоскости проекций. Для этого в новой системе ( $H, S$ ) из проекции точки ( $a$ ) на сохраняющейся плоскости проекций проводят линию связи, перпендикулярную к новой оси проекций ( $\frac{S}{H}$ ). На этой линии связи отмечают расстояние от оси  $\frac{H}{S}$  до проекции  $a_s$  точки на новой плоскости проекций  $S$ , равное расстоянию от преобразуемой проекции точки  $a'$  до оси проекций  $\frac{V}{H}$  в системе  $V, H$  ( $|a_s - 2| = |a' - 1|$ ).

При введении новой плоскости проекций, перпендикулярной фронтальной плоскости проекций (например, плоскости  $T$  на рис. 5.3), расстояние от проекции ( $b_t$ ) до новой оси проекций ( $\frac{T}{V}$ ) равно расстоянию от горизонтальной проекции ( $b$ ) до оси  $\frac{V}{H}$  ( $|b - 1| = |b_t - 2|$ ).

В дальнейшем, при введении новой плоскости проекций, ось проекций можно обозначать в виде дроби, черта которой ле-

жит на оси; каждую букву при этом пишут как бы на «своей» плоскости.

Проекции точек на новых плоскостях проекций удобно отмечать индексами плоскости (например,  $a$ ,  $b_1$  и т. п.).

Перемену плоскостей проекций можно производить последовательно несколько раз.

**Четыре основные задачи преобразования.** *Определение величины отрезка  $AB$  общего положения* показано на рисунке 5.4. Для этого плоскость  $V$  заменена на новую плоскость проекций  $S$ , параллельную отрезку (ось  $\frac{S}{H}$  параллельна оси  $ab$ ).

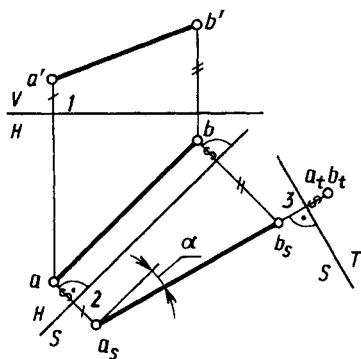


Рис. 5.4

Расстояния от оси  $\frac{S}{H}$  до  $a_s$  и  $b_s$  соответственно равны расстояниям от  $a'$  и  $b'$  до оси  $\frac{V}{H}$  соответственно ( $|a_s - 2| = |a' - 1|$ ). Одновременно с определением натуральной величины отрезка определена величина  $\alpha$  угла наклона отрезка  $AB$  к плоскости  $H$ .

*Приведение отрезка прямой общего положения в проецирующее положение.* На рисунке 5.4 новая система плоскостей проекций  $\frac{H}{S}$  относительно отрезка  $AB$  находится в частном положении (пл.  $S \parallel AB$ ). Введем еще одну новую плоскость проекций  $T$ , перпендикулярную плоскости проекций  $S$  и отрезку  $AB$  (ось проекций  $\frac{T}{S}$  перпендикулярна проекции  $a, b_s$ ). Относительно этой плоскости проекций  $T$  отрезок  $AB$  занимает проецирующее положение (проекция  $a_t$  и  $b_t$  совпадают,  $|a - 2| = |a_t - 3|$ ).

Для преобразования проекций отрезка общего положения на чертеже в проецирующее положение требуется введение двух новых плоскостей проекций последовательно: первой — параллельно отрезку, второй — перпендикулярно ему с условием перпендикулярности между исходными и новыми плоскостями проекций.

*Приведение плоской фигуры общего положения в проецирующее положение.* Решение основывается на предыдущей задаче. Построение выполняют с помощью одной из линий частного положения, например горизонтали с проекциями  $a'f'$ ,  $af'$  (рис. 5.5). Новая плоскость проекций  $S$  в этом случае выбрана перпендикулярно горизонтالي  $AF$  (ось  $\frac{H}{S}$  перпендикулярна проекции  $af$ ) и соответственно перпендикулярно плоскости  $H$ .



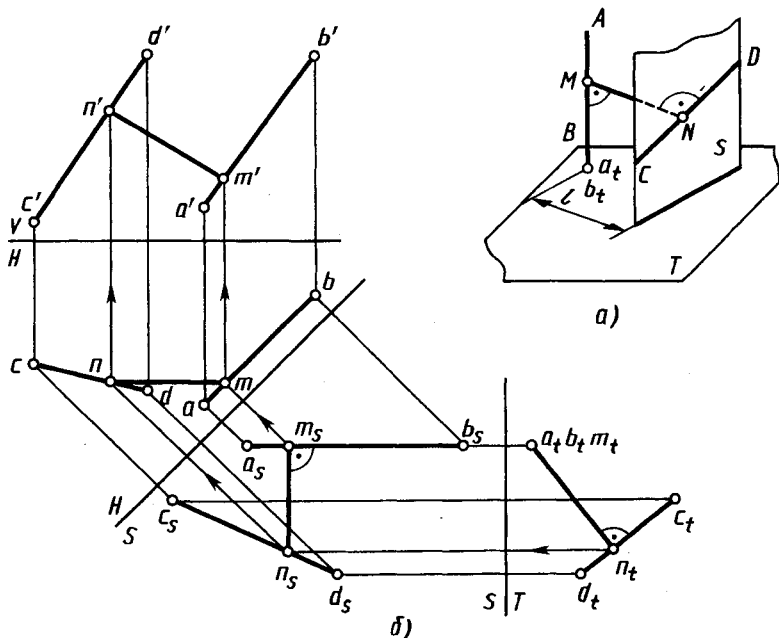


Рис. 5.7

проекцию  $m$ , точки  $M$ , совпадающую с проекциями точек  $a, b$ . Искомое расстояние определено —  $m, n$ . На чертеже стрелками указано построение проекций  $mn$  и  $m'n'$  общего перпендикуляра к двум скрещивающимся прямым в системе  $V, H$ .

### 5.3. Способ вращения

Как известно, при вращении некоторой точки вокруг оси она движется в плоскости, перпендикулярной оси вращения, и описывает окружность. Для применения способа вращения в целях преобразования чертежа отметим следующие четыре элемента (рис. 5.8):

- ось вращения ( $MN$ );*
- плоскость вращения точки (пл.  $S \perp (MN)$ );*
- центр вращения ( $O$ ; пл.  $S \cap (MN) = O$ );*
- радиус вращения ( $R$ ;  $R = |OA|$ ).*

В качестве оси вращения обычно используют прямые, перпендикулярные или параллельные плоскостям проекций. Рассмотрим вращение относительно осей, перпендикулярных плоскостям проекций.



чтобы она проходила через одну из крайних точек отрезка, например точку с проекциями  $b', b$ . Тогда при повороте точки  $A$  на угол  $\varphi$  в положение  $A_1$  ( $OA_1 \parallel \text{пл. } V, oa_1 \parallel \text{оси } x$ ) отрезок  $AB$  перемещается в положение  $A_1B$ , параллельное плоскости  $V$  и, следовательно, проецируется на нее в натуральную величину ( $[b'a'_1] \cong [AB]$ ). Одновременно в натуральную величину будет проецироваться угол  $\alpha$  наклона отрезка  $AB$  к плоскости  $H$ .

Поворот (вращение) точки с проекциями  $b', b$  относительно оси с проекциями  $m'n', mn$ , перпендикулярной плоскости  $V$ , показан на рисунке 5.11. При вращении точка  $B$  перемещена в плоскости вращения  $T(T_h)$  в положение с проекциями  $b'_1, b_1$  так, что радиус вращения  $OB$  стал параллелен плоскости  $H$  ( $o'b'_1 \parallel \text{оси } x$ ).

**Применение способа вращения без указания на чертеже осей вращения, перпендикулярных к плоскостям проекций.** Если вращать геометрическую фигуру вокруг оси, перпендикулярной к плоскости проекций, то проекция на этой плоскости не изменяется ни по виду, ни по величине (меняется лишь положение проекции относительно оси проекций). Проекции точек геометрической фигуры на плоскости, параллельной оси вращения, перемещаются по прямым, параллельным оси проекции (за исключением проекций точек, расположенных на оси вращения), и проекция в целом изменяется по форме и величине. Поэтому можно применять способ вращения, не задаваясь изображением оси вращения. В этом

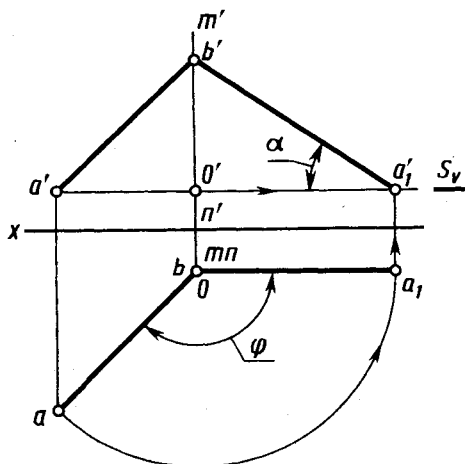


Рис. 5.10

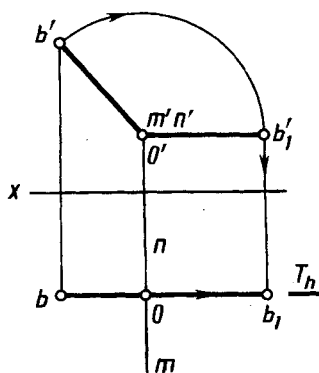


Рис. 5.11



случае, не изменяя величины и формы одной из проекций геометрического образа, перемещают эту проекцию в требуемое положение, а затем строят другую проекцию так, как указано выше.

На рисунке 5.12 показано применение способа вращения без указания осей для определения натуральной величины треугольника  $ABC$ , заданного проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$ . Для этого выполнено два поворота плоскости общего положения, в которой расположен треугольник так, чтобы после первого поворота эта плоскость стала перпендикулярной плоскости  $V$ , а после второго — параллельна плоскости  $H$ . Первый поворот вокруг оси, перпендикулярной плоскости  $H$ , без указания ее положения осуществлен с помощью горизонтали с проекциями  $c'I'$ ,  $c-I$  в плоскости треугольника. При этом горизонтальная проекция  $abc$  повернута так, чтобы она совпала с направлением проецирования ( $c_1I_1 \perp x$ ). Горизонтальная проекция треугольника сохраняет свой вид и величину ( $a_1b_1c_1 \cong abc$ ), изменяется лишь ее положение. Точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  при таком повороте перемещаются в плоскостях, параллельных плоскости  $H$ . Проекции  $a'_1$ ,  $c'_1$ ,  $b'_1$  находятся на горизонтальных линиях связи  $a'a'_1$ ,  $b'b'_1$  и  $c'c'_1$ . Фронтальной проекцией треугольника в новом положении является отрезок  $a'_1b'_1c'_1$ .

Второй поворот, приводящий треугольник в положение, параллельное плоскости  $H$ , производим вокруг оси вращения, перпендикулярной плоскости  $V$  (положение оси также не указано). Фронтальная проекция при втором повороте сохраняет вид и величину, полученные после первого поворота. Точки  $A_1$ ,  $B_1$  и  $C_1$  перемещаются в плоскостях, параллельных плоскости  $V$ . Проекции  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$  находятся на горизонтальных линиях связи  $a_1a_2$ ,  $b_1b_2$ ,  $c_1c_2$ . Проекция  $a_2b_2c_2$  представляет собой натуральную величину данного треугольника.

При выполнении рассмотренных поворотов вокруг осей, перпендикулярных плоскостям проекций, эти оси не указаны, но их можно легко найти. Например, если провести отрезки  $aa_1$ ,  $bb_1$  и через их середины провести перпендикуляры, то полученная точка пересечения этих перпендикуляров и будет горизонтальной проекцией оси вращения, перпендикулярной к плоскости  $H$ .

Применение способа вращения без указания осей несколько упрощает построения, не происходит наложения одной про-

екции на другую, но чертеж занимает большую площадь. (Рассмотренный случай вращения без изображения осей вращения является частным случаем способа плоскопараллельного перемещения.)

**Способ вращения вокруг прямых, параллельных плоскостям проекций.** Натуральную величину плоской фигуры можно определить вращением вокруг оси, параллельной плоскости проекций, одним поворотом приведя фигуру в положение, параллельное плоскости проекций.

На рисунке 5.13 показано определение величины треугольника с проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$  вращением вокруг горизонтали. При этом все точки треугольника (за исключением лежащих на оси вращения) вращаются вокруг оси по окружностям в плоскостях, перпендикулярных к оси. Если треугольник займет положение, параллельное плоскости проекций, радиусы вращения его точек окажутся параллельными этой плоскости, т. е. будут проецироваться на плоскость  $H$  в натуральную величину.

В качестве оси вращения взята горизонталь с проекциями  $c'1'$ ,  $c-1$ .

Точка  $C$  на оси вращения остается неподвижной. Для изображения горизонтальной проекции треугольника после поворота надо найти положение проекций двух других его вершин. Вершины  $c$  с проекциями  $a'$ ,  $a$  и  $b'$ ,  $b$  треугольника перемеща-

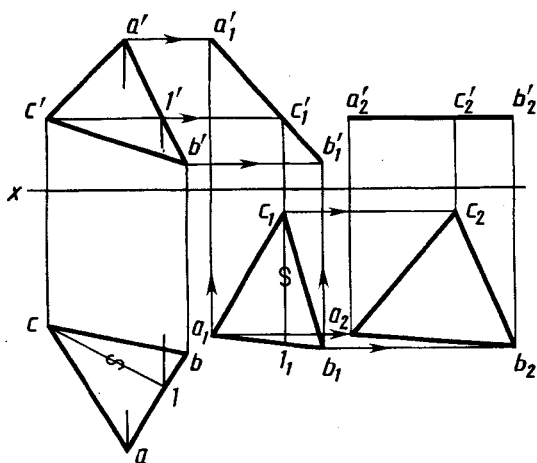


Рис. 5.12

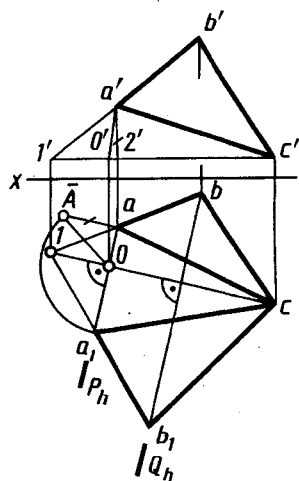


Рис. 5.13

ются в плоскостях  $P$  и  $Q$  движения этих точек. Горизонтальной проекцией  $o$  центра вращения вершины  $A$  является точка пересечения горизонтальной проекции  $s-l$  оси вращения с горизонтальной проекцией  $P_h$ . По ней отмечена его фронтальная проекция  $o'$ . Отрезки  $oa$  — горизонтальная,  $o'a'$  — фронтальная проекция радиуса вращения точки  $A$ . Натуральная величина  $o\bar{A}$  радиуса вращения точки  $A$  определена способом, рассмотренным в 2.3 (см. рис. 2.9), т. е. построением прямоугольного треугольника. По катетам  $oa$  и  $a\bar{A} = o'2'$  построен треугольник  $oa\bar{A}$ , его гипотенуза равна радиусу вращения точки  $A$ .

От проекции  $o$  центра вращения точки  $A$  по направлению следа  $P_h$  плоскости ее движения откладываем натуральную величину радиуса вращения. Отмечаем горизонтальную проекцию  $a_1$  точки  $A$ , повернутой до положения треугольника, параллельного плоскости  $H$ . Горизонтальную проекцию  $b_1$  точки  $B$  в повернутом положении находим как точку пересечения горизонтальной проекции  $l-a_1$  со следом  $Q_h$ . Горизонтальная проекция  $a_1c b_1$  выражает натуральную величину  $\triangle ABC$ , так как после поворота плоскость треугольника параллельна плоскости  $H$ . Фронтальная проекция повернутого треугольника совпадает с фронтальной проекцией горизонтали  $l'c'$ , т. е. представляет собой отрезок прямой линии.

Если требуется повернуть плоский геометрический образ до положения, параллельного плоскости  $V$ , то за ось вращения выбирают фронталь.

**Поворот плоскости вокруг ее следа до совмещения с соответствующей плоскостью проекций** (этот случай называют также способом совмещения). Если плоскость вращать вокруг ее следа до совмещения с плоскостью проекций, в которой расположен этот след, то геометрические образы, расположенные в плоскости, изобразятся без искажения. Этот способ является частным случаем вращения вокруг горизонтали или фронталь, так как горизонтальный след плоскости можно рассматривать как «нулевую» горизонталь горизонтальной плоскости, а фронтальный след — как «нулевую» фронталь.

На рисунке 5.14 показано наглядное изображение поворота плоскости общего положения  $P$  вокруг горизонтального следа  $P_h$  в направлении от плоскости  $V$  к зрителю до совмещения с плоскостью  $H$ . В положении совмещения плоскости  $P$  с плоскостью

$H$  прямая  $P_{v_0}$  представляет собой след  $P_v$ , совмещенный с плоскостью  $H$ . След  $P_h$  как ось вращения не меняет своего положения. Точка  $P_x$  пересечения следов также не меняет своего положения. Для построения совмещенного положения  $P_{v_0}$  следа  $P_v$  достаточно найти еще одну точку, например точку  $N$ , этого следа (кроме точки  $P_x$ ) в положении, совмещенном с плоскостью  $H$ .

Точка  $N$  опишет дугу в плоскости  $Q$ , перпендикулярной к оси вращения. Центр  $O$  этой дуги является точкой пересечения плоскости  $Q$  со следом  $P_h$ . Точка  $N_0$  на плоскости  $H$  является точкой пересечения дуги радиуса  $ON$  в плоскости  $Q$  со следом  $Q_h$ . Проведя через  $P_x$  и  $N_0$  прямую, получим  $P_{v_0}$ . Отрезок  $P_x N$  не изменяет своей длины при вращении плоскости; поэтому точку  $N_0$  можно получить при пересечении  $Q_h$  с дугой, описанной в плоскости  $H$ , из точки  $P_x$  радиусом  $P_x N$ .

Для выполнения рассмотренных построений на чертеже (рис. 5.15) на следе  $P_v$  выбрана произвольная точка  $N$  (она совпадает со своей проекцией  $n'$ ). Через ее горизонтальную проекцию  $n$  проведена прямая  $no$ , перпендикулярная к оси вращения — следу  $P_h$ . На этой прямой найдена точка  $N_0$ , т. е. точка  $N$  после совмещения с плоскостью  $H$ . Она найдена на расстоянии  $P_x N_0 = P_x n'$  от точки  $P_x$  или на расстоянии  $oN_0$  от точки  $o$ , равном радиусу вращения точки  $N$ . Длина радиуса  $oN_0 = o\bar{N}$  определена, например, как гипотенуза прямоугольного треугольника с катетами  $on$  и  $n\bar{N}$  ( $n\bar{N} = nn'$ ). Прямая  $P_{v_0}$ , проходящая через точки  $P_x$  и  $N_0$ , — совмещенное положение следа  $P_v$ .

Аналогично построено совмещенное положение  $C_0$  точки  $C$ . Радиус вращения  $o\bar{C}$  найден как гипотенуза прямоугольного

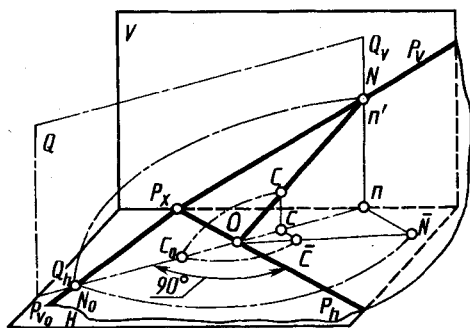


Рис. 5.14

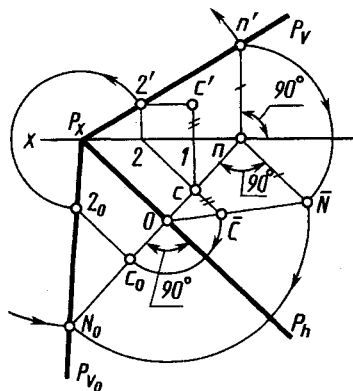


Рис. 5.15

треугольника, у которого один катет  $os$ , другой катет  $c\bar{C} = c'1$ . Второй вариант построения выполнен с помощью горизонтали плоскости  $P$  с проекциями  $c'2'$ ,  $c-2$ . С помощью дуги радиуса  $P_x2'$  найдено совмещенное положение  $2_0$  точки  $2$  на линии  $P_{v_0}$ , а в совмещенном положении  $2_0c_0$  горизонталь проведена через точку  $2_0$  параллельно следу  $P_h$ .

Если требуется совместить плоскость с фронтальной плоскостью проекций, то вращать плоскость следует вокруг ее фронтального следа.

#### 5.4. Гомотетия и подобие, центральная и зеркальная симметрии

**Гомотетия и подобие.** Гомотетия — преобразование, при котором каждой точке  $M$  (плоскости или пространства) ставится в соответствие точка  $M'$ , лежащая на  $OM$  (рис. 5.16), причем отношение  $OM':OM = \lambda$  одно и то же для всех точек, отличных от  $O$ . Фиксированная точка  $O$  называется центром гомотетии. Отношение  $OM':OM$  считают положительным, если  $M'$  и  $M$  лежат по одну сторону от  $O$ , отрицательным — по разные стороны. Число  $\lambda$  называют коэффициентом гомотетии. При  $\lambda < 0$  гомотетию называют обратной. При  $\lambda = -1$  гомотетия превращается в преобразование симметрии относительно точки  $O$ . При гомотетии прямая переходит в прямую, сохраняется параллельность прямых и плоскостей, сохраняются углы (линейные и двугранные), каждая фигура переходит в ей *подобную* (рис. 5.17).

Верно и обратное утверждение. Гомотетия может быть определена как аффинное преобразование, при котором прямые, соединяющие соответствующие точки, проходят через одну точку — центр гомотетии. Гомотетию применяют для увеличения изображений (проекторный фонарь, кино).

**Центральная и зеркальная симметрии.** Симметрия (в широком смысле) — свойство геометрической фигуры  $\Phi$ , характеризующее некоторую правильность ее формы, неизменность ее при действии движений и отражений. Фигура  $\Phi$  обладает симметрией (симметрична), если существуют нетождественные ортогональные преобразования, переводящие эту фигуру в себя. Совокупность всех ортогональных преобразований, совмещающих фигуру  $\Phi$  с самой собой, является группой этой фигуры. Так, плоская фигура (рис. 5.18) с точкой  $M$ , преобразующая-

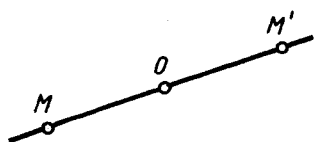


Рис. 5.16

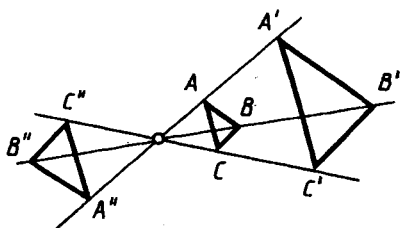


Рис. 5.17

ся в себя при *зеркальном* отражении, симметрична относительно прямой — оси  $AB$ . Здесь группа симметрии состоит из двух элементов — точка  $M$  преобразуется в  $M'$ .

Если фигура  $\Phi$  на плоскости такова, что повороты относительно какой-либо точки  $O$  на угол  $360^\circ/n$ , где  $n \geq 2$  целое число, переводят ее в себя, то фигура  $\Phi$  обладает симметрией  $n$ -го порядка относительно точки  $O$  — центра симметрии. Пример таких фигур — правильные многоугольники, например звездчатый (рис. 5.19), обладающий симметрией восьмого порядка относительно своего центра. Группа симметрии здесь — так называемая циклическая группа  $n$ -го порядка. Окружность обладает симметрией бесконечного порядка (поскольку совмещается с собой поворотом на любой угол).

Простейшими видами пространственной симметрии являются центральная симметрия (инверсия). В этом случае относительно точки  $O$  фигура  $\Phi$  совмещается сама с собой после последовательных отражений от трех взаимно перпендикулярных плоскостей, т. е. точка  $O$  — середина отрезка, соединяющего симметричные точки  $\Phi$ . Так, для куба (рис. 5.20) точка  $O$  является центром симметрии. Точки  $M$  и  $M'$  куба

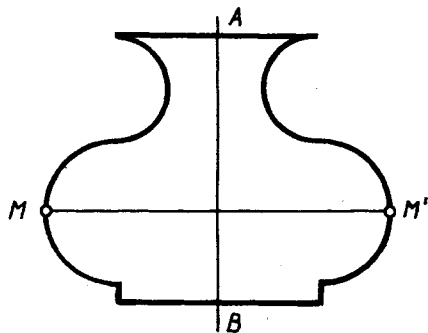


Рис. 5.18

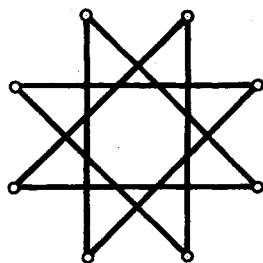


Рис. 5.19

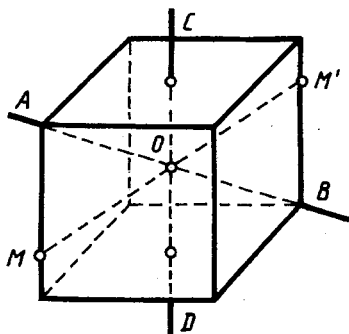


Рис. 5.20

симметричны как относительно осей  $AB$  и  $CD$ , так и относительно центра  $O$ .

В случае осевой симметрии, или симметрии относительно прямой  $n$ -го порядка, фигура накладывается на себя вращением вокруг некоторой прямой (оси симметрии) на угол  $360^\circ/n$ . Например, для куба (см. рис. 5.20) прямая  $AB$  — ось симметрии третьего порядка,  $CD$  — ось симметрии четвертого

порядка. Вообще правильные многогранники симметричны относительно ряда прямых.



1. Какие способы преобразования чертежа рассмотрены в главе 5? В чем заключается их основное различие?
2. В чем заключается способ, называемый способом перемены плоскостей проекций?
3. Какие положения в системе  $V, H$  должна занять плоскость проекций  $S$ , вводимая для образования системы  $S, H$ ?
4. Какое положение в системе  $V, H$  займет плоскость проекций  $T$  при последовательных переходах от  $V, H$  через  $S, H$  к  $S, T$ ?
5. Как найти длину отрезка прямой общего положения и углы наклона этой прямой к плоскостям  $V$  и  $H$ , вводя дополнительные плоскости проекции?
6. Сколько дополнительных плоскостей надо ввести в систему  $V, H$ , чтобы определить натуральный вид фигуры, плоскость которой перпендикулярна к плоскости  $H$  или к плоскости  $V$ ?
7. Сколько и в какой последовательности надо ввести дополнительных плоскостей в систему  $V, H$ , чтобы заданная прямая общего положения оказалась перпендикулярной к дополнительной плоскости проекций?
8. Сколько (и в какой последовательности) надо ввести дополнительных плоскостей проекций в систему  $V, H$ , чтобы получить натуральный вид фигуры, плоскость которой является плоскостью общего положения?
9. Как определить расстояние между двумя скрещивающимися прямыми?
10. Что такое плоскость вращения точки и как она располагается при повороте вокруг вертикальной оси?
11. Как перемещаются проекции точки при вращении ее вокруг оси, не перпендикулярной фронтальной плоскости проекций?

12. Какая из проекций отрезка прямой линии не изменяет своей величины при вращении вокруг вертикальной оси?
13. В каком случае не изменяется при вращении наклон прямой линии по отношению: а) к горизонтальной плоскости проекций; б) к фронтальной плоскости проекций?
14. Можно ли показать на чертеже поворот отрезка прямой вокруг оси, перпендикулярной горизонтальной или фронтальной плоскости проекций, не изображая самой оси? На чем основан такой прием?
15. Как располагают плоскость вращения точки, если ее ось вращения параллельна горизонтальной или фронтальной плоскости проекций, а не перпендикулярна к ней? Почему при этом приходится определять натуральную величину радиуса вращения?
16. Что такое способ совмещения?



## ИЗОБРАЖЕНИЕ МНОГОГРАННИКОВ

### 6.1. Применение многогранников в технике

Применение многогранников весьма широкое (рис. 6.1). Использование оптических свойств стеклянной трехгранной призмы для изменения направления хода луча света показано на рисунке 6.1, а. Трехгранная призма — клин (рис. 6.1, б) ис-

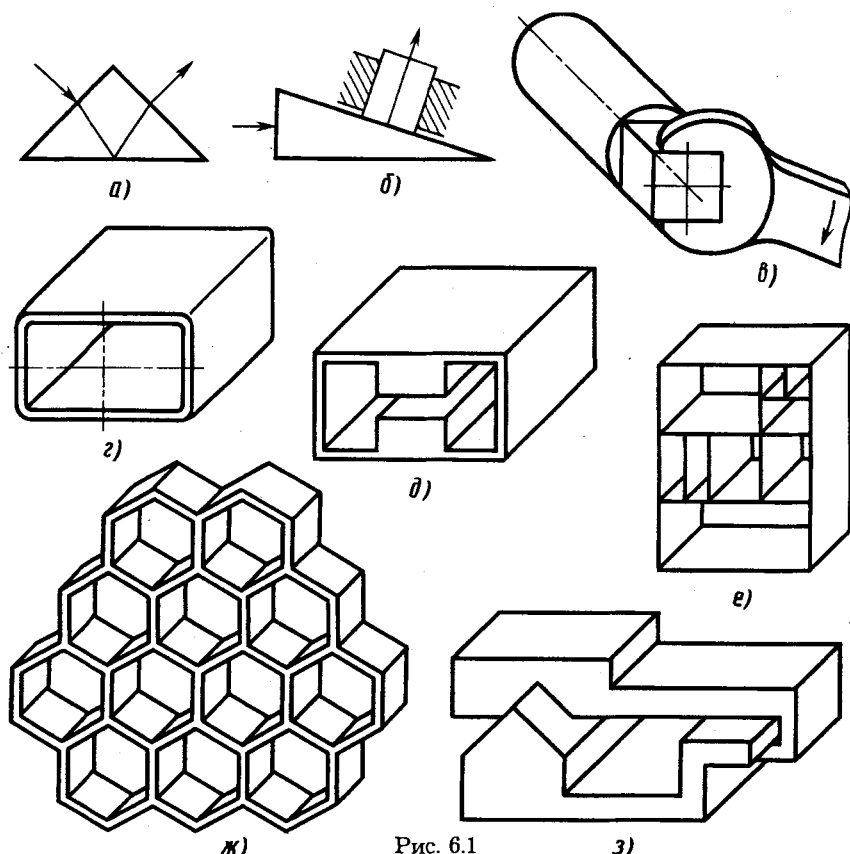


Рис. 6.1

3)

пользована для увеличения приложенного усилия при одновременном изменении его направления. Четырехгранная призма на конце цилиндрического вала (рис. 6.1, *в*) служит для передачи крутящегося момента на вал. На рисунке 6.1, *г* и *д* показаны волноводы для передачи электромагнитной энергии сверхвысоких частот (сантиметровый диапазон).

Модульный принцип конструирования блоков радиоэлектронной аппаратуры иллюстрируется на рисунке 6.1, *е*. Минимальный призматический прямоугольный блок-модуль показан в правом верхнем углу (см. рис. 6.1, *е*). Остальные отсеки стойки аппаратуры выбирают кратными высоте и ширине модуля. Сотовую конструкцию из шестигранных призм (рис. 6.1, *ж*) применяют в качестве сеток, управляющих электронными потоками в электровакуумных приборах. Такие сетки имеют большую прозрачность (в связи с тонкими перемычками) при хорошей механической прочности и высокой теплопроводности. На рисунке 6.1, *з* показано применение призматических поверхностей в качестве направляющей прямолинейного движения с одной степенью свободы. Такие направляющие широко используются в различных видах технологического оборудования, особенно в металлорежущих станках.

В дальнейшем рассмотрение многогранников ограничим призмами и пирамидами.

## 6.2. Чертежи призмы и пирамиды

Грани призм и пирамид ограничиваются ребрами, являющимися прямолинейными отрезками, пересекающимися между собой. Поэтому построение чертежей призм и пирамид сводится по существу к построению проекций точек (вершин) и отрезков прямых — ребер.

Призматическая поверхность на чертеже может быть изображена проекциями фигуры, полученной при пересечении боковых граней призмы плоскостью, и проекциями ребер призмы. Пересекая призматическую поверхность двумя параллельными между собой плоскостями, получают основания призмы. На чертеже основания призмы удобно располагать параллельно плоскости проекций. Чертеж призмы с проекциями треугольных оснований  $a'b'c$ ,  $abc$  и  $d'e'f'$ ,  $def$ , параллельных плоскости  $H$ , приведен на рисунке 6.2. Одноименные проекции ребер призмы параллельны между собой.

Для изображения поверхности пирамиды на чертеже используют фигуру сечения боковых граней пирамиды плос-

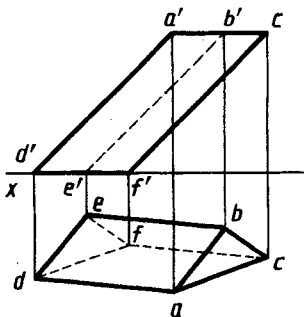


Рис. 6.2

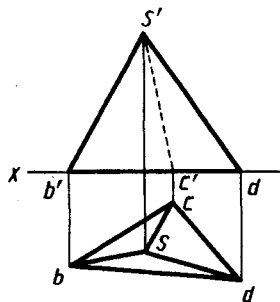


Рис. 6.3

костью и точку их пересечения — вершину. На чертеже пирамиду задают проекциями ее основания, ребер и вершины, усеченной пирамиды — проекциями обоих оснований и ребер.

Изображая пирамиду, удобно ее основание располагать параллельно плоскости проекций. На рисунке 6.3 приведен чертеж неправильной треугольной пирамиды с проекциями  $s'$ ,  $s$  вершины и основанием, проекции которого  $a'b'c'$  и  $abc$ , лежащим в плоскости проекций  $H$ .

**Призмы и пирамиды в трех проекциях, точки на поверхности.** Изображения призм и пирамид, имеющих широкое применение в качестве основных элементов деталей машин и приборов, приведены на рисунке 6.4. На приведенных чертежах ребра проецируются в виде отрезков прямых или в виде точек. Например, фронтальные и профильные проекции боковых ребер призм и пирамид — отрезки прямых. Горизонтальные проекции тех же боковых ребер призм на рис. 6.4,  $a$  — точки. Профильные проекции ребер оснований призм — точки  $2''(3'')$ ,  $(5'')$   $6''$  на рисунке 6.4,  $a$ , точка  $1''(3'')$  на рисунке 6.4  $b$ ,  $в$ .

Грани призм, пирамид, которые перпендикулярны к плоскостям проекций, проецируются на них в виде отрезков прямых линий. Так, например, боковые грани призм (рис. 6.4  $a$ ,  $б$ ) на горизонтальной проекции изображаются в виде отрезков прямых линий, образующих шестиугольник, в виде отрезков прямых линий проецируются на профильную плоскость проекций передняя и задняя грани призмы на рисунке 6.4,  $a$ , задняя грань призмы и пирамиды на рисунке 6.4,  $б$ ,  $в$ . Основания изображенных тел проецируются в отрезок прямой линии на фронтальную и профильную плоскости проекций.

Недостающие проекции точек на поверхности призм и пирамид по заданным фронтальным проекциям строятся по их принадлежности ребрам (прямым линиям) и граням (плоскостям). На рис. 6.4 это показано стрелками и соответствующими координатами.

Профильные проекции  $a''$ ,  $c''$  построены с помощью координат  $y_A$ ,  $y_C$ , определяемых по горизонтальным проекциям.

Горизонтальная  $d$  и профильная  $d''$  проекции точки  $D$  на грани  $S-1-2$  пирамиды (рис. 6.4, в) построены с помощью проекций  $2-4$ ,  $2''4''$  отрезка на этой грани. Аналогично с помощью профильной проекции  $1''5''$  отрезка на грани  $S-1-2$  пирамиды (рис. 6.4, з) построена профильная проекция  $f''$ . Горизонтальная проекция  $f$  построена с помощью горизонтали той же грани, проходящей через проекцию  $b$  на проекции ребра  $s-1$ . Горизонтальная проекция  $e$  построена с помощью координаты  $y_E$ , определенной по профильной проекции  $e''$ .

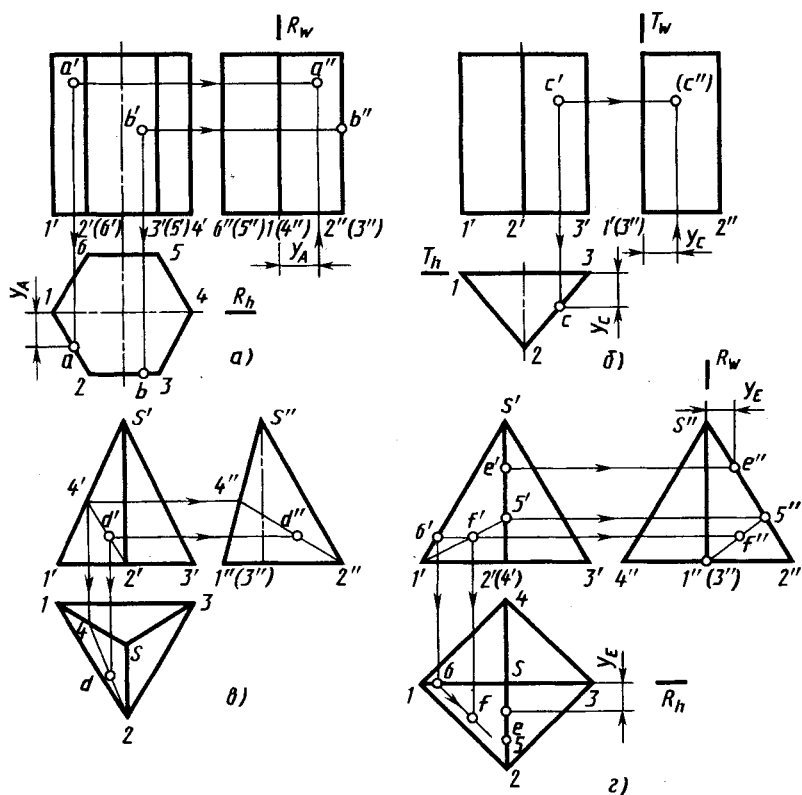


Рис. 6.4

В рассмотренных примерах координаты  $y_A, y_E$  заданы относительно плоскостей  $R (R_h, R_w)$ ,  $y_C$  — относительно плоскости  $T (T_h, T_w)$ .

### 6.3. Пример определения высоты пирамиды и угла между ее гранями

В представленной на рисунке 6.5 пирамиде, основание и грани которой являются плоскостями общего положения, требуется определить ее высоту (расстояние от вершины с проекциями  $s', s$  до основания с проекциями  $a'b'c'd', abcd$ ) и двугранный угол между гранями с проекциями  $a'b's', abs$  и  $a'd's', ads$ .

Указанные задачи можно решить способом перемены плоскостей проекций, рассмотренным в 5.2.

**Определение расстояния от вершины до основания** выполнено на рисунке 6.6. При этом плоскость основания  $ABCD$  задана проекциями  $a', a$  точки и  $d'c', dc$  отрезка. Новая плоскость проекций  $T (T \perp H)$  выбрана перпендикулярной горизонтали с проекциями  $a'm', am$  основания (ось  $\frac{H}{T} \perp am$ ) и соответственно плоскости основания. На плоскость проекций  $T$  часть основания пирамиды проецируется в отрезок  $d_t c_t$ , расстояние от которого до проекции  $s_t$  вершины и соответствует искомой высоте пирамиды.

**Определение угла между гранями.** Двугранный угол измеряют линейным углом, полученным в пересечении граней

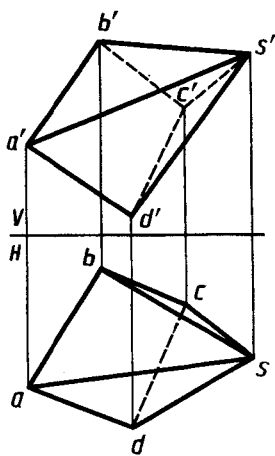


Рис. 6.5

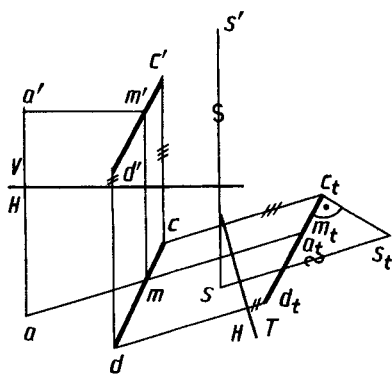


Рис. 6.6

двугранного угла плоскостью, перпендикулярной к обоим граням двугранного угла  $\varphi$ , а следовательно, и к линии их пересечения, т.е. к ребру двугранного угла. Определение угла  $\varphi$  между гранями пирамиды выполнено на рисунке 6.7, где двумя переменными плоскостями проекций ребро с проекциями  $a's'$ ,  $as$  двугранного угла, являющегося отрезком общего положения, переведено в проецирующее положение относительно плоскости проекций  $R$ . Полученная на плоскости проекций  $R$  проекция  $d_r s_r \equiv a_r b_r$  двугранного угла выражает его линейный угол.

При преобразовании система плоскостей проекций  $V, H$  заменена вначале системой  $H, Q$  ( $Q \perp H$ ), в которой плоскость  $Q$  выбрана параллельной ребру  $AS$  (ось  $\frac{H}{Q} \parallel as$ ). Затем система плоскостей проекций  $H, Q$  заменена на систему  $Q, R$  ( $R \perp Q$ ), в которой плоскость проекций  $R$  выбрана перпендикулярной ребру  $AS$  (ось  $\frac{Q}{R} \perp a_q s_q$ ).

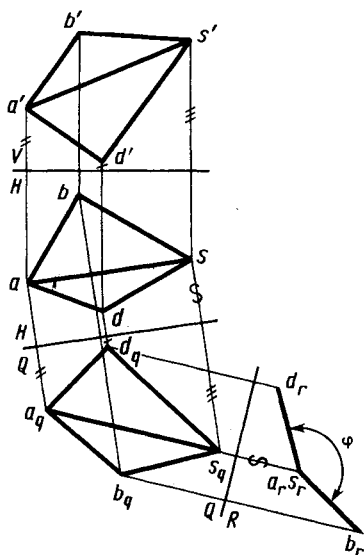


Рис. 6.7

#### 6.4. Пересечение многогранников плоскостью

При пересечении призмы или пирамиды плоскостью в сечении получается плоская фигура, ограниченная линиями пересечения секущей плоскости с гранями призмы или пирамиды.

Простейший пример конструирования детали пересечением исходной заготовки в виде прямоугольной трубы плоскостью приведен на рисунке 6.8. В этом случае деталь — волновод изготавливают, отрезая часть заготовки по плоскости  $R$  ( $R_v$ ). Другой пример конструирования устойчивой подставки в виде усеченной пирамиды показан на рисунке 6.9. Наклонная площадка  $ABCD$  образована срезом верхней части пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью  $S$  ( $S_v$ ). Фронтальные проекции  $a', b', c', d'$  точек находятся на фронтальном следе  $S_v$  плоскости, а фронтальная проекция площадки  $ABCD$  совпадает со следом  $S_v$ . Профильная  $a''b''c''d''$  и горизонтальная

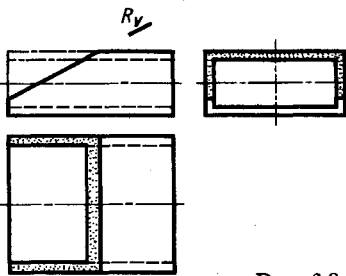


Рис. 6.8

$abcd$  проекции площадки построены по проекциям указанных точек на проекциях соответствующих ребер.

**Построение натуральной величины сечения пирамиды плоскостью.**

Во многих случаях требуется построить натуральный или истинный вид сечения тела плоскостью. На рисунке 6.9 для этой цели вверху слева применен способ перемены плоскостей проекций. В качестве дополнительной плоскости принята плоскость  $T$ , параллельная плоскости  $S$  и перпендикулярная плоскости  $V$ . Натуральный вид площадки — фигуры сечения  $a_1b_1c_1d_1$ . Другой вариант построения натурального вида наклонной площадки  $ABCD$  показан на рисунке 6.9 справа внизу —  $A_0B_0C_0D_0$ . Для построения использованы новые координатные оси  $x_1$  и  $y_1$ , лежащие в плоскости  $S$ . Ось  $x_1$  параллельна плоскости  $V$ , ось  $y_1$  перпендикулярна плоскости  $V$ .

Координаты на оси  $x_1$  точек  $A_0, B_0, C_0, D_0$  равны координатам по оси  $x_1$  фронтальных проекций  $a', b', c', d'$  этих точек. Координаты  $x_1$  точек  $c_0, c'_0$  по оси  $x_1$  равны нулю. Координаты  $y_1$  по оси  $y_1$  точек  $B_0, D_0$  равны координатам по этой оси (параллельной оси  $y$ ) горизонтальных проекций  $b, d$ . Координаты по оси  $y_1$  точек  $A, C$  равны нулю. По указанным координатам на осях  $x_1, y_1$  строят натуральную величину  $A_0B_0C_0D_0$  наклонной площадки  $ABCD$ .

**Пирамида с вырезом.** Как пример построения сечений несколькими плоскостями рассмотрим (рис. 6.10) построение пирамиды с вырезом, который образован тремя плоскостями — горизонтальной  $T (T_v)$ , фронтально-проецирующей  $R (R_v)$  и профильной  $Q (Q_v)$ . Горизонтальная плоскость  $T (T_v)$  пересекает боковую поверхность пирамиды по пятиугольнику с горизонтальной проекцией  $k-1-g-f-4-k$ , стороны которого параллельны проекциям сторон основания пирамиды. Фронтально-проецирующая плоскость  $R (R_v)$  в пределах выреза пересекает боковую поверхность пирамиды по ломаной линии с горизонтальной проекцией  $3-8-9-10-2$  и с профильной проекцией  $3''8''9''10''2''$ . Профильная плоскость  $Q (Q_v)$  пересекает в пределах выреза боковую поверхность пирамиды по ломаной с го-

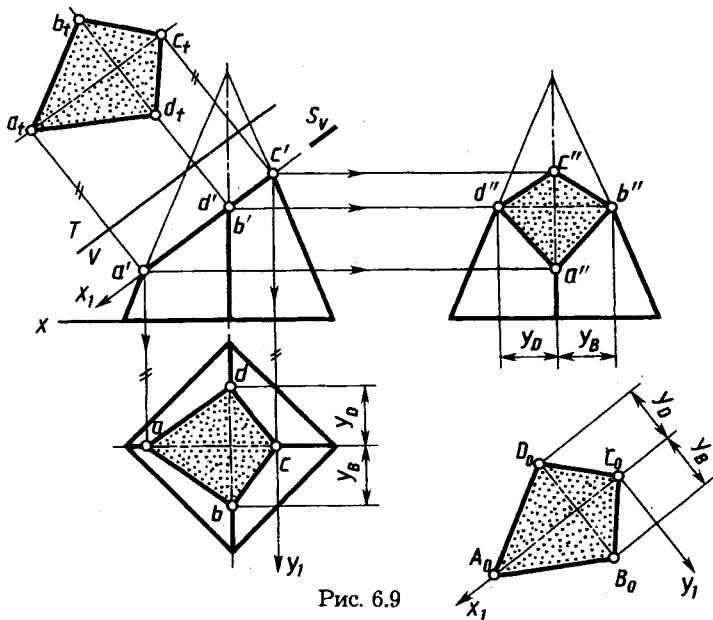


Рис. 6.9

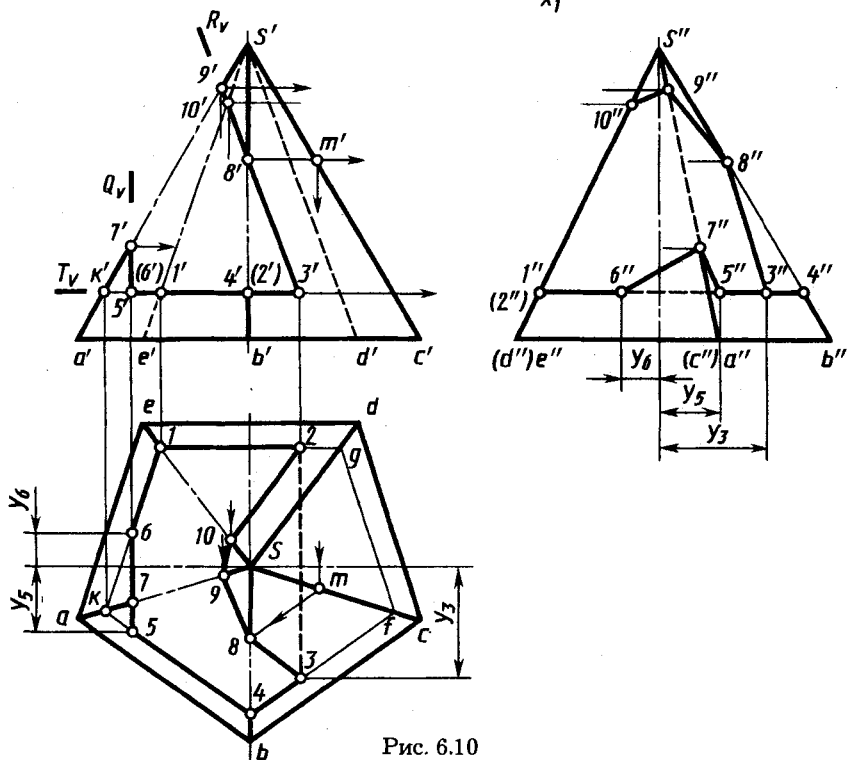


Рис. 6.10



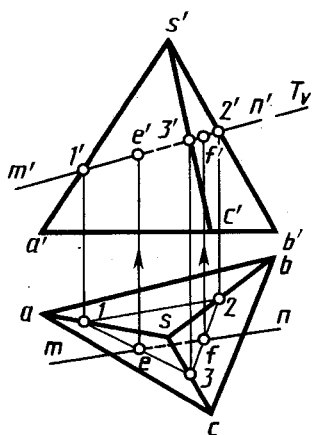


Рис. 6.11

горизонтальной проекцией в виде отрезка прямой  $5-7-6$  и с профильной проекцией  $5''7''6''$ .

Полученные точки соединяют в такой последовательности, чтобы две точки принадлежали одной секущей плоскости и одной грани пирамиды.

### 6.5. Построение точек пересечения прямой с поверхностью многогранника

Построение точек пересечения прямой с поверхностью многогранника сводится к построению линии пересечения многогранника проецирующей плоскостью, в которую заключают данную прямую. На рисунке 6.11 приведено построение проекций  $e'$ ,  $e$  и  $f'$ ,  $f$  точек пересечения прямой с проекциями  $m'n'$ ,  $mn$  с боковыми гранями пирамиды.

Пирамида задана проекциями  $s'$ ,  $s$  вершины и  $a'b'c'$ ,  $abc$  основания. Прямая  $MN$  заключена во вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость  $T(T_v)$ . Горизонтальные проекции  $e$  и  $f$  искомым точек построены в пересечении проекции  $mn$  с горизонтальными проекциями  $1-2$  и  $2-3$  отрезков, по которым плоскость  $T$  пересекает боковые грани пирамиды. Фронтальные проекции  $e'$  и  $f'$  определены по линиям связи.

### 6.6. Взаимное пересечение многогранников

Изображение пересекающихся между собой в пространстве призмы  $A$  и пирамиды  $B$  представлено на рисунке 6.12. Линия их пересечения проходит через точки  $1, 3, 4, 6$  пересечения ребер пирамиды с гранями призмы и точки  $2, 5$  пересечения ребра призмы с гранями пирамиды. В общем случае в пересечении многогранников получается пространственная замкнутая ломаная линия, которая в некоторых частных случаях может оказаться плоской.

При построении линии пересечения многогранников применяют два способа и их комбинации.

1. *Строят точки пересечения ребер одного многогранника с гранями другого и ребер второго с гранями первого. Через построенные*

точки в определенной последовательности приводят ломаную линию пересечения данных многогранников. При этом отрезки прямых проводят лишь через те построенные точки, которые лежат в одной и той же грани.

2. Строят отрезки прямых, по которым грани одной поверхности пересекают грани другой. Эти отрезки являются звеньями ломаной линии пересечения многогранных поверхностей между собой.

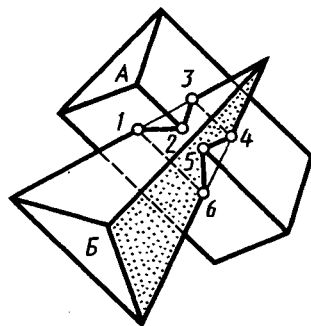


Рис. 6.12

Таким образом, построение линии пересечения двух многогранников сводится или к построению линии пересечения двух плоскостей между собой, или к построению точки пересечения прямой с плоскостью. Обе эти задачи рассмотрены выше. На практике обычно используют оба способа в комбинации, исходя из условия простоты и удобства построения.

В качестве примера рассмотрим построение линии пересечения усеченной правильной четырехугольной пирамиды и наклонно расположенной трехгранной призмы (рис. 6.13, а). Прежде чем приступить к построениям, анализируют взаимное положение многогранников и их расположение относительно плоскостей проекций. В данном случае очевидно, что многогранники могут пересекаться только по боковым граням. Ребра призмы и боковые ребра пирамиды параллельны плоскости  $V$ , основания пирамиды параллельны плоскости  $H$ . Нижняя грань призмы и ее основания перпендикулярны плоскости  $V$ .

Указанные особенности расположения призмы и пирамиды определяют и наиболее рациональный способ построения линии пересечения их поверхностей по точкам пересечения ребер призмы с гранями пирамиды и боковых ребер пирамиды с гранями призмы.

Построения показаны на рисунке 6.13, б. Рассмотрим их для левой части чертежа (от оси пирамиды). Проекции  $1', 1, 2', 2, 3', 3, 4', 4$  точек пересечения ребер призмы с гранями пирамиды найдены путем проведения через них фронтальных плоскостей  $Q (Q_h), P (P_h), T (T_h)$ . Они пересекают левые боковые грани пирамиды по фронталям — прямым линиям, параллельным левому ребру пирамиды. Положение их фронтальных проекций определено по горизонтальным проекци-

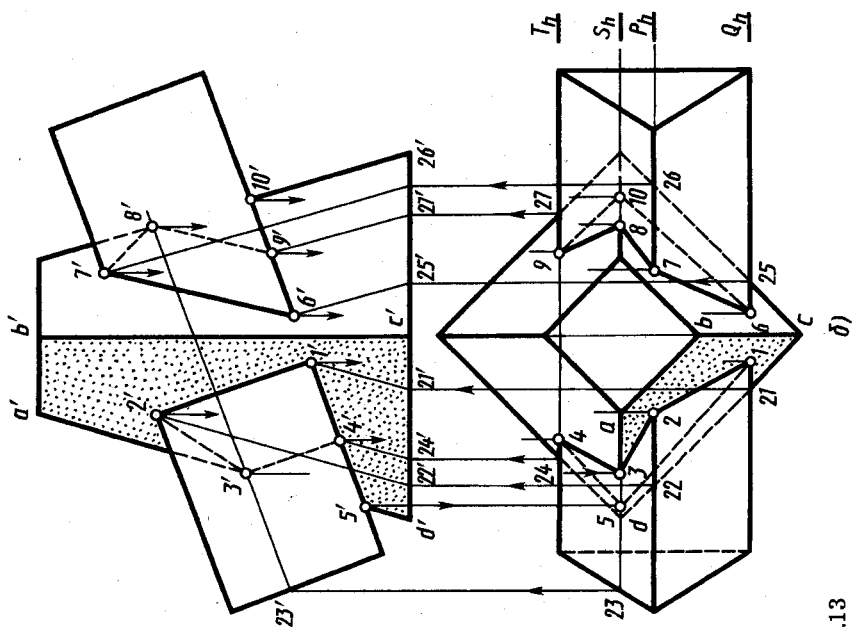
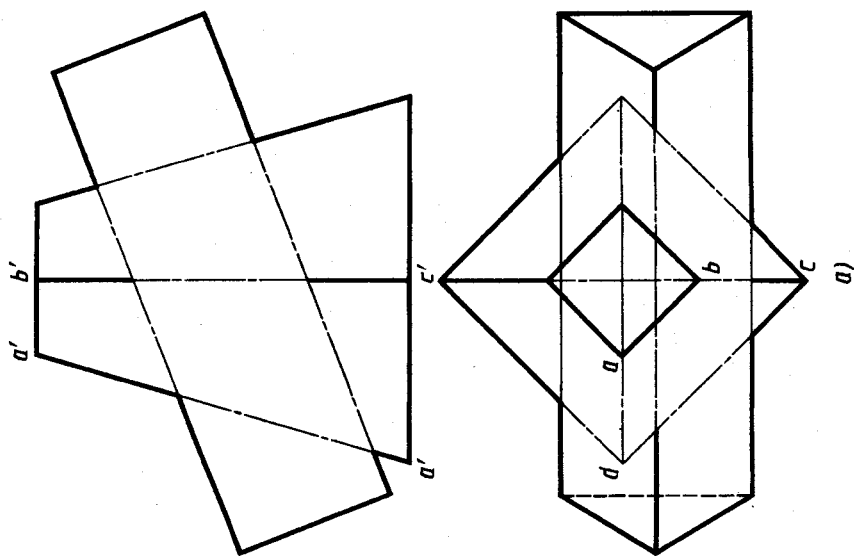


Рис. 6.13

ям  $21$ ,  $22$  и  $24$  точек пересечения горизонтальных проекций  $Q_h$ ,  $P_h$  и  $T_h$  плоскостей  $Q$ ,  $P$ ,  $T$  с горизонтальной проекцией основания пирамиды. В пересечении фронтальных проекций этих линий с фронтальными проекциями ребер призмы найдены фронтальные проекции  $1'$ ,  $2'$  и  $4'$  точек пересечения ребер призмы с левыми гранями пирамиды. По ним построены горизонтальные проекции  $1$ ,  $2$ ,  $4$ .

Проекции  $3'$ ,  $3$  точки пересечения ребра  $AD$  пирамиды с верхней задней гранью призмы найдены с помощью вспомогательной фронтальной плоскости  $S$  ( $S_h$ ), которая проведена через это ребро. Плоскость  $S$  пересекает грань призмы по прямой, параллельной ребрам призмы и проходящей через точку  $23$  на основании призмы. В пересечении фронтальных проекций этой прямой и ребра  $a'd'$  найдена фронтальная проекция  $3'$  точки пересечения указанного ребра с задней верхней гранью призмы и на линии связи — горизонтальная проекция  $3$ . С нижней гранью призмы, перпендикулярной плоскости  $V$ , ребро  $AD$  пересекается в точке с фронтальной проекцией  $5'$ . В проекционной связи на проекции  $ad$  построена ее горизонтальная проекция  $5$ .

Таким образом, проекции точек пересечения всех ребер призмы с левыми гранями пирамиды  $1'$ ,  $1$ ,  $2'$ ,  $2$ ,  $4'$ ,  $4$  и ребра  $AD$  пирамиды с двумя гранями призмы  $3'$ ,  $3$  и  $5'$ ,  $5$  построены. Соединяем проекции точек, принадлежащих одной грани, и получаем проекции  $1'2'3'4'5'1'$ ,  $1-2-3-4-5-1$  ломаной линии пересечения.

Построения в правой части чертежа проекций  $6'7'8'9'10'6'$ ,  $6-7-8-9-10-6$  линии пересечения аналогичны. Порядок построения иллюстрируется стрелками.

Заметим, что переднее и заднее ребра пирамиды не пересекают поверхность призмы.

## 6.7. Развертка гранных поверхностей

Разверткой поверхности многогранника называют плоскую фигуру, полученную при совмещении с плоскостью всех его граней. Развертывание гранных поверхностей выполняют для проведения раскроя листового материала при изготовлении деталей или определения площади поверхности деталей, покрываемых различными материалами. Определение площади важно при различных покрытиях, выполняемых как с декоративными це-

лями, так и с целью придания поверхности определенных свойств, например повышенной электропроводности, а также при различных химических методах обработки поверхностей.

Для построения развертки гранной поверхности необходимо определить размеры ее граней. Заметим, что построение любой грани многогранника может быть выполнено путем разбивки ее на треугольники. Длина сторон треугольника в свою очередь может быть определена любым из известных методов.

**Развертка поверхности пирамиды.** Построение развертки боковой поверхности пирамиды можно проводить в следующей последовательности:

определить длину ребер и сторон основания пирамиды;

выполнить чертеж развертки последовательным построением треугольников — граней пирамиды.

Пример построения развертки поверхности треугольной пирамиды  $SABC$  приведен на рисунках 6.14 и 6.15. Для удобства построения на рисунке 6.14 боковые ребра пирамиды продолжены до пересечения с плоскостью  $H$ . Это позволило определить на горизонтальной проекции длину отрезков  $1-2$ ,  $2-3$ ,  $3-4$  нового основания пирамиды. Длина боковых ребер  $S-1$ ,  $S-2$ ,  $S-3$  найдена вращением их вокруг вертикальной оси — отрезки  $s'1'_1$ ,  $s'2'_1$ ,  $s'3'_1$ . На них найдены отрезки  $s'a'_1$ ,  $s'b'_1$ ,  $s'c'_1$ . По найденным отрезкам на рисунке 6.15 построена развертка боковой поверхности  $S_0I_02_03_0I_0$  и затем  $S_0A_0B_0C_0A_0$ . На отрезке  $A_0C_0$  построена натуральная величина треугольника  $A_0B_0C_0$  по сторонам  $A_0B_0$  и  $C_0B_0$ , найденным способом прямоугольного треугольника (см. рис. 2.9).

**Построение развертки призматической поверхности** можно производить несколькими способами — нормального сечения, треугольников.

При способе нормального сечения построение развертки призматической поверхности целесообразно выполнять в следующем порядке (рис. 6.16):

пересечь призматическую поверхность вспомогательной плоскостью, перпендикулярной к ее ребрам ( $P \perp I-2$ ; нормальное сечение);

развернуть построенную ломаную линию ( $A_0B_0C_0D_0$ ) пересечения вспомогательной плоскости с призматической поверхностью, определив длину ее отрезков ( $A_0B_0$ ,  $B_0C_0$ ,  $C_0D_0$ );

на перпендикулярах к развернутой линии пересечения ( $A_0D_0$ ) отложить длину отрезков ребер призматической поверхности ( $A_02_0$ ,

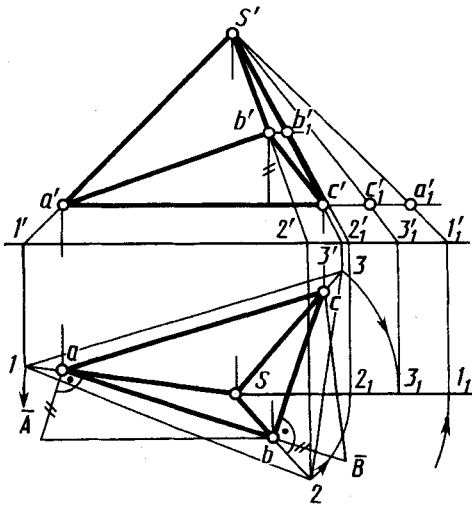


Рис. 6.14

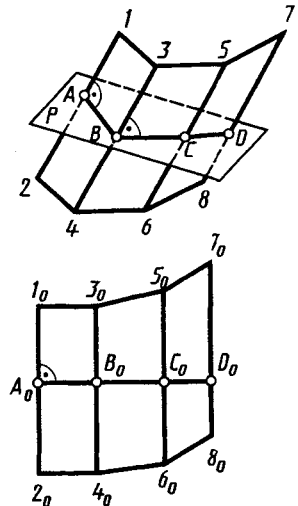


Рис. 6.16

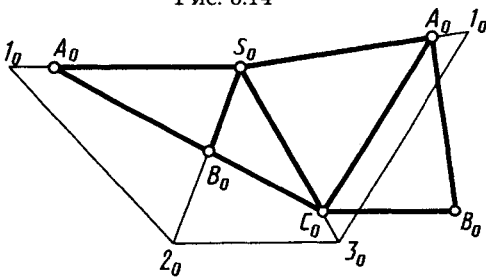


Рис. 6.15

$B_0 3_0, B_0 4_0, C_0 5_0, C_0 6_0, D_0 7_0, D_0 8_0$ ) и соединить их концы отрезками прямых.

Пример построения развертки боковой поверхности наклонной призмы на чертеже приведен на рисунке 6.17 и 6.18. Для построения вспомогательной плоскости  $P$ , перпендикулярной ребрам призмы, выбрана дополнительная плоскость проекций  $T$ , параллельная ребрам призмы и перпендикулярная плоскости  $H$ . Вспомогательная плоскость  $P$  задана следом  $P_t$  на плоскости проекций  $T$  перпендикулярно ребрам призмы. Проекция на плоскости  $T$  точек пересечения ребер призмы с плос-

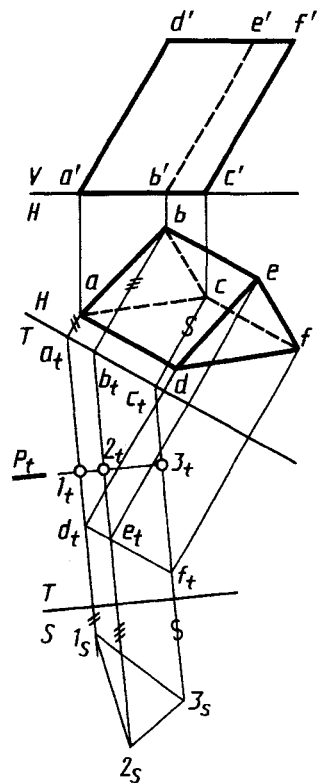


Рис. 6.17

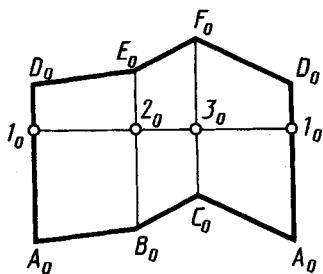


Рис. 6.18

костью  $P$  отмечены  $1_i, 2_i, 3_i$ . На плоскость  $T$  боковые ребра призмы проектируются в натуральную величину. Натуральная величина отрезков линии пересечения  $1-2-3$  плоскостью  $P$ , перпендикулярной ребрам, определена на плоскости  $S$  (пл.  $S \perp T$ ).

По способу треугольников развертка призматической поверхности заключается в следующем: четырехугольники (грани) разбивают диагоналями на треугольники;

определяют длины сторон треугольников; выполняют чертеж развертки последовательным построением треугольников, на которые разбиты грани.



1. Как задают на чертеже призматическую поверхность?
2. Какие признаки позволяют установить, что на чертеже изображена призма (или параллелепипед)?
3. Как задают поверхность пирамид?
4. Как определяют высоту пирамиды?
5. Как определяют угол между гранями?
6. Как строят фигуру, получаемую при пересечении призмы или пирамиды плоскостью?
7. Как строят точки пересечения прямой линии с гранями призмы или пирамиды (точки входа и выхода)?
8. Как строят сечение призмы плоскостью, параллельной ее боковым ребрам?
9. Как строят сечение пирамиды плоскостью, проходящей через ее вершину?
10. Как строят линию пересечения одной гранной поверхности другой?
11. По каким схемам можно производить развертывание поверхностей призмы и пирамиды?

Глава седьмая  
**КРИВЫЕ ЛИНИИ**

**7.1. Общие сведения о кривых линиях  
и их проецировании**

Кривую линию можно рассматривать как траекторию движения точки на плоскости или в пространстве, а также как совокупность точек, удовлетворяющих определенному уравнению. Кривая линия может являться результатом пересечения между собой поверхностей или поверхности и плоскости.

Кривая линия определяется положением составляющих ее точек. Точки кривой определяются их координатами.

Кривую линию называют плоской, если все точки линии лежат в одной плоскости, и пространственной, если точки не принадлежат одной плоскости. Примеры плоских кривых линий — окружность, эллипс, парабола, спираль Архимеда; примеры пространственных кривых — винтовая линия, линия пересечения боковых поверхностей прямых круговых цилиндра и конуса, оси которых не пересекаются. Для построения проекций кривых линий строят проекции ряда принадлежащих ей точек (рис. 7.1).

Пространственная кривая проецируется в виде плоской, плоская кривая — также в виде плоской или в виде прямой линии, если кривая находится в проецирующей плоскости. Кривая, представляющая собой прямоугольную проекцию кривой некоторого порядка, сохраняет тот же порядок или оказывается кривой более низкого порядка. Эллипс и окружность проецируются в эллипс (см. рис. 7.3) или в частном случае в окружность; проекция параболы — парабола, гиперболы — гипербола. Техника построения плоских кривых и их проекций подробно рассмотрена в справочниках.

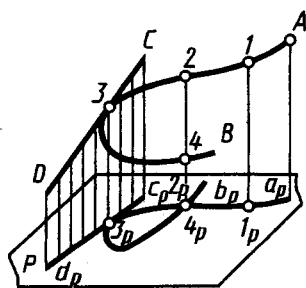


Рис. 7.1



Касательная к кривой проецируется в общем случае в виде касательной к проекции этой кривой. Например, на рисунке 7.1 касательная  $DC$  в точке  $3$  к кривой  $AB$  проецируется на плоскость  $P$  в виде касательной  $d_p c_p$  в точке  $3_p$  к проекции  $a_p b_p$  кривой. Проецирующая плоскость, проходящая через касательную к проекции кривой, касается кривой в пространстве.

Длина некоторого участка кривой линии определяется приближенно путем замены кривой линии ломаной, вписанной в эту кривую, и измерением длины звеньев этой ломаной линии (если длину иррационально определять расчетом). Для уменьшения ошибки отрезки ломаной берут мало отличающимися по длине от дуг кривой, хордами которых являются эти отрезки. Пример развертки кривой  $ABC$  приведен на рисунке 7.2: горизонтальная проекция — кривая  $abc$  — разбита на малые части и «развернута» в прямую на оси  $x$  так, что отрезки  $a_0 l_0, l_0 2_0$  и т. д. соответственно равны хордам  $a1, 1 2$  и т. д.; в точках  $a_0, l_0, 2_0$  и т. д. проведены перпендикуляры к оси  $x$ , и на них отложены аппликаты точек кривой. Длина ломаной, проходящей через точки развернутой кривой, может быть приближенно принята за длину кривой  $ABC$ .

## 7.2. Построение проекций окружности

При выполнении чертежей деталей нередко возникает необходимость изображения окружностей, плоскости расположения которых не параллельны плоскостям проекций. Например, на рисунке 7.3 окружность расположена в пространстве в плоскости  $Q$ . В этом случае окружность проецируется в эллипс (рис. 7.3), а любая пара ее взаимно перпендикулярных диа-

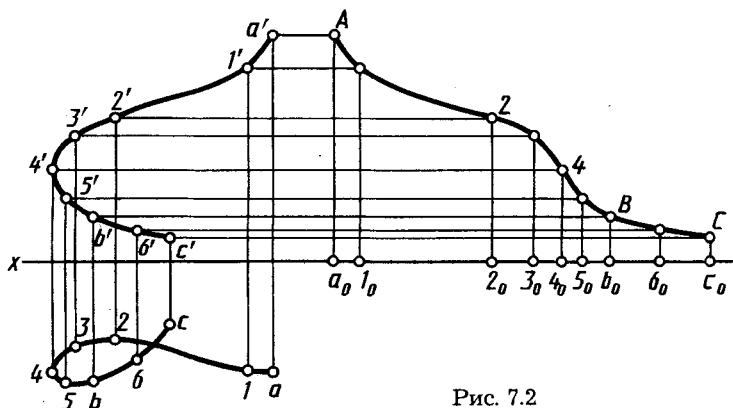


Рис. 7.2

метров проецируется парой сопряженных диаметров эллипса. Диаметр 1—2 окружности, параллельной плоскости проекций, проецируется без искажения и является для эллипса-проекции большой осью (отрезок  $1_p 2_p$ ). Остальные диаметры проецируются отрезками меньшей длины. Диаметр 3—4, перпендикулярный к диаметру 1—2, проецируется как малая ось  $3_p 4_p$  эллипса:  $(1-2) \perp (3-4)$ ,  $(1-2) \perp P$ , следовательно,  $(3_p 4_p) \perp (1_p 2_p)$ .

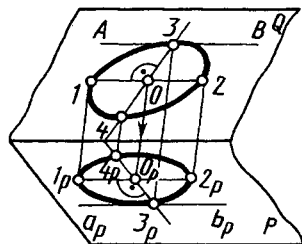


Рис. 7.3

Пример построения горизонтальной проекции окружности, расположенной во фронтально-проецирующей плоскости, приведен на рисунке 7.4. Фронтальная проекция  $1'o'2'$  окружности совпадает с фронтальной проекцией  $P_v$  фронтально-проецирующей плоскости. Фронтальная проекция  $3' \equiv 4'$  диаметра окружности, перпендикулярного плоскости проекции  $V$ , совпадает с фронтальной проекцией  $o'$  центра окружности. Горизонтальная проекция 3—4 этого диаметра, проецирующегося без искажения, является большой осью эллипса-проекции. Диаметр с фронтальной проекцией  $1'2'$  на горизонтальной проекции является малой осью 1—2 эллипса-проекции. На горизонтальной проекции показано построение одной из произвольных точек эллипса-проекции.

Пример построения проекций окружности, расположенной в плоскости общего положения, приведен на рисунке 7.5. Плоскость задана проекциями  $a'$  и  $a$  фронтали и  $b'$  и  $b$  горизонтали, пересекающимися в центре окружности с проекциями  $o'$ ,  $o$ . Радиус окружности —  $r$ . Построение можно выполнить, например, методом перемены плоскостей проекций, что позволяет свести задачу к ранее рассмотренной (см. рис. 7.4). Заменяв системы  $V, H$  на систему плоскостей проекций  $V, T$ , где  $T \perp V$ , можно построить фронтальный эллипс-проекцию с большой осью  $|1'2'| = 2r$  и малой  $3'4'$ , которая построена по проекции  $|3,4| = 2r$  диаметра окружности на плоскости проекций  $T$ . Заменяв систему  $V, H$  на систему плоскостей проекций  $P, H$ , где  $P \perp H$ , можно построить горизонтальный эллипс-проекцию с большой осью 5—6 и малой 7—8, которая построена по проекции  $|7_p 8_p| = 2r$  диаметра окружности на плоскости проекций  $H$ . Заметим, что угол наклона оси 7—8 к плоскости  $H$  как перпендикуляра к горизонтали 5—6 ( $5'6'$ ) выражает величину угла наклона плоско-

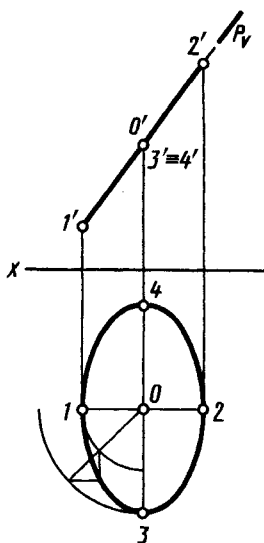


Рис. 7.4

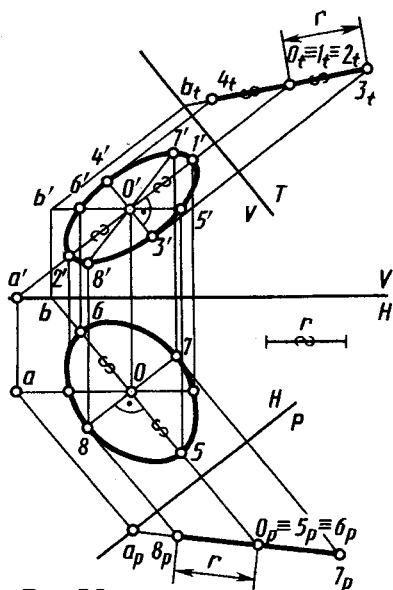


Рис. 7.5

сти, в которой расположена окружность, к горизонтальной плоскости проекций, а оси 4—3 — к плоскости  $V$ .

Отметим, что чертежи кривых, координаты последовательных точек которых могут вычисляться на цифровых вычислительных машинах, весьма быстро выполняются современными техническими средствами — графопостроителями, управляемыми от электронных вычислительных машин.

### 7.3. Построение проекций цилиндрической винтовой линии

Цилиндрическая винтовая линия может рассматриваться как траектория движения точки, равномерно вращающейся вокруг оси и одновременно перемещающейся в направлении этой оси. В виде цилиндрической винтовой линии остается след острия резца на поверхности равномерно вращающегося цилиндрического стержня при одновременном поступательном движении резца вдоль оси

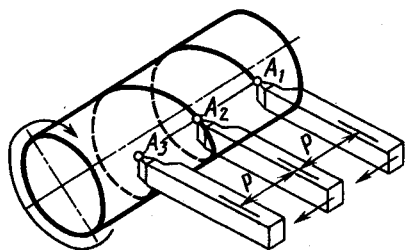


Рис. 7.6

цилиндра. За один оборот цилиндра образуется один виток или оборот винтовой линии. Винтовая линия с двумя витками  $A_1A_2A_3$ , оставленная концом резца на цилиндрической заготовке, показана на рисунке 7.6. Расстояние  $p$ , проходимое точкой вдоль оси за один оборот, называют шагом винтовой линии, расстояние от точки до оси вращения — радиусом винтовой линии. На одной поверхности цилиндра может быть несколько винтовых линий с одинаковым шагом, например две линии  $A_1A_2A_3$  и  $B_1B_2B_3$  на рисунке 7.7. Каждую линию в таком случае называют заходом, а шагом считают расстояние вдоль оси между соседними линиями. Число заходов обозначают  $n$ . Перемещение точки вдоль оси за один полный оборот в этом случае называют ходом  $t$  винтовой линии. С числом заходов  $n$  и шагом  $p$  ход  $t$  связан выражением:  $t = np$ .

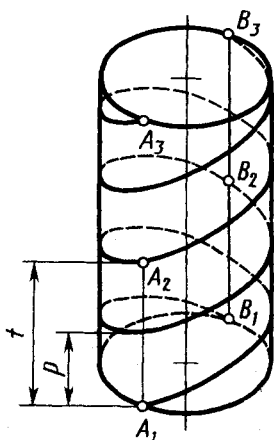


Рис. 7.7

Построение на чертеже цилиндрической винтовой линии показано на рисунке 7.8. Для ее построения шаг (фронтальную проекцию  $o'o'_1$  отрезков оси) и длину окружности цилиндра (горизонтальную проекцию окружности основания диаметром  $D$ ) разбивают на равное количество частей  $n$ , обычно  $n = 12$ , и нумеруют соответствующие образующие. Точка  $A$  винтовой линии при повороте на угол  $2\pi/n$  перемещается вдоль оси на величину  $p/n$  или при  $n = 12$  на  $30^\circ$  и  $p/12$  соответственно, занимая последовательно положения с проекциями  $a'_1, a_1, a'_2, a_2, \dots, a'_{12}, a_{12}, a'_{13}, a_{13}$  за один оборот. Соединив последовательные положения этой точки на фронтальной проекции плавной линией, получают фронтальную проекцию винтовой линии, являющуюся синусоидой. На рисунке 7.8 поверхность цилиндра принята непрозрачной, поэтому верхняя половина витка показана как невидимая.

Различают правую и левую винтовые линии. Если точка движется по винтовой линии на фронтальной проекции слева-вверх-направо, то такую линию называют правой (см. рис. 7.8). Если движение справа-вверх-налево, то винтовая линия левая.

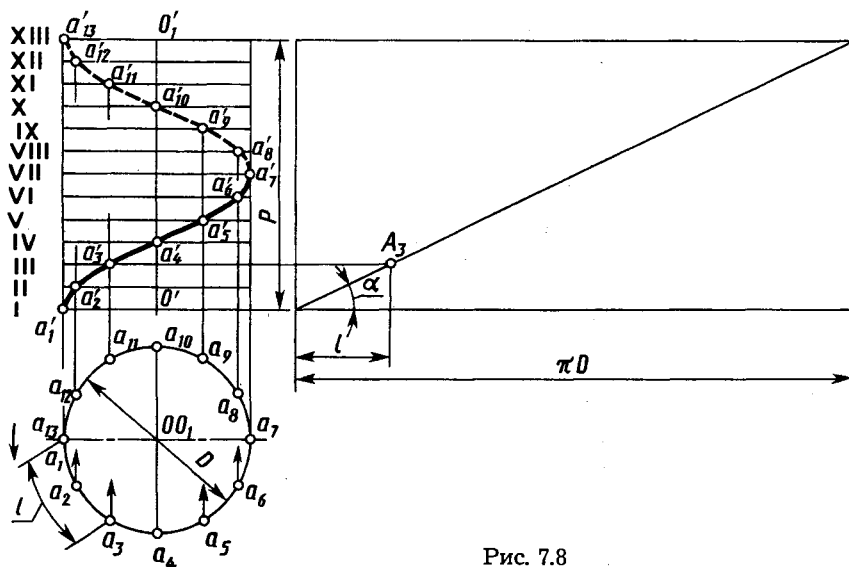


Рис. 7.8

Развертка винтовой линии — прямая линия — показана на рисунке 7.8 справа. Угол подъема винтовой линии  $\alpha$ . Значение его определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = p / \pi D.$$

Угол  $\alpha$  характеризует крутизну подъема винтовой линии.



1. В чем состоит различие между плоской и пространственной кривыми линиями?
2. Во что проецируется пространственная кривая?
3. Во что проецируется плоская кривая?
4. Во что проецируется касательная к кривой линии?
5. Как определяют длину участка кривой линии?
6. Как построить проекции окружности, расположенной в плоскости общего положения?
7. Как образуется цилиндрическая винтовая линия?
8. Что называется шагом винтовой линии?
9. Какой вид имеют проекции цилиндрической винтовой линии на плоскостях — параллельной оси винтовой линии и перпендикулярной к этой оси?

Глава восьмая  
**ПОВЕРХНОСТИ**

**8.1. Общие сведения о поверхностях  
и их изображении на чертежах**

В начертательной геометрии поверхность рассматривают как множество последовательных положений движущейся линии или другой поверхности в пространстве. Линию, перемещающуюся в пространстве и образующую поверхность, называют *образующей*. Образующие могут быть прямыми и кривыми. Образующие поверхность кривые могут быть постоянными и переменными, например закономерно изменяющимися.

Одна и та же поверхность в ряде случаев может рассматриваться как образованная движениями различных образующих. Например, круговой цилиндр может быть образован: во-первых, вращением прямой относительно неподвижной оси, параллельной образующей; во-вторых, движением окружности, центр которой перемещается по прямой, перпендикулярной плоскости окружности; в-третьих, прямолинейным движением сферы.

При изображении поверхности на чертеже показывают лишь некоторые из множества положений образующей. На рисунке 8.1 показана поверхность с образующей  $AB$ . При своем движении образующая остается параллельной выбранному направлению  $MN$  и одновременно пересекает некоторую кривую линию  $CDE$ . Таким образом движение образующей  $AB$  направляется в пространстве линией  $CDE$ .

Линию или линии, пересечение с которыми является обязательным условием движения образующей при образовании поверхности, называют *направляющей* или *направляющими*. На рисунке 8.2 показана проекция поверхности, образованной движением прямой  $AB$  по двум направляющим —

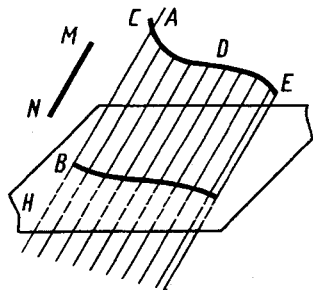


Рис. 8.1

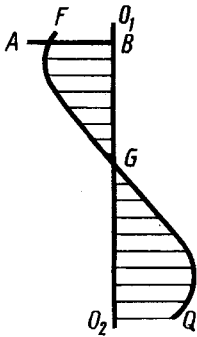


Рис. 8.2

прямой  $O_1O_2$  ( $AB \perp O_1O_2$ ) и пространственной кривой  $FGQ$ , не пересекающей прямую  $O_1O_2$ .

Иногда в качестве направляющей используют линию, по которой движется некоторая характерная для образующей точка, но не лежащая на ней, например центр окружности.

Из различных форм образующих, направляющих, а также закономерностей образования конкретной поверхности выбирают те, которые являются наиболее простыми и удобными для изображения на чертеже поверхности и решения задач, связанных с нею.

Иногда для задания поверхности используют понятие *определитель поверхности*, под которым подразумевают совокупность независимых условий, однозначно задающих поверхность. В числе условий, входящих в состав определителя, различают геометрическую часть (точки, линии, поверхности) и закон (алгоритм) образования поверхности геометрической частью определителя.

Рассмотрим краткую классификацию кривых поверхностей, принятую в начертательной геометрии.

**Линейчатые развертываемые поверхности.** Поверхность, которая может быть образована движением прямой линии, называют линейчатой поверхностью. Если линейчатая поверхность может быть развернута так, что всеми своими точками она совместится с плоскостью без каких-либо повреждений поверхности (разрывов или складок), то ее называют развертываемой. К развертываемым поверхностям относятся только такие линейчатые поверхности, у которых смежные прямолинейные образующие параллельны, или пересекаются между собой, или являются касательными к некоторой заданной пространственной кривой. Все остальные линейчатые и все нелинейчатые поверхности относятся к неразвертываемым поверхностям.

Развертываемые поверхности — цилиндрические, конические, с ребром возврата или торсовые. У цилиндрической поверхности образующие всегда параллельны, направляющая — одна кривая линия. Изображение на чертеже ранее показанной в пространстве цилиндрической поверхности (см. рис. 8.1) представлено на рисунке 8.3. Частные случаи — прямой круговой цилиндр, наклонный круговой цилиндр (см. рис. 9.17, направляющая —

окружность, плоскость которой расположена под углом к оси цилиндра и с центром на его оси). У конических поверхностей все прямолинейные образующие имеют общую неподвижную точку — вершину, направляющая — одна любая кривая линия. Пример изображения конической поверхности на чертеже — рисунок 8.4, проекции вершины  $s', s$ , направляющей  $c'd'e', cde$ . Частные случаи — прямой круговой конус, наклонный круговой конус (см. рис. 10.10, справа). У поверхностей с ребром возврата или торсовых прямолинейные образующие касательны к одной криволинейной направляющей.

**Линейчатые неразвертываемые поверхности:** цилиндроид, коноид, гиперболический параболоид (косая плоскость). Поверхность, называемая цилиндроидом, образуется при перемещении прямой линии, во всех своих положениях сохраняющей параллельность некоторой заданной плоскости («плоскости параллелизма») и пересекающей две кривые линии (две направляющие). Поверхность, называемая коноидом, образуется при перемещении прямой линии, во всех своих положениях сохраняющей параллельность некоторой плоскости («плоскости параллелизма») и пересекающей две направляющие, одна из которых кривая, а другая прямая линия (рис. 8.5, см. также рис. 8.2). Плоскостью параллелизма на рисунке 8.5 является плоскость  $H$ , направляющие — кривая с проекциями  $a'g'q', agq$ , прямая с проекциями  $o_1o_2', o_1o_2$ . В частном случае, если криволинейная направляющая — цилиндрическая винтовая линия с осью, совпадающей с прямолинейной направляющей, образуемая поверхность — винтовой коноид, рассматриваемый ниже.

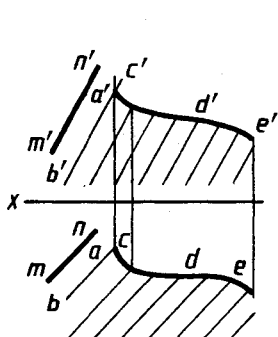


Рис. 8.3

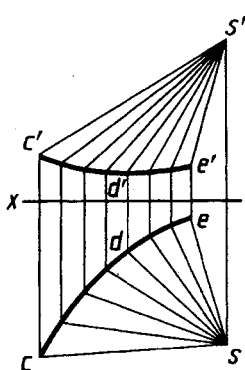


Рис. 8.4

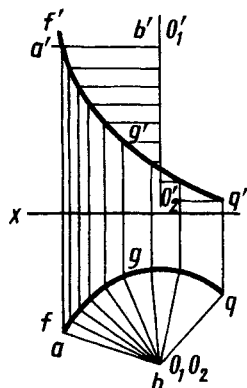


Рис. 8.5



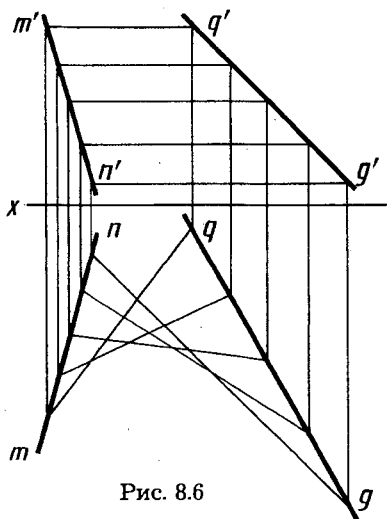


Рис. 8.6

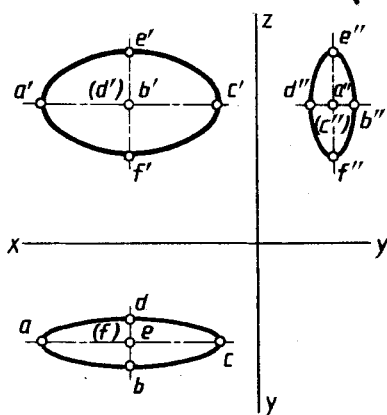


Рис. 8.7

Чертеж гиперболического параболоида, называемого кривой плоскостью, приведен на рисунке 8.6. Образование этой поверхности можно рассматривать как результат перемещения прямолинейной образующей по двум направляющим — скрещивающимся прямым параллельно некоторой плоскости параллелизма. На рисунке 8.6 плоскость параллелизма — плоскость проекций  $H$ , направляющие — прямые с проекциями  $m'n'$ ,  $mn$  и  $q'g'$ ,  $qg$ .

### Нелинейчатые поверхности.

Их подразделяют на поверхности с постоянной образующей и поверхности с переменной образующей.

Поверхности с постоянной образующей в свою очередь подразделяют на поверхности вращения с криволинейной образующей, например сфера, тор, эллипсоид вращения и др. (см. рис. 8.16, 8.13), и на циклические поверхности, например поверхности изогнутых труб постоянного сечения, пружин.

**Поверхности с переменной образующей** подразделяют на поверхности циклические с переменной образующей, топографические поверхности аффинных и подобных линий и т. д. Чертеж поверхности второго порядка — эллипсоида — приведен на рисунке 8.7. Образующая эллипсоида — деформирующийся эллипс, одна из проекций которого, например,  $d''e''b''f''$ . Две направляющие — два пересекающихся эллипса, плоскости которых ортогональны и одна ось общая, например с проекциями  $a'e'c'f'$  и  $adcb$ . Образующая пересекает направляющие в крайних точках своих осей. Плоскость образующего эллипса при перемещении остается параллельной плоскости, образованной двумя пересекающимися осями направляющих эллипсов. Цик-

личные поверхности с переменной образующей имеют образующую — окружность переменного радиуса, направляющую — кривую, по которой перемещается центр образующей, плоскость образующей перпендикулярна к направляющей.

**Каркасную поверхность** задают некоторым множеством линий или точек поверхности. Обычно такие линии — плоские кривые, плоскости которых параллельны между собой. Два пересекающихся семейства линий каркаса образуют сетчатый каркас поверхности. Точки пересечения линий образуют точечный каркас поверхности. Точечный каркас поверхности может быть задан и координатами точек поверхности. Каркасные поверхности широко используют при конструировании корпусов судов, самолетов, автомобилей, баллонов электронно-лучевых трубок (см. форзац).

Из указанных поверхностей рассмотрим более подробно винтовую.

## 8.2. Винтовые поверхности

Винтовые поверхности весьма широко используют в технике для формообразования деталей различного назначения.

Винтовая поверхность образуется при движении прямолинейной образующей по двум направляющим, одна из которых винтовая линия, другая — ось винтовой линии, которую образующая пересекает под постоянным углом.

**Прямая винтовая поверхность.** У прямой винтовой поверхности угол между образующей и осью равен  $90^\circ$ . Это винтовой коноид или прямой геликоид. Чертеж прямой винтовой поверхности приведен на рисунке 8.8. Перемещаясь в направлении, как указано стрелкой на горизонтальной проекции, отрезок  $AB$  движется вдоль оси вверх и образует правую винтовую поверхность. Проекции  $a_1b_1'$ ,  $a_2b_2'$ ,  $a_3b_3'$ ,  $a_4b_4'$ ,  $a_5b_5'$  условно показаны двумя линиями (они «удаляются» от наблюдателя).

В сечении прямой винтовой поверхности (рис. 8.9) плоскостями, перпендикулярными оси или проходящими через ось, получаются отрезки прямолинейной образующей. Используя их, можно построить точки на винтовой поверхности. Так, на рисунке 8.9 по горизонтальной проекции  $a$  точки  $A$  построена ее фронтальная проекция  $a'$  на фронтальной проекции образующей  $I'2'$  в секущей плоскости  $Q$  ( $Q_h$ ). По фронтальной проекции

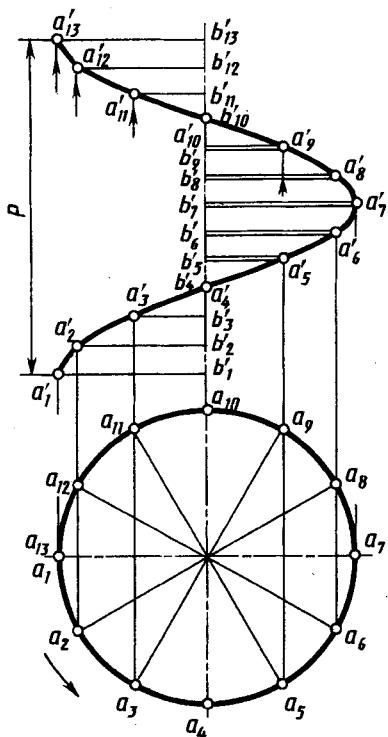


Рис. 8.8

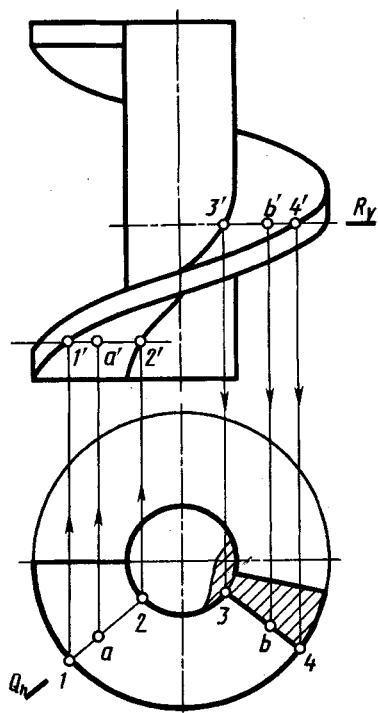


Рис. 8.9

$b'$  точки  $B$  построена ее горизонтальная проекция  $b$  на горизонтальной проекции образующей  $3-4$  в секущей плоскости  $R (R_0)$ .

**Косая винтовая поверхность.** Если у винтовой поверхности угол между образующей и осью не равен  $90^\circ$ , то ее называют косой винтовой поверхностью. Изображение косой винтовой поверхности — наклонного геликоида приведено на рисунке 8.10,  $a$ . Проекция отрезка  $AO$  — образующей изображены в ряде последовательных положений: от первого до тринадцатого. Точка  $A$  образующей перемещается по винтовой линии. Соответствующие положения проекций точки  $O$  отмечают на оси, руководствуясь тем, что проекция отрезка  $AO$  на ось вращения постоянна по величине ( $l$ ).

Построение сечения косой винтовой поверхности плоскостью, перпендикулярной оси, показано на рисунке 8.10,  $b$ . Такая плоскость пересекает поверхность по кривой линии — спирали Архимеда. Построение сечения выполняют по линиям каркаса — точкам  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$  пересечения секущей

плоскости  $T$  ( $T_v$ ) с образующей винтовой поверхности в ряде последовательных положений  $1-O_{11}$ ,  $2-O_{21}$ ,  $3-O_{31}$ ,  $4-O_{41}$ ,  $5-O_{51}$ , а также с винтовой линией в точке  $C_0$  ( $c'_0, c_0$ ).

Для построения горизонтальных проекций  $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5$  точек спирали Архимеда проводят горизонтальные проекции образующей винтовой поверхности в ряде произвольных положений:  $o-1, o-2, o-3, o-a_4, o-5$ . В проекционной связи на фронтальной проекции винтовой линии отмечают фронтальные проекции  $1', 2', 3', a_4', 5'$  точек. Через них, учитывая, что величина проекции образующей на ось винтовой поверхности постоянна (ее значение  $l$  отмечено на чертеже для построения точки  $o'_1$ ), строят фронтальные проекции

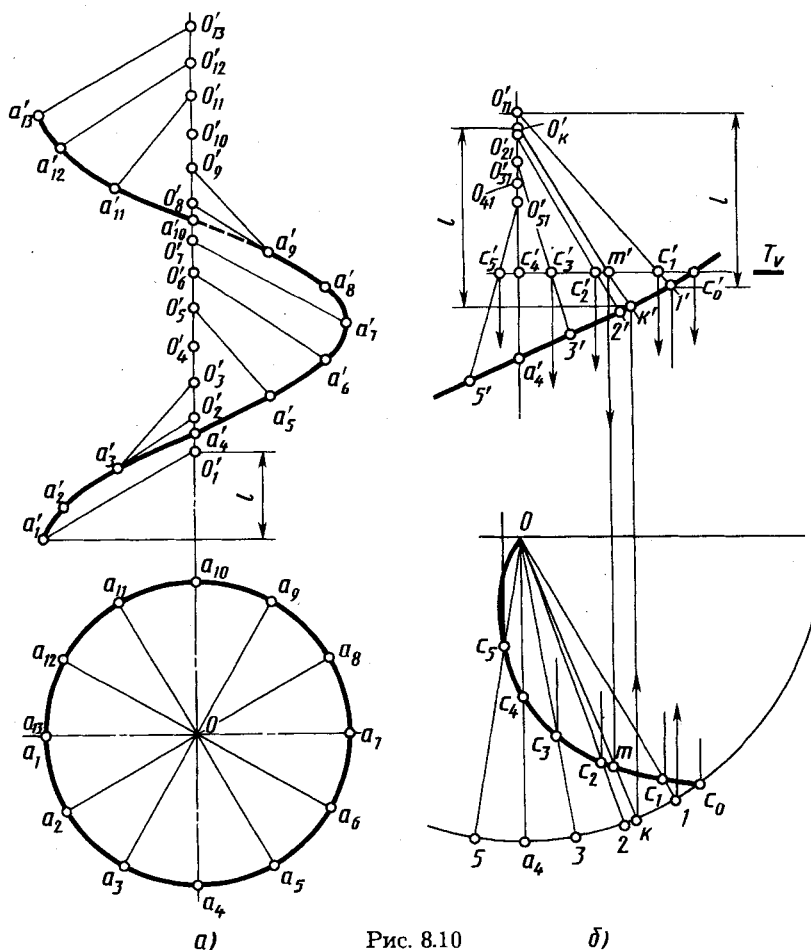


Рис. 8.10

образующих  $o'_{11}1'$ ,  $o'_{21}2'$ ,  $o'_{31}3'$ ,  $o'_{41}4'$ ,  $o'_{51}5'$ . В пересечении этих фронтальных проекций с фронтальным следом  $T_0$  секущей плоскости отмечают фронтальные проекции  $c'_1, c'_2, c'_3, c'_4, c'_5$  и по ним в проекционной связи строят горизонтальные проекции  $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5$  искомых точек на соответствующих горизонтальных проекциях образующей. Через построенные точки проводят плавную кривую.

Если задана фронтальная проекция произвольной точки  $M$  винтовой поверхности, то ее горизонтальную проекцию строят с помощью сечения плоскостью, перпендикулярной оси, как это рассмотрено на рисунке 8.10, б. Если задана горизонтальная проекция точки ( $m$ ), то через нее проводят горизонтальную проекцию  $ok$  образующей, строят фронтальную проекцию  $o'kk'$  по проекции  $k'$  и величине  $l$  — проекции образующей на ось винтовой поверхности. На построенной проекции  $o'kk'$  образующей отмечают фронтальную проекцию  $m'$  точки  $M$ .

### 8.3. Поверхности и тела вращения

Поверхности вращения и ограничиваемые ими тела имеют широкое применение во многих областях техники: баллон электронно-лучевой трубки (рис. 8.11, а), центр токарного станка (рис. 8.11, б), объемный сверхвысокочастотный резонатор электромагнитных колебаний (рис. 8.11, в), сосуд Дьюара для хранения жидкого воздуха (рис. 8.11, г), коллектор электронов мощного электронно-лучевого прибора (рис. 8.11, д) и т. д.

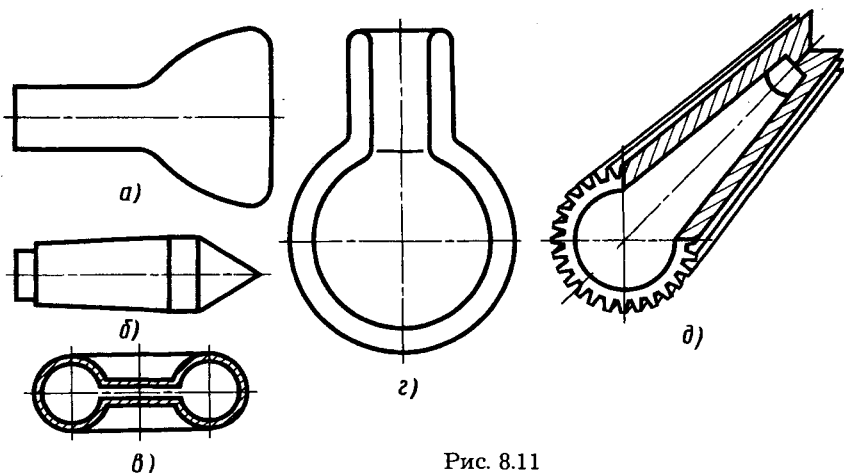


Рис. 8.11

В зависимости от вида образующей поверхности вращения могут быть линейчатыми, нелнейчатыми или состоять из частей таких поверхностей.

*Поверхностью вращения называют поверхность, получающуюся от вращения некоторой образующей линии вокруг неподвижной прямой — оси поверхности.*

На чертежах ось изображают штрихпунктирной линией. Образующая линия может в общем случае иметь как криволинейные, так и прямолинейные участки. Поверхность вращения на чертеже можно задать образующей и положением оси.

На рисунке 8.12 изображена поверхность вращения, которая образована вращением образующей  $ABCD$  (ее фронтальная проекция  $a'b'c'd'$ ) вокруг оси  $OO_1$  (фронтальная проекция  $o'o_1$ ), перпендикулярной плоскости  $H$ .

При вращении каждая точка образующей описывает окружность, плоскость которой перпендикулярна оси. Соответственно линия пересечения поверхности вращения любой плоскостью, перпендикулярной оси, является окружностью. Такие окружности называют *параллелями*. На виде сверху (рис. 8.12) показаны проекции окружностей, описываемых точками  $A, B, C$  и  $D$ , проходящие через проекции  $a, b, c, d$ . Наибольшую параллель из двух соседних с нею параллелей по обе стороны от нее называют *экватором*, аналогично наименьшую — *горлом*.

Плоскость, проходящую через ось поверхности вращения, называют *меридиональной*, линию ее пересечения с поверхностью вращения — *меридианом*. Если ось поверхности параллельна плоскости проекций, то меридиан, лежащий в плоскости, параллельной этой плоскости проекций, называют *главным меридианом*. На эту плоскость проекций главный меридиан проецируется без искажений. Так, если ось поверхности вращения параллельна плоскости  $V$ , то главный меридиан проецируется на плоскость  $V$  без искажений, например проекция  $a'f'b'c'd'$ . Если ось поверхности вращения перпендикулярна

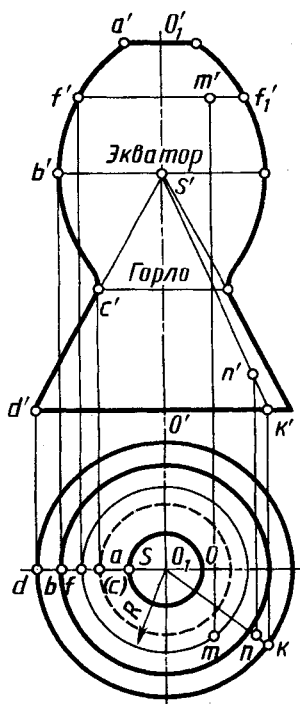


Рис. 8.12

к плоскости  $H$ , то горизонтальная проекция поверхности имеет очерк в виде окружности.

Наиболее удобными для выполнения изображений поверхностей вращения являются случаи, когда их оси перпендикулярны к плоскости  $H$ , к плоскости  $V$  или к плоскости  $W$ .

**Некоторые поверхности вращения** являются частными случаями поверхностей, рассмотренных в 8.1, например цилиндр вращения, конус вращения. Для цилиндра и конуса вращения меридианами являются прямые линии. Они параллельны оси и равноудалены от нее для цилиндра или пересекают ось в одной и той же ее точке под одним и тем же углом к оси для конуса. Цилиндр и конус вращения — поверхности, бесконечные в направлении их образующих; поэтому на изображениях их ограничивают какими-либо линиями, например линиями пересечения этих поверхностей с плоскостями проекций или какими-либо из параллелей. Из стереометрии известно, что прямой круговой цилиндр и прямой круговой конус ограничены поверхностью вращения и плоскостями, перпендикулярными к оси поверхности. Меридиан такого цилиндра — прямоугольник, конуса — треугольник.

Такая поверхность вращения, как сфера, является ограниченной и может быть изображена на чертеже полностью. Экватор и меридианы сферы — равные между собой окружности. При ортогональном проецировании на все три плоскости проекций очертания сферы проецируются в окружность.

**Тор.** При вращении окружности (или ее дуги) вокруг оси, лежащей в плоскости этой окружности, но не проходящей через ее центр, получается поверхность с названием тор. На рисунке 8.13 приведены: открытый тор, или круговое кольцо, — рисунок 8.13, *а*, закрытый тор — рисунок 8.13, *б*, самопересекающийся тор — рисунок 8.13, *в*, *г*. Тор (рис. 8.13, *г*) называют также лимоновидным. На рисунке 8.13 они изображены в положении, когда ось тора перпендикулярна к плоскости проекций  $H$ . В открытый и закрытый торы могут быть вписаны сферы. Тор можно рассматривать как поверхность, огибающую одинаковые сферы, центры которых находятся на окружности.

В построениях на чертежах широко используют две системы круговых сечений тора: в плоскостях, перпендикулярных к его оси, и в плоскостях, проходящих через ось тора. При этом в плоско-

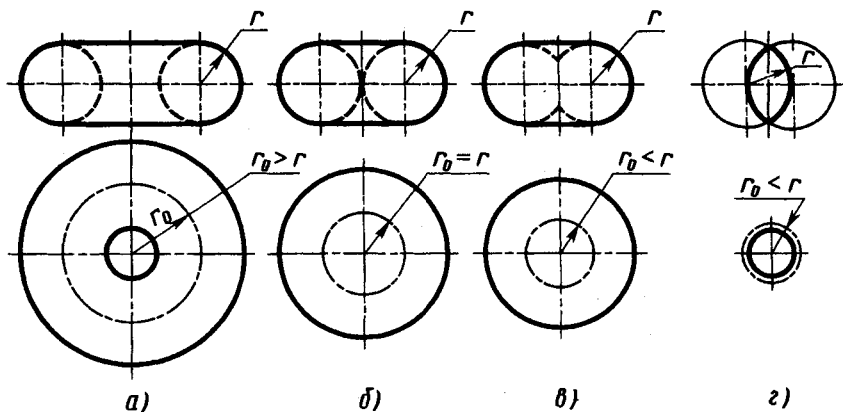


Рис. 8.13

стях, перпендикулярных к оси тора, в свою очередь имеются два семейства окружностей — линий пересечения плоскостей с наружной поверхностью тора и линий пересечения плоскостей с внутренней поверхностью тора. У лимонovidного тора (рис. 8.13, г) имеется только первое семейство окружностей.

Кроме того, тор имеет еще и третью систему круговых сечений, которые лежат в плоскостях, проходящих через центр тора и касательных к его внутренней поверхности. На рисунке 8.14 показаны круговые сечения с центрами  $o_{1p}$  и  $o_{2p}$  на дополнительной плоскости проекций  $P$ , образованные фронтально-проецирующей плоскостью  $Q$  ( $Q_0$ ), проходящей через центр тора с проекциями  $o'$ ,  $o$  и касательной к внутренней поверхности тора в точках с проекциями  $1'$ ,  $1$ ,  $2'$ ,  $2$ . Проекция точек  $1$ ,  $2$ ,  $3$ ,  $4$ ,  $5$ ,  $6$ ,  $7$ ,  $8$ ,  $9$  и  $10$  облегчают чтение чертежа. Диаметр  $d$  этих круговых сечений равен длине больших осей эллипсов, в которые проецируются круговые сечения на горизонтальной плоскости проекций:  $d = 2R$ .

**Точки на поверхности вращения.** Положение точки на поверхности вращения определяют по принадлежности точки линии каркаса поверхности, т. е. с помощью окружности, проходящей через эту точку на поверхности вращения. В случае линейчатых поверхностей для этой цели возможно применение и прямолинейных образующих.

Применение параллели и прямолинейной образующей для построения проекций точек, принадлежащих данной поверхности вращения, показано на рисунке 8.12. Если



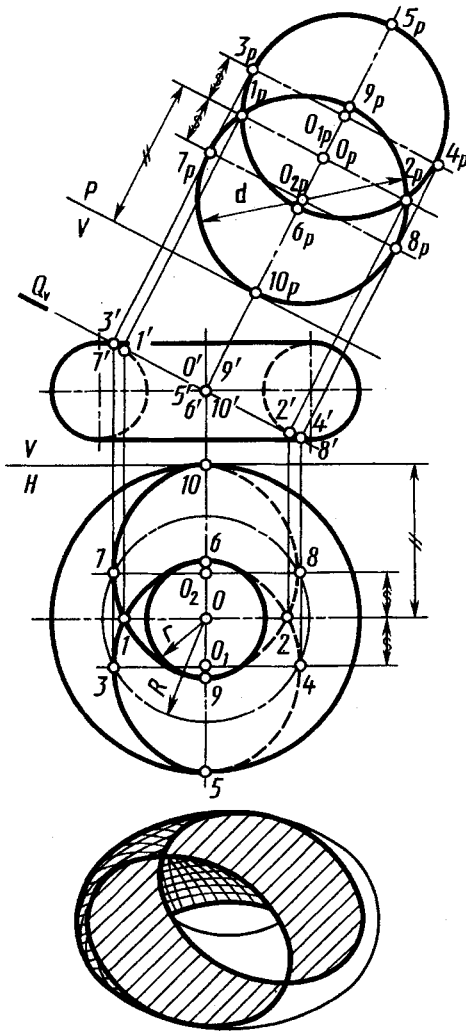


Рис. 8.14

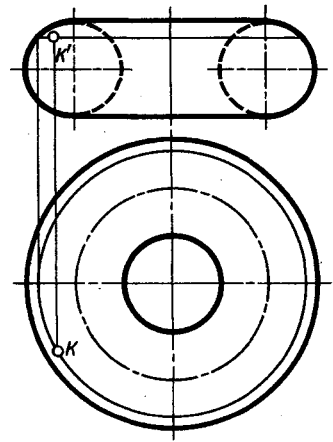


Рис. 8.15

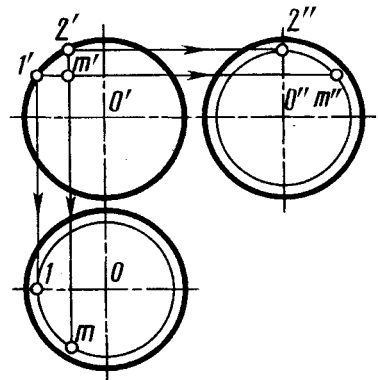


Рис. 8.16

дана проекция  $m'$ , то проводят фронтальную проекцию  $f'f'_1$  параллели, а затем радиусом  $R$  проводят окружность — горизонтальную проекцию параллели — и на ней находят проекцию  $m$ . Если бы была задана горизонтальная проекция  $m$ , то следовало бы провести радиусом  $R = om$  окружность, по точке  $f$  построить  $f'$  и провести  $f'f'_1$  — фронтальную проекцию параллели — и на ней в проекцион-

ной связи отметить точку  $m'$ . Если дана проекция  $n'$  на линейчатом (коническом) участке поверхности вращения, то проводят фронтальную проекцию  $d's'$  очерковой образующей и через проекцию  $n'$  — фронтальную проекцию  $s'k'$  образующей на поверхности конуса. Затем на горизонтальной проекции  $sk$  этой образующей строят проекцию  $n$ . Если бы была задана горизонтальная проекция  $n$ , то следовало бы провести через нее горизонтальную проекцию  $sk$  образующей, по проекции  $k'$  и  $s'$  (построение ее было рассмотрено выше) построить фронтальную проекцию  $s'k'$  и на ней в проекционной связи отметить проекцию  $n'$ .

На рисунке 8.15 показано построение проекций точки  $K$ , принадлежащей поверхности тора. Следует отметить, что построение выполнено для видимых горизонтальной проекции  $k$  и фронтальной проекции  $k'$ .

На рисунке 8.16 показано построение по заданной фронтальной проекции  $m'$  точки на поверхности сферы ее горизонтальной  $m$  и профильной  $m''$  проекций. Проекция  $m$  построена с помощью окружности — параллели, проходящей через проекцию  $m'$ . Ее радиус —  $o-1$ . Проекция  $m''$  построена с помощью окружности, плоскость которой параллельна профильной плоскости проекций, проходящей через проекцию  $m'$ . Ее радиус  $o''2''$ .

Построение проекций линий на поверхности вращения может быть выполнено также при помощи окружностей — параллелей, проходящих через точки, принадлежащие этой линии.

На рисунке 8.17 показано построение горизонтальной проекции  $ab$  линии, заданной фронтальной проекцией  $a'b'$  на поверхности вращения, состоящей из частей поверхностей сферы, тора, конической. Для более точного вычерчивания горизонтальной проекции линии продолжим ее фронтальную проекцию вверх и вниз и отметим проекции  $b'$  и  $5'$  крайних точек. Горизонтальные проекции  $b, 1, 3, 4, 5$  построены с помощью линий связи. Проекции  $b, 2, 7, 8, a$  построены с помощью параллелей, фронтальные проекции которых проходят через проекции  $b', 2', 7', 8', a'$  этих точек. Количество и расположение промежуточных точек выбирают исходя из формы линии и требуемой точности построения. Горизонтальная проекция линии состоит из участков:  $b-1$  — части эллипса,

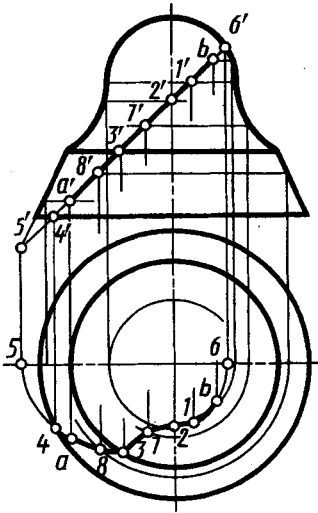


Рис. 8.17

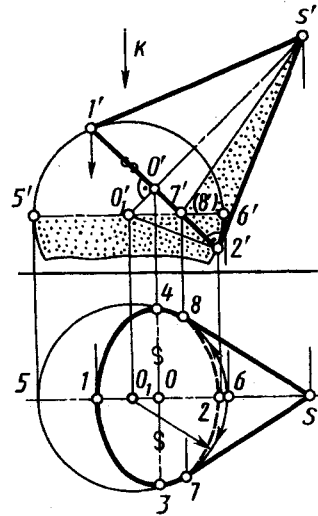


Рис. 8.18

3—8—*a*—4 — части эллипса, 1—2—7—3 — кривой четвертого порядка (проекция кривой на поверхности тора).

#### 8.4. Пример построения проекций тела вращения с наклонной осью

Предположим, требуется построить проекции прямого кругового конуса, ось которого параллельна плоскости  $V$  и наклонна к плоскости  $H$  (рис. 8.18). По условиям задания фронтальная проекция конуса изображается линией  $s'1'2'$ . Горизонтальная проекция состоит из части эллипса (проекции окружности основания) и двух касательных к нему прямых, проведенных из проекции  $s$  вершины. Эллипс на горизонтальной проекции можно построить (см. рис. 7.4) по двум его осям — малой 1—2 и большой 3—4, равной по величине  $1'2'$  (диаметру окружности основания конуса). Проекции  $s-7$  и  $s-8$  являются касательными, проведенными из проекции  $s$  к эллипсу.

Фронтальную  $7'$  (или  $8'$ ) и горизонтальную 7 (или 8) проекции точек касания находят с помощью вспомогательной сферы, вписанной в конус. Фронтальную проекцию  $o_1'$  центра сферы на фронтальной проекции оси находят с помощью перпендикуляра  $2'o_1'$  к проекции  $s'2'$  образующей конуса (он же радиус сферы). Точка  $7'$  (или  $8'$ ) получается при пересечении фронтальных проекций окружности касания конуса и сферы (отрезок  $1'2'$ ) и экватора сферы (отрезок  $5'6'$ ). Горизонтальную проекцию 7 (или 8) в проекционной связи находят на горизонтальной проекции экватора. Покажем, что горизонтальные проекции  $s-7$  и  $s-8$  образующих являются крайними. При взгляде по стрелке  $K$  часть сферы под экватором 5—6 невидима

(экватор — граница видимости). Точки 7 и 8 принадлежат экватору. Следовательно, часть окружности основания конуса, принадлежащая сфере и расположенная под экватором от точек 7 и 8 до точки 2 (2'), невидима. Невидима и часть конуса ниже образующих  $s'-7'$  и  $s'-8'$  ( $s-7$ ,  $s-8$ ). На фронтальной проекции поверхности сферы и конуса, находящегося «в тени» при освещении по стрелке  $K$ , отмечены точками. Эти участки поверхности невидимы на горизонтальной проекции.



1. Что такое поверхность?
2. Что такое образующая (или производящая) линия поверхности?
3. В чем различие между линейчатой и нелинейчатой поверхностями?
4. Как образуются прямая и наклонная винтовые поверхности?
5. По каким линиям пересекает прямую и косую винтовые поверхности плоскость, перпендикулярная к оси поверхности?
6. Что называют поверхностью вращения?
7. Что называют параллелями и меридианами на поверхности вращения, экватором, горлом, главным меридианом?
8. Как образуется поверхность, называемая тором?
9. В каком сечении открытого тора получаются две одинаковые окружности?
10. Сколько систем круговых сечений имеет тор?
11. Как определяют положение точек на поверхности вращения?

*Глава девятая*  
**ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
ПЛОСКОСТЬЮ И ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ,  
РАЗВЕРТКИ**

**9.1. Общие приемы построения линии  
пересечения поверхности плоскостью  
и построения разверток**

Форму деталей часто образуют срезом или вырезом части материала плоскостями из исходных тел — заготовок, ограниченных криволинейными поверхностями. При этом возникает необходимость построения на чертеже проекций линии пересечения поверхности плоскостью. Такие же линии строят на чертежах деталей, поверхности которых ограничены пересекающимися между собой участками плоскости и поверхности (например, см. 13.23).

В случае пересечения линейчатой поверхности плоскостью линия пересечения может быть кривой или прямой.

*Для построения линии пересечения линейчатой поверхности плоскостью в общем случае строят точки пересечения прямолинейных образующих поверхности с секущей плоскостью, т. е. находят точки пересечения прямой с плоскостью. Искомую кривую проводят через эти точки. Примеры таких построений см. на рисунках 9.4, 9.8.*

Для построения линии пересечения линейчатой поверхности с плоскостью в общем случае применяют вспомогательные секущие плоскости. Точки искомой линии определяются в пересечении линий, по которым вспомогательные секущие плоскости пересекают данную поверхность и плоскость. Примеры применения вспомогательных плоскостей рассмотрены ниже. Применение вспомогательной плоскости для построения линии пересечения двух плоскостей показано на рисунке 4.9.

При подборе вспомогательных плоскостей надо стремиться к упрощению построений.

Если секущая плоскость — плоскость частного положения, то задача упрощается, так как одна проекция линии пересечения плоскости с кривой поверхностью уже имеется и совпадает со следом секущей плоскости. Построение недостающих проекций

линии пересечения сводится к построению недостающих проекций точек на поверхности по заданным проекциям этих точек на одной из проекций поверхности (см. рис. 9.4, 9.8).

**Построения разверток.** При построении разверток криволинейных поверхностей их поверхность уподобляют гибкой нерастяжимой пленке. Получение развертки криволинейной поверхности может быть представлено как результат последовательного совмещения с плоскостью бесконечно малых элементов поверхности, образованных взаимно параллельными или пересекающимися прямолинейными образующими. Три поверхности можно рассматривать как состоящие из таких элементов — цилиндрическую, коническую и с ребром возврата, только они и являются развертываемыми.

Поверхность и ее развертку можно рассматривать как две геометрические фигуры, между точками которых установлено взаимно однозначное соответствие. При развертывании (и свертывании) поверхности непрерывность поверхности не нарушается, не изменяется расстояние на поверхности между точками поверхности и соответственно длина отрезков линий, углы между пересекающимися линиями в точках их пересечения и величины площадей фигур на поверхностях.

Практически чертеж развертки выполняют, ограничиваясь представлением отдельных криволинейных элементов поверхности ее плоскими элементами. Способы развертки гранных поверхностей — способ треугольников и способ нормального сечения — рассмотрены выше (см. рис. 6.15, 6.16, 6.17). Примеры применения указанных способов при развертке кривых поверхностей рассматриваются ниже (см. рис. 9.5, 9.9).

## **9.2. Пересечение цилиндрической поверхности плоскостью. Построение развертки**

*Для построения линии пересечения цилиндрической поверхности плоскостью в общем случае находят точки пересечения образующих с секущей плоскостью, как это сказано (см. 9.1) в отношении любых линейчатых поверхностей. При необходимости не исключается применение и вспомогательных секущих плоскостей, пересекающих поверхность и плоскость.*

*Заметим, что любую цилиндрическую поверхность плоскость, расположенная параллельно образующей этой поверхности, пересекает по прямым линиям (образующим).*

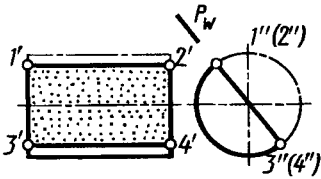


Рис. 9.1

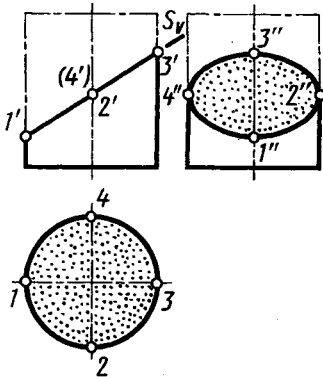


Рис. 9.2

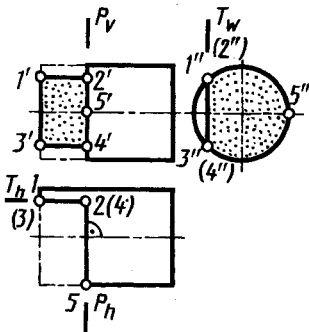


Рис. 9.3

Вид линии, образованной при пересечении плоскостью прямого кругового цилиндра, определяется положением плоскости относительно оси. Эта линия — окружность, если плоскость перпендикулярна оси; две прямые (проекции  $1'2'$  и  $3'4'$  на рис. 9.1) или одна прямая (касательная), если плоскость параллельна оси (след  $P_w$ ); эллипс ( $1-2-3-4$  на рис. 9.2), если плоскость расположена под углом к оси.

Образование выреза на цилиндре двумя плоскостями  $P (P_v) \parallel W$  и  $T (T_w) \parallel V$  показано на рисунке 9.3.

**Цилиндр с наклонным срезом.** Рассмотрим построение чертежа цилиндра со срезом проецирующей плоскостью под некоторым углом к его оси (не равным  $0^\circ$  и  $90^\circ$ ), натуральной величины среза и развертки цилиндра (рис. 9.4, 9.5).

Ось цилиндра и вся цилиндрическая поверхность перпендикулярны плоскости  $H$ . Следовательно, все точки цилиндрической поверхности, в том числе и линия пересечения ее с плоскостью  $P (P_v)$  проецируются на плоскость  $H$  в окружность. На ней отмечают горизонтальные проекции точек  $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$  и  $12$  эллипса, расположив их равномерно по окружности. В проекционной

связи строят фронтальные проекции  $1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8', 9', 10', 11', 12'$  отмеченных точек на фронтальном следе  $P_v$ , секущей плоскости. Профильные проекции тех же точек строят по их горизонтальной и фронтальной проекциям на линиях связи.

Профильная проекция линии пересечения цилиндра с секущей плоскостью — эллипс, большая ось  $10''4''$  которого в данном случае равна диаметру цилиндра, а малая  $1''7''$  — профильная проекция отрезка  $1-7$ .

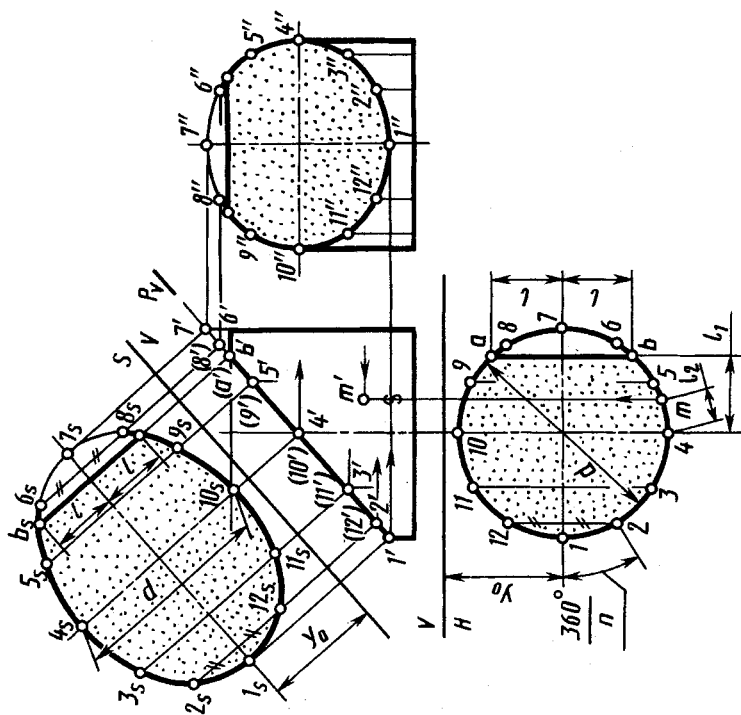


Рис. 9.4

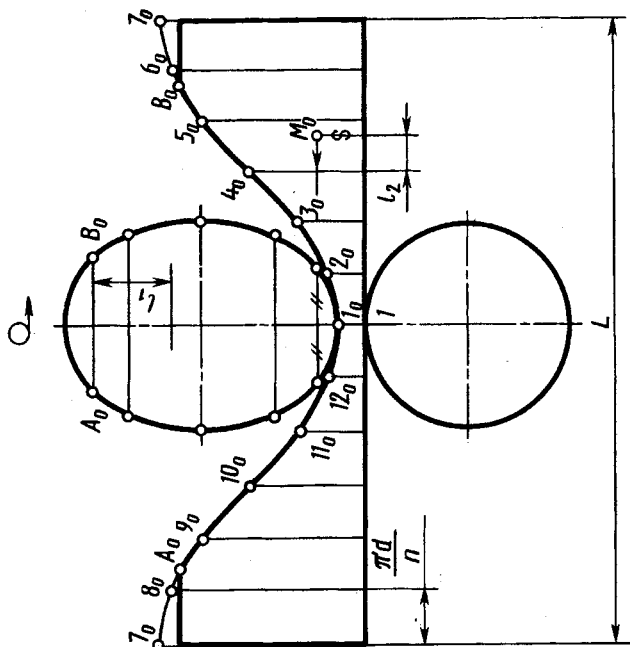


Рис. 9.5



Если плоскость  $P$  расположить (см. рис. 9.4) под углом  $45^\circ$  к оси, то профильная проекция эллипса фигуры сечения будет окружностью.

Если острый угол между осью цилиндра и секущей плоскостью будет меньше  $45^\circ$ , то малая ось эллипса на профильной проекции (см. рис. 9.4) станет равной диаметру цилиндра.

Натуральный вид фигуры сечения цилиндра плоскостью  $P$  построен способом перемены плоскостей проекций на плоскости  $S$ , перпендикулярной плоскости  $V$ . Большая ось эллипса — отрезок  $1_5 7_5 \cong 1' 7'$ , малая — отрезок  $4_5 10_5 = d$ .

**Построение развертки** (рис. 9.5). Полная развертка состоит из четырех частей: развертки боковой поверхности, ограниченной пятью отрезками прямой линии и кривой  $A_0 I_0 B_0$  — синусоидой; натурального вида фигуры сечения; круга основания цилиндра; сегмента, полученного на верхнем основании.

Полная развертка боковой поверхности цилиндра — прямоугольник с высотой, равной высоте цилиндра, а длиной  $L = \pi d$ , где  $d$  — диаметр цилиндра. Для построения на развертке точек линии среза развертку основания цилиндра делят на такое же число частей, как и при построении проекций линий среза. Проводят через точки деления образующие и, пользуясь фронтальной проекцией, отмечают на них высоту до точек эллипса среза — точки  $1_0, 2_0$  и  $12_0, 3_0$  и  $11_0, 4_0$  и  $10_0, 5_0$  и  $9_0, 6_0$  и  $8_0, 7_0$ . Соединяют построенные точки плавной кривой — синусоидой. Натуральный вид фигуры среза цилиндра плоскостью выполнен ранее ( $1_5 2_5 3_5 \dots 12_5$ ), и его по координатам строят на развертке.

Построим на чертеже цилиндра проекции точки  $M$ , указанной на развертке точкой  $M_0$ . Для этого отметим хорду  $l_2$  между образующей, на которой расположена точка  $M_0$ , и образующей точки  $4$ . По хорде  $l_2$  строим горизонтальную проекцию  $m$  (рис. 9.4) и по известной высоте ее расположения находим ее фронтальную проекцию  $m'$ .

### 9.3. Пересечение конической поверхности плоскостью. Построение развертки

При пересечении конической поверхности вращения плоскостью получают различные линии — прямые, замкнутые кривые — окружности и эллипсы, незамкнутые кривые — параболы и гиперболы, а также точка. Вид указанных линий определяется положением секущей плоскости относительно

вершины конической поверхности и соотношением между величинами углов наклона секущей плоскости и образующей конической поверхности к ее оси.

Если секущая плоскость  $P$  ( $P_v$ ) проходит через вершину (рис. 9.6, а), то пересечение плоскости с конической поверхностью в зависимости от угла  $\alpha$  наклона плоскости к оси поверхности образует:

при  $\hat{\beta} < \hat{\alpha} < (180^\circ - \hat{\beta})$  — точку;

при  $\hat{\alpha} = \hat{\beta}$  — прямую, по которой плоскость касается конической поверхности;

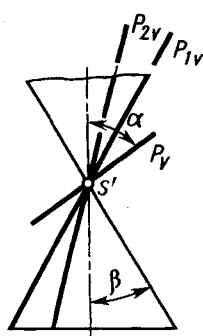
при  $0 \leq \hat{\alpha} < \hat{\beta}$  — две прямые (образующие).

Если плоскость пересекает коническую поверхность и при этом не проходит через вершину, то в их пересечении имеют место (рис. 9.6, б, в):

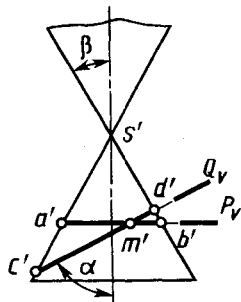
при  $\hat{\alpha} = 90^\circ$  — окружность (плоскость, перпендикулярная оси, окружность  $AMB$  ( $a'm'b'$ ) в пересечении с плоскостью  $P$  ( $P_v$ ) — рис. 9.6, б);

при  $\hat{\beta} < \hat{\alpha} < (180^\circ - \hat{\beta})$  — эллипс (эллипс  $CMD$  ( $c'm'd'$ ) в пересечении с плоскостью  $Q$  ( $Q_v$ ) — рис. 9.6, б — плоскость пересекает все образующие конической поверхности);

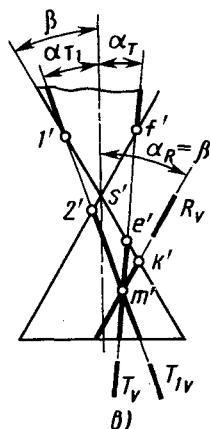
при  $\hat{\alpha} < \hat{\beta}$  — гипербола (плоскость параллельна двум образующим и пересекает коническую поверхность по обе стороны от вершины, например гипербола с вершинами  $E$  ( $e'$ ) и  $F$  ( $f'$ ) в пересечении с плоскостью  $T$  ( $T_v$ ) или с вершинами  $1$  ( $1'$ ) и  $2$  ( $2'$ ) в пересечении с плоскостью  $T_1$  ( $T_{1v}$ ) — рис. 9.6, в);



а)



б)



в)

Рис. 9.6

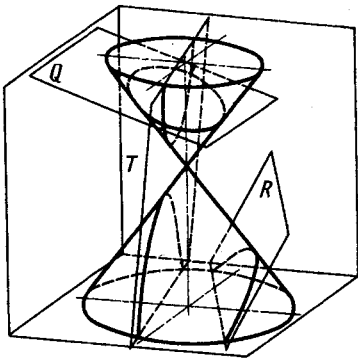


Рис. 9.7

при  $\hat{\alpha} = \hat{\beta}$  — парабола (плоскость, параллельная одной из образующих, например парабола с вершиной  $K (k')$  в пересечении с плоскостью  $R (R_v)$  — рис. 9.6, в).

Наглядное изображение кривых — эллипса, гиперболы, параболы, получающихся при пересечении конической поверхности плоскостями  $Q, T, R$ , приведено на рисунке 9.7 и на форзаце.

**Пересечение конуса с плоскостью.** Для построения кривой линии, получаемой при пересечении конической поверхности

плоскостью, в общем случае находят точки пересечения прямолинейных или круговых образующих конической поверхности с секущей плоскостью. Соответствующий пример в случае пересечения фронтально-проецирующей плоскостью  $P (P_v)$  конуса с вершиной  $S$  приведен на рисунке 9.8. Построение линии пересечения плоскости с конической поверхностью обычно выполняют в следующем порядке. Основание конуса делят на несколько равных частей (обычно 12), проводят горизонтальные проекции  $s-1, s-2, \dots, s-12$  образующих и строят их фронтальные проекции. На фронтальной проекции отмечают фронтальные проекции точек пересечения построенных образующих на видимой поверхности конуса с секущей плоскостью  $P (P_v)$ :  $c', d', f', q'$ , а также крайних точек  $a'$  и  $b'$ . Горизонтальные проекции строят в проекционной связи на соответствующих проекциях образующих — точки  $a, c, d, f, q, b$  на проекциях образующих  $s-1, s-2, s-3, s-5, s-6, s-7$ , а также симметричные им точки на проекциях образующих  $s-12, s-11, s-9, s-8$ . Горизонтальную проекцию  $e$  точки  $E$  на образующей  $S-4$  и симметричной точки на образующей  $S-10$  строят с помощью окружности радиуса  $e'e'_1$ , проведенной на поверхности конуса.

На фронтальной проекции большая ось  $AB$  эллипса — линии пересечения фронтально-проецирующей плоскости с конусом — проецируется в натуральную величину:  $[AB] \cong [a'b']$ . Малая ось  $MN$  эллипса перпендикулярна большой и проецируется в точку  $m'(n')$  в середине фронтальной проекции  $a'b'$  большой оси.

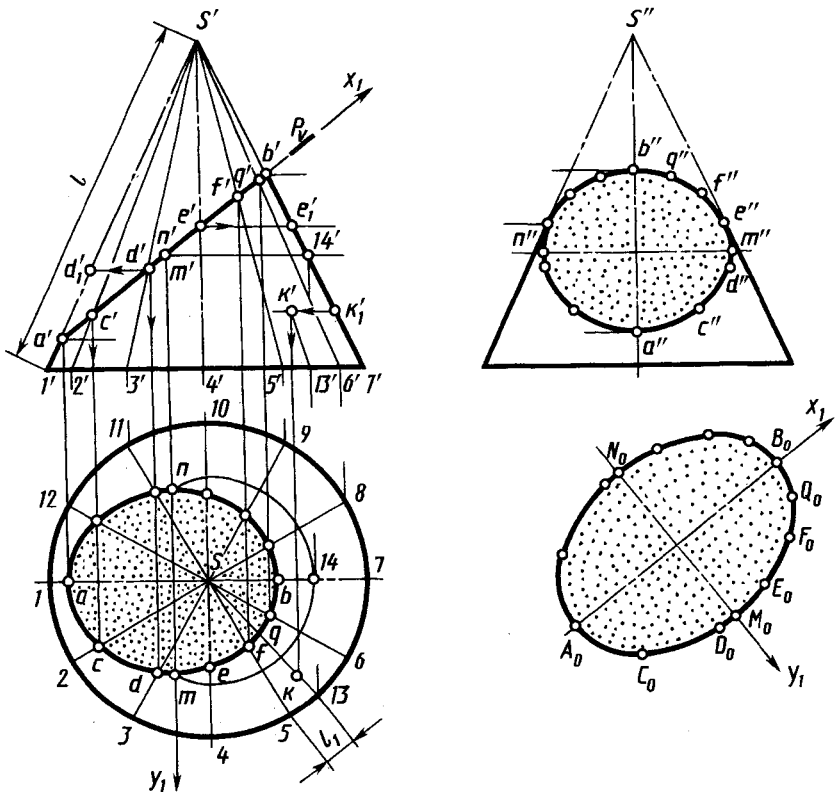


Рис. 9.8

Построение горизонтальной проекции малой оси эллипса выполнено с помощью параллели с проекциями  $m'14'$  и  $m-14-n$ . Горизонтальная проекция  $mn$  малой оси эллипса построена в проекционной связи как хорда горизонтальной проекции  $m-14-n$  этой параллели. Профильная проекция линии среза конуса также построена по фронтальной и горизонтальной проекциям точек в проекционной связи.

Отметим, что на профильной проекции точки  $a''$  и  $b''$  низшая и высшая,  $m''$  и  $n''$  — крайние (правая и левая),  $e''$  и симметричная ей — точки касания проекций крайних образующих.

Построение натурального вида фигуры среза  $A_0M_0B_0N_0$  выполнено по координатам в системе координат  $x_1, y_1$  (см. также рис. 6.9).

Наряду с построением эллипса по точкам возможно построение его по большой и малой осям. Соответствующий при-

мер приведен на форзаце. Там же приведены построения некоторых плоских кривых и плавных сопряжений.

**Развертка боковой поверхности прямого кругового конуса** представляет собой круговой сектор с углом  $\varphi = \frac{d}{l} 180^\circ$  при вершине, где  $d$  — диаметр основания,  $l$  — длина образующей конуса. Построение сектора (рис. 9.9) выполняют с разбивкой его на равные части соответственно разметке образующих на чертеже (см. рис. 9.8 конуса).

Используя положение образующих на чертеже и на развертке, находят положение точек на развертке при помощи натуральных величин отрезков от вершины до соответствующих точек линии пересечения на чертеже. При этом расстояния  $S_0A_0$  и  $S_0B_0$  соответствуют фронтальным проекциям  $s'a'$ ,  $s'b'$ . Отрезки образующих от вершины до других точек проецируются на фронтальную плоскость проекций с искажениями. Поэтому их натуральную величину находят вращением вокруг оси конуса до положения, параллельного фронтальной плоскости проекций. Например, положение точки  $D_0$  на развертке найдено при помощи отрезка  $s'd'_1$  — натуральной величины образующей от вершины  $S$  до точки  $D$ , точки  $E_0$  — при помощи отрезка  $s'e'_1$  (или  $s''e''$ ).

Полная развертка поверхности усеченного конуса состоит из трех частей: 1) развертки боковой поверхности, ограниченной дугой окружности радиуса  $l$ , кривой  $B_0Q_0F_0E_0D_0C_0A_0$  и сим-

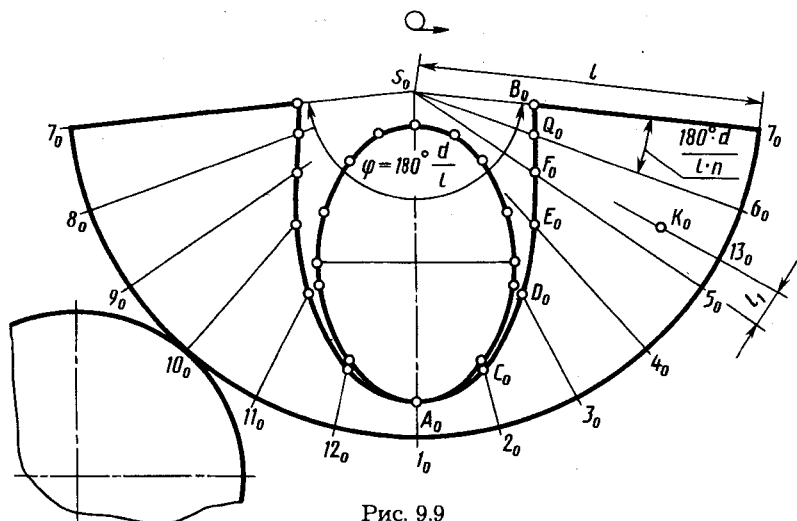


Рис. 9.9

метрично ей; 2) круга основания; 3) натурального вида фигуры сечения.

На рисунке 9.8 показано построение фронтальной и горизонтальной проекций точки  $K$  по изображению  $K_0$  этой точки на развертке (см. рис. 9.9). Для построения проведена образующая  $S_0 I_3$  через точку  $K_0$  на развертке. С помощью отрезка  $l_1$  построена горизонтальная проекция  $I_3$ . Через нее проведены горизонтальная  $s - I_3$  и фронтальная  $s' - I_3'$  проекции образующей  $S - I_3$ . Отрезок  $S_0 K_0 \cong s' k'_1$  отмечен на проекции образующей  $s' 7'$ . Обратным вращением построена фронтальная проекция  $k'$  точки  $K$  на фронтальной проекции образующей  $s' 13'$ . Горизонтальная проекция  $k$  построена с помощью линии связи.

#### 9.4. Пересечение сферы и тора плоскостью.

##### Пример построения линии среза на поверхности тела вращения сложной формы

**Пересечение сферы плоскостью.** *Плоскость всегда пересекает сферу по окружности, которая проецируется в виде отрезка прямой, в виде эллипса или в виде окружности в зависимости от положения секущей плоскости по отношению к плоскости проекции.* Так, на рисунке 9.10 изображены проекции линий пересечения сферы и плоскостей горизонтальной  $P (P_v)$  и фронтальной  $S (S_h)$ . Они

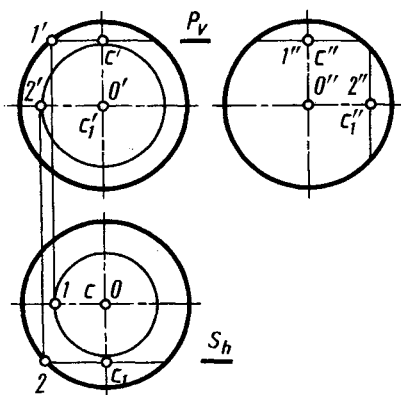


Рис. 9.10

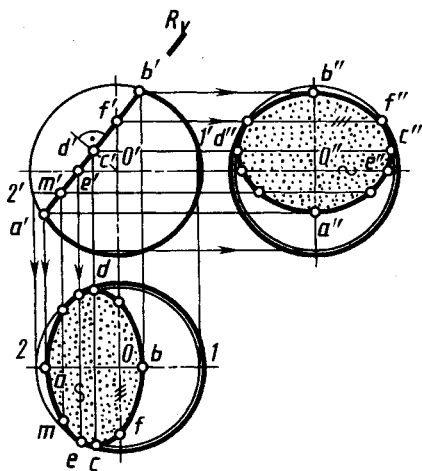


Рис. 9.11

пересекают сферу по окружности с центрами  $S(c', c, c'')$  и  $S_1(c'_1, c_1, c''_1)$  с проекциями в виде окружности и отрезка прямой. В примере, приведенном на рисунке 9.11, горизонтальная и профильная проекции линии пересечения сферы фронтально-проецирующей плоскостью — эллипсы, длины больших осей которых  $cd$  и  $c''d''$  равны величине диаметра окружности ( $a'b'$ ). Малые оси эллипсов  $ab$  и  $a''b''$  получают проецированием. На рисунке 9.11 показано построение проекций некоторых точек. Проекция  $c$  и  $d$  построены на горизонтальной проекции параллели радиуса  $o-1$ , построенной с помощью проекции  $1'$ . Проекция  $c''$  и  $d''$  построены на профильной проекции окружности, проведенной на сфере через проекции  $c'$  ( $d'$ ) так, что плоскость окружности параллельна плоскости проекций. Проекция  $e$  является точкой касания эллипса (горизонтальной проекции окружности среза) и экватора сферы. Она построена в проекционной связи на горизонтальной проекции экватора по фронтальной проекции  $e'$ . Горизонтальная проекция  $m$  произвольной точки на линии среза построена с помощью параллели радиуса  $o-2$ , фронтальная проекция которой проходит через проекции  $m'$  и  $2'$ . Проекция  $f''$  является точкой касания эллипса (профильной проекции окружности среза) и профильной проекции очерка сферы.

Если плоскость, пересекающая сферу, является плоскостью общего положения, то задачу решают способом перемены плоскостей проекций. Дополнительную плоскость проекций выбирают так, чтобы обеспечить перпендикулярность ее и секущей плоскости. Это позволяет упростить построение линии пересечения.

**Линию пересечения тора плоскостью в общем случае строят при помощи вспомогательных плоскостей, пересекающих тор и секущую плоскость.** При этом подбирают плоскости, пересекающие тор по окружности, т. е. расположенные перпендикулярно оси тора или проходящие через его ось.

В примере на рисунке 9.12 показано применение вспомогательных плоскостей  $T_1 (T_{1v})$  и  $T_2 (T_{2v})$ , перпендикулярных к оси тора, для построения линии пересечения и натурального вида фигуры сечения поверхности тора плоскостью  $P (P_w)$ . Тор на рисунке 9.12 имеет два изображения — фронтальную проекцию и половину профильной проекции. Полуокружность радиуса  $R_1$  (профильная проекция линии пересечения тора вспомогательной плоскостью  $T_1$ ) касается проекции плоскости  $P$  (следа  $P_w$ ). Тем самым определяются профильная проекция  $3'' (o''3'' \perp P_w)$  и по ней —

фронтальная проекция  $3'$  одной из точек проекции искомой линии пересечения. Полуокружность радиуса  $R_2$  — профильная проекция линии пересечения тора вспомогательной плоскостью  $T_2$ . Она пересекает профильную проекцию плоскости  $P$  (след  $P_w$ ) в двух точках  $5''$  и  $7''$  — профильных проекциях точек линии пересечения. Проводя аналогичные построения, можно получить необ-

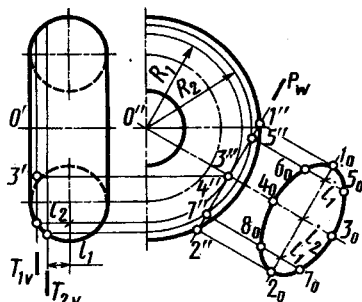


Рис. 9.12

ходимое количество проекций точек для искомой линии пересечения. Используем найденные точки для построения натуральной величины сечения. Фигура сечения тора плоскостью, параллельной его оси, имеет оси и центр симметрии. При ее построении использованы расстояния  $l_1$  и  $l_2$  на фронтальной проекции для нанесения точек  $5_0$ ,  $7_0$  и  $3_0$ . Точки  $6_0$ ,  $8_0$  и  $4_0$  построены как симметричные. Построенная кривая пересечения поверхности тора плоскостью выражается алгебраическим уравнением 4-го порядка.

Кривые пересечения тора с плоскостью, параллельной оси, приведены на рисунке 9.13. Они имеют общее название — кривые Персея (Персей — геометр Древней Греции). Это кривые 4-го порядка. Вид кривых зависит от расстояния секущей плоскости до оси тора.

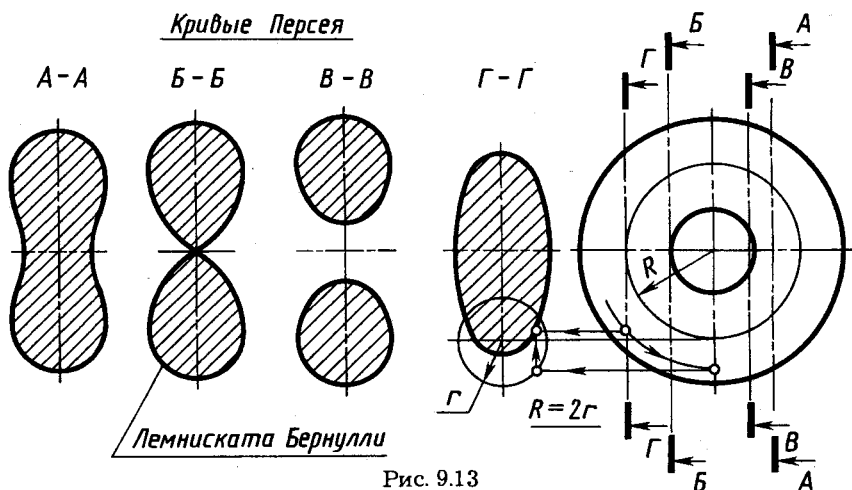


Рис. 9.13



Многие детали приборов и машин имеют в своей основе форму тела вращения со сложной формой поверхности. Такое тело можно рассматривать как состоящее из частей элементарных тел вращения — цилиндра, конуса, сферы и тора или кругового кольца. Детали из такого тела вращения часто конструируют путем среза части тела плоскостью, параллельной оси. При этом в пересечении поверхности тела с плоскостью среза образуются сложные линии, построение которых и рассмотрено ниже. Эти линии, являющиеся частным случаем линии пересечения поверхности вращения с плоскостью (плоскость параллельна оси), называются *линиями среза*.

Пример чертежа тела вращения с построенными линиями среза приведен на рисунке 9.14. На чертеже оставлены некоторые вспомогательные линии построений и точки. При выполнении построений прежде всего устанавливают границы заданных поверхностей вращения и определяют *элементарные поверхности*: цилиндр, конус, сфера, тор. Для этого достаточно мысленно или на черновике дополнить участки поверхностей, как показано на рисунке 9.15. (На рисунке все составляющие поверхности для наглядности раздвинуты вдоль оси вращения.)

Разграничение участков элементарных поверхностей позволяет определить характер отдельных участков линий среза и правильно выбрать число и

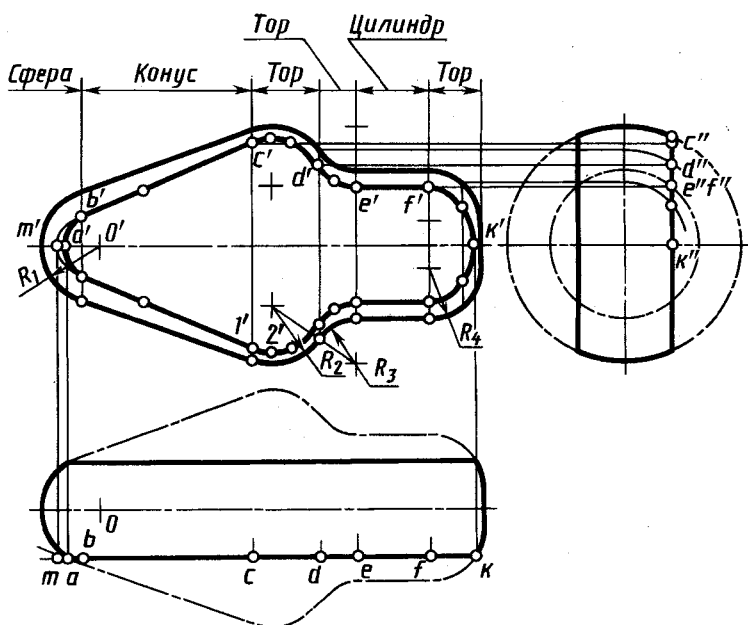


Рис. 9.14

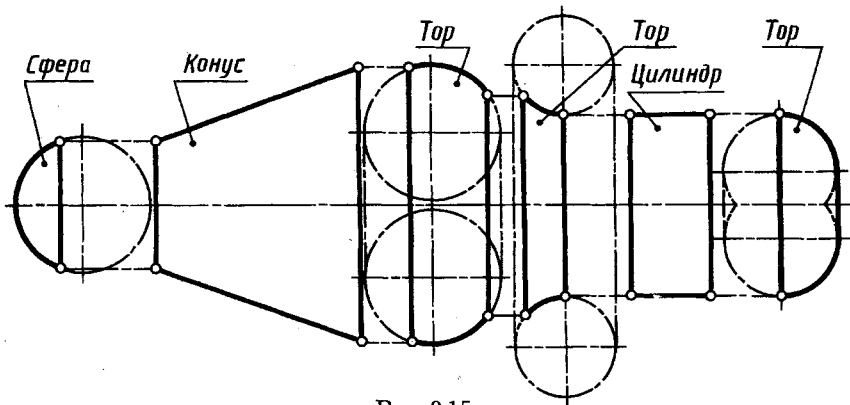


Рис. 9.15

расположение вспомогательных секущих плоскостей, необходимых для построения промежуточных точек на линии среза.

На чертеже границами поверхностей вращения являются линии касания или пересечения элементарных поверхностей. Их проекции в виде отрезков прямых, перпендикулярных к оси вращения, проводят через проекции точек сопряжения или пересечения образующих. Так, на рисунке 9.14 граница между сферой и конусом проведена через точку сопряжения дуги радиуса  $R_1$  и образующей конуса. Эта точка определена с помощью перпендикуляра из проекции  $O'$  центра сферы к образующей конуса. Граница между конусом и тором с радиусом образующей  $R_2$  проведена через точку касания образующей конуса и дуги радиуса  $R_2$ . Точка сопряжения определена с помощью перпендикуляра, проведенного из центра дуги радиуса  $R_2$  к образующей конуса. Граница между тором с радиусом образующей  $R_2$  и тором с радиусом образующей  $R_3$  проведена через точку сопряжения дуг с радиусами  $R_2$  и  $R_3$ . Точка сопряжения найдена с помощью прямой, соединяющей центры дуг. Границы между тором с радиусом образующей  $R_3$  и цилиндром, между этим же цилиндром и тором с радиусом образующей  $R_4$  проведены через точки сопряжения дуг указанных радиусов с образующей цилиндра.

Построенные границы элементарных поверхностей можно рассматривать и как линии пересечения поверхности вращения плоскостями, перпендикулярными оси, в данном случае профильными плоскостями. Профильные проекции этих линий — окружности. В пересечении их с профильными проекциями плоскостей среза отмечают профильные проекции характерных точек на линии среза. Пример построения профильной проекции  $d''$  и по ней фронтальной проекции  $d'$  отмечен на рисунке 9.14. По положению проекции  $d''$ ,  $c''$ ,  $e''$ ,  $f''$  строят фронтальные проекции  $d'$ ,  $c'$ ,  $t'$ ,  $f'$  точек линии среза. Проекции  $a'$ ,  $k'$  (их проекции  $a''$ ,  $k''$  совпадают) построены по горизонтальным проекциям  $a$ ,  $k$ .

В данном примере линия среза и ее фронтальная проекция состоит из следующих участков: на сфере радиуса  $R_1$  — дуги окружности радиуса  $a'o'$ ; на

конусе — части гиперболы с вершиной  $m'$ ; на торе с радиусом образующей  $R_2$  — части кривой Персея, аналогичной кривой сечения  $A-A$  (см. рис. 9.13); на торе с радиусом образующей  $R_3$  — части кривой Персея, аналогичной кривой сечения  $B-B$  (см. рис. 9.13); на цилиндре — отрезков прямых, параллельных оси; на торе с радиусом образующей  $R_4$  — части кривой Персея, аналогичной кривой сечения  $\Gamma-\Gamma$  (см. рис. 9.13). Зная вид линии среза и положение проекций характерных и крайних точек линий, можно ограничиться построением проекций минимального числа промежуточных точек. На рисунке 9.14 показаны построения проекций промежуточных точек на участках  $k'f'$ ,  $b'c'$ ,  $c'd'$ ,  $d'e'$ . Следует отметить, что точка  $l'$  симметрична точке  $c'$ , а точка  $2'$  наиболее удалена от оси. Справа от точки  $2'$  указана точка, симметричная точке  $l'$ .

(Пример детали с линией среза см. на рисунке 16.11.)

### 9.5. Пересечение прямой линии с поверхностью

Для построения точки пересечения прямой линии ( $AB$  на рис. 9.16) с кривой поверхностью ( $Q$ ) выполняют следующие построения:

*заключают прямую линию во вспомогательную проецирующую плоскость, например плоскость  $T$ ;*

*строят линию пересечения ( $CD$ ) вспомогательной проецирующей плоскости  $T$  с заданной поверхностью;*

*определяют точку пересечения ( $K$ ) прямой ( $AB$ ) с построенной линией пересечения ( $CD$ ).*

С замкнутой поверхностью прямая пересекается в двух и более точках. Если прямая пересекает поверхность в одной точке, то она обычно является касательной к поверхности.

Вспомогательную проецирующую плоскость, проводимую через прямую при построении точек пересечения прямой с поверхностью, стремятся выбрать так, чтобы она пересекала поверхность по линии, простейшей для построения на чертеже. Желательно, чтобы это были прямые или окружности.

Рассмотрим некоторые примеры.

**Построение точек пересечения прямой линии с цилиндром** (рис. 9.17). Для построения точек пересечения прямой  $AB$  общего положения с поверхностью наклонного кругового цилиндра выберем вспомогательную плоскость, параллельную оси цилиндра. Эта плоскость пересекает цилиндр по прямым — образующим, параллельным оси.

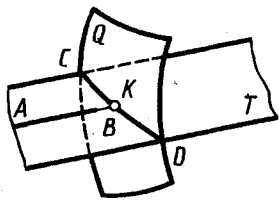


Рис. 9.16

В соответствии с общим планом решения задачи на рисунке 9.17 выполнены построения в следующем порядке:

прямая  $AB$  заключена во вспомогательную плоскость, параллельную оси цилиндра, для чего через проекции  $m'$ ,  $m$  произвольной точки  $M$  на прямой  $AB$  проведены проекции  $m'n'$ ,  $mn$  прямой  $MN$ , параллельной оси цилиндра. Проекции пересекающихся прямых  $AB$  и  $MN$  задают на чертеже вспомогательную плоскость;

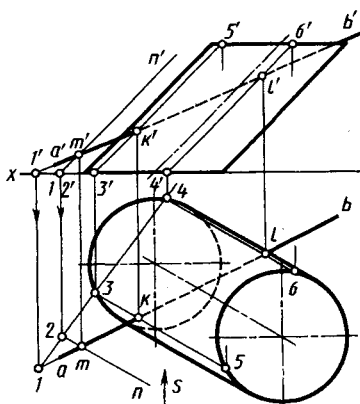


Рис. 9.17

построены проекции  $3'5'$ ,  $3-5$  и  $4'6'$ ,  $4-6$  линий пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью цилиндра. Для этого построена горизонтальная проекция линии пересечения вспомогательной плоскости с плоскостью основания цилиндра — плоскостью  $H$ , проходящая через проекции  $1$  и  $2$ , найдены точки с проекциями  $3$ ,  $4$  ее пересечения с окружностью основания цилиндра. Искомые проекции линий пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью цилиндра проходят через проекции  $3'$ ,  $3$  и  $4'$ ,  $4$  параллельно проекциям оси цилиндра — проекции  $3'5'$ ,  $3-5$  и  $4'6'$ ,  $4-6$ ;

Определены проекции  $k'$ ,  $k$  и  $l'$ ,  $l$  искомых точек  $K$  и  $L$  пересечения прямой  $AB$  с поверхностью цилиндра в пересечении проекций  $3'5'$  и  $4'6'$  с  $a'b'$  и  $3-5$  и  $4-6$  с  $ab$ ;

определена видимость для участков прямой  $AB$  с учетом того, что цилиндр непрозрачен. Зоны видимости на фронтальной проекции определены по положению горизонтальных проекций точек  $3$  и  $4$  цилиндра. При взгляде по стрелке  $S$  очевидно, что точки  $3$ ,  $5$  и соответственно образующая  $3-5$  видимы, а точки  $4$ ,  $6$  и образующая  $4-6$  невидимы. Соответственно на фронтальной проекции отрезок  $a'k'$  проекции прямой видим. Справа от точки  $k'$  прямая до точки  $l'$  проходит внутри цилиндра и справа от точки  $l'$  закрывается цилиндром, т. е. невидима. На горизонтальной проекции образующие  $3-5$  и  $4-6$  видимы, невидимая часть прямой  $AB$  — отрезок  $kl$ .

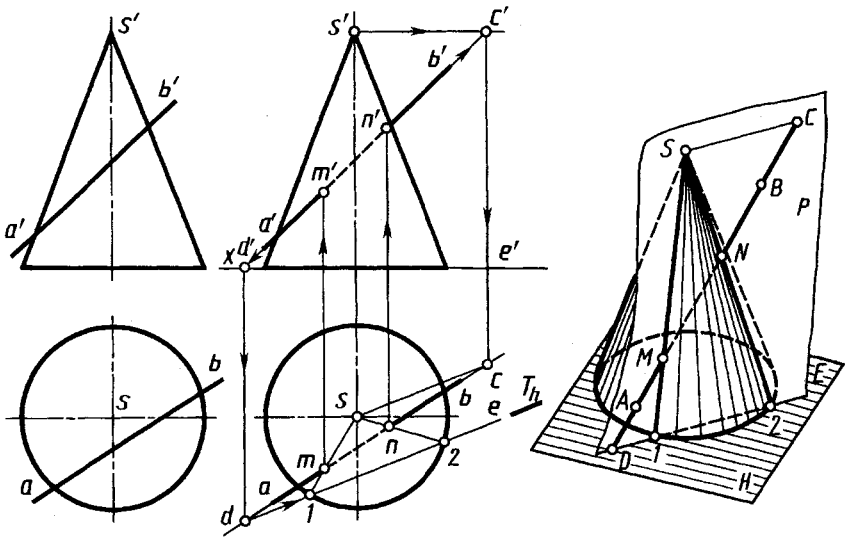


Рис. 9.18

**Построение точек пересечения прямой линии с конусом** (рис. 9.18). Чертеж конуса с проекциями вершин  $s, s'$  и прямой с проекциями  $a'b', ab$  приведен на рисунке 9.18, а. Для построения точек пересечения прямой и конуса используют вспомогательную плоскость. Плоскость, проходящая через вершину конуса и заданную прямую (плоскость  $P$  на рис. 9.18, б), пересекает конус по образующим. Плоскость  $P$  пересекает плоскость основания конуса по прямой  $DE$ , являющейся в данном случае горизонталью. Образующие, по которым плоскость  $P$  пересекает конус, определяются вершиной  $S$  и точками  $1$  и  $2$ . На этих образующих и получают точки  $M$  и  $N$ , в которых прямая пересекает поверхность конуса.

На рисунке 9.18, б плоскость  $P$  задана проекциями  $a'b', ab$  прямой  $AB$  и проекциями  $s'c', sc$  прямой, в данном случае горизонтальной, проведенной через вершину  $S$ , пересекающей прямую  $AB$  в точке  $C$  и параллельной плоскости основания конуса. Плоскость  $P$  пересекает плоскость основания конуса по прямой  $DE$ , параллельной  $SC$ . Построив проекции  $d'$  и  $d$ , проводим  $de \parallel sc$ . Образующие, по которым плоскость  $P$  пересекает поверхность конуса, изображены лишь горизонтальными проекциями  $s-1$  и  $s-2$ . В пересечении их с горизонтальной проекцией  $ab$  найдены горизонтальные проекции  $m$  и  $n$  точек пересечения, а по ним проекции  $m'$  и  $n'$ . На горизонтальной

проекция отрезок прямой между точками  $M$  и  $N$  закрыт поверхностью конуса. На фронтальной проекции образующие  $S-1$  и  $S-2$  видимы. Следовательно, невидимый отрезок прямой  $AB$  находится только между проекциями  $m'$  и  $n'$ .

**Построение точки пересечения прямой линии со сферой** (рис. 9.19). Используя вспомогательную секущую плоскость, проходящую через данную прямую, получают окружность. Искомые точки  $K$  и  $L$  получаются при пересечении этой окружности прямой линией. На рисунке 9.19 построения выполнены способом перемены плоскостей проекций. Дополнительную плоскость проекций  $S$  выбирают параллельной вспомогательной, например горизонтально-проецирующей плоскости  $R(R_h)$ . В этом случае линия пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью сферы проецируется на плоскость  $S$  в окружность с центром  $c_s$ , с которой проекция  $a_s b_s$  прямой линии пересекается в точках  $k_s$  и  $l_s$ . По ним строят горизонтальные  $k$  и  $l$  фронтальные  $k'$  и  $l'$  проекции искомых точек пересечения.

**Зоны видимости участков прямой  $AB$ .** На фронтальной проекции точки  $K$  ( $k'$ ) и  $L$  ( $l'$ ) видимы (они на передней полусфере). Следовательно, видимы в проекции лучи  $a'k'$  и  $l'b'$  прямой. Между точками  $k'$  и  $l'$  сфера закрывает прямую. На горизонтальной проекции видимым является луч  $lb$  прямой (точка  $L$  находится на верхней полусфере). Слева от проекции  $l$  горизонтальная проекция прямой закрыта сферой.

**Построение точки пересечения прямой линии с тором** (рис. 9.20). Построение выполняют, руководствуясь общим правилом. В качестве вспомогательной плоскости выбирают, например, горизонтально-проецирующую плоскость  $R(R_h)$ . Построение проекции линии пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью тора начинают

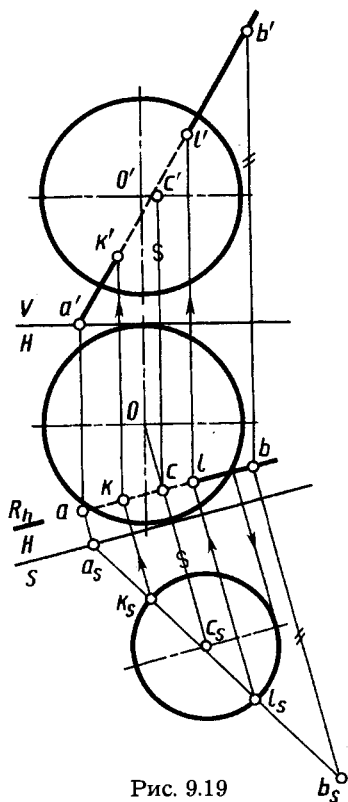


Рис. 9.19

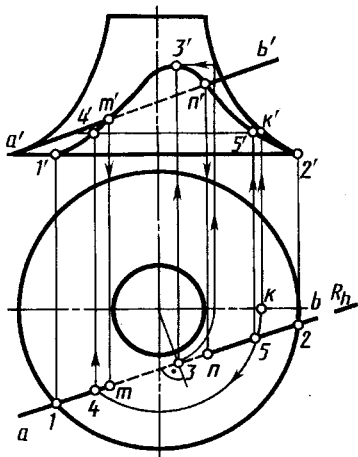


Рис. 9.20

обычно с построения проекций *характерных точек* 1', 1 — крайней левой и 2', 2 — крайней правой и 3', 3 — высшей точки. (Характерные точки линии пересечения — это высшие и низшие точки по отношению к плоскости  $H$ ; ближайшие и наиболее удаленные точки по отношению к наблюдателю; точки, проекции которых отделяют видимую часть проекции линии пересечения от невидимой; точки, лежащие в плоскости симметрии; точки пересечения трех поверхностей — при наличии трех и более пересекающихся поверхностей.) Для построения проекции 3' проводят

горизонтальную проекцию параллели тора, касательной к плоскости  $R$ , и на ее фронтальной проекции находят проекцию 3'. Проекции промежуточных точек линии пересечения, например точки 4', 4, 5', 5, находят с помощью параллели, проходящей через точку с проекциями  $k'$ ,  $k$ . Построенные фронтальные проекции точек соединяют плавной кривой линией, точки пересечения которой  $m'$  и  $n'$  с фронтальной проекцией  $a'b'$  прямой  $AB$  являются фронтальными проекциями искомым точек пересечения прямой  $AB$  с поверхностью тора. По ним в проекционной связи строят горизонтальные проекции  $m$  и  $n$  точек пересечения. Невидимый отрезок  $MN$  прямой  $AB$  проведен штриховой линией.

?

1. Как строят линию пересечения поверхности плоскостью?
2. По каким линиям пересекаются цилиндр вращения плоскостями?
3. В каком случае эллипс, получаемый при пересечении цилиндра вращения, ось которого вертикальна, фронтально-проецирующей плоскостью, проецируется на профильную плоскость проекций в окружность?
4. В чем заключается общий прием построения линии пересечения конической поверхности плоскостью?
5. Как надо провести плоскость, чтобы пересечь коническую поверхность по прямым линиям?

6. Какие кривые получаются при пересечении конуса вращения плоскостями?
7. Как строят малую ось эллипса, получаемого при пересечении конуса вращения плоскостью?
8. Как строят развертку боковой поверхности конуса вращения?
9. По каким линиям сферу пересекает любая плоскость и какие могут быть проекции этой линии?
10. В чем заключается способ построения сечения тора плоскостью?
11. Как должны быть направлены плоскости, пересекающие тор по окружностям?
12. Что мы понимаем под названием «кривая (линия) среза»?
13. В чем заключается общий прием построения точек пересечения прямой линии с кривой поверхностью?
14. Как провести вспомогательную секущую плоскость при пересечении конуса прямой линией, чтобы получить на поверхности конуса прямые линии?



## Глава десятая ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

### 10.1. Общие сведения о пересечении поверхностей

**Общие сведения.** Форма большинства сложных и ответственных деталей приборов и машин образована комбинацией различных элементарных тел, расположенных в пространстве так, что поверхности их пересекаются между собой. Поэтому важным этапом конструирования таких деталей является определение границ исходных поверхностей, которыми и являются линии их взаимного пересечения.

Выше уже рассмотрено построение линий пересечения некоторых поверхностей и тел между собой: двух плоскостей (4.2, 4.4), многогранников (6.6).

В данной главе рассмотрены общий прием построения линии пересечения двух криволинейных поверхностей между собой, а также некоторые частные случаи пересечения при различном взаимном расположении поверхностей и их положении относительно плоскостей проекций.

**Общий способ построения линии пересечения двух поверхностей между собой.** В общем случае линию пересечения двух поверхностей между собой строят по точкам, которые находят с помощью вспомогательных секущих поверхностей (или плоскостей).

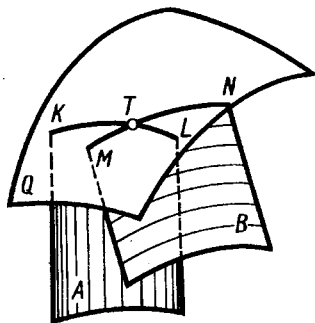


Рис. 10.1

Две криволинейные поверхности  $A$  и  $B$  (рис. 10.1) пересекаются третьей секущей вспомогательной поверхностью  $Q$ . Находят линии пересечения  $KL$  и  $MN$  вспомогательной поверхности с каждой из заданных. Точка  $T$  пересечения построенных линий  $KL$  и  $MN$  принадлежит линии пересечения заданных поверхностей  $A$  и  $B$ .

Повторяя такие построения многократно с помощью аналогичных вспомогательных поверхностей, находят необходимое число общих точек двух поверхностей для проведения линии их пересечения.

Сформулируем общее правило построения линии пересечения поверхностей:

*выбирают вид вспомогательных поверхностей;*

*строят линии пересечения вспомогательных поверхностей с заданными поверхностями;*

*находят точки пересечения построенных линий и соединяют их между собой плавной кривой.*

В качестве вспомогательных поверхностей выбирают такие, линии пересечения которых с заданными поверхностями проецируются на чертёж в графически простые линии — прямые, окружности. В качестве вспомогательных поверхностей можно, например, использовать плоскости или сферы. Рассмотрим их применение.

Заметим, что если одна из исходных поверхностей линейчатая, то задача построения линии пересечения в этом случае может быть сведена к построению точки пересечения прямой (образующей линейчатой поверхности) со второй заданной поверхностью (см. 9.5). При построениях применяют способы преобразования чертежа, если это упрощает и уточняет построения.

При построении точек линии пересечения поверхностей вначале находят те точки, которые называют характерными или опорными.

## **10.2. Применение вспомогательных секущих плоскостей**

Рассмотрим применение вспомогательных секущих плоскостей на примере построения линии пересечения сферы с конусом вращения (рис. 10.2).

Для построения линии пересечения заданных поверхностей удобно в качестве вспомогательных поверхностей использовать серию горизонтальных плоскостей, перпендикулярных оси конуса, которые пересекают сферу и конус по окружностям. На пересечении этих окружностей находят точки искомой линии пересечения.

Построение начинают обычно с отыскания проекций характерных точек. Проекции  $1'$  высшей и  $2'$  низшей точек являются точками пересечения фронтальных проекций очерков, так

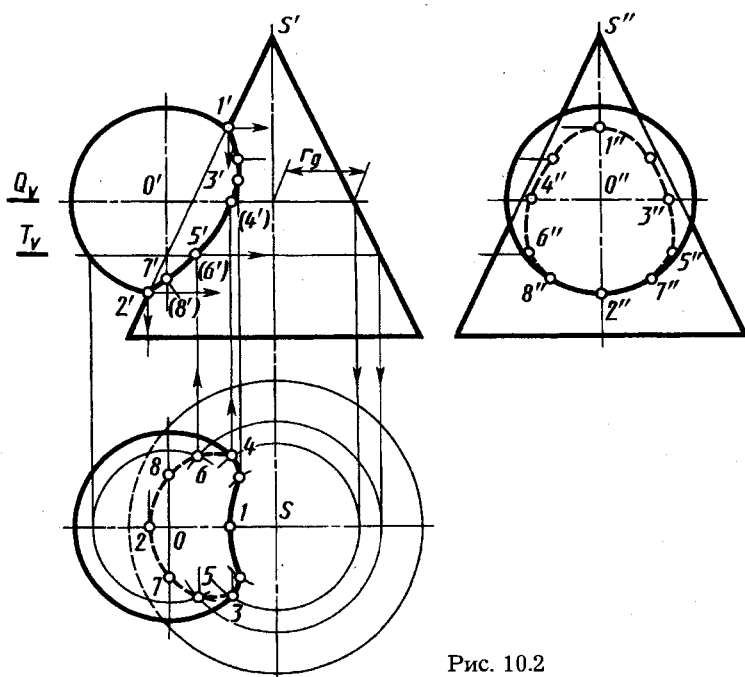


Рис. 10.2

как центр сферы и ось конуса лежат в плоскости, параллельной плоскости  $V$ . Их горизонтальные  $1, 2$  и профильные  $1', 2''$  проекции находят в проекционной связи. Проекции  $3', 3, 3''$  и  $4', 4, 4''$ , лежащие на экваторе сферы, находят с помощью горизонтальной плоскости  $Q$  ( $Q_v$ ), проходящей через центр сферы  $O$  ( $o'$ ). Она пересекает сферу по экватору и конус по окружности радиуса  $r_q$ , в пересечении горизонтальных проекций которых и находят горизонтальные проекции  $3, 4$  точек искомой линии пересечения. Горизонтальные проекции  $3$  и  $4$  этих точек являются границами видимости участков линии пересечения на этой проекции. Проекции промежуточных точек, например  $5', 5, 5''$  и  $6', 6, 6''$ , находят с помощью вспомогательной горизонтальной плоскости  $T$  ( $T_v$ ). Их построение ясно из чертежа. Аналогично построены другие точки. Профильные проекции точек линии пересечения строят по их фронтальной и горизонтальной проекциям. Точки с проекциями  $7', 7, 7''$  и  $8', 8, 8''$  являются границами видимости участков профильной проекции линии пересечения. Ниже проекций  $7''$  и  $8''$  профильная проекция линии пересечения видима. Точное построение проекций этих точек см. на рисунке 10.5.

### 10.3. Применение вспомогательных сфер с постоянным центром

**Общие положения.** Известно, что если ось поверхности вращения проходит через центр сферы и сфера пересекает эту поверхность, то линия пересечения сферы и поверхности вращения — окружность, плоскость которой перпендикулярна оси поверхности вращения. При этом, если ось поверхности вращения параллельна плоскости проекций, то линия пересечения на эту плоскость проецируется в отрезок прямой линии. На рисунке 10.3 показана фронтальная проекция пересечения сферой радиуса  $R$  поверхностей вращения — конуса, тора, цилиндра, сферы, оси которых проходят через центр сферы радиуса  $R$  и параллельны плоскости  $V$ . Окружности, по которым пересекаются указанные поверхности вращения с поверхностью сферы, проецируются на плоскость  $V$  в виде отрезков прямых. Это свойство используют для построения линии взаимного пересечения двух поверхностей вращения с помощью вспомогательных сфер. При этом могут быть использованы концентрические и неконцентрические сферы. В данном параграфе рассмотрим применение вспомогательных концентрических сфер — сфер с постоянным центром.

Способ секущих сфер с постоянным центром для построения линии пересечения двух поверхностей применяют при следующих условиях:

- 1) обе пересекающиеся поверхности — поверхности вращения;
- 2) оси поверхностей вращения пересекаются; точку пересечения принимают за центр вспомогательных (концентрических) сфер;
- 3) плоскость, образованная осями поверхностей (плоскость симметрии), должна быть параллельна плоскости проекций. В случае, если это условие не соблюдается, то, чтобы его обеспечить, прибегают к способам преобразования чертежа.

Способ вспомогательных сфер с постоянным центром, показанный

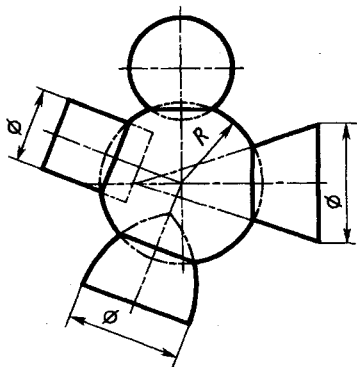


Рис. 10.3

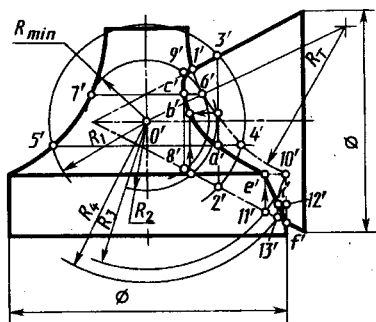


Рис. 10.4

на рисунке 10.4, применен для построения линии пересечения кругового конуса с поверхностью, состоящей из тора и цилиндра. Тор и цилиндр имеют общую ось вращения, пересекающуюся с осью конуса в точке с проекцией  $o'$ . Обе оси принадлежат плоскости, параллельной плоскости  $V$  (фронтальной плоскости).

### Построение линии пересечения конуса с тором.

Заметим, что линия пересечения конуса с тором в данном случае симметрична относительно фронтальной плоскости, проходящей через оси пересекающихся поверхностей. Фронтальные проекции видимого и невидимого участков линии пересечения совпадают. Поэтому в дальнейшем изложении будут указываться построения проекций только видимых точек линии пересечения. Характерными точками искомой линии пересечения являются высшая с проекцией  $1'$ , низшая с проекцией  $e'$  и ближайшая к оси тора с проекцией  $c'$ . Проекция  $1'$  определяется точкой пересечения фронтальных проекций очерков тора и конуса. Проекция  $e'$  построена с помощью сферы  $R_3$ . Она пересекает тор и цилиндр по окружности, проецирующейся в отрезок прямой, проходящей через проекцию  $10'$  перпендикулярно их оси, и конус по окружности, проецирующейся в отрезок прямой, проходящей через проекцию  $11'$  перпендикулярно оси конуса. Проекция  $c'$  построена с помощью вспомогательной сферы минимального радиуса  $R_{min}$ . Его находят как радиус сферы, касательной к одной из поверхностей вращения и пересекающей другую. В данном случае радиус такой сферы определен проекцией  $b'$ , в которой проекция образующей окружности  $R_T$  тора пересекает линию  $o'o'_1$ . Сфера радиуса  $R_{min}$  касается тора по окружности с проекцией  $6'7'$  и пересекает конус по окружности с проекцией  $8'9'$ . Для построения проекции  $a'$  произвольной точки линии пересечения конуса и тора пересечем их сферой  $R_1$  с центром в точке с проекцией  $o'$ . Эта сфера пересекает конус по окружности с проекцией в виде отрезка  $2'3'$ , тор по окружности с проекцией в виде отрезка  $4'5'$ . В пересечении этих проекций находим проекцию  $a'$ . Аналогично строят про-

екцию любых других точек линии пересечения, например проекцию  $b'$  с помощью вспомогательной сферы радиуса  $R_2$ .

**Построение линии пересечения конуса с цилиндром.** Характерными точками искомой линии пересечения являются высшая с проекцией  $e'$  и низшая с проекцией  $f'$  — точки пересечения фронтальных проекций очерков цилиндра и конуса. Проекция  $k'$  произвольной точки этой линии построена с помощью сферы радиуса  $R_4$ . Она пересекает цилиндр и конус по окружностям, проецирующимся в отрезки прямых, проходящих через проекции  $l_2'$  и  $l_3'$ .

В некоторых случаях, когда при введении вспомогательных плоскостей характерные точки можно построить только путем построения сложной кривой (например, для построения проекций точек 7 и 8 на рис. 10.5 потребуется построить гиперболу от сечения плоскостью  $T (T_v)$ ), применение вспомогательных сфер может существенно упростить построение. Для построения проекций точек 7 и 8 удобно применить сферу радиуса  $R$  с центром с проекцией  $o'$  в точке пересечения оси конической поверхности и оси сферы, перпендикулярной

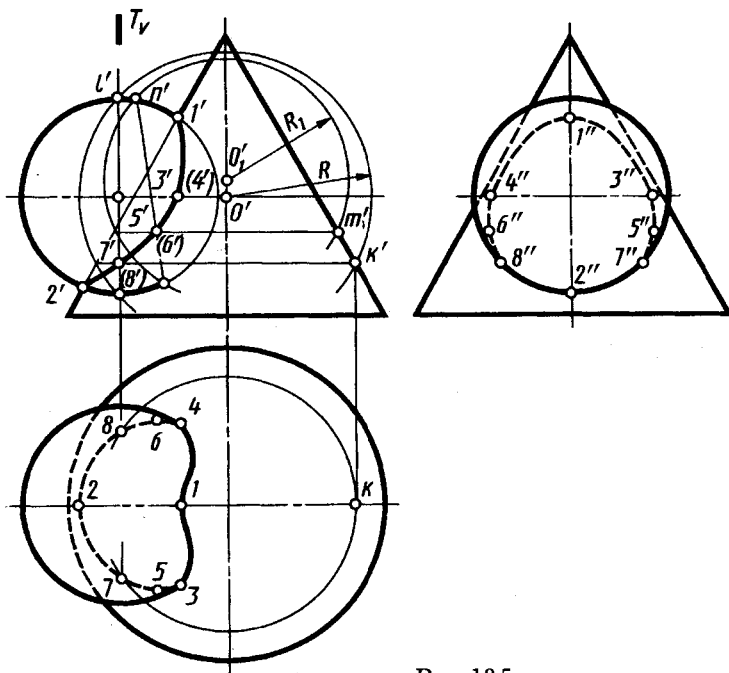


Рис. 10.5

плоскости  $W$ . Радиус  $R$  секущей сферы выбран таким, чтобы она пересекала заданную сферу по ее профильному меридиану, проходящему через точку с проекцией  $l'$ . Коническую поверхность сфера радиуса  $R$  пересекает по окружности, проходящей через точку с проекциями  $k'$ ,  $k$ . Фронтальные проекции  $7'$  и  $8'$  искомых точек являются точками пересечения фронтальных проекций окружностей в виде отрезков прямых, проходящих через точки  $l'$  и  $k'$ . Построение горизонтальных  $7$  и  $8$  проекций на горизонтальной проекции окружности, проходящей через точку  $K$ , и профильных  $7''$  и  $8''$  проекций на профильной проекции очерка сферы ясно из чертежа.

**Влияние соотношения размеров поверхностей на линию их пересечения.** Зависимость линии пересечения поверхностей вращения от соотношения между собой их размеров рассмотрена на примерах пересечения двух цилиндров и цилиндра с конусом.

Изменения проекции линии пересечения вертикального и горизонтального цилиндров в зависимости от изменения соотношений диаметров  $d_1$  вертикального и  $d_2$  горизонтального цилиндров наглядно видны на рисунке 10.6. С приближением значения диаметра  $d_1$  вертикального цилиндра к диаметру  $d_2$  горизонтального цилиндра (рис. 10.6, б) линия пересечения все больше прогибается вниз (точка  $B$  опускается). При равенстве диаметров (рис. 10.6, в), т. е. касании цилиндров одной сферой на линии пересечения в точке  $B$ , возникает перелом, а плавная линия пересечения превращается в две плоские эллиптические кривые, которые проецируются в два отрезка и плоскости которых пересекаются между собой под прямым углом. При дальнейшем увеличении (рис. 10.6, г) диаметра  $d_1$  вертикального цилиндра ( $d_1 > d_2$ ) общее направление линии их пересечения изменяется. Такое изменение в данном случае равносильно повороту ранее приведенных изображений, например (рис. 10.6, б), на  $90^\circ$ .

Изменение проекции линии пересечения прямых круговых конуса и цилиндра в зависимости от угла при вершине конуса показано на рисунке 10.7. В случаях, показанных на рис. 10.7, а, б, пересечение конуса с цилиндром происходит по линии 4-го порядка. Она проецируется на плоскость проекций, параллельную плоскости симметрии, в гиперболу и разделяет конус на две части, одна из которых прилегает к вершине, другая — к основанию (конус «врезается» в цилиндр).

В случае, показанном на рис. 10.7, в, конус и цилиндр касаются одной сферой и пересекаются по двум плоским пересека-

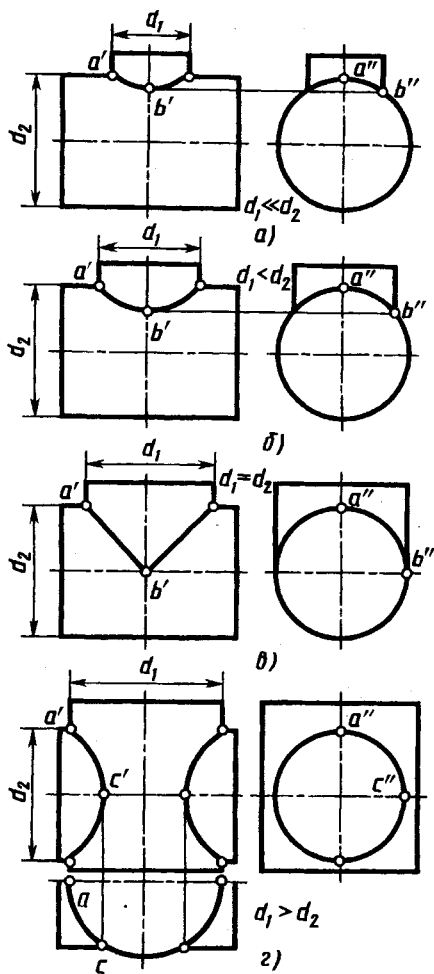


Рис. 10.6

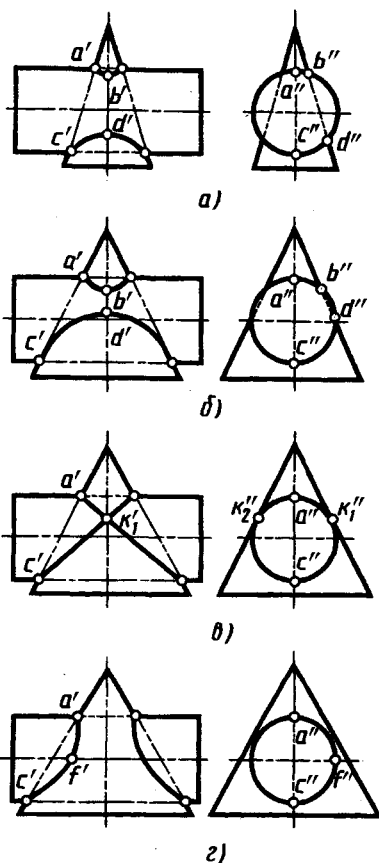


Рис. 10.7

ющимся между собой кривым 2-го порядка, проецирующимся в отрезки прямых. В случае, показанном на рис. 10.7, з, линии их пересечения разделяют цилиндр на две части (цилиндр «врезается» в конус).

#### 10.4. Применение вспомогательных сфер с переменным центром

Способ секущих сфер с переменным центром для построения линии пересечения двух поверхностей применяют при следующих условиях:





которых лежат на перпендикуляре—линии центров, проведенном из точки с проекцией  $3'$  центра кругового сечения к плоскости окружности с проекцией  $1'2'$ . Выберем (рис. 10.8, б) из сфер такую, центр которой с проекцией  $o_1'$  находится в точке пересечения линии центров сфер и оси конуса  $SO$  ( $s'o'$ ). Эта сфера радиусом  $R_1 = o_1'1' = o_1'2'$  пересекает конус по окружности, проецирующейся в отрезок  $4'5'$ . Окружности с проекциями  $1'2'$  и  $4'5'$  лежат на поверхности одной вспомогательной сферы радиуса  $R_1$  и пересекаются между собой в двух точках, фронтальные проекции которых совпадают. На чертеже отмечена проекция  $b'$  видимой точки. Проекция последующих точек строят аналогично. Точка с проекцией  $d'$  построена с помощью вспомогательной сферы радиуса  $R_2$ . Проекция  $o_2'$  ее центра построена в пересечении проекции оси конуса с проекцией линии центров сфер к круговому сечению с проекцией  $6'7'$  — перпендикуляром из проекции  $8'$  к плоскости этого кругового сечения.

Отметим, что центр  $O_2$  второй сферы сместился относительно центра  $O_1$  первой сферы. Каждому круговому сечению наклонного цилиндра, используемому для построения линии пересечения, соответствует свой центр на оси конуса. Это и является основанием для названия способа — способ сфер с переменным центром.

Сфера радиуса  $R_2$  использована и для построения точки с проекцией  $l'$ .

Горизонтальные проекции точек линии пересечения строят или с помощью одноименных образующих цилиндра, или на одноименных проекциях его круговых сечений.

**Построение линии пересечения прямого кругового конуса и тора, оси которых скрещиваются** (рис. 10.9). Ось конуса параллельна плоскости  $V$ , ось тора перпендикулярна плоскости  $V$ , окружность центров осевых круговых сечений тора и ось конуса лежат в одной плоскости, параллельной плоскости  $V$ .

Две очевидные характерные точки: высшая с проекцией  $a'$  и низшая  $d'$  — являются точками

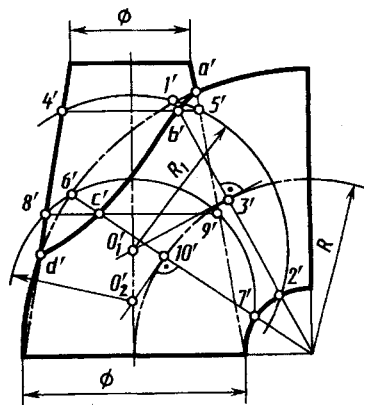


Рис. 10.9

пересечения проекций очерков тора и конуса. Для построения проекций промежуточных точек, например проекции  $b'$ , выполняют следующие построения. Выбирают на поверхности тора окружность, например с проекцией  $1'2'$  с центром в точке с проекцией  $3'$ . Перпендикуляр к плоскости этой окружности из точки с проекцией  $3'$  является линией центров множества сфер, которые пересекают тор по окружности с проекцией  $1'2'$ . Из множества этих сфер выбирают сферу с центром на оси конуса. Его проекция  $o'_1$ . Эта сфера радиусом  $R_1$  пересекает конус по окружности с проекцией  $4'5'$ . Пересечение проекций  $1'2'$  и  $4'5'$  является проекцией пары общих точек тора и конуса, т.е. линии их пересечения. На чертеже обозначена проекция  $b'$  одной из указанных точек — точки на видимом участке линии пересечения.

Построение проекций второй пары точек линии пересечения, из которых обозначена проекция  $c'$ , выполнено с помощью отрезка  $6'7'$  — проекции окружности на поверхности тора. Вспомогательная сфера для построения проекции  $c'$  — сфера радиуса  $R_2$  с центром, проекция которого  $o'_2$ . Конус эта сфера пересекает по окружности с проекцией  $8'9'$ . В пересечении проекций  $6'7'$  и  $8'9'$  окружностей находим проекцию  $c'$  искомой точки и симметричной ей на невидимой части пересекающихся поверхностей.

### 10.5. Некоторые особые случаи пересечения поверхностей

В некоторых случаях расположение, форма или соотношения размеров криволинейных поверхностей таковы, что для изображения линии их пересечения никаких сложных построений не требуется. К ним относятся пересечения цилиндров с параллельными образующими, конусов с общей вершиной, соосных поверхностей вращения, поверхностей вращения, описанных вокруг одной сферы.

Изображения пересечения цилиндров с параллельными образующими приведены на рисунке 10.10 слева, конусов с общей вершиной — справа.

**Соосные поверхности вращения.** Изображения пересечений соосно расположенных различных поверхностей вращения приведены на рис. 10.11. Конус, пересекающийся с двумя цилиндрами разного диаметра (рис. 10.11, *a*), часто используют при конструировании как переход от одного диаметра к другому.

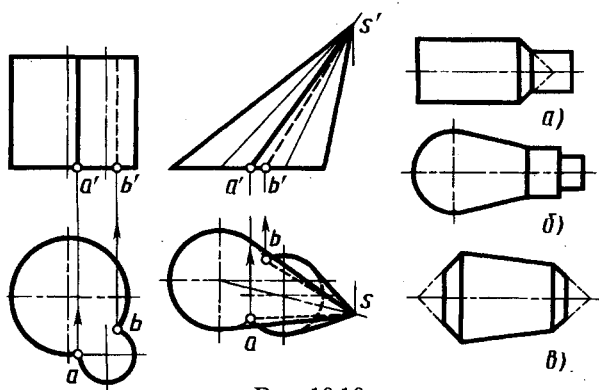


Рис. 10.10

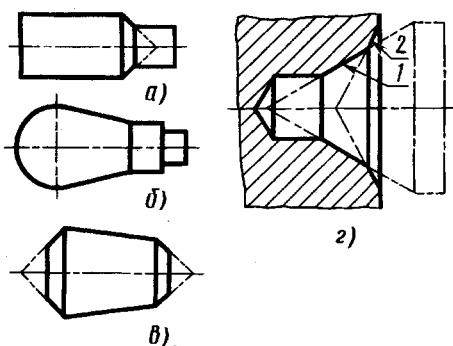


Рис. 10.11

Конус, сопряженный со сферой, с переходом на цилиндры (рис. 10.11, б), широко используют в качестве деталей механизмов управления — рукояток.

Комбинацию из трех соосных пересекающихся конусов (рис. 10.11, в) применяют при конструировании деталей, называемых штифтами или роликами. Крайние конические поверхности, называемые фасками, служат для упрочнения кромки детали и предохранения тем самым от забоин основной рабочей конической поверхности. Комбинация из пересекающихся трех соосных конусов образует центровое гнездо для обработки деталей в центрах. Для предохранения от повреждений рабочей конической поверхности 1 при соприкосновении (ударах) с другими деталями служит наружный конус 2.

**Пересечение поверхностей, описанных вокруг одной сферы** (рис. 10.12). В этом случае линиями пересечения поверхнос-

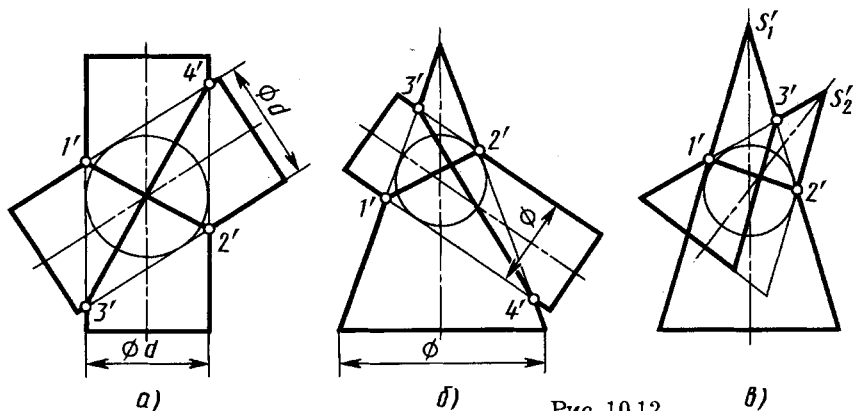


Рис. 10.12

тей 2-го порядка являются две плоские кривые 2-го порядка, изображаемые на плоскости, параллельной осям поверхностей, в виде прямолинейных отрезков. Выше уже были приведены некоторые примеры таких пересечений.

Другие примеры изображения линии пересечения поверхностей вращения, описанных вокруг одной сферы, рассмотрены на рисунке 10.12.

В случаях, показанных на рис. 10.12 *а, б*, поверхности двух цилиндров, конуса и цилиндра пересекаются по двум эллипсам с проекциями  $1'2'$  и  $3'4'$ .

В случае, показанном на рис. 10.12, *в*, пересечения конусов с вершинами  $S_1$  и  $S_2$ , у которых имеются две параллельные образующие, линии пересечения — эллипс с проекцией  $1'2'$  и парабола с вершиной в точке с проекцией  $3'$ .

Рассмотренные примеры пересечения двух поверхностей вращения, описанных вокруг одной сферы, являются частными случаями, следующими из теоремы Монжа: две поверхности 2-го порядка, описанные около третьей поверхности 2-го порядка (или в нее вписанные), пересекаются между собой по двум кривым 2-го порядка, плоскости которых проходят через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания.

**Пересечение поверхностей, когда одна из них проецирующая** (рис. 10.13). Если одна из пересекающихся поверхностей проецирующая, то задача построения линии пересечения двух поверхностей упрощается и сводится к построению недостающих проекций кривой линии на одной из поверхностей по одной заданной проекции линии (см. 8.3). На рисунке 10.13 горизонтальная проекция линии пересечения прямого кругового цилиндра и сферы совпадает с горизонтальной проекцией цилиндра. Фронтальная и профильная проекции линии построены по их принадлежности сфере с помощью проекций вспомогательных линий на сфере. Отметим характерные (опорные) точки линии пересечения, пользуясь горизонтальной проекцией. Высшая и низшая точки (их проекции  $2', 2, 2''$  и  $1', 1, 1''$ ) лежат в плоскости симметрии фигуры, проходящей через центр сферы с проекциями  $o', o$  и ось цилиндра с проекциями  $o'_1, o'_1, o_1$ . Горизонтальная проекция плоскости симметрии — прямая, проходящая через проекции  $o$  и  $o_1$ . В пересечении этой прямой с проекцией цилиндра отмечаем горизонтальные проекции  $2$  и  $1$  высшей и низшей точек линии пересечения. Заметим, что точка  $2$  — ближайшая

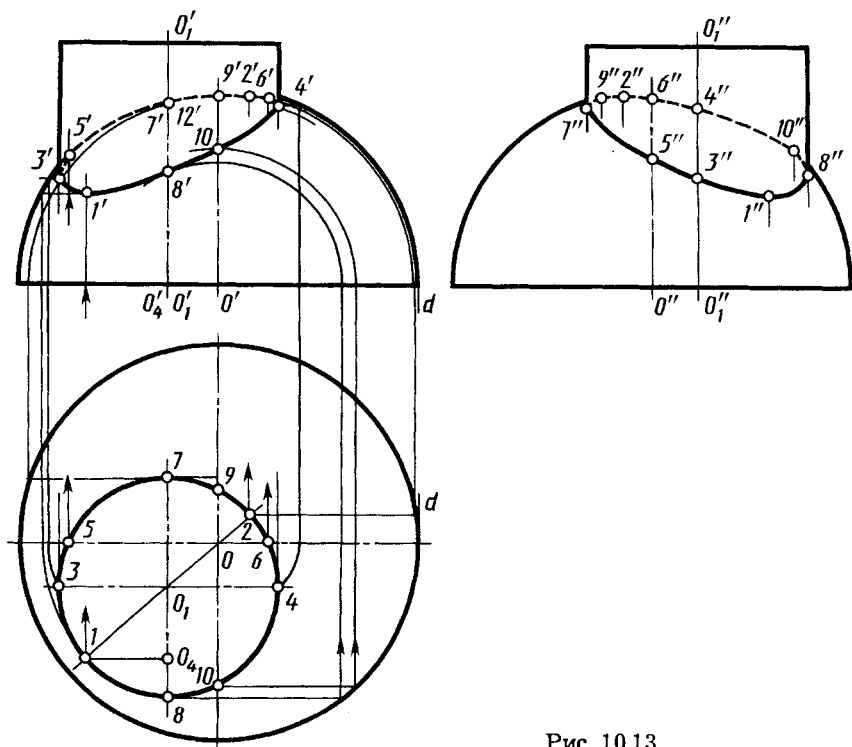


Рис. 10.13

к высшей точке сферы, а точка  $1$  — наиболее удаленная от нее. Точки  $3$  и  $4$  — крайние левая и правая на фронтальной и горизонтальной проекциях, их профильные проекции  $3''$ ,  $4''$  на проекциях образующих, совпадающих с проекцией оси цилиндра. Точки  $5$  и  $6$  находятся на главном меридиане сферы, их фронтальные проекции  $5'$  и  $6'$  — на фронтальном очерке сферы, профильные  $5''$  и  $6''$  — на профильной проекции вертикальной оси сферы. Точки  $7$  и  $8$  — ближайшая к плоскости  $V$  и наиболее удаленная от нее, их фронтальные проекции  $7'$  и  $8'$  — на проекции оси цилиндра, а профильные  $7''$  и  $8''$  — на крайних левой и правой проекциях образующих. Точки  $9$  и  $10$  имеют проекции  $9'$  и  $10'$  на фронтальной проекции вертикальной оси сферы, проекции  $9''$  и  $10''$  — на профильной проекции очерка сферы.

Рассмотренные особенности характерных точек позволяют легко проверить правильность построения линии пересечения поверхностей, если она построена по произвольно выбранным

точкам. В данном случае десяти точек достаточно для проведения плавных проекций линии пересечения. При необходимости может быть построено любое количество промежуточных точек.

Проекция  $1'$  нижней точки построена с помощью проекций параллели сферы. Проекция  $2'$  верхней точки построена с помощью проекций окружности радиуса  $o'd'$  на поверхности сферы, плоскость которой параллельна плоскости  $V$ . Аналогичные построения остальных проекций точек линии пересечения ясны из чертежа.

Построенные точки соединяют плавной линией с учетом особенностей их положения и видимости.



1. В чем заключается общий способ построения линии пересечения двух поверхностей?
2. Какие точки линии пересечения поверхностей называют характерными?
3. В каких случаях для построения линии пересечения одной поверхности другой рекомендуется применять вспомогательные секущие плоскости, параллельные плоскостям проекций?
4. В каких случаях возможно и целесообразно применять вспомогательные секущие сферы?
5. По каким линиям пересекаются между собой:
  - а) цилиндрические поверхности, образующие которых параллельны между собой;
  - б) конические поверхности с общей вершиной?
6. Какие линии пересечения получаются при взаимном пересечении двух поверхностей вращения, описанных вокруг общей для них сферы?
7. По каким линиям пересекаются между собой соосные поверхности вращения?

## АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

При изложении настоящего курса для наглядного изображения расположенных в пространстве относительно выбранных плоскостей проекций точек, линий, плоскостей, многогранников, сечений конической поверхности плоскостями использовались проекции, называемые *аксонометрическими* (от древнегреческого «аксон» — ось, «метрио» — измеряю) или *аксонометрией* (см. рис. 1.22, 2.1, 3.2, 4.10, 7.3 и др.). Их часто используют для наглядного изображения конструкций приборов, машин на чертеже, особенно на начальных этапах конструирования.

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

При параллельном проецировании, если направление проецирования перпендикулярно к аксонометрической плоскости проекций, аксонометрическую проекцию называют прямоугольной, если направление проецирования не перпендикулярно к плоскости проекций, аксонометрическую проекцию называют косоугольной. В прямоугольной аксонометрической проекции оси присоединенных прямоугольных координат располагают непараллельно плоскости аксонометрических проекций.

Применяемые в отечественной конструкторской документации аксонометрические проекции стандартизованы в ГОСТ 2.317—69.

Рассмотрим образование аксонометрической проекции на примере изображения параллелепипеда с квадратным основанием (рис. 11.1) путем последовательного преобразования его ортогональных проекций вместе с осями. При повороте параллелепи-



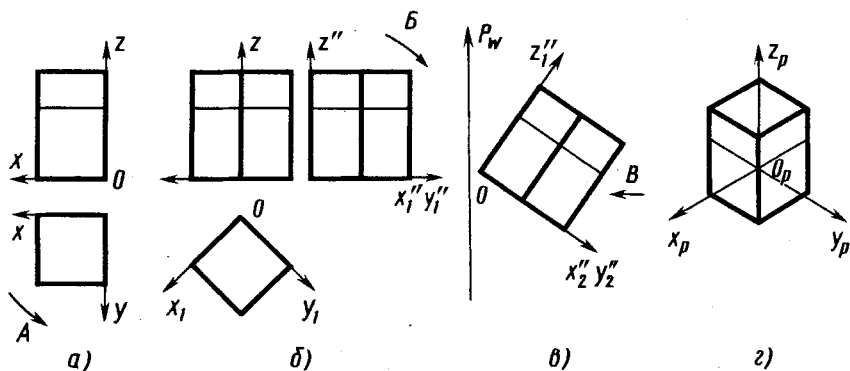


Рис. 11.1

педа (рис. 11.1, а) с осями  $x$  и  $y$  вокруг оси  $z$  по стрелке  $A$  на  $45^\circ$  получаем его изображение (рис. 11.1, б) с повернутыми осями  $x_1$  и  $y_1$  и сохранившейся вертикальной осью  $z$ . При повороте изображения на профильной проекции с осями  $z''$ ,  $x_1''$ ,  $y_1''$  по стрелке  $B$  на угол  $30^\circ$  получаем изображение (рис. 11.1, в) с осями  $z_1''$ ,  $x_2''$ ,  $y_2''$ , расположенными под некоторыми углами к картинной плоскости  $P(P_w)$ . Параллельная проекция (рис. 11.1, г) по стрелке  $B$  на плоскости  $P$  и является аксонометрической проекцией параллелепипеда с осями на плоскости  $P$ . Аксонометрическую плоскость при этом не обозначают (ею является плоскость бумаги).

Проекции осей координат  $x_p$ ,  $y_p$ ,  $z_p$  на плоскости аксонометрических проекций называют *аксонометрическими осями* (в дальнейшем индекс « $p$ » будет опускаться).

При различном взаимном расположении осей координат в пространстве и плоскости аксонометрической проекции и при разных направлениях проецирования можно получить множество аксонометрических проекций, отличающихся друг от друга направлением аксонометрических осей и масштабами по ним. Это положение доказано теоремой К. Польке, которая утверждает:

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

Рассмотрим направление аксонометрических осей и масштабы по ним для направления проецирования, перпендикулярного аксонометрической плоскости проекций, т. е. для прямоугольной аксонометрической проекции.

**Коэффициент искажения.** На рисунке 11.2 изображена пространственная система ортогональных координат  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ,

единичные отрезки  $e$  на осях координат и их проекции в направлении  $S$  на некоторую плоскость  $P$ , являющуюся аксонометрической плоскостью проекций. Проекции  $e_x, e_y, e_z$  отрезка  $e$  на соответствующих аксонометрических осях  $O_p x_p, O_p y_p, O_p z_p$  в общем случае не равны отрезку  $e$  и не равны между собой. Отрезки  $e_x, e_y, e_z$  являются единицами измерения по аксонометрическим осям — аксонометрическими единицами (аксонометрическими масштабами).

Отношения

$$\frac{e_x}{e} = k; \quad \frac{e_y}{e} = m; \quad \frac{e_z}{e} = n$$

называют коэффициентами искажения по аксонометрическим осям.

В частном случае положение картинной плоскости можно выбрать таким, что аксонометрические единицы — отрезки  $e_x, e_y, e_z$  — будут все равны между собой или будет равна между собой пара этих отрезков.

При  $e_x = e_y = e_z$  ( $k = m = n$ ) аксонометрическую проекцию называют *изометрической*; искажения по всем осям в ней одинаковы. При равенстве аксонометрических единиц по двум осям, обычно при  $e_x = e_z \neq e_y$  ( $k = n \neq m$ ), имеем *диметрическую* проекцию. Если  $e_x \neq e_y \neq e_z$ , то проекцию называют *триметрической*.

Картинная плоскость  $P$  на рисунке 11.3 изображена так, что она пересекает все три координатные оси  $Ox, Oy, Oz$  в точках  $x, y, z$  соответственно. Рассмотрим прямоугольную аксонометрию. В этом случае отрезок  $OO_p$  перпендикулярен плоскости  $P$ . Отрезки  $O_p x, O_p y, O_p z$  являются аксонометрическими проекциями отрезков  $Ox, Oy, Oz$  и представляют собой катеты прямоугольных треугольников, гипотенузы которых —

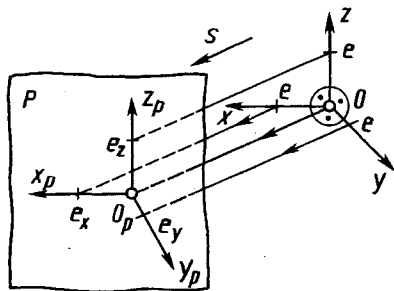


Рис. 11.2

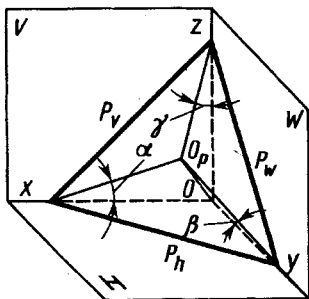


Рис. 11.3

отрезки  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ . Обозначим углы между осями координат и их проекциями на плоскости  $P$  через  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

Тогда

$$\frac{O_p x}{Ox} = \cos \alpha; \quad \frac{O_p y}{Oy} = \cos \beta; \quad \frac{O_p z}{Oz} = \cos \gamma.$$

Эти отношения являются коэффициентами искажения, т. е.

$$k = \cos \alpha; \quad m = \cos \beta; \quad n = \cos \gamma.$$

Известно, что для отрезка  $OO_p \perp P$  сумма квадратов направляющих косинусов равна единице:

$$\cos^2 (\pi/2 - \alpha) + \cos^2 (\pi/2 - \beta) + \cos^2 (\pi/2 - \gamma) = 1.$$

Отсюда

$$\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta + \sin^2 \gamma = 1$$

или

$$1 - \cos^2 \alpha + 1 - \cos^2 \beta + 1 - \cos^2 \gamma = 1.$$

Тогда

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 2$$

или

$$k^2 + m^2 + n^2 = 2,$$

т. е. сумма квадратов коэффициентов искажения равна 2.

**Изометрическая проекция.** В изометрической проекции все коэффициенты равны между собой:

$$k = m = n; \quad k^2 + m^2 + n^2 = 2.$$

Тогда

$$3k^2 = 2,$$

откуда

$$k = \sqrt{2/3} \approx 0,82.$$

Следовательно, при построении изометрической проекции размеры предмета, откладываемые по аксонометрическим осям, умножают на 0,82. Такой перерасчет размеров неудобен. Поэтому изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют без уменьшения размеров (искажения) по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , т. е. используют приведенный коэффициент искажения, который принимают равным 1. Получаемое при этом изображение предмета в изометрической проекции имеет несколько боль-

шие размеры, чем в действительности. Увеличение в этом случае составляет 22% (выражается числом  $1,22 = 1 : 0,82$ ).

Каждый отрезок, направленный по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  или параллельно им, сохраняет свою величину.

Расположение осей изометрической проекции показано на рисунке 11.4. На рисунках 11.5, а, 11.6, а показаны ортогональные, а на рисунках 11.5, б, 11.6, б — изометрические проекции точки  $A$  и отрезка  $AB$ .

**Шестигранная призма в изометрии.** Построение шестигранной призмы по данному чертежу в системе ортогональных проекций (слева на рис. 11.7) приведено на рисунке 11.7. На изометрической оси  $z$  откладывают высоту  $H$ , проводят линии, параллельные осям  $x$  и  $y$ . Отмечают на линии, параллельной оси  $x$ , положение точек 1 и 4.

Для построения точки 2 определяют координаты этой точки на чертеже —  $x_2$  и  $y_2$  — и, откладывая эти координаты на аксонометрическом изображении, строят точку 2. Таким же образом строят точки 3, 5 и 6.

Построение точки верхнего основания соединяют между собой, проводят ребро из точки 1 до пересечения с осью  $x$ ,

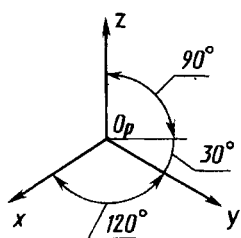


Рис. 11.4

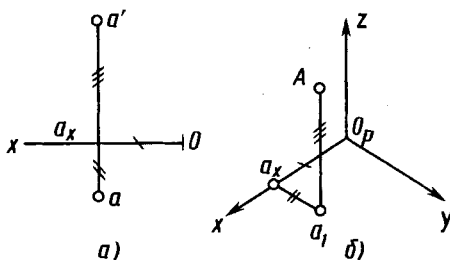
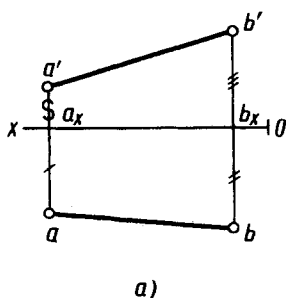
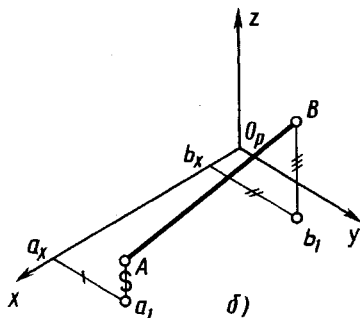


Рис. 11.5



а)



б)

Рис. 11.6

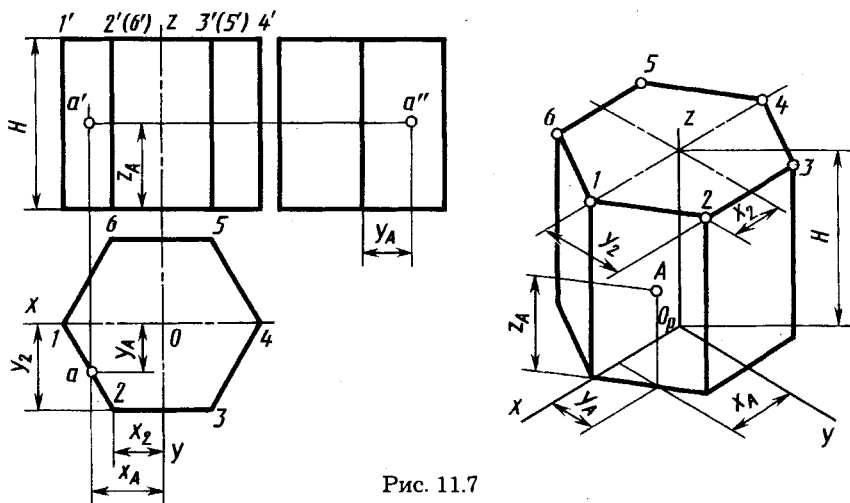


Рис. 11.7

затем — ребра из точек 2, 3, 6. Ребра нижнего основания проводят параллельно ребрам верхнего. Построение точки  $A$ , расположенной на боковой грани, по координатам  $x_A$  (или  $y_A$ ) и  $z_A$  очевидно из рисунка 11.7.

**Диметрическая проекция.** Коэффициенты искажения в диметрической проекции выбирают следующими:

$$k = n; \quad m = 1/2 k.$$

Тогда

$$2k^2 + 1/4 k^2; \quad k = \sqrt{8/9} \approx 0,94;$$

$$m \approx 0,47.$$

В целях упрощения построений, как и в изометрических проекциях, приведенный 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 откладывают в натуральную величину, по оси  $y$  размеры уменьшают вдвое.

Увеличение в этом случае составляет 6% (выражается числом  $1,06 = 1 : 0,94$ ).

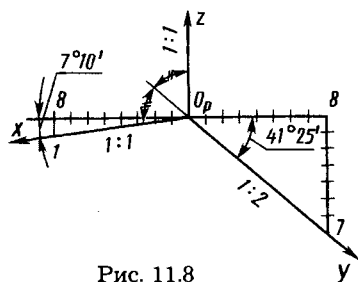


Рис. 11.8

Расположение осей  $Ox$  и  $Oy$  в диметрической проекции показано на рисунке 11.8. С достаточной для практических целей точностью оси  $x$  и  $y$  строят по тангенсам углов:

$$\operatorname{tg} 7^{\circ}10' \approx 1/8; \quad \operatorname{tg} 42^{\circ}25' \approx 7/8.$$

Продолжение оси  $y$  за центр  $O_p$  является биссектрисой угла  $xO_pz$ , что также может быть использовано для построения оси  $y$ .

**АксонOMETрические изображения окружности.** Окружности в аксонометрической проекции приведены на рисунке 11.9 (построение предложено Ю.Б. Ивановым), в диметрической — на рисунке 11.10 с указанием соответствующих значений величин осей эллипсов для приведенных коэффициентов искажения, равных 1.

Большая ось эллипсов расположена под углом  $90^{\circ}$  для эллипсов, лежащих:

- в плоскости  $xOz$  — к оси  $y$ ,
- в плоскости  $yOz$  — к оси  $x$ ,
- в плоскости  $xOy$  — к оси  $z$ .

При выполнении аксонометрического изображения от руки (как рисунка) построение эллипсов, как в изометрии, так и в диметрии, выполняют по 8 точкам. Например, по точкам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 (см. рис. 11.9). Точки 1, 2, 3 и 4 находят на соответствующих аксонометрических осях, а точки 5, 6, 7 и 8 строят по величинам соответствующих большой и малой осей эллипса.

При выполнении же аксонометрического изображения чертежным инструментом построение эллипсов в диметрической

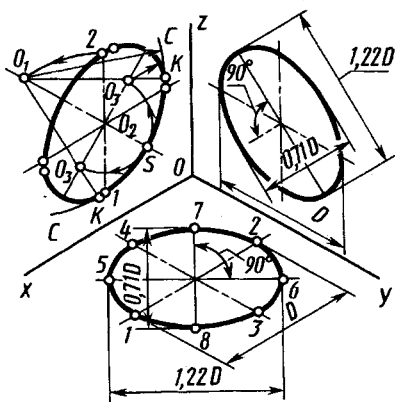


Рис. 11.9

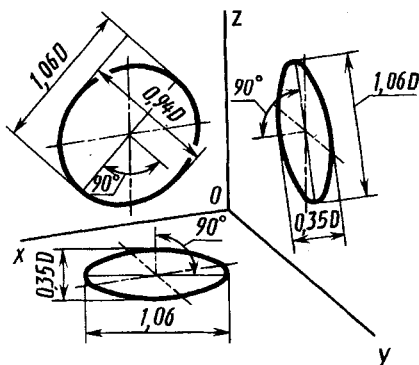


Рис. 11.10

проекции также производят по 8 точкам, а эллипсы в изометрической проекции можно заменять овалами и строить их следующим образом. Построение показано на рисунке 11.9 на примере эллипса, лежащего в плоскости  $xOz$ . Из точки 1 как из центра делают засечку радиусом  $R = D$  на продолжении малой оси эллипса в точке  $O_1$  (строят также аналогичным образом и симметричную ей точку, которая на чертеже не показана). Из точки  $O_1$  как из центра проводят дугу  $CSC$  радиуса  $D$ , которая является одной из дуг, составляющих контур эллипса. Из точки  $O_2$  как из центра проводят дугу радиуса  $O_2S$  до пересечения с большой осью эллипса в точках  $O_3$ . Проводя через точки  $O_1, O_3$  прямую, находят в пересечении с дугой  $CSC$  точку  $K$ , которая определяет  $O_3K$  — величину радиуса замыкающей дуги овала. Точки  $K$  являются также точками сопряжения дуг, составляющих овал.

**Аксонометрия цилиндра.** Аксонометрические изображения цилиндра определяются аксонометрическими изображениями окружностей его оснований. Построение в изометрии цилиндра высотой  $H$  по ортогональному чертежу (рис. 11.11 слева) и точки  $C$  на его боковой поверхности показано на рисунке 11.11 справа.

Пример построения в изометрической проекции круглого фланца с четырьмя цилиндрическими отверстиями и одним треугольным приведен на рисунке 11.12. При построении осей цилиндрических отверстий, а также ребер треугольного отверстия использованы их координаты, например координаты  $x_0$  и  $y_0$ .

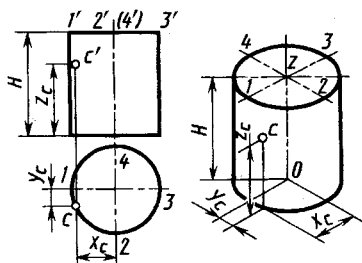


Рис. 11.11

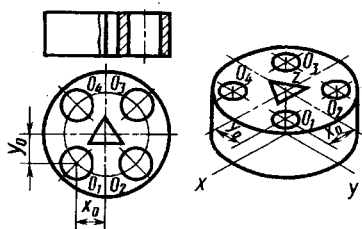


Рис. 11.12

**Аксонометрическое изображение сферы и способ вписывания сферических поверхностей.** В прямоугольной аксонометрии поверхность сферы проецируется на аксонометрическую плоскость проекций в виде круга. Это позволяет использовать сферу для построения аксонометрических проекций тех фигур, в которые могут быть вписаны сферические поверхности. Так, например, аксонометрия поверхности

вращения в этом случае может быть построена как огибающая сфер, вписанных в эту поверхность.

**Построение аксонометрических изображений деталей.** Положение предмета в изометрической и диметрической проекциях выбирают в зависимости от его форм и соотношения размеров. Так, детали, имеющие продолговатую (удлиненную) форму, выполняют обычно в диметрии. При этом наибольший размер располагают вдоль осей  $x$  или  $z$ , по которым размеры не уменьшаются. В диметрии также предпочтительно выполнять детали, поверхности которых ограничены горизонтально-проецирующими или фронтально-проецирующими плоскостями, расположенными под углом  $45^\circ$  к плоскости  $V$  и  $H$  соответственно, так как эти плоскости в изометрической проекции изображаются в виде вертикальных прямых.

Внутренние формы деталей в аксонометрических проекциях выявляют «вырезом» передней части детали.

Рациональная последовательность построения аксонометрической проекции по имеющемуся эскизу или чертежу (например, рис. 11.13, *а*) следующая:

1) определяют вид аксонометрической проекции для изображения данного предмета — изометрия или диметрия. Деталь, показанную на рисунке 11.13, *а*, целесообразно изображать в диметрической проекции — рисунок 11.13, *б, в, г*. Выбирают достаточное место для изображения и отмечают начало координат  $O_p$ ;

2) проводят аксонометрические оси под установленными углами (см. рис. 11.6 и 11.8) из начала координат и строят (рис. 11.13, *б*) сечения предмета в плоскостях  $yO_pz$  и  $xO_pz$ . Координаты точек сечений, выполняемых в плоскостях  $yO_pz$  и  $xO_pz$ , берут соответственно на профильном и фронтальном разрезах чертежа;

3) строят (рис. 11.13, *в*) изображение верхней части детали, видимых внутренних элементов, наружные боковые поверхности;

4) достраивают боковые элементы крепления (см. рис. 11.13, *г*).

Пример рациональной последовательности построения изометрической проекции детали приведен на рисунке 11.14, *а, б, в*.

**Косоугольная фронтальная диметрическая проекция.** Из косоугольных аксонометрических проекций рассмотрим фронтальную диметрическую проекцию, широко используемую в учебном процессе. Положение аксонометрических осей для нее



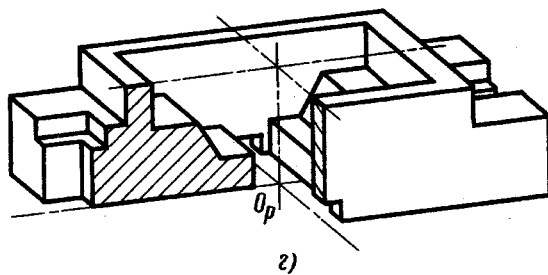
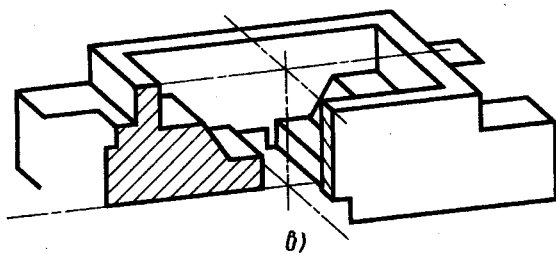
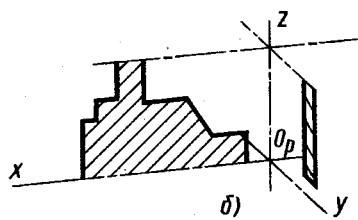
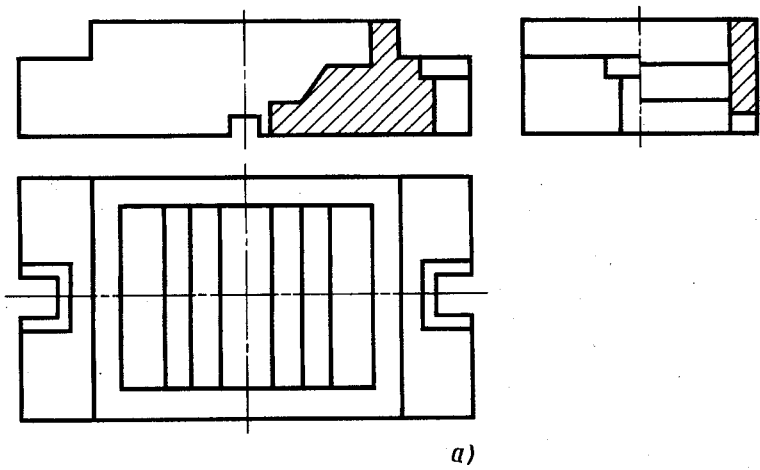


Рис. 11.13

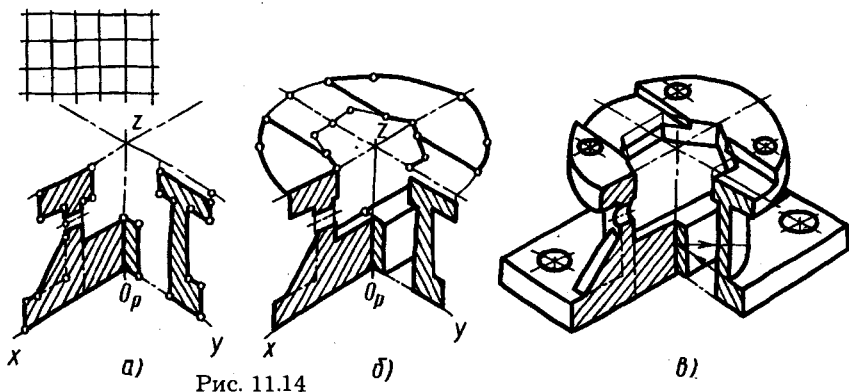


Рис. 11.14

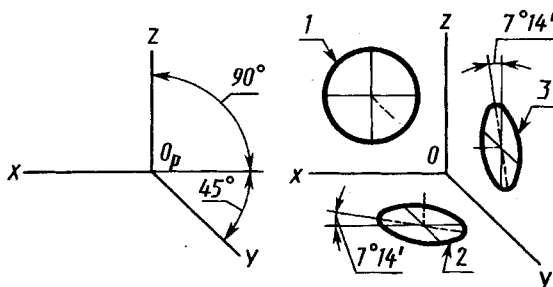


Рис. 11.15

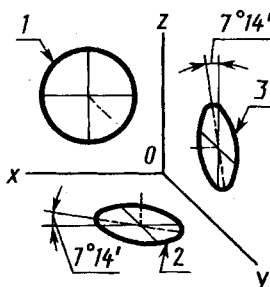


Рис. 11.16

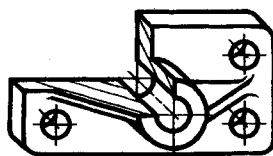


Рис. 11.17

приведено на рисунке 11.15. Допускается применять фронтальные диметрические проекции с углом наклона оси  $y$   $30^\circ$  и  $60^\circ$ . Коэффициент искажения по оси  $y$  равен 0,5, по осям  $x$  и  $z$  — 1.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в окружность. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, — в эллипсы (рис. 11.16). Большая ось эллипсов 2 и 3 равна 1,07, малая ось — 0,33 диаметра окружности. Пример косоугольной фронтальной диметрической проекции детали приведен на рисунке 11.17.



1. В чем заключается способ аксонометрического проецирования?
2. Что называют коэффициентами (или показателями) искажения?
3. Как производится переход от прямоугольных координат к аксонометрическим?
4. В каких случаях аксонометрическую проекцию называют:
  - а) изометрической; б) диметрической; в) триметрической?

5. Чему равна сумма квадратов коэффициентов искажения для прямоугольной аксонометрической проекции?
6. Чему равны коэффициенты искажения в прямоугольной проекции:  
а) изометрической; б) диметрической (при соотношении коэффициентов 1:0,5:1) — и каковы эти коэффициенты в приведенном (к единице) виде?
7. Как строят оси в прямоугольных проекциях:  
а) изометрической; б) диметрической (1:0, 5:1)?
8. Как определяют направление и величину малой оси эллипса, являющегося изометрической или диметрической проекцией окружности, расположенной в плоскостях: общего положения; фронтально-проецирующей и горизонтально-проецирующей; фронтальной, горизонтальной и профильной?
9. Как определить координаты точек, заданных в прямоугольной аксонометрической проекции, на поверхности сферы, цилиндра и конуса вращения?

# ЧАСТЬ ВТОРАЯ

## ЧЕРЧЕНИЕ

---

### Глава двенадцатая

## ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРЕДМЕТОВ — ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

### 12.1. Основные положения

В предыдущих главах рассмотрены элементы начертательной геометрии, являющиеся теоретической основой построения технических чертежей. При этом изображения геометрических тел и простейших предметов на их основе выполнялись параллельным ортогональным проецированием на две или три основные взаимно перпендикулярные плоскости проекций и на дополнительные плоскости проекций.

В процессе конструирования при выполнении технических чертежей предметов — деталей, приборов и других устройств — трех основных плоскостей проекций нередко оказывается недостаточно. При выполнении изображений применяют также ряд правил и условностей, которые позволяют существенно снизить трудоемкость выполнения чертежей, уменьшить расход бумаги на их оформление при сохранении наглядности и однозначности их понимания.

Правила изображения предметов на чертежах всех отраслей промышленности и строительства изложены в стандартах ЕСКД.

**Основные положения и определения.** Предметы на технических чертежах изображают по методу прямоугольного проецирования на взаимно перпендикулярные плоскости проекций. При этом предполагается, что изображаемый предмет расположен между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (рис. 12.1). Такой метод проецирования называют также *методом первого угла* (метод *Е*). На рисунке 12.1 наряду с первым углом I обозначены также углы II, III и IV, образующиеся при пересечении фронтальной и горизонтальной плоскостей проекций.

За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани (плоскости проекций) совмещают с плоскостью, как показано на рисунке 12.2. Грань *б* допускается располагать

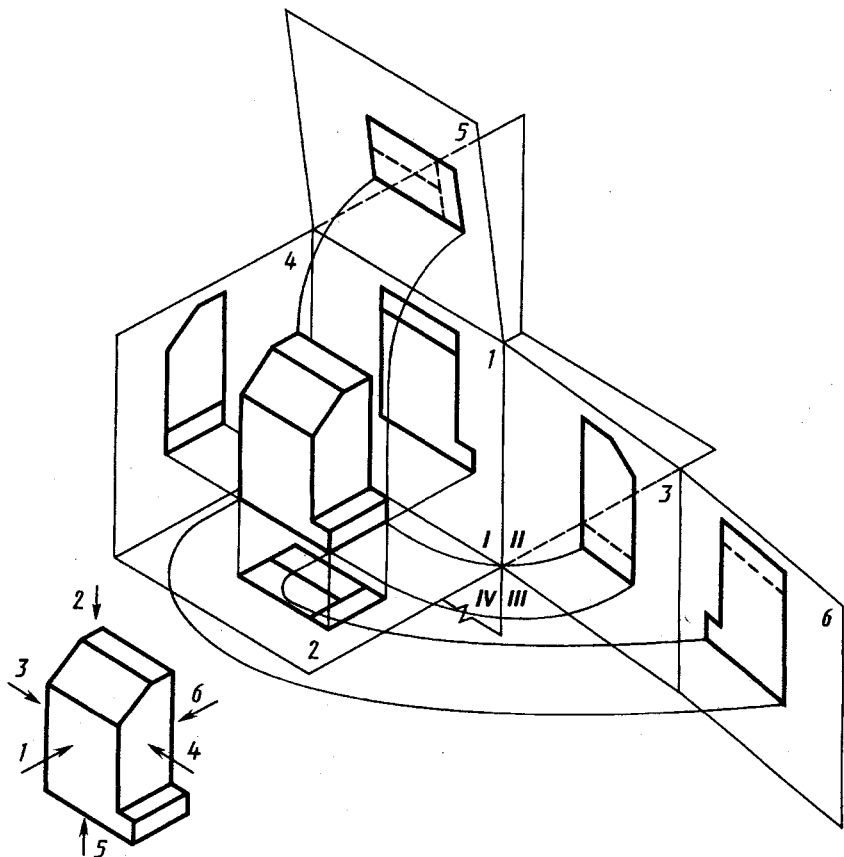


Рис. 12.1

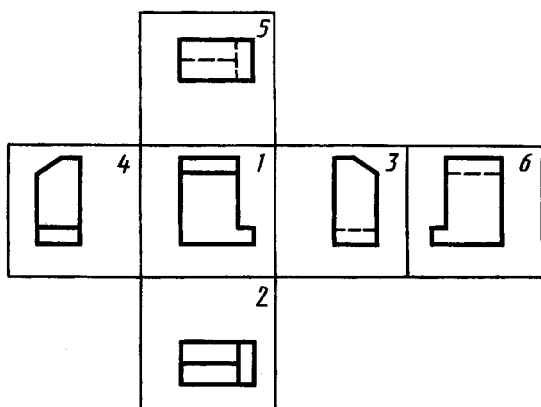


Рис. 12.2

рядом с гранью 4. Наряду с методом *E*, принятым в России и большинстве стран Европы и других континентов, применяют также метод *A* (метод третьего угла), принятый в США и ряде стран американского континента. Проецирование по этому методу рассмотрено в приложении 3.

Изображением является любой чертеж, который может быть видом, разрезом или сечением, выполненный установленным способом проецирования, как правило, в определенном масштабе, и служащий для выявления формы и всех необходимых размеров предмета.

*Главное изображение.* Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней — главное изображение — давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Предметы следует изображать в функциональном положении или в положении, удобном для их изготовления. Предметы, состоящие из нескольких частей, следует изображать в функциональном положении.

Предметы, используемые в любом положении, изображают в положении, удобном для их изготовления. Предметы, функциональное положение которых наклонное, изображают в вертикальном или горизонтальном положении.

Длинные (высокие) предметы, функциональное положение которых вертикальное (мачты, колонны, столбы), можно изображать в горизонтальном положении, причем нижнюю часть предмета следует помещать справа.

*Вид — изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.* Виды геометрических тел рассмотрены в предыдущих главах: призм и пирамид — на рисунке 6.4, прямоугольного волновода — на рисунке 6.8, пирамиды с вырезом — на рисунке 6.10, пересекающихся пирамиды и призмы — на рисунке 6.13, б, цилиндрических деталей — на рисунках 9.1— 9.3, сферы со срезом — на рисунке 9.11, различные варианты тора — на рисунке 8.13, пересекающихся между собой цилиндров или цилиндра и конуса — на рисунках 10.6, 10.7, деталей типа тел вращения — на рисунке 10.11 и др.

*Разрез — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями;* при этом мысленное рассечение

предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета.

На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. Плоскости мысленного расчленения предмета (мнимые плоскости) называют секущими плоскостями.

Секущую плоскость разреза выбирают так, чтобы можно было наиболее полно показать внутренние формы предмета.

Наглядное представление о разрезах и изображениях деталей с разрезом в системе трех ортогональных плоскостей проекций дают рисунки 12.3—12.5. Секущая плоскость изображена в виде прозрачной пластины, пересекающей деталь.

Часть детали, расположенная между секущей плоскостью и наблюдателем, мысленно удалена, а образованное секущей плоскостью сечение заштриховано.

**Обозначения разрезов.** На чертежах положение секущей плоскости разреза обозначают разомкнутой линией со стрелками и прописными буквами русского алфавита. Стрелки указывают направление взгляда при проецировании. Над разрезом делают надпись по типу  $A-A$  (см. рис. 12.3, 12.5). Толщину штрихов разомкнутой линии обычно выполняют  $(1,2...1,5) s$ , где  $s$  — толщина линии видимого контура чертежа; длина штрихов  $10...15$  мм. Образец обозначения плоскости разреза приведен на рисунке 12.6. Буквы ставят у начала и конца линии сечения, то есть так, чтобы стрелки размещались между буквой и изображением. При этом наклон букв ориентируют по линии рамки.

Когда секущая плоскость разреза (горизонтальная, фронтальная или профильная) совпадает с плоскостью симметрии пред-

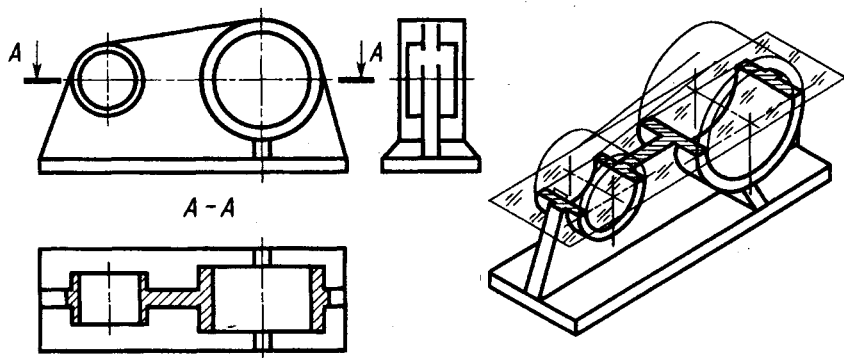


Рис. 12.3

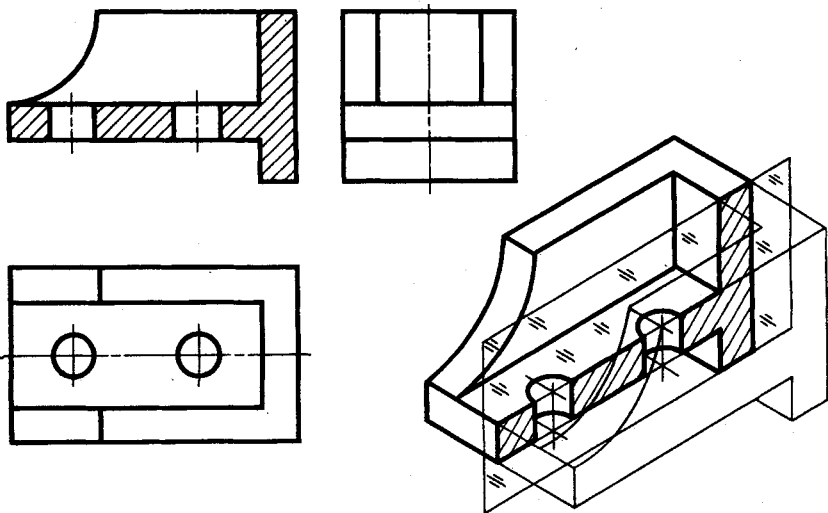


Рис. 12.4

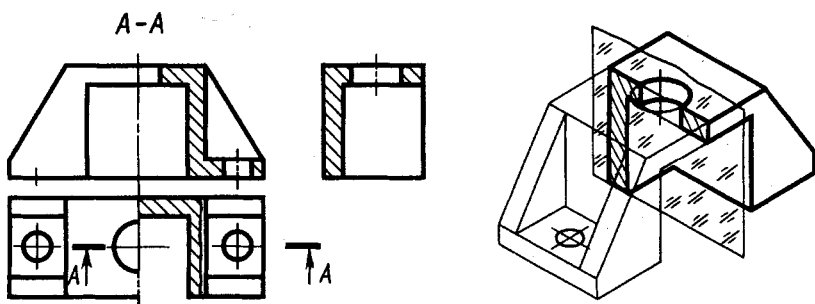


Рис. 12.5

мета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, то положение секущей плоскости не обозначают и разрез не надписывают. По этой причине не написан разрез фронтальной секущей плоскостью на рисунке 12.4 и профильной секущей плоскостью на рисунке 12.5. Разрез, выполненный для симметричных деталей без обозначения секущей плоскости, мысленно относят к соответствующей плоскости симметрии.

*Сечение* — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На се-

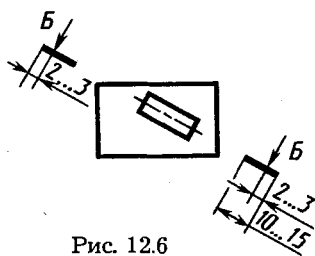


Рис. 12.6



чении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости. Если секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы. Пример сечения предмета секущей фронтально-проецирующей плоскостью приведен на рисунке 12.7. Сечение, обозначенное  $A-A$ , построено способом, рассмотренным на рисунке 6.9. Оно несколько смещено вправо относительно положения на фронтальной проекции. Несколько сечений тора плоскостями, параллельными его оси, приведены на рисунке 9.13.

**Обозначение сечений.** На чертежах сечения обозначают так же, как и разрезы: секущую плоскость — разомкнутой линией со стрелками и буквами, построенное сечение — надписью над ним типа  $A-A$ . Координатные оси, с помощью которых строят сечение, на чертежах не обозначают.

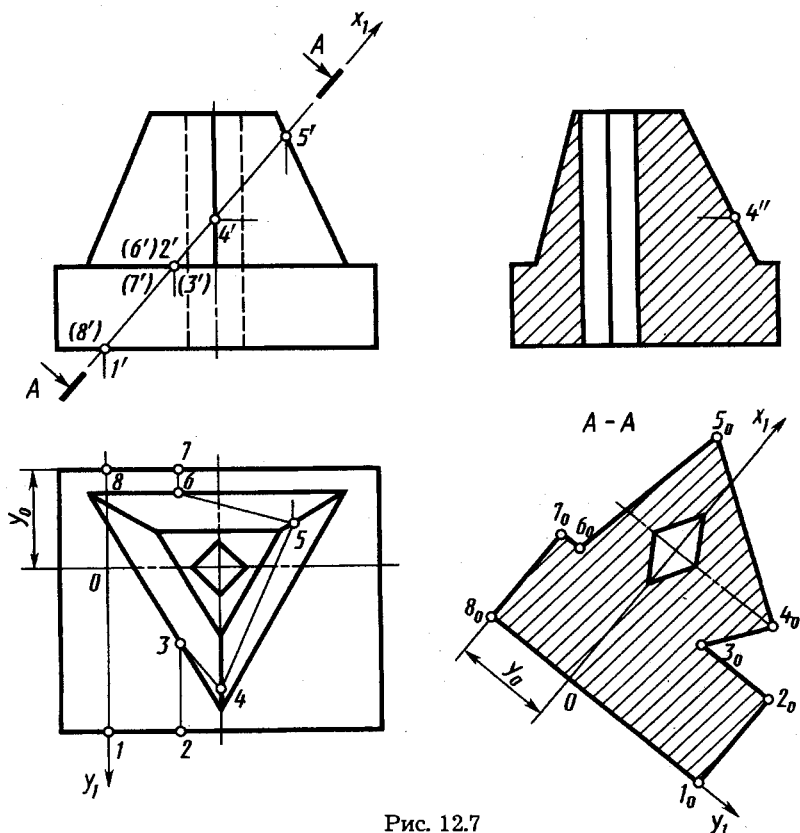


Рис. 12.7

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное и однозначное представление о предмете при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей. Изображения в технических чертежах можно упростить в соответствии с установленными в стандартах правилами, некоторые из которых рассмотрим ниже.

## 12.2. Виды

**Названия основных видов.** Для видов, получаемых на основных плоскостях проекций (основные виды, см. рис. 12.2), установлены следующие названия: 1 — вид спереди (*главный вид*); 2 — вид сверху; 3 — вид слева; 4 — вид справа; 5 — вид снизу; 6 — вид сзади.

Названия видов на чертежах не подписывают, если их расположение относительно главного вида (изображения) соответствует рисунку 12.2. Если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади смещены относительно главного изображения (вида или разреза, изображенных на фронтальной плоскости проекций), то направление взгляда указывают стрелкой, обозначаемой прописной буквой. Чертеж оформляют так же, если перечисленные виды отделены от главного изображения другими изображениями или расположены не на одном листе с ним.

Когда отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, название вида надписывают.

Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета штриховыми линиями.

В качестве примера на рисунке 12.8 приведены три основных вида детали призматической формы. На двух видах — главном и виде сверху — штриховыми линиями показана форма выемки в левой части детали. На виде слева штриховыми линиями уточнена форма правой части детали.

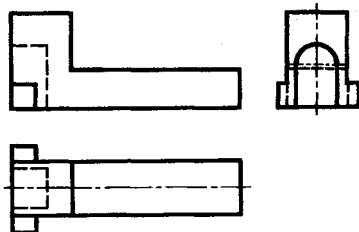


Рис. 12.8

**Дополнительный вид.** Если какую-либо часть предмета невозможно показать на рассмотренных выше основных видах (см. рис. 12.2) без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций. Применяемый при этом способ перемены плоскостей проекций рассмотрен выше, в 5.2.

Варианты расположения дополнительного вида на примере прямоугольного волновода показаны на рисунке 12.9, *а, б, в*, при этом расположения *а)* и *б)* предпочтительнее.

Дополнительный вид отмечают на чертеже надписью типа *A* (рис. 12.9, *б, в*), а у связанного с дополнительным видом

изображения предмета ставят стрелку, указывают направление взгляда, с соответствующими буквенными обозначениями (стрелка *A*, рис. 12.9, *б, в*). Соотношение размеров для вычерчивания стрелок приведено на рисунке 12.10.

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и надпись над видом не наносят (рис. 12.9, *а*).

**Местный вид.** Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называют местным видом.

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере (*A* на рис. 12.11), или не ограничен (*A* на рис. 12.12). Местный вид отмечают на чертеже подобно дополнительному виду.

**Развернутый вид.** Развернутые виды применяют для изображения:

1) искривленных предметов, которые развертываются в одну

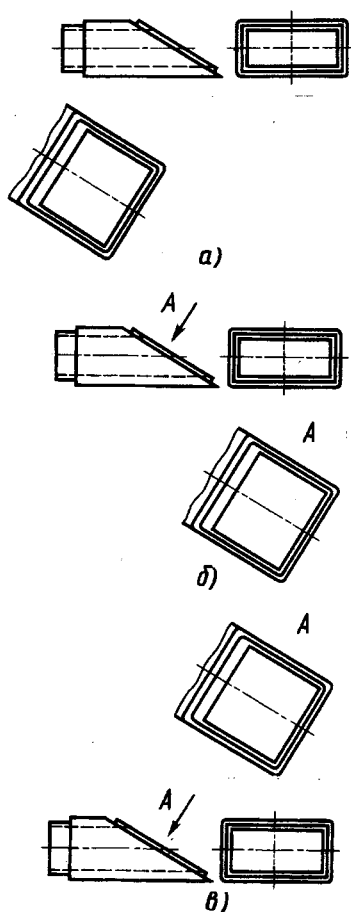


Рис. 12.9

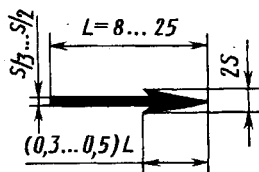


Рис. 12.10

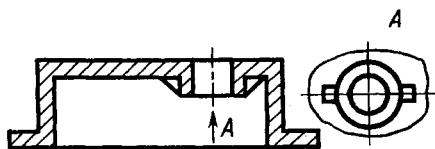


Рис. 12.11

плоскость без искажения, например *A* системы охлаждения заготовки анода на рисунке 12.13;

2) гнутых предметов, которые развертываются в одну плоскость; при таком изображении контуры выполняют сплошной линией, а места изгиба обозначают тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками (рис. 12.14). Над изображением развертки помещают специальный знак (рис. 12.14).

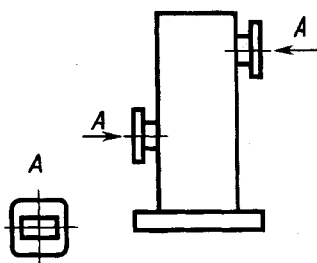


Рис. 12.12

Предмет, как правило, изображается в окончательной форме.

### 12.3. Разрезы

Разрезы разделяют в зависимости от положения секущей плоскости на горизонтальные, вертикальные и наклонные, от числа секущих плоскостей — на простые (при одной секущей плоско-

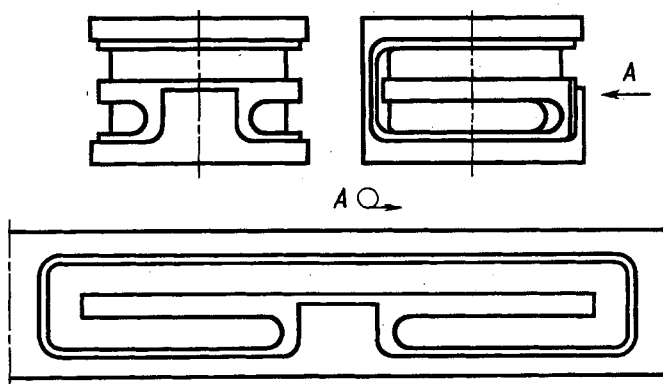


Рис. 12.13

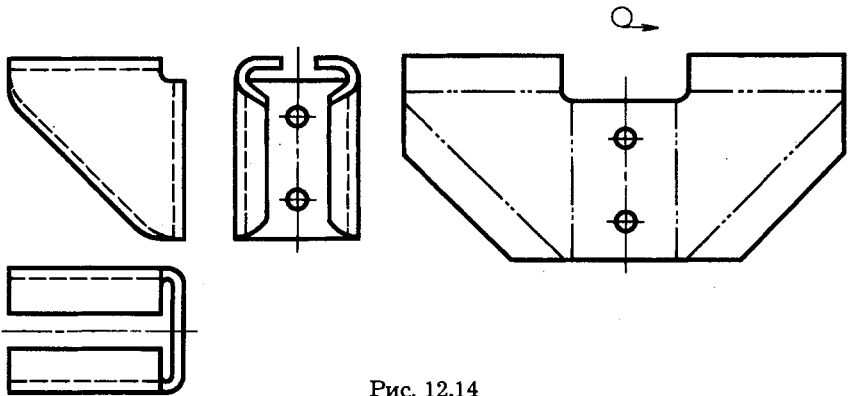


Рис. 12.14

сти) и сложные (при нескольких секущих плоскостях), а также на местные (или частичные) и развернутые.

**Простые разрезы.** В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций простые разрезы разделяют на:

*горизонтальные* — секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (см., например, разрез *A—A* на рис. 12.3);

*вертикальные* — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (см., например, разрез на рис. 12.4);

*наклонные* — секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого, или секущая плоскость которого непараллельна ни одной из основных плоскостей проекций (см., например, разрез *A—A* на рис. 12.15).

Вертикальный разрез называют *фронтальным*, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (см., например, разрез на рис. 12.4), и *профильным*, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (например, на рис. 12.5).

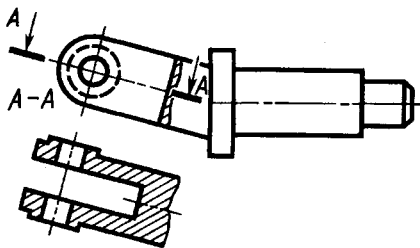


Рис. 12.15

Фронтальным и профильным разрезам, как правило, придают положение, соответствующее принятому для данного предмета на главном изображении.

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (см. фронтальный разрез на рис. 12.4, горизонтальный разрез на рис. 12.3, профильный разрез на рис. 12.5).

Вертикальный разрез, когда секущая плоскость непараллельна фронтальной или профильной плоскостям проекций, а также наклонный разрез должны строиться и располагаться в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения. Их допускается располагать в любом месте чертежа.

Разрезы называют *продольными*, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (например, продольный разрез пружины на рис. 12.16), и *поперечными*, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета. В случае, если плоскость разреза направлена вдоль оси или длинной стороны таких элементов, как тонкие стенки типа ребер жесткости, спицы маховиков, шкивов и т. п., то их показывают незаштрихованными (см. рис. 12.19).

**Сложные разрезы.** В зависимости от положения секущих плоскостей различают *ступенчатые* и *ломаные* разрезы. Ступенчатыми называют разрезы, когда секущие плоскости параллельны (например, фронтальный разрез *A—A* на рис. 12.17 при трех секущих плоскостях).

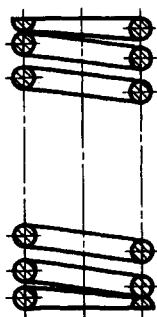


Рис. 12.16

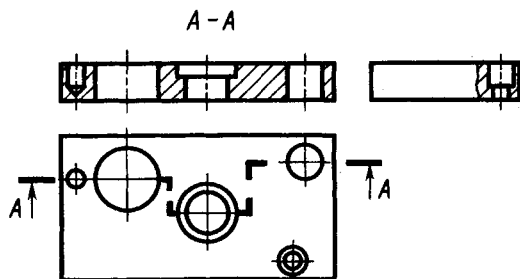


Рис. 12.17

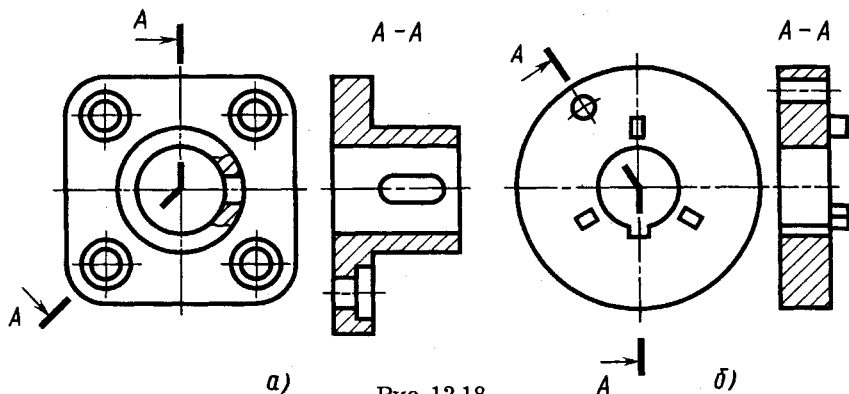


Рис. 12.18

Ломаными называют разрезы, когда секущие плоскости пересекаются (например, разрез  $A-A$  на рис. 12.18,  $a$  и  $b$ ).

При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость (см. разрез  $A-A$  на рис. 12.18,  $a$ ).

Если совмещенные секущие плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида (см. разрезы  $A-A$  на рис. 12.18).

При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, до которой производится совмещение (см., например, положение верхнего выступа на рис. 12.18,  $b$ ).

Наряду с рассмотренными ступенчатыми и ломаными разрезами применяют сложные разрезы по типу, приведенному на рисунке 12.19.

При одной секущей плоскости могут быть выполнены два разреза с противоположными направлениями взгляда. В этом случае наносят две встречные стрелки, соответствующие направлениям взгляда, располагая их на одной линии (рис. 12.20).

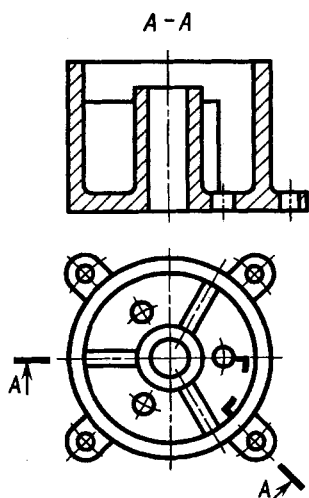


Рис. 12.19

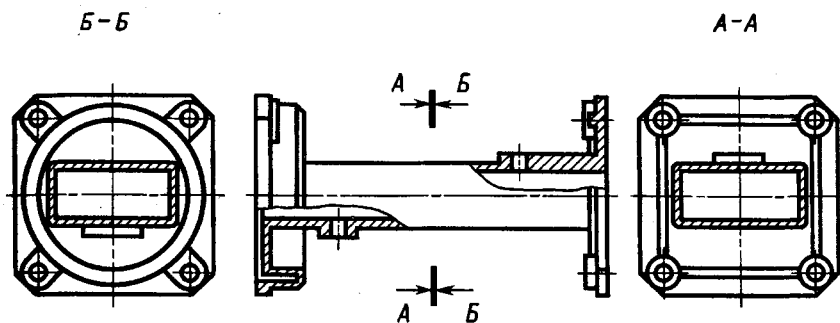


Рис. 12.20

**Местный разрез.** Разрез, служащий для выявления формы предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называют местным. Местный разрез отделяют от вида сплошной волнистой линией (рис. 12.21, а, б). Эта линия не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения (рис. 12.21, б).

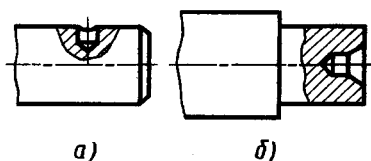


Рис. 12.21

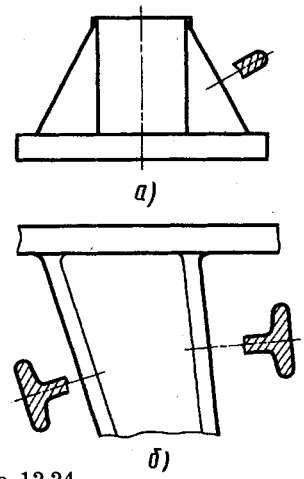
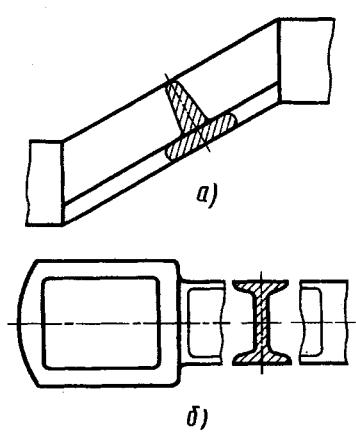
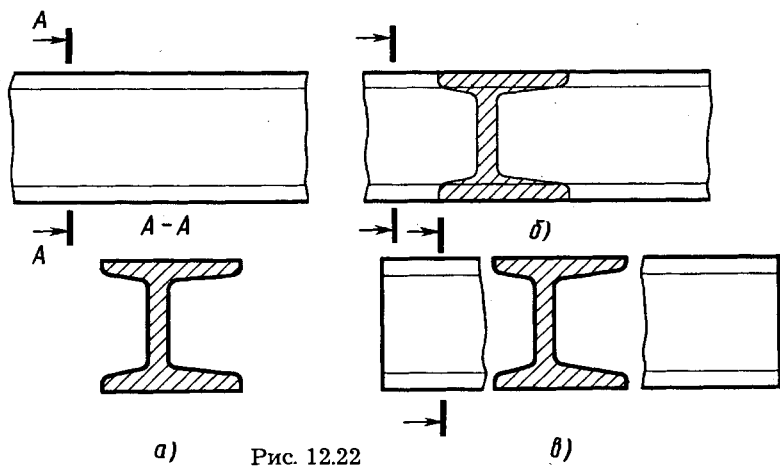
## 12.4. Сечения

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на *вынесенные* (рис. 12.22, а) и *наложенные* (рис. 12.22, б). Вынесенные сечения являются предпочтительными, и их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 12.22, в).

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения (рис. 12.22, б) — сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

Для несимметричных сечений линию сечения обозначают разомкнутой линией с указанием стрелками направления взгляда. При этом для вынесенного сечения ее обозначают одинаковыми прописными буквами русского алфавита, а изображение сечения надписывают (рис. 12.22, а).





Для таких же сечений, наложенных (рис. 12.22, б) или расположенных в разрыве (рис. 12.22, в), линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.

У симметричных сечений, наложенных или вынесенных (рис. 12.23, а, б), ось симметрии указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (см. рис. 12.22). Допускается располагать сечение на любом поле чертежа. Сечущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные

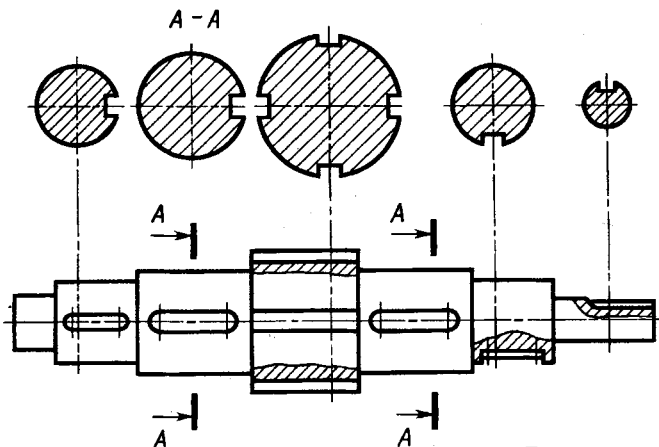


Рис. 12.25

A-A Q →

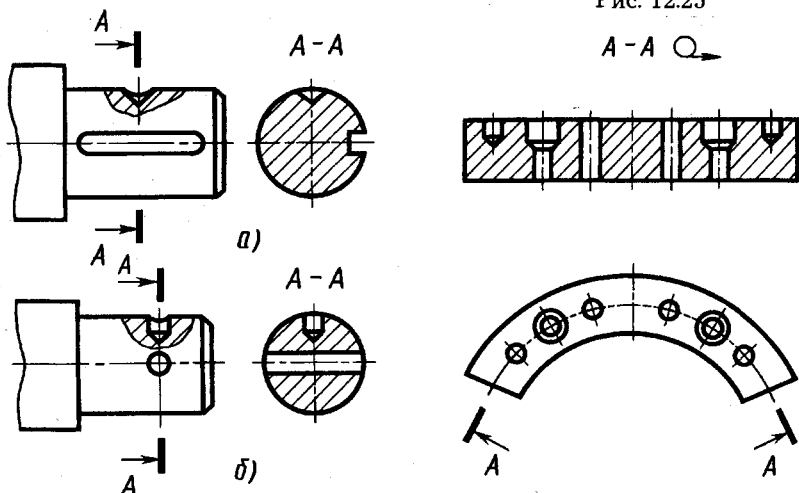


Рис. 12.26

Рис. 12.27

поперечные сечения (рис. 12.24). Сечения строят вращением нормального поперечного сечения до положения, параллельного какой-либо плоскости проекций.

Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение, например сечение  $A-A$  на рисунке 12.25.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью. Например, в сечениях  $A-A$  на рисунке 12.26, а в соответствии с этим требованием изображено коническое

углубление, на рисунке 12.26, б — цилиндрические сквозное и глухое отверстия.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (рис. 12.27). В этом случае рядом с обозначением сечения указывают  $\Omega$ .

## 12.5. Технические рисунки

*Технический рисунок* — это наглядное изображение, выполненное по правилам построения аксонометрических проекций (от руки или при помощи чертежных инструментов) с использованием светотени. Целями выполнения технического рисунка являются проверка умения студента читать тот или иной чертеж и закрепление навыков выполнения наглядных изображений.

Выполнение наглядных изображений, особенно от руки, без предварительного построения аксонометрических проекций, развивает глазомер, пространственное представление о формах предмета, умение анализировать эти формы и наглядно их изображать. Особое значение технический рисунок получил в связи с внедрением в процесс конструирования требований технической эстетики.

Выполнение технических рисунков, как правило, производят при съемке эскизов с натуры (рисунок выполняют от руки) и при детализировании чертежа общего вида (рисунок выполняют при помощи чертежных инструментов).

В качестве основы технического рисунка в большинстве случаев применяют прямоугольные изо- и диметрические проекции, которые наряду с наглядностью достаточно просты по своему выполнению.

Для построения наглядных изображений в диметрии лучше применять положение осей, предусматривающее «левую» систему координат (рис. 12.28, а, б). Светотень, являющаяся дополнительным средством передачи объема предмета, применяют для придания аксонометрическому изображению большей выразительности (рис. 12.28, б). Чтобы выполнять аксонометрические изображения предметов с учетом светотени, кратко познакомимся с основными правилами этих построений.

*Светотенью* называется распределение света на поверхности предмета. В зависимости от формы предмета лучи света, падая на него, распределяются по его поверхности неравно-

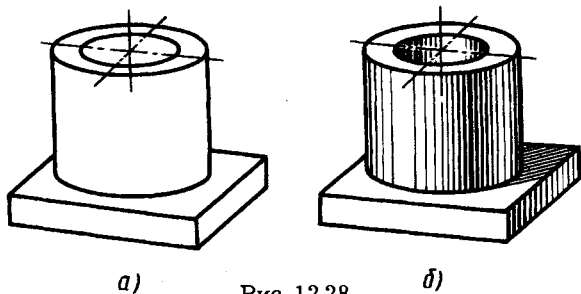


Рис. 12.28

мерно, благодаря чему светотень и создает выразительность изображения — рельефность и объемность.

Можно отметить следующие элементы светотени (рис. 12.29): свет, полутень и тень (собственную и падающую). На затененной части имеется рефлекс, а на освещенной — блик.

*Свет* — освещенная часть поверхности предмета. Освещенность поверхности зависит от того угла, под которым падают на эту поверхность световые лучи. Наиболее освещенная поверхность та, которая расположена перпендикулярно к направлению лучей света.

*Полутень* — умеренно освещенная часть поверхности. Переход от света к полутени на гранных поверхностях может быть резким, а на кривых — всегда постепенный. Последнее объясняется тем, что угол падения лучей света на соседние части изменяется также постепенно.

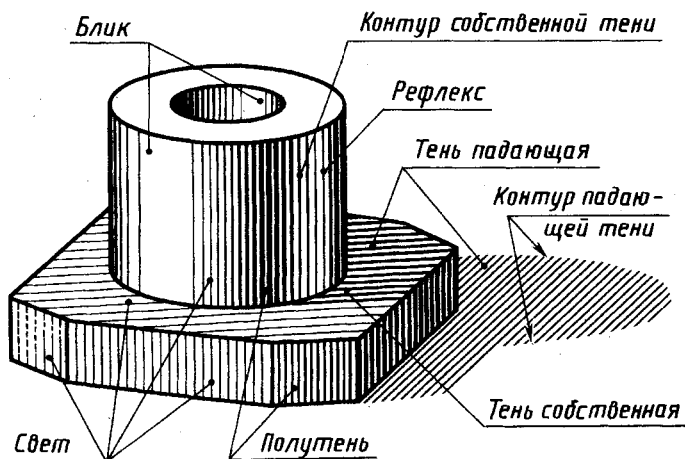


Рис. 12.29

*Тень собственная* — часть поверхности предмета, которую не достигают лучи света.

*Тень падающая* появляется в том случае, если на пути лучей света расположить какой-либо предмет, который и отбрасывает на находящуюся за ним поверхность падающую тень.

*Рефлекс* — высветление собственной тени за счет освещения теневой стороны предмета отраженными лучами от окружающих освещенных предметов или поверхностей данного предмета.

На техническом рисунке светотень обычно изображают упрощенно. Предмет, как правило, изображают на условном фоне изолированно от окружающей обстановки; свет на предмете изображают светлым пятном, не учитывая зависимость освещенности частей предмета от угла падения лучей света и удаления от источника света. Пример такого упрощенного изображения светотени показан на рисунке 12.28, б.

Иногда технический рисунок выполняют с еще большим упрощением: показывают только собственную тень, а падающую нигде не показывают. Такое упрощение сильно облегчает построение, но при этом теряется выразительность изображения.

Таким образом, для выполнения светотени на рисунке необходимо знать законы построения теней. Каждая тень имеет свою геометрическую форму, построение которой можно выполнить, используя методы начертательной геометрии. Для построения контуров теней необходимо знать характер лучей света и их направление.

При выполнении технических рисунков принято пользоваться солнечным освещением, когда лучи параллельны друг другу, а направление их сверху, слева направо. Такое направление соответствует естественному, когда свет на рабочее место падает с левой стороны.

Для единообразия в построении лучи света обычно направляют по диагонали куба, как показано на рисунке 12.30, где дано направление лучей света  $S$  для изометрической (рис. 12.30, а) и двух диметрических проекций с «правой» (рис. 12.30, б) и «левой» (рис. 12.30, в) системой координат.

Построение контура собственной тени (линии, отделяющей освещенную часть поверхности от неосвещенной) сводится к построению линии  $M, N, L$  касания лучевой поверхности  $S$  с поверхностью предмета (рис. 12.31), а построение контура падающей тени — к построению линии  $M_p, N_p, L_p$  пересечения лучевой поверхности  $S$  с плоскостью  $P$  (или с поверхностью какого-либо предмета).

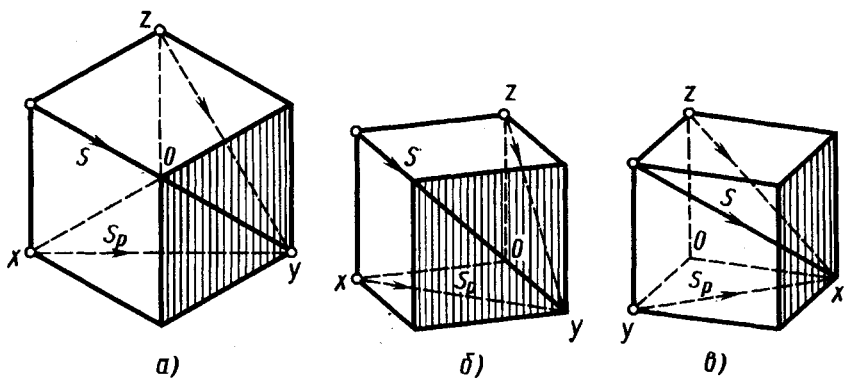


Рис. 12.30

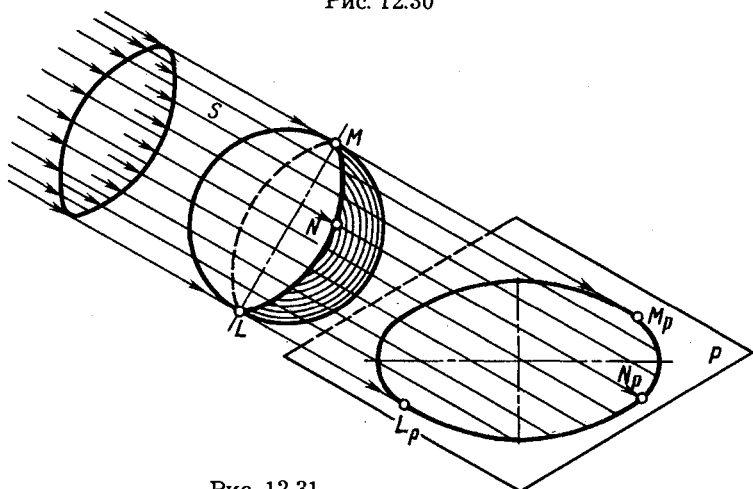


Рис. 12.31

Под лучевой поверхностью (или плоскостью) понимается поверхность, обертывающая данное тело, с образующими, проведенными параллельно лучам света.

На рисунке 12.32, а, б, в, г показано построение контуров тени для призмы, пирамиды, цилиндра и конуса. Для этих построений необходимо знать не только направление лучей света, но и направление  $S_p$  их вторичных проекций. Построение контура падающей тени сводится к построению точек пересечения лучей света, проведенных через контур предмета, с горизонтальной плоскостью, на которой стоит предмет.

Например, точка  $A_p$  контура падающей тени призмы построена как точка пересечения луча  $S$  со вторичной проекцией  $S_p$  этого луча.

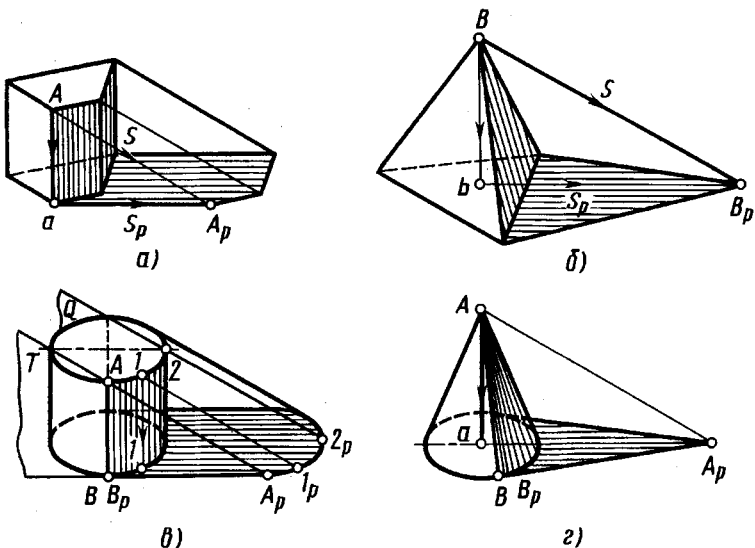


Рис. 12.32

Две плоскости  $T$  и  $Q$ , касательные к цилиндру, позволяют построить контур собственной тени  $AB$  и контур падающей тени  $B_p A_p$ . Падающую тень от верхнего основания цилиндра строят по точкам  $1, 2 \dots$ .

Для построения контура собственной тени  $AB$  конуса сначала нужно построить падающую тень на плоскость его основания (построить точку  $A_p$ ), а затем провести касательную  $A_p B_p$  из этой точки к основанию конуса. Точка  $B \equiv B_p$  и определяет образующую  $AB$  конуса, которая является контуром собственной тени.

Если на пути лучевой поверхности (или плоскости) находится другой предмет или поверхность, то контур падающей тени строят на этом предмете так, как показано на рисунке 12.33, где падающая тень построена на плоскости основания призмы и на части цилиндрической поверхности  $Q$ . Порядок построения ясен из чертежа.

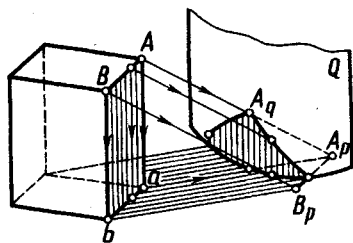


Рис. 12.33

Светотень можно передавать карандашом, пером (тушью) или отмывкой (разведенной тушью

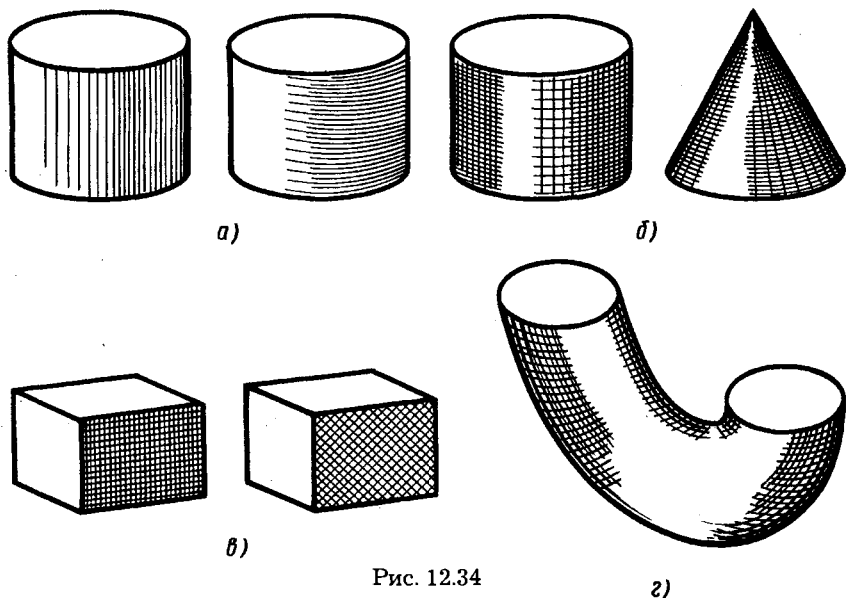


Рис. 12.34

или акварелью). В техническом рисовании обычно пользуются карандашом, выполняя штриховку, тушевку или шраффировку.

Штриховка заключается в покрытии различных частей рисунка штрихами (не пользуясь чертежным инструментом). Желаемого тона добиваются частотой и толщиной штрихов. Длина штрихов не должна быть очень длинной, так как длинные штрихи проводить трудно. На рисунке 12.34 показаны примеры выполнения штриховки на различных поверхностях.

Направление штрихов должно быть согласовано с формой изображаемого предмета (см. рис. 12.34, а, б, в, г), так как штрихи, наложенные «по форме», помогают передавать и воспринимать эту форму.

Тушевка является разновидностью штриховки, когда штрихи накладывают очень близко друг к другу так, что они сливаются. Иногда штрихи растирают пальцем или растушевкой.

Шраффировка является особым видом штриховки, выполненной с помощью чертежных инструментов. Этот способ выполнения светотени наиболее часто применяют в техническом рисунке, несмотря на то, что, пользуясь им, невозможно получить плавные переходы от светлого к темному на кривых



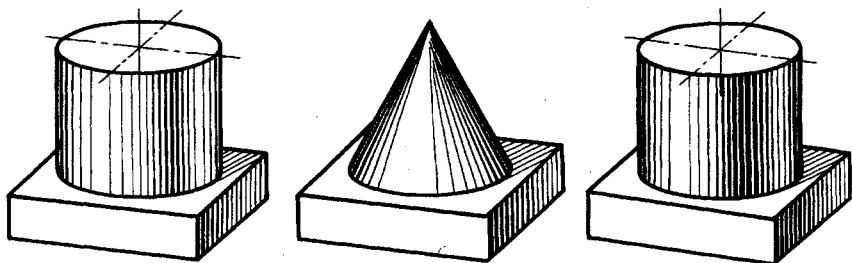


Рис. 12.35

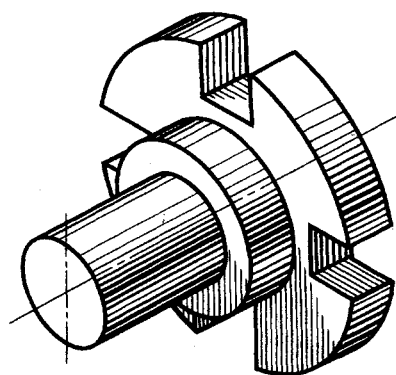


Рис. 12.36

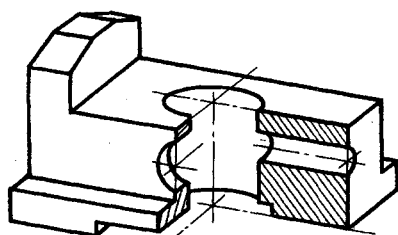


Рис. 12.37

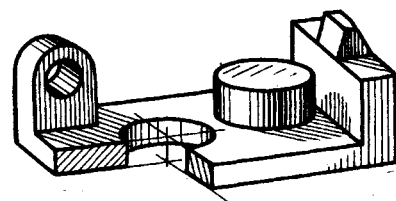


Рис. 12.38

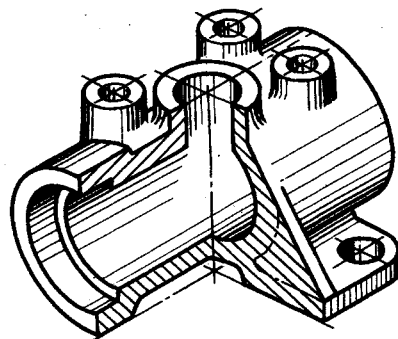


Рис. 12.39

поверхностях. Примеры шрафировки на различных поверхностях показаны на рисунках 12.35, 12.36, 12.38, 12.39, а на рисунке 12.37 – только аксонометрическое изображение.

Следует заметить, что средством передачи объема нужно пользоваться в технических рисунках осторожно и экономично, не делая такое изображение самоцелью. На рисунке 12.37 приведен пример передачи формы предмета без нанесения тени.

## 12.6. Выносные элементы

*Выносной элемент* — это дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных.

Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом).

При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией — окружностью, овалом и т. п. с обозначением буквы выносного элемента на полке линии-выноски. У выносного элемента указывают букву и масштаб (рис. 12.40, а, б). На рисунке 12.40, б выносной элемент выполнен как вид, на изображении детали ему соответствует разрез. На рисунке 12.41, а и б приведены выносные элементы, показывающие конструкцию канавки и зуба разборного соединения и схему нанесения размеров.

Выносной элемент располагают возможно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

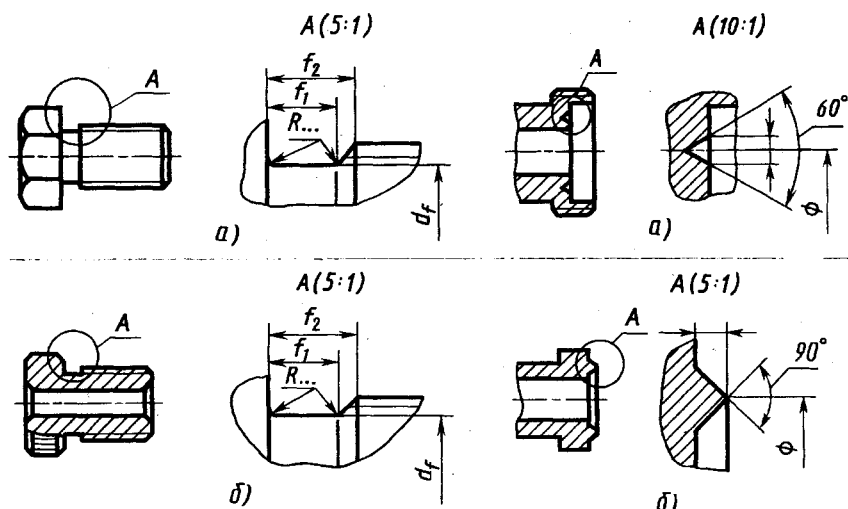


Рис. 12.40

Рис. 12.41

## 12.7. Условности и упрощения

В целях уменьшения трудоемкости разработки чертежей или уменьшения расхода бумаги на их оформление стандартами допускаются некоторые условности и упрощения. Рассмотрим те из них, которые существенны для выполнения или чтения чертежей.

Если вид, разрез или сечение представляют симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения или немного более половины изображения с проведением в последнем случае волнистой линии. С учетом этой условности, например, на рисунке 12.42 на виде слева показано немного более его половины.

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента, а остальные элементы показывают упрощенно или условно. В качестве примеров приведены изображения радиатора охлаждения (рис. 12.43, *а*), коллектора электронов мощного электронного прибора с развитой наружной поверхностью охлаждения в виде кольцевых ребер прямоугольного профиля (рис. 12.43, *б*).

На рисунке 12.43, *в* приведен чертеж зубчатого колеса с наружным зубчатым венцом, форма зубьев показана на виде слева.

На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружности и прямые линии.

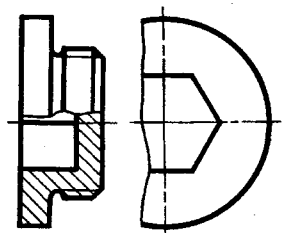


Рис. 12.42

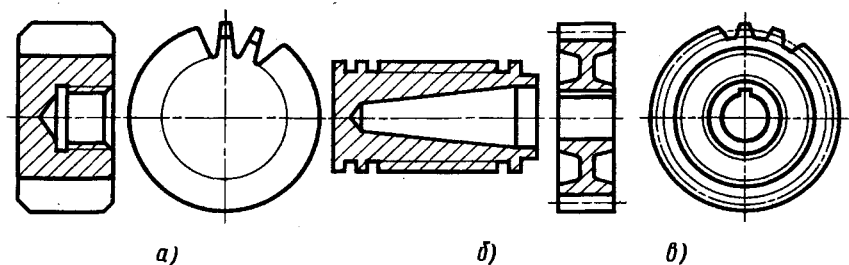


Рис. 12.43

Так, на чертежах пружин винтовые линии проводят как прямые (см., например, изображение витков пружины за секущей плоскостью на рис. 12.16). Аналогично изображены витки подогревателя катода электровакуумного прибора (рис. 12.44, а) и индуктора (рис. 12.44, б) для нагрева током высокой частоты, охлаждаемого водой.

Плавный переход от одной поверхности к другой показывают условно тонкой линией, например от конических поверхностей к цилиндру на рисунке 12.40, а, б (радиус перехода  $R \dots$ ), или совсем не показывают.

Такие детали, как винты, заклепки, шпонки, непустотелые валы и шпиндели, шатуны, рукоятки и т. п., при продольном разрезе показывают нерассеченными. Шарики всегда показывают нерассеченными. Как правило, показывают нерассеченными на сборочных чертежах гайки и шайбы.

Пластины, а также элементы деталей (отверстия, фаски, пазы, углубления и т. п.) размером (или разницей в размерах) на чертеже 2 мм и менее изображают с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения. Допускается также изображать с увеличением незначительную конусность или уклон.

При необходимости выделения на чертеже плоских поверхностей предмета на них проводят диагонали сплошными тон-

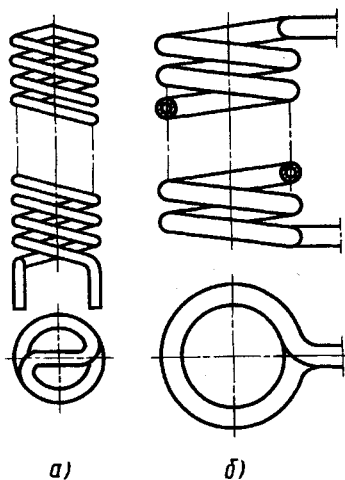


Рис. 12.44

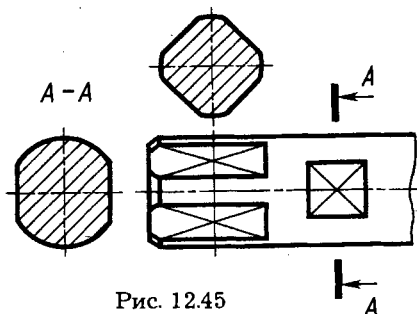


Рис. 12.45

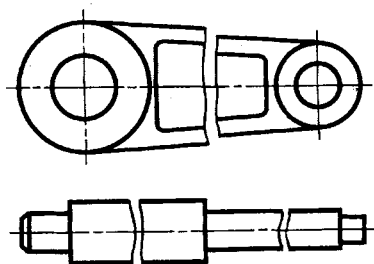


Рис. 12.46

кими линиями. Так, на рисунке 12.45 диагоналями отмечены плоские грани под ключ и видимая поверхность одной из двух «лысок» детали.

Длинные предметы (или элементы), имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (валы, цепи, прутки, фасонный прокат и т. п.), допускается изображать с разрывом (рис. 12.46).

На чертежах предметов со сплошной сеткой, плетенкой, орнаментом, рельефом, рифлениями и т. д. допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением. Так, например, на рисунке 12.47 частично и упрощенно изображено сетчатое рифление на цилиндрической поверхности детали.

Для упрощения чертежей или сокращения количества изображений допускается:

а) часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе; такой наложенной проекцией на рисунке 12.48 на разрезе  $A-A$  показана форма выступа у детали и его расположение;

б) для показа отверстия в ступицах зубчатых колес, шкивов и т.п., а также для шпоночных пазов вместо полного изображения детали давать лишь контур отверстия (рис. 12.49, а) или паза (рис. 12.49, б);

в) изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, когда они не попадают в секущую плоскость (рис. 12.50).

Наряду с рассмотренными в соответствующих стандартах установлены также условности и упрощения, допускаемые в неразъемных соединениях, в чертежах электротехнических и радиотехнических устройств, оптических изделий,

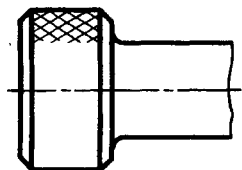


Рис. 12.47

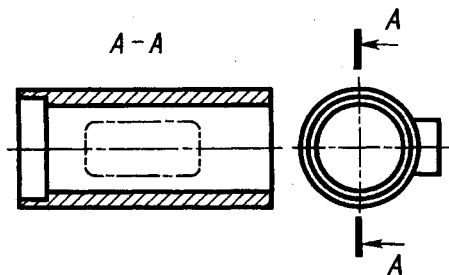


Рис. 12.48

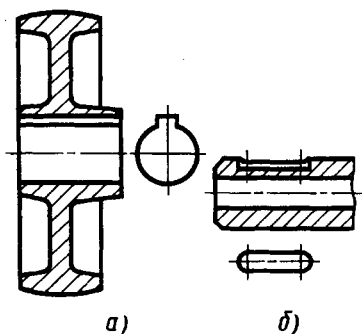


Рис. 12.49

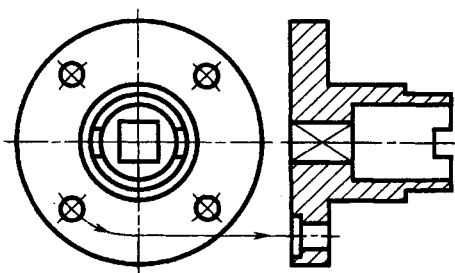


Рис. 12.50

зубчатых зацеплений и т. д. Они излагаются ниже в соответствующих главах курса.

Рассмотрим применение некоторых из изложенных правил изображения предметов на примерах выполнения чертежей геометрических тел со сквозными отверстиями и простых деталей.

### 12.8. Примеры построения изображений — видов, разрезов, сечений

На рисунке 12.51 показаны два чертежа одного предмета — треугольной пирамиды с призматическим отверстием. Изображения на рисунке 12.51, *а* — только виды. Изображения на рисунке 12.51, *б* — главный вид, часть вида сверху и часть горизонтального разреза *А—А*, профильный разрез. Чертеж на рисунке 12.51, *б* значительно более нагляден, информативен, чем чертеж на рисунке 12.51, *а*. Для более четкого представления условностей разрезов рассмотрим построение проекций некоторых точек. Пусть задана проекция *n*. Точка *N* находится на сечении пирамиды секущей горизонтальной плоскостью разреза *А—А*. Ее фронтальную проекцию *n'* строим в проекционной связи на фронтальной проекции — фронтальном следе секущей плоскости разреза *А—А*. По положению проекции *l'* видно, насколько ниже секущей плоскости разреза *А—А* расположена точка *L* боковой грани призматического отверстия.

По профильной проекции *q''* фронтальная проекция *q'* построена из того условия, что секущая плоскость профильного разреза является плоскостью симметрии пирамиды с окном. По профильной проекции *k''* фронтальная проекция *k'* построена в проекционной связи. Заметим, что фронтальная *m'* и

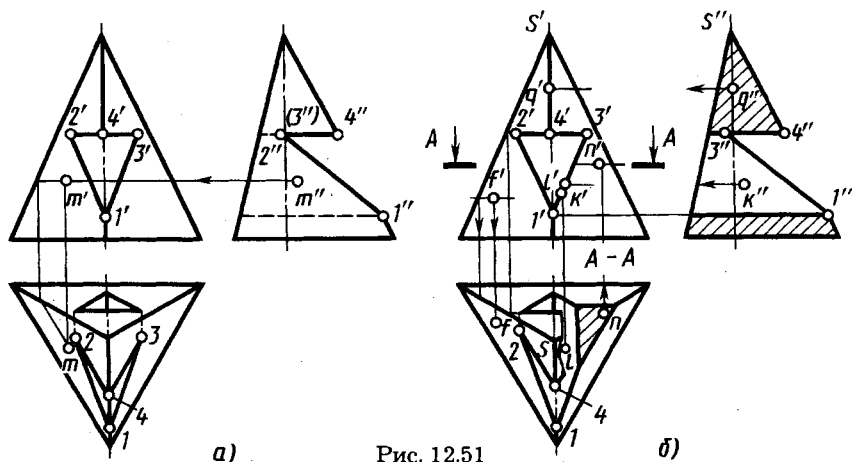


Рис. 12.51

горизонтальная  $m$  проекции на рисунке 12.51,  $a$  построены по профильной проекции  $m'''$  точки, расположенной на боковой грани пирамиды. Аналогичная точка  $F$  на рисунке 12.51,  $b$  имеет лишь две проекции  $f'$  и  $f$ .

Рассмотрим примеры построения по двум заданным изображениям геометрического тела или детали третьего изображения с выполнением необходимых разрезов, сечения.

**Усеченная пирамида с отверстиями.** Исходный чертеж-задание приведен на рисунке 12.52,  $a$ . Требуется выполнить чертеж в системе трех плоскостей проекций, построив изображение на горизонтальной плоскости проекций и применив полезные разрезы.

Перед вычерчиванием читают чертеж предмета, т. е. мысленно представляют его форму. При этом сложный предмет мысленно расчленяют на составляющие его простые геометрические тела — призмы, пирамиды, четко разграничивают поверхности, относящиеся к наружным и внутренним частям предмета. Отмечают, какие из поверхностей предмета находятся в проецирующем положении. Выявляют плоскости или оси симметрии как всего предмета, так и отдельных его элементов.

В данном примере (рис. 12.52,  $b$ ) четырехугольная усеченная пирамида имеет вертикальное и горизонтальное отверстия призматической формы. Грани горизонтального окна перпендикулярны плоскости  $V$ . Кроме того, боковые грани параллельны плоскости  $W$ , а нижняя параллельна плоскости  $H$ . Треугольное вертикальное отверстие изображено на главном виде (линия невидимого контура) и на виде сверху, горизонтальное пятиугольное окно — только на главном виде.

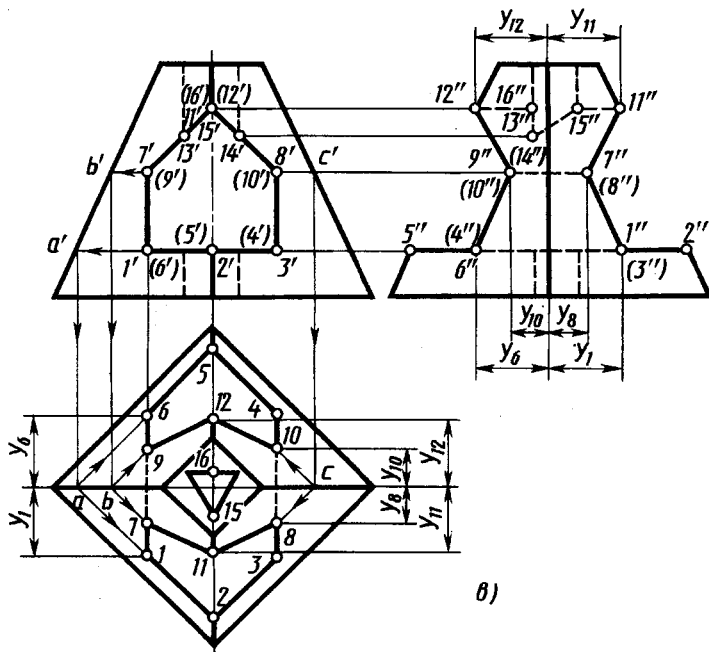
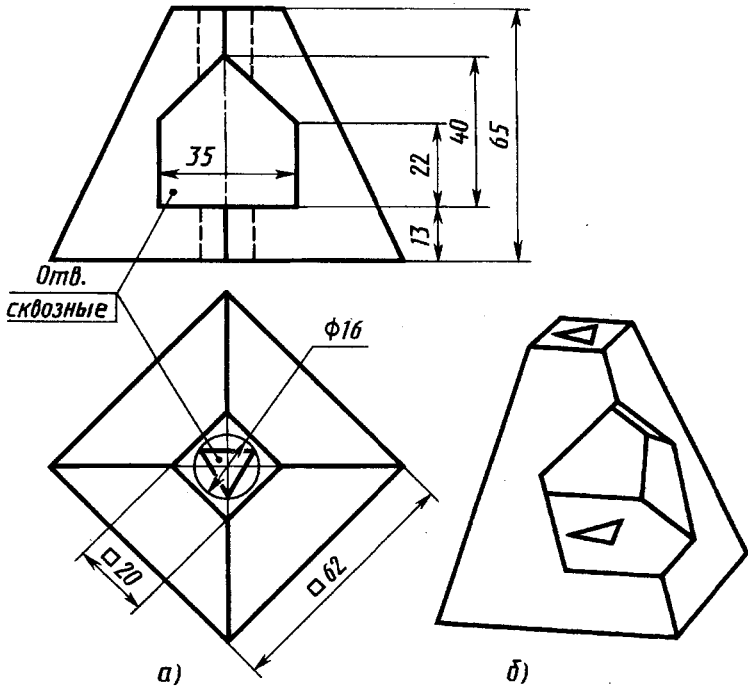


Рис. 12.52 (см. также с. 184)



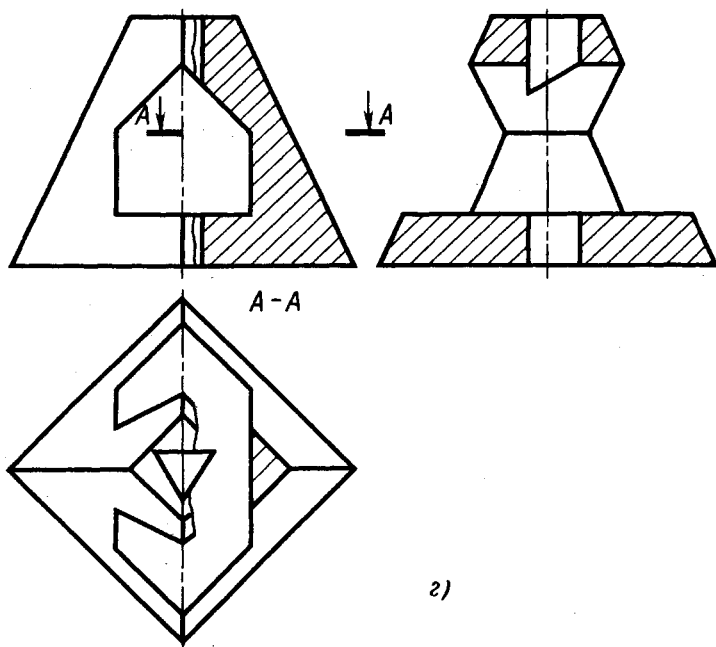


Рис. 12.52. Продолжение

Построение вида сверху в части изображения горизонтального пятиугольного призматического окна и вида слева пирамиды в целом приведено на рисунке 12.52, в.

Горизонтальные проекции  $1-2$ ,  $2-3$ ,  $4-5$  и  $5-6$  построены из условия их параллельности ребрам основания пирамиды с помощью проекций  $a'$  и  $a$  на проекциях ребра пирамиды. По координатам  $y_1$  и  $y_6$  и линиям связи с фронтальной проекцией построена профильная проекция  $1''2''3''4''5''6''1''$ .

По фронтальным проекциям  $7'b'$ ,  $9'b'$ ,  $8'c'$ ,  $10'c'$  фронталей на боковых поверхностях пирамиды построены их горизонтальные проекции  $b-7$ ,  $b-9$ ,  $c-8$  и  $c-10$ . По координатам  $y_8$  и  $y_{10}$  на линии связи построены профильные проекции  $7''$ ,  $8''$ ,  $9''$ ,  $10''$ .

По фронтальным проекциям  $11'$  ( $12'$ ) на линии связи построены профильные проекции  $11''$  и  $12''$  и по координатам  $y_{11}$  и  $y_{12}$  — их горизонтальные проекции  $11$  и  $12$ .

По фронтальным проекциям  $13'$ ,  $14'$ ,  $15'$  и  $16'$  точек пересечения ребер вертикального трехгранного отверстия с верхними гранями и ребром горизонтального призматического отверстия на линиях связи построены проекции  $13''$ ,  $14''$ ,  $15''$  и  $16''$ .

Построенные проекции точек соединены соответствующими проекциями отрезков прямых, при этом изображены все невидимые линии (штриховые).

На построенном чертеже полезно выполнить фронтальный разрез для выявления вертикального трехгранного отверстия, профильный разрез — для выявления трехгранного отверстия и горизонтального отверстия. Они выполнены на рисунке 12.52, *г*. При этом учтено, что тело пирамиды в осевой плоскости симметрии — профильной — имеет ребра, проходящие через точки 11 и 2, 12 и 5. Поэтому несколько более половины главного вида соединено с фронтальным разрезом, несколько более половины вида сверху соединено с разрезом *A—A*.

**Пример выполнения чертежа шара с отверстием сложной формы** в системе *V, H, W* приведен на рисунке 12.53, *а* — исходное задание; рисунок 12.53, *б* — наглядное изображение; рисунок 12.53, *в* — построение видов; рисунок 12.53, *г* — окончательный чертеж. Учитывая симметрию, половина вида сверху соединена с половиной разреза *A—A* и половина вида слева — с половиной профильного разреза.

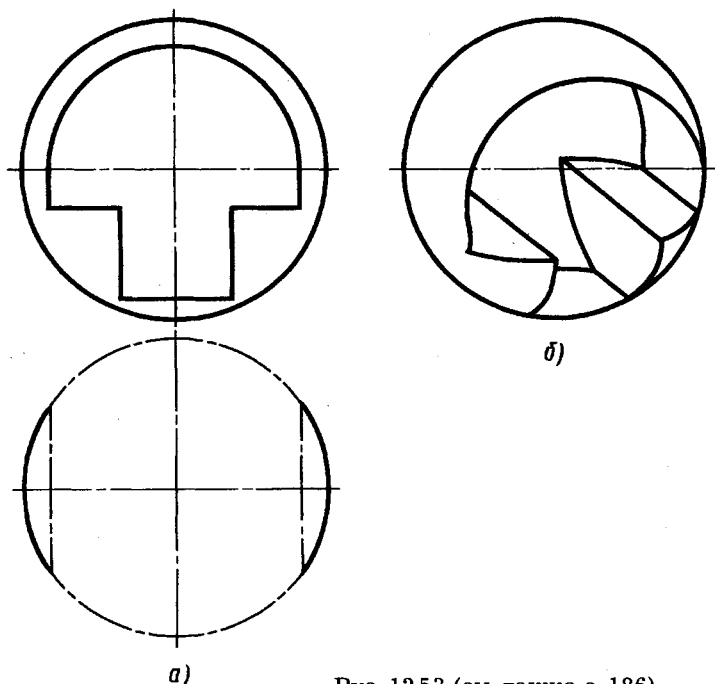


Рис. 12.53 (см. также с. 186)

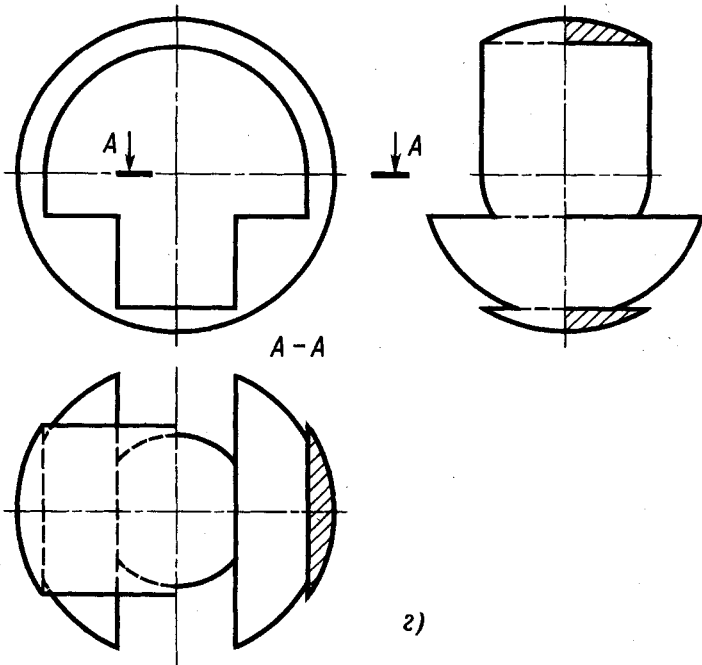
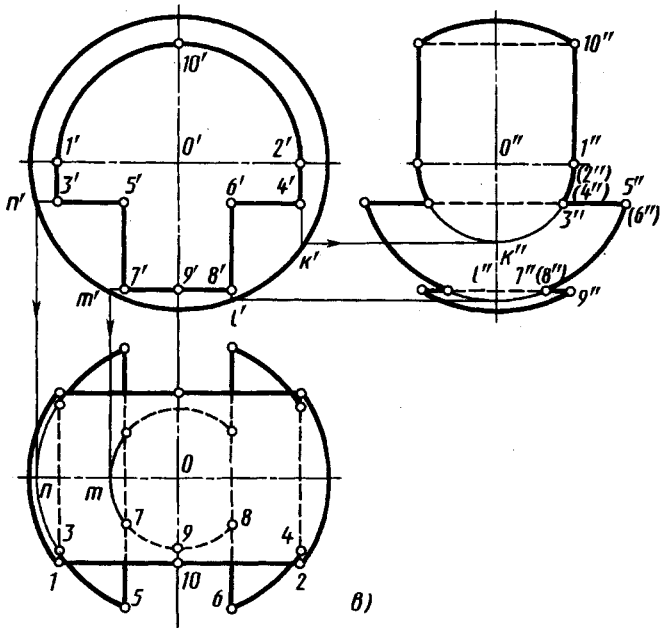


Рис. 12.53. Продолжение

**Пример выполнения чертежа детали типа плита** приведен на рисунке 12.54, *а, б*. Плита имеет одну плоскость симметрии (на виде сверху внешняя форма изображена прямоугольником с размерами  $140 \times 90$  мм) и верхнюю ступенчатую поверхность, образованную тремя горизонтальными плоскостями, в том числе двумя на уровне 30 и 20 мм. Под крепежные элементы для четырех отверстий диаметром 10 мм выполнены два боковых выреза на высоте 10 мм шириной по 20 мм.

В плите имеется фасонное отверстие, одна из стенок которого (левая профильная плоскость) находится на расстоянии 35 мм от левой стороны плиты, правая стенка образована наклоненной под  $45^\circ$  фронтально-проецирующей плоскостью, две другие стенки — ступенчатые симметричные с шириной ступенек по 10 мм ( $(50-30)/2$ ) и высотой 12 мм (20—8). В плите имеется также одно цилиндрическое сквозное отверстие диаметром 20 мм и два симметрично расположенных сквозных отверстия диаметром 8 мм с расстояниями между осями 70 мм, как и у четырех крепежных отверстий.

Из приведенного анализа формы плиты очевидны построение третьей проекции и выполнение необходимых разрезов. По заданным главному виду и виду сверху построение проведено в следующем порядке:

построен вид слева (профильная проекция);

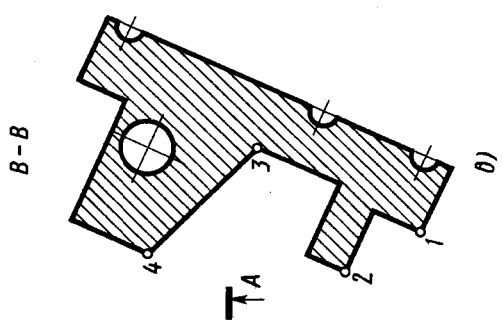
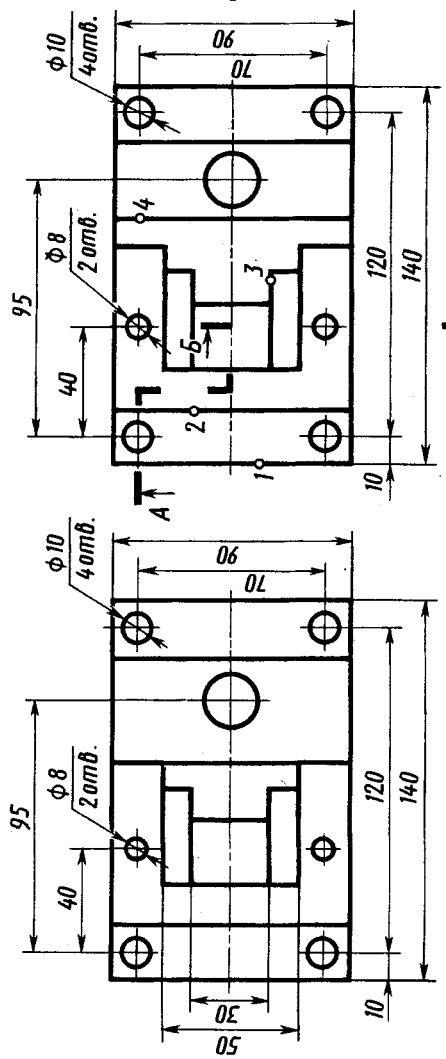
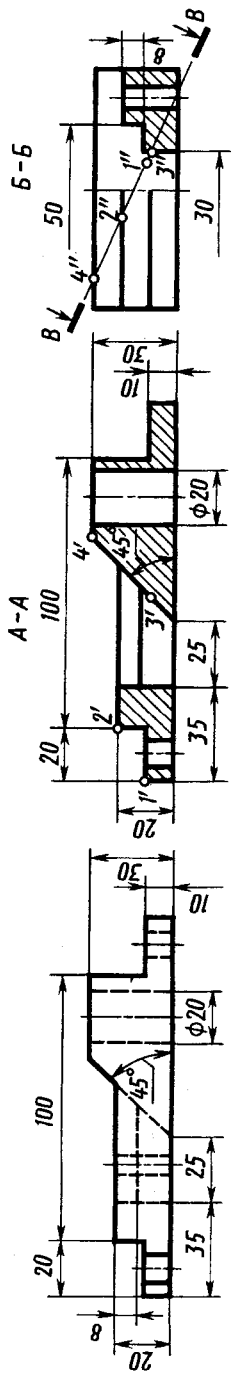
для выявления внутренней формы и формы крепежных отверстий намечен и выполнен ступенчатый фронтальный разрез *А—А*;

для выявления ступенчатых стенок в фасонном отверстии плиты и двух отверстий диаметром 8 мм выполнен профильный разрез *В—В*; он соединен с видом слева половины плиты;

нанесены размерные линии и цифры; при этом размеры 30, 50 и 8 мм, характеризующие ступенчатую форму двух стенок фасонного отверстия, перенесены на разрез на профильной проекции. В изменении расположения других размеров нет необходимости;

построены сечение *В—В*; горизонтальная и фронтальная проекции точек 1, 2, 3 и 4 на поверхности плиты, отмеченные на сечении *В—В* (на горизонтальной проекции — по координатам у профильной проекции).

**Пример выполнения чертежа детали типа корпус** приведен на рисунке 12.55, *а, б*. Корпус имеет форму полой шести-



б)

а)

Рис. 12.54

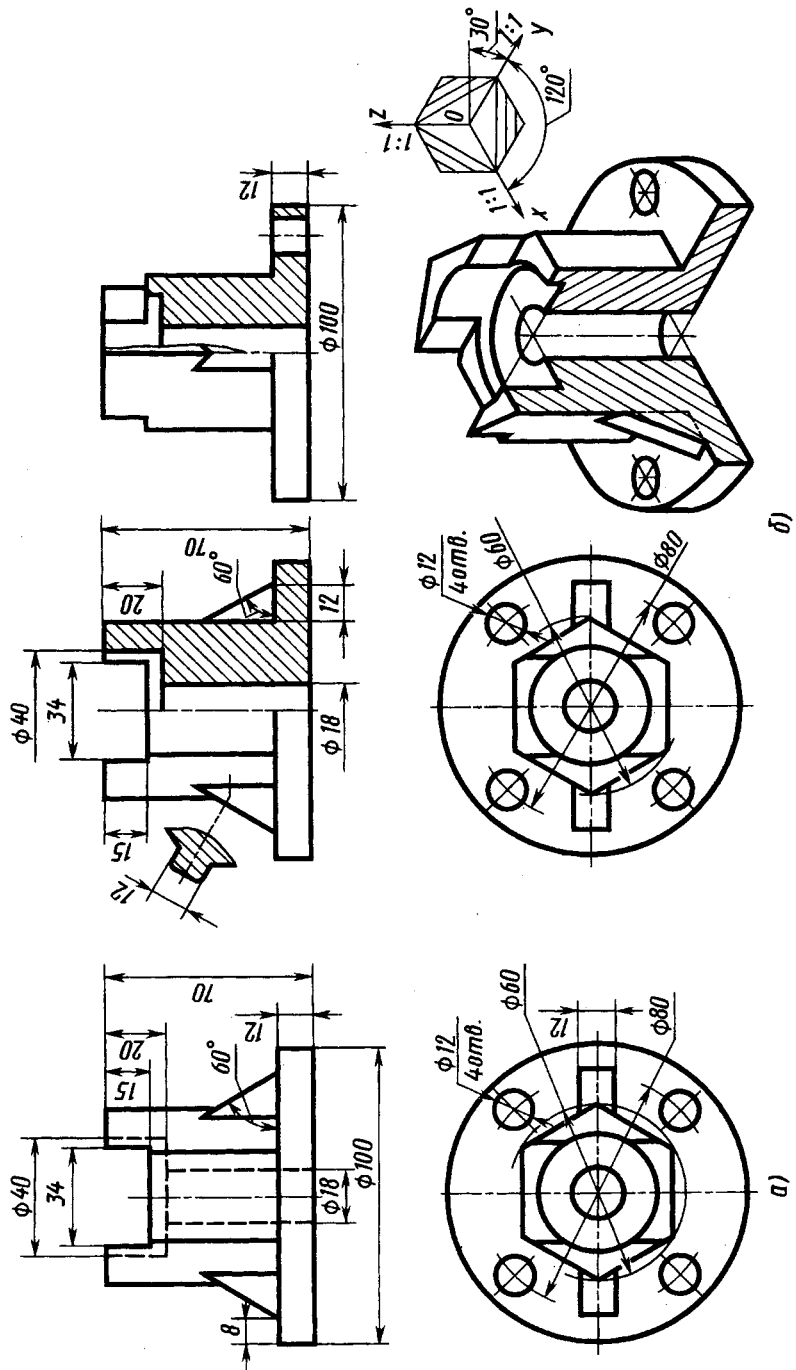


Рис. 12.55

гранной правильной призмы с диаметром описанной окружности 60 мм. В основании — круглый фланец диаметром 100 мм и толщиной 12 мм с четырьмя отверстиями диаметром 12 мм. В центральной части корпуса — сквозное цилиндрическое отверстие диаметром 18 мм, в верхней части — цилиндрическая расточка диаметром 40 мм на глубину 20 мм и прямоугольный вырез (паз) шириной 34 и глубиной 15 мм. Паз образован двумя профильными и одной горизонтальной плоскостью. Боковые стенки паза врезаются в боковые грани шестигранной призмы и в стенки цилиндрической расточки диаметром 40 мм. Два боковых ребра под углом  $60^\circ$  придают жесткость корпусу. Корпус имеет две плоскости симметрии — фронтальную и профильную.

Учитывая симметрию, внутренние формы выявлены половиной фронтального и половиной профильного разрезов, соединенных с половинами главного вида и вида слева соответственно.

На профильном разрезе условно изображено крепежное отверстие на круглом фланце, не попадающее в секущую плоскость (см. рис. 12.50). Тонкостенное ребро на фронтальном разрезе, стенки которого параллельны секущей плоскости, не заштриховано. На виде слева граница между видом и разрезом указана волнистой линией справа от оси для выявления ребра

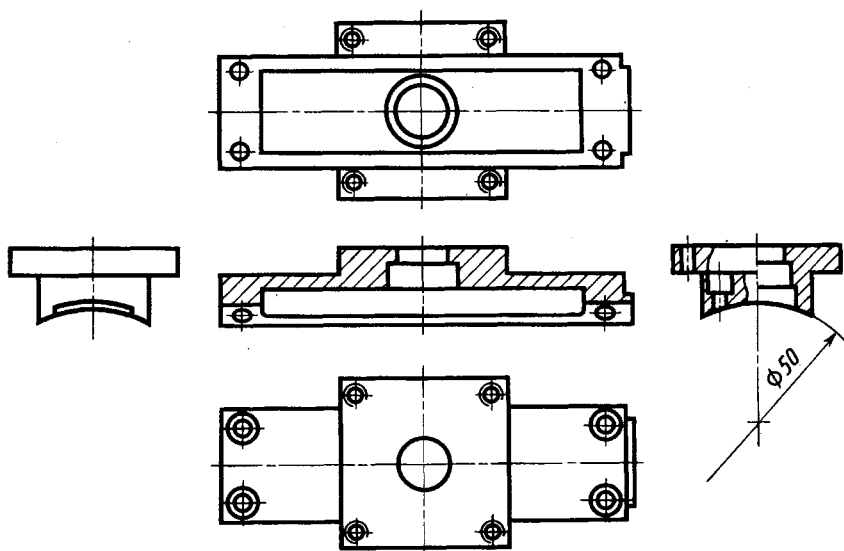


Рис. 12.56

призмы. Наглядное представление о конструкции детали дает построенное изометрическое изображение.

Пример чертежа детали с изображениями на пяти плоскостях проекций приведен на рисунке 12.56. Фронтальный разрез, вид сверху, половина вида слева с местными разрезами и соединенная с ним половина профильного разреза дают достаточно полное представление о форме детали. Вид снизу уточняет конфигурацию полости в продолговатой части детали. На виде справа показана кольцевая форма выступа на правом конце детали.



1. Как называют основные виды и где их располагают на чертежах?
2. Какие дополнительные виды применяют для изображения и как их указывают на чертежах?
3. Что называют разрезом и как изображают простые разрезы?
4. Какие разрезы называют сложными и как их обозначают на чертежах?
5. Что называют сечением и как его изображают на чертежах?
6. Что называют выносным элементом и как его изображают на чертежах?  
Как изображают винтовые линии пружин на чертеже?



## ИЗОБРАЖЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ, ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ

### 13.1. Общие сведения

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

Примеры применения некоторых из них приведены на рисунке 13.1. В конструкции (рис. 13.1, а) разъемного фланцевого соединения вакуумного трубопровода применены три вида соединений: разъемное (вакуумное и болтовое) и неразъемное (сварное). Соединение фланцев 1 и 2 образуют кольцевой зуб на фланце 1 и ответная канавка на фланце 2, в которую зуб вдавливает металлическую кольцевую прокладку 3 из пластичного ленточного материала, например меди. Формы сечений зуба и канавки установлены экспериментально и приведены выше (см. выносные

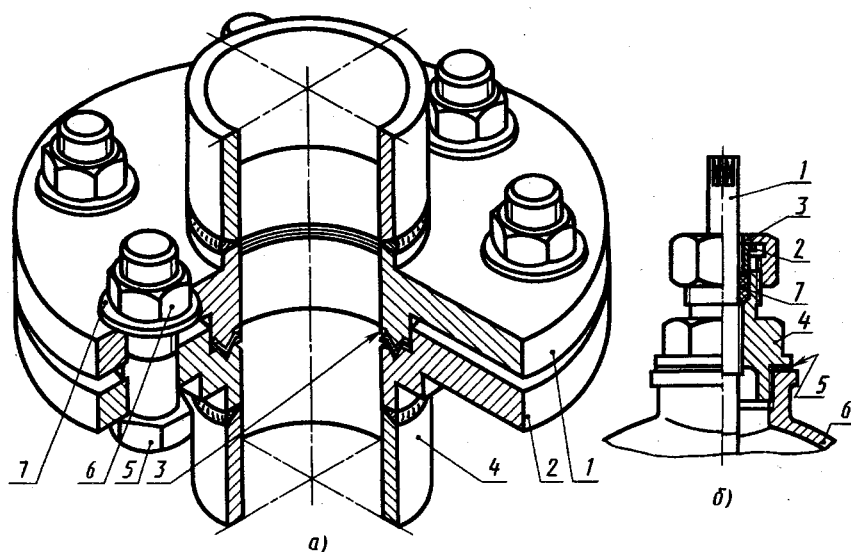


Рис. 13.1, а, б

элементы 1 на рис. 12.41, а и б). Сжатие фланцев вдоль оси обеспечивает болтовое соединение (в данном случае четырьмя болтами), состоящее из болта 5, шайбы 7 и гайки 6. Патрубки 4 приварены к цилиндрическим выступам фланцев плавящимся электродом (на изображении их соединения условно показаны форма кромок до сварки и наплавленный металл — сварной шов).

В конструкции уплотнительного устройства (рис. 13.1, б) применены два резьбовых соединения — накидной гайки 3 со штуцером 4 и штуцера 4 с корпусом 6. Герметичное уплотнение между штоком 1 и штуцером 4 создано сальниковым уплотнением, состоящим из уплотнительной набивки 7, зажимаемой втулкой 2 при завинчивании гайки 3. Уплотнительную набивку выполняют из шнура, изготовленного из пряжи и пропитанного густой смазкой или графитовым порошком, или в виде колец из резины, тефлона. Объем набивки выполняют таким, чтобы между торцами втулки 2 и штуцера 4 после сборки нового соединения оставался зазор, в пределах которого можно перемещать втулку 2 во время эксплуатации для компенсации износа набивочного материала, подтягивая гайку 3. Торцевое уплотнение между штуцером 4 и корпусом 6 обеспечивает прокладка 5 из податливого материала: паронита, резины и т. п.

В конструкции (рис. 13.1, в) консольного шкива клиноременной передачи применены болтовые, винтовые, штифтовые,

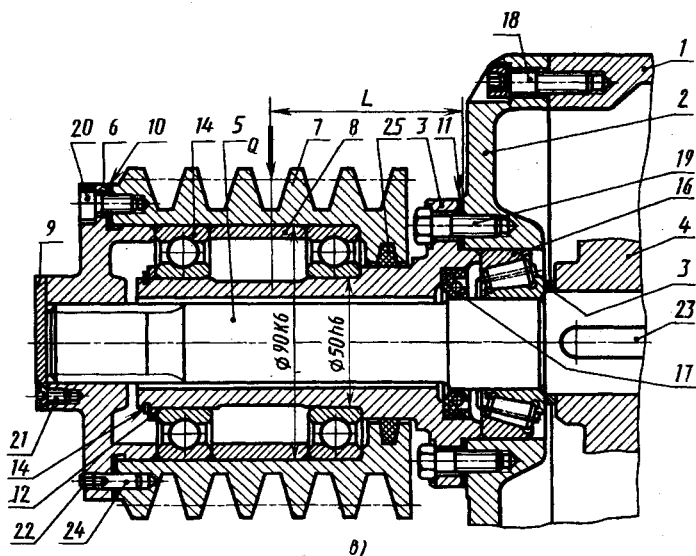


Рис. 13.1, в

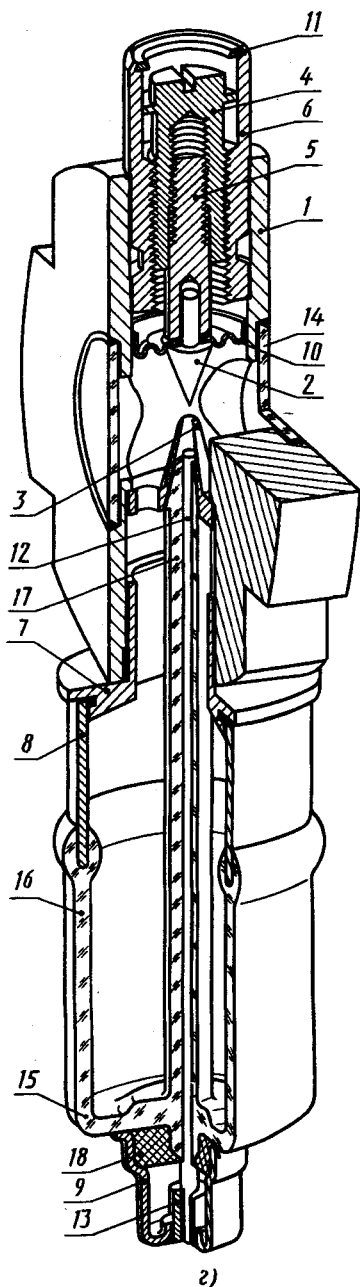


Рис. 13.1, 2

шпоночное и шлицевое между валом 5 и фланцем 6 разъемные соединения, опоры на шариковых и роликовых подшипниках качения, герметичное кольцевое 25 и манжетное 17 уплотнения, уплотнения с помощью прокладок 10 и 11.

В данной конструкции на неподвижном корпусе 1 болтами 18 закреплена крышка 2, на ней болтами 19 через прокладку 11 закреплен кронштейн (цапфа) 3, являющийся опорой для подшипников 14 шкива 7. На шкиве 7 винтами 20 закреплен фланец 6 (имеющий внутренние шлицы, см. рис. 13.37). Вал 5 вращается в корпусе 1 на роликовых подшипниках качения. Вращение от шкива 7 через фланец 6, вал 5 и шпонку 23 передается детали 4. Втулка 8 служит для установки шарикоподшипников. Их положение на валу фиксирует кольцо 12 и пружинное кольцо 14. Кольцо 13 устанавливает расстояние между деталью 4 и торцом внутреннего кольца роликового подшипника. Штифт 24 фиксирует положение крышки на шкиве, винт 22 предотвращает его от выпадения. Крышка 9, закрепленная винтами 21, герметизирует полость подшипников. В данной конструкции радиальное усилие на шкиве 7 от натяжения ремней воспринимает кронштейн 3, т. е. изгибающий момент не передается на вал 5.

В конструкции сверхвысококачественного электровакуумного прибора (рис. 13.1, 2) — резонансного

разрядника — применены резьбовое соединение, соединения пайкой, склеиванием, сваркой, завальцовкой, пайка стекла с металлом. Поясним их.

Винтовой механизм (в верхней части на рис. 13.1, *з*) обеспечивает регулирование расстояния между коническими электродами, между которыми возникает электрический разряд при прохождении через разрядник электромагнитной энергии выше определенного уровня мощности. Винтовой механизм состоит из винта 4, имеющего внутреннюю более мелкую и наружную более крупную резьбы, стержня 5 с наружной резьбой и втулки 6 с внутренней резьбой. Принцип работы такого механизма будет рассмотрен ниже.

Соединение завальцовкой применено для закрепления кольца 11 во втулке 6: при завальцовке цилиндрическая часть втулки пластически деформирована так, что она обжала наружную коническую поверхность кольца 11.

Соединение двух стеклянных дисков 14 с корпусом 1 выполнено с помощью стеклоэмали. Изображают такое соединение на чертежах, как и соединения склеиванием. С помощью мастики 18 колпачок 9 приклеен к стеклу. Это соединение обеспечивает механическую прочность крепления колпачка. Электрический контакт колпачка с центральным электродом 12 обеспечивает соединения пайкой легкоплавким припоем с трубкой 13 и точечной сваркой трубки 13 с электродом 12.

Пайкой стекла с металлом образованы соединения электрода 12 со стеклянной оболочкой 17, стаканчика 8 с цилиндром 16, пайкой стекла со стеклом соединен диск 15 с цилиндром 16 и стеклянной оболочкой 17.

Пайкой тугоплавким припоем (температура плавления выше 750° С) соединены между собой детали: корпус 1, электрод 3, втулки 6, 7, стаканчик 8, мембрана 10, электрод 2, винт 5.

### 13.2. Изображение резьбы и резьбовых соединений

Многие детали машин и приборов имеют резьбу. Поверхность резьбы образует плоский контур при винтовом движении по цилиндрической или конической поверхности. При этом различные участки плоского контура могут образовывать различные соосные винтовые поверхности — прямые (см. рис. 8.8, 8.9), косые (см. рис. 8.10) или иной формы.

Наибольшее распространение получили цилиндрические и конические резьбы, т. е. резьбы, образованные на цилиндрических или конических поверхностях (деталей).

*Резьбовое соединение*— это соединение деталей с помощью резьбы, обеспечивающее их относительную неподвижность или перемещение одной детали относительно другой. В резьбовом соединении одна из деталей имеет наружную резьбу, другая — внутреннюю.

*Наружная резьба* — это резьба, образованная на наружной цилиндрической или конической поверхности. В резьбовом соединении наружная резьба является охватываемой поверхностью, а имеющая ее деталь носит название болт (винт и др.).

Образование наружной резьбы, например нарезанием резцом, иллюстрирует рисунок 13.2. Если резец, равномерно перемещающийся вдоль образующей, углубит в равномерно вращающуюся заготовку, то на ее поверхности образуется винтовая поверхность; вид этой поверхности зависит от формы резца. Например, на рисунке 13.2, а резьба имеет трапецеидальный профиль, а на рисунке 13.2, б — треугольный профиль.

На чертеже деталей наружную резьбу показывают условно: сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру —

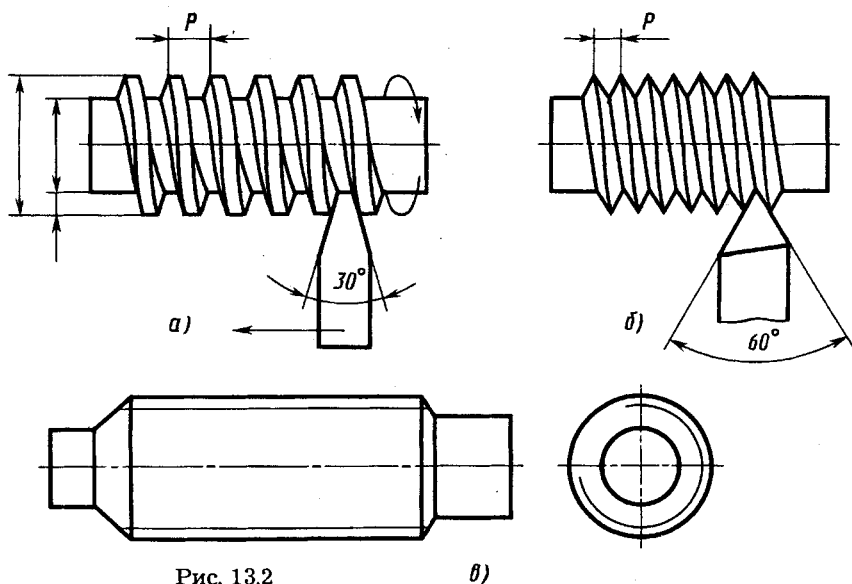


Рис. 13.2

б)

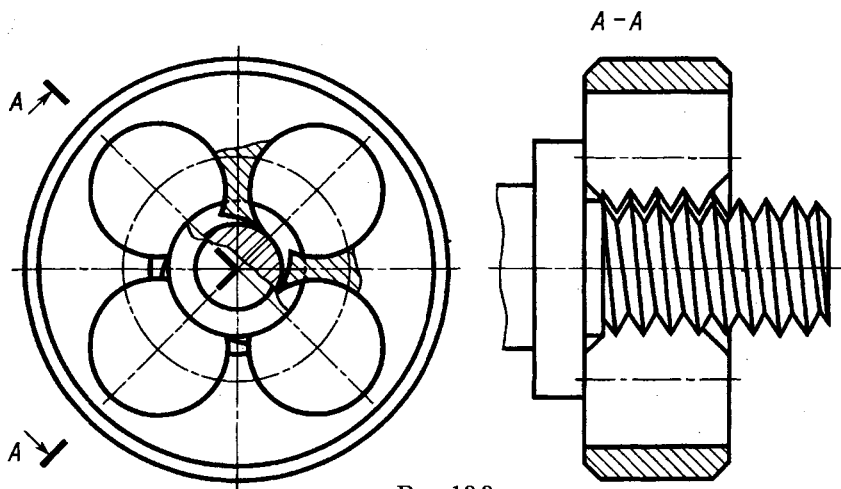


Рис. 13.3

Рис. 13.4

по границе впадин — рисунок 13.2, *в* с обозначениями, рассматриваемыми ниже. На плоскости проекций, перпендикулярной оси резьбы, тонкую линию по границе впадин делают разомкнутой в любом месте на участке около  $1/4$  окружности, но она не должна начинаться и кончаться у центральной линии.

Кроме нарезания резьбовыми резцами на токарно-винторезных станках, ее можно нарезать плашками (рис. 13.3), накатывать резьбонакатными роликами или гребенками.

Если в конце резьбы резец плавно отводят от детали, то получается участок неполного профиля в зоне перехода резьбы к гладкой части детали (рис. 13.4). Такой участок называют сбегом резьбы (на рис. 13.4 сбег резьбы на длине  $L_1$ ). В местах перехода от резьбового участка к торцу детали при нарезке резьбы плашкой также может оставаться участок с неполным профилем резьбы (см. рис. 13.3 слева от плашки). Этот участок называют недорезом. Его необходимо учитывать при конструировании соединений.

В тех случаях, когда необходимо плотное прилегание торцов деталей в резьбовом соединении, на одной из деталей делают цилиндрическую проточку (их форма и размеры рассмотрены ниже).

*Внутренняя резьба* — это резьба, образованная на внутренней цилиндрической или конической поверхности. В резьбовом соединении внутренняя резьба является охватываемой поверхностью.

Внутреннюю резьбу нарезают резцом или с помощью специального резьбонарезного инструмента — метчика (см. рис. 13.5, *в*, *г*). Нарезание резьбы в сквозных отверстиях сравнительно просто. Более трудным является нарезание резьбы в глухих несквозных отверстиях. Такое отверстие с резьбой называют гнездом.

Последовательность получения резьбы в гнезде показана на рисунке 13.5:

- а* — сверление отверстия (гнезда) и обработка фаски;
- б* — отверстие, готовое для нарезания резьбы;
- в* — нарезание резьбы метчиком;
- г* — резьбовое гнездо (разрез);
- д* — резьбовое гнездо (разрез), изображаемое на чертеже.

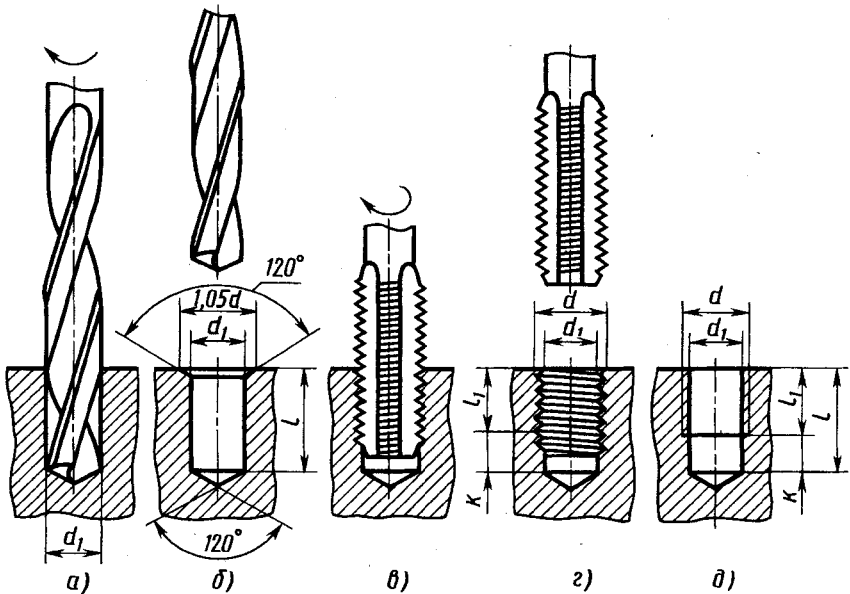


Рис. 13.5

Диаметр  $d_1$  сверла выбирают по технологическим нормативам в зависимости от размера резьбы; он соответствует примерно внутреннему диаметру резьбы. Длина  $l$  — полная длина цилиндрической части отверстия. Дно гнезда, образованное режущей частью сверла, условно изображают как конус с углом при вершине, равным  $120^\circ$ . Глубина отверстия, которое нужно просверлить, зависит от длины резьбы с полным профилем (которую нужно нарезать) и от величины сбega резьбы. В свою очередь на деталях длину резьбы с полным профилем выбирают в зависимости от материала детали (сталь, алюминий, бронза и т. д.).

Острую кромку на торце отверстия обрабатывают на конус с углом при вершине  $120^\circ$  (это коническое углубление называют фаской). Размер фаски указан на рисунке 13.5, б. Наличие фаски облегчает врезание метчика. Для постепенного врезания в металл метчики имеют заборную коническую часть, которая при обработке в конце отверстия образует сбег резьбы — резьбу неполного профиля (см. рис. 13.4, з). На чертеже указывают длину резьбы с полным профилем  $l_1$  и длину цилиндрического отверстия  $l$  (рис. 13.5, д). Практически величина  $k$  должна быть не менее 0,5 диаметра резьбы.

Резбовое гнездо с условным обозначением резьбы сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру показано на рисунке 13.5, д. Размеры  $l_1$  длины резьбы с полным профилем указывают на рабочих чертежах деталей, размер  $l$  длины цилиндрического отверстия обычно на чертежах деталей не указывают, но этот размер и диаметр  $d_1$  указывают на операционных технологических эскизах на сверление гнезда (рис. 13.5, б). Размер  $k$  в чертежах не указывают, а знак диаметра  $d$  заменяют стандартным обозначением, рассматриваемым ниже.

Резьба может быть как правой, так и левой. Вращение по часовой стрелке детали с правой резьбой перемещает деталь вдоль оси в направлении от наблюдателя. Для перемещения детали с левой резьбой в направлении от наблюдателя ее вращают против часовой стрелки.

В зависимости от числа заходов (т. е. выступов или канавок) резьбы подразделяют на однозаходные и многозаходные (двухзаходные, трехзаходные и т. д.). В производстве выступ резьбы называют также винтовой ниткой. Пример двухзаходной винтовой линии приведен выше (см. рис. 7.7).



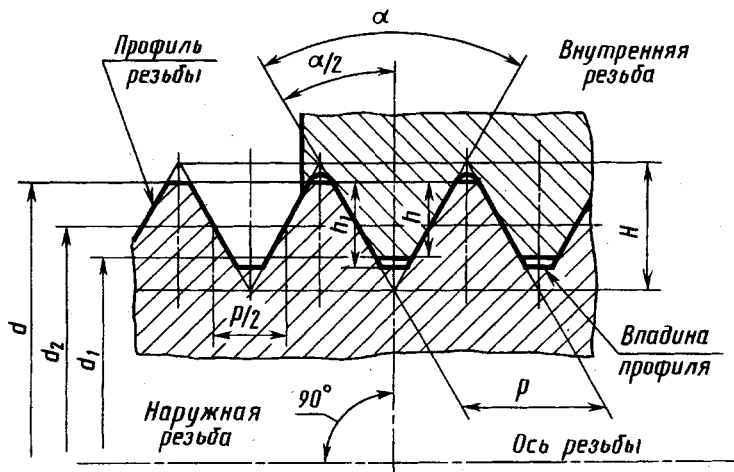


Рис. 13.6

**Основные параметры резьбы.** На рисунке 13.6 изображен профиль резьбы (сопряженных, свинченных внутренней и наружной резьб) и обозначены его основные параметры.

*Ось резьбы* — прямая, относительно которой происходит винтовое движение плоского контура, образующего резьбу.

*Профиль резьбы* — контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось. В промышленности, как правило, применяют стандартные профили резьбы, некоторые из которых рассмотрены ниже. Детали с наружной резьбой трапецеидального и треугольного профиля (см. рис. 13.2, а, б).

Боковыми сторонами профиля называют прямолинейные участки профиля, принадлежащие винтовым поверхностям.

Участки профиля, соединяющие боковые стороны выступов или канавок, называют соответственно вершиной или впадиной профиля.

Из числа основных количественных параметров резьбы отметим: *угол профиля  $\alpha$*  — угол между боковыми сторонами профиля; *углы наклона боковых сторон профиля  $\beta, \gamma$*  — углы между боковыми сторонами профиля и перпендикуляром к оси резьбы; для резьб с симметричным профилем углы наклона равны половине угла профиля  $\alpha/2$ ; *рабочая высота профиля  $h$*  — высота соприкосновения сторон профиля наружной и внутренней резьбы в направлении, перпендикулярном к оси резьбы; *длина свинчивания* — длина соприкосновения винтовых поверхностей наружной и внутренней резьбы в осевом направлении.

Параметры, относящиеся только к цилиндрическим резьбам, следующие: высота исходного профиля  $H$  — высота остроугольного профиля, полученного путем продолжения боковых сторон профиля до их пересечения (если профиль построен исходя из треугольника); высота профиля  $h_1$ ; шаг резьбы  $p$  — расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы; ход резьбы  $t$  — расстояние между ближайшими боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы; ход резьбы есть величина относительного осевого перемещения винта (гайки) за один оборот; в однозаходных резьбах ход равен шагу, в многозаходных — произведению числа заходов  $n$  на шаг:  $t = p \cdot n$ ; угол подъема резьбы  $\psi$  — угол, образованный касательной к винтовой линии в точке, лежащей на среднем диаметре резьбы, и плоскостью, перпендикулярной к оси резьбы, угол  $\psi$  определяется зависимостью:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{t}{\pi d_2} = \frac{pn}{\pi d_2};$$

наружный диаметр резьбы  $d$  — диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы; внутренний диаметр  $d_1$  — диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или вершины внутренней резьбы; средний диаметр резьбы  $d_2$  — диаметр воображаемого соосного с резьбой цилиндра, образующие которого пересекают профиль резьбы в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага резьбы.

Конкретные значения таких параметров, как форма профиля, наружный диаметр, шаг, направление винтовой поверхности (правая или левая резьба), число заходов, отражают в условном буквенно-цифровом обозначении резьбы. Соответствующие примеры рассмотрены ниже.

По эксплуатационному назначению резьбы подразделяют на крепежные (метрические, дюймовые), крепежно-уплотнительные (трубные, конические), ходовые (трапецеидальные, упорные), специальные.

Все резьбы, используемые на практике, можно разделить на две группы:

стандартные (все резьбы с установленными стандартами параметрами: профилем, шагом, диаметром и соотношениями

между ними). Стандартные резьбы составляют основную массу применяемых резьб;

нестандартные, или специальные, например прямоугольная и квадратная резьбы.

**Стандартная метрическая резьба.** Метрическая резьба является основным типом крепежной резьбы треугольного профиля (см. рис. 13.6) с углом профиля  $\alpha=60^\circ$ . Ее используют также в деталях приборов. Размеры элементов метрической резьбы задают в миллиметрах. Для метрической резьбы в ГОСТ 8724—81 установлены следующие значения шага, мм: 0,075; 0,08; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,225; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2 и далее до 6 через 0,5 мм. Для метрической резьбы общего назначения установлены диаметры в диапазоне от 0,25 до 600 мм и шаги в указанном выше интервале. Метрическая резьба диаметров от 1 до 600 мм делится на два типа: с крупным шагом (для диаметров от 1 до 68 мм) и с мелкими шагами (для диаметров от 1 до 600 мм). Каждому диаметру резьбы соответствуют определенные шаги (крупные и мелкие).

Все стандартные диаметры резьб разделены на 1, 2 и 3-й ряды. Каждый из них имеет резьбы с крупным и мелким шагом. Их значения для диаметров от 10 до 64 мм приведены, например, в таблице 6.1 «Справочника по машиностроительному черчению». При этом каждому диаметру резьбы соответствует только один ряд (диаметры резьбы в рядах не повторяются).

Стандарт рекомендует при выборе резьб предпочитать первый ряд второму, второй третьему. Так, например, если по конструктивным соображениям допустимо использование резьб диаметром 14, 15 или 16 мм (см. табл. VII.2), то должна быть использована резьба с диаметром 16 мм.

**Трубная цилиндрическая резьба.** Эту резьбу используют для соединений в трубопроводах, цилиндрических резьбовых соединениях. Профиль этой резьбы (рис. 13.7) — равнобедренный треугольник с углом  $\alpha=55^\circ$ , вершины и впадины профиля закруглены, а в соединении между вершинами и впадинами наружной и внутренней резьбы отсутствуют зазоры. Трубная резьба разработана в дюймовой системе (1 дюйм = 1" = 25,4 мм) и имеет мелкие шаги. Шаг трубной резьбы задают косвенным способом: указывают число ниток резьбы, укладываемых на 1". Это число ниток стандартизовано в пределах от 28 до 11.

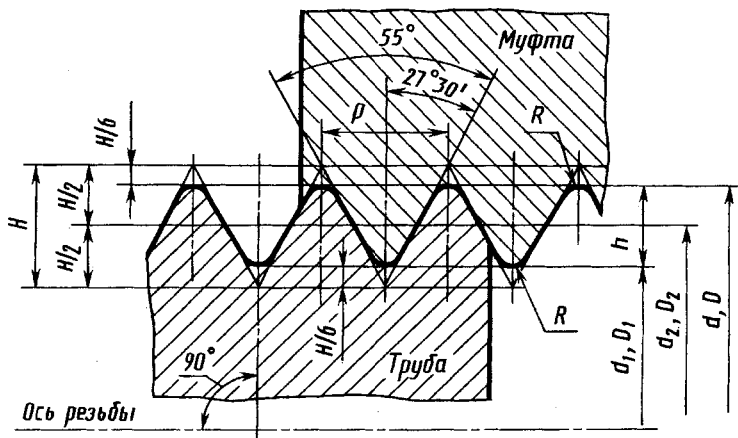


Рис. 13.7

Обозначение размера трубной резьбы имеет особенность, которая заключается в том, что размер резьбы задается не наружным диаметром трубы, на котором нарезается резьба, а величиной внутреннего диаметра трубы. Он называется диаметром трубы «в свету» и определяется как условный проходной размер трубы. Объяснение этой условности состоит в том, что конструктивный расчет трубопроводов ведется по условным проходам трубопроводов, арматуры и соединительных частей.

Например, трубная резьба в 1" нарезается снаружи на трубе, которая имеет внутренний диаметр, равный 1" (25,4 мм); размер же наружного диаметра всегда больше диаметра «в свету» на две толщины стенки трубы. Размеры некоторых трубных цилиндрических резьб, установленные ГОСТ 6357—81, приведены, например, в таблице 6.8 «Справочника по машиностроительному черчению».

**Трубная коническая резьба.** В соединениях топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин широко применяют коническую трубную резьбу, обеспечивающую хорошую герметичность соединений без применения специальных уплотнений. Трубные конические резьбы (рис. 13.8) имеют два варианта профиля резьбы (при исходном профиле в форме равнобедренного треугольника):

закругленный профиль с углом профиля  $\alpha=55^\circ$  (размер этой трубной конической резьбы стандартизован ГОСТ 6211—81);

дюймовый с углом профиля  $\alpha=60^\circ$  (размеры этой конической дюймовой резьбы установлены ГОСТ 6111—52).

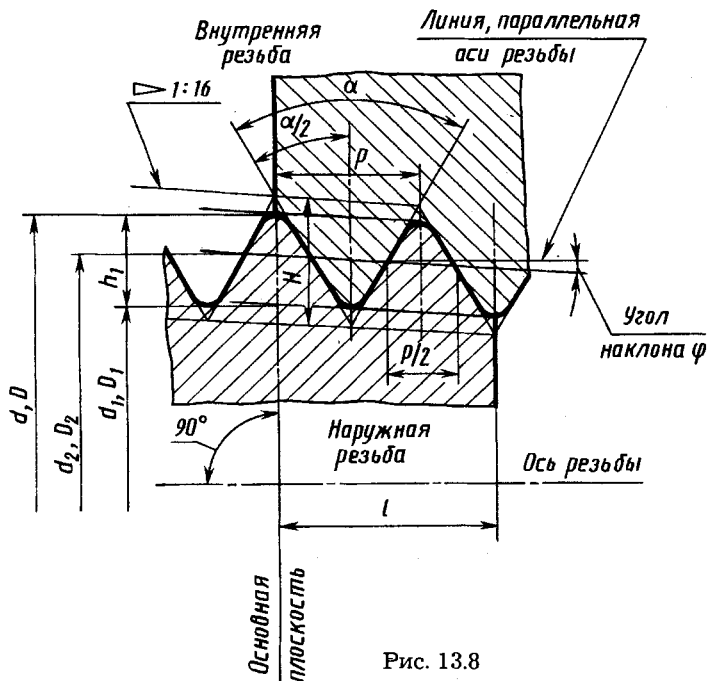


Рис. 13.8

Конусность поверхностей, на которых нарезают резьбу, обычно равна 1:16 (обозначение конусности см. на рис. 13.8 вверху слева). Биссектриса угла профиля перпендикулярна оси резьбы.

Диаметральные размеры конических резьб устанавливают в основной плоскости, которая перпендикулярна к оси и отстоит от торца детали с наружной резьбой на расстоянии  $l$ , регламентированном стандартами на конические резьбы. В основной плоскости диаметры резьбы равны номинальным диаметрам трубной цилиндрической резьбы.

**Резьба трапецидальная** (ГОСТ 24738—81). Профиль резьбы — равнобокая трапеция с углом профиля  $30^\circ$  между боковыми сторонами (рис. 13.9, а). Стандартизована для диаметров от 10 до 640 мм с шагами от 2 до 48 мм. Для каждого диаметра стандарт предусматривает три различных шага.

**Резьба упорная** (рис. 13.9, б). Стандартизована для диаметров от 10 до 600 мм с шагами от 2 до 24 мм. Для каждого диаметра резьбы предусмотрены три различных шага. Имеет несимметричный профиль и предназначена для ходовых винтов с большой односторонней нагрузкой (тиски, домкраты, прессы и др.).

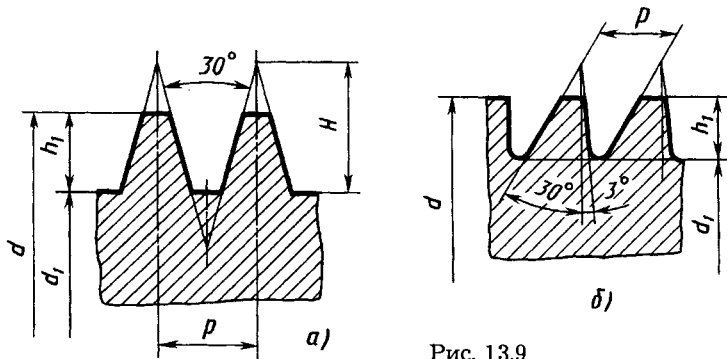


Рис. 13.9

**Изображение резьб.** Примеры изображения наружной цилиндрической и конической резьбы на всей длине детали приведены на рисунке 13.10 (см. также рис. 13.2, в), внутренней цилиндрической и конической резьбы — на рисунке 13.11 (см. также рис. 13.5, д).

Фаску, размер которой совпадает с глубиной резьбы, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, не изображают. Поэтому на рисунках 13.10, а и 13.11, а на виде слева фаска не изображена, а на виде справа фаска показана, так как она значительно больше глубины резьбы.

Невидимую резьбу изображают штриховыми линиями одинаковой толщины по наружному и внутреннему диаметрам.

Линию, определяющую границу резьбы, наносят в конце полного профиля резьбы (до начала сбега). Границу резьбы проводят всегда до линии наружного диаметра резьбы и изоб-

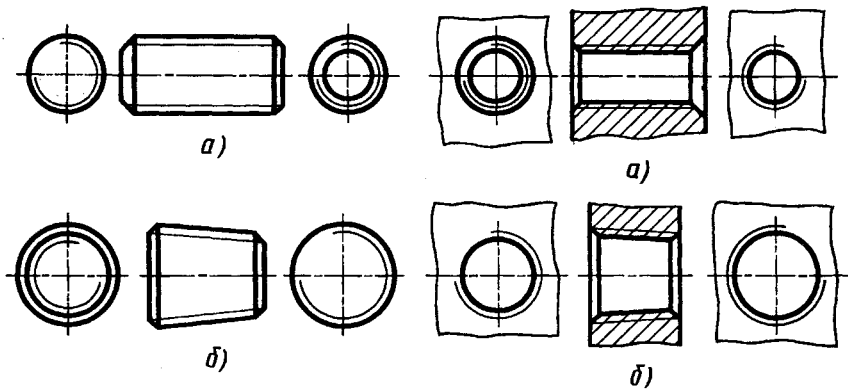


Рис. 13.10

Рис. 13.11

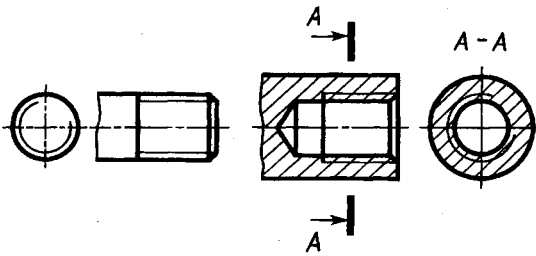


Рис. 13.12

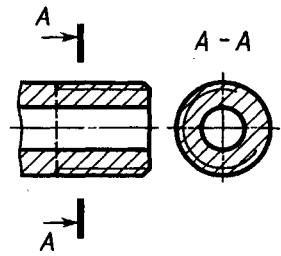


Рис. 13.13

ражают, когда она видима, сплошной основной линией (рис. 13.12).

Штриховку в разрезах и сечениях доводят до сплошной толстой линии, т. е. до линии наружного диаметра наружной резьбы (рис. 13.13) и до линии внутреннего диаметра внутренней резьбы (см. рис. 13.12).

Сбег резьбы, если необходимо, изображают сплошной тонкой линией. Примеры изображения сбega резьбы приведены на рисунке 13.14 для наружной (а) и внутренней (б) резьбы. За сбегом резьбы при нарезании резьбы в упор (см. рис. 13.14, а) может оставаться участок без резьбы, называемый недоходом. В результате сбega резьбы и недохода возникает недорез резьбы (см. рис. 13.14, а). Наличие недореза резьбы необходимо учитывать при конструировании резьбовых соединений, а длину полного профиля указывать в чертежах с учетом стандартной длины недореза.

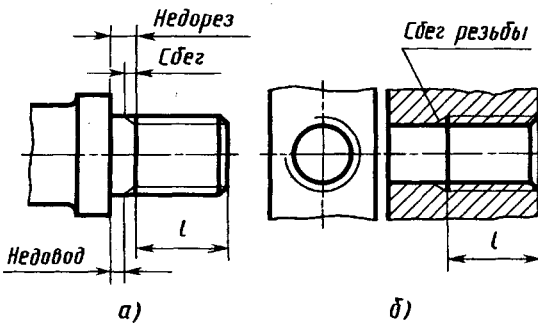


Рис. 13.14

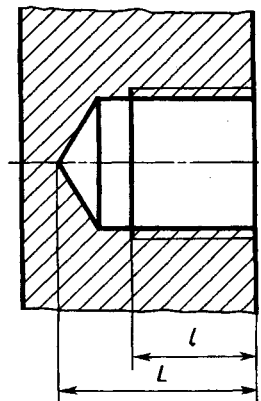


Рис. 13.15

Если глухое отверстие с резьбой выполняют в стенке детали, которая является герметичной или вакуумно-плотной (рис. 13.15), то обязательно указывают глубину  $L$  отверстия под резьбу до вершины гнезда наряду с длиной  $l$  резьбы полного профиля.

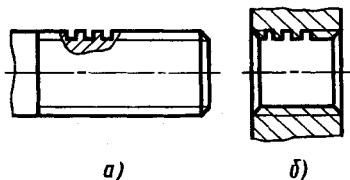


Рис. 13.16

Когда конец резьбы в глухом отверстии расположен близко к дну отверстия, на чертежах, по которым резьба не выполняется (например, в сборочных чертежах), допускается условно изображать резьбу до конца отверстия.

Профили резьб при необходимости (например, с нестандартным профилем) показывают на изображении детали (рис. 13.16) или как выносной элемент (см. рис. 13.19, *и*).

На разрезах резьбового соединения изображают только ту часть внутренней резьбы, которая не закрыта внешней резьбой (рис. 13.17).

Если через резьбу проходит отверстие или прорезь, то ее изображают условно, прерывая сплошную тонкую линию в местах расположения отверстия или прорези (рис. 13.18, *а*).

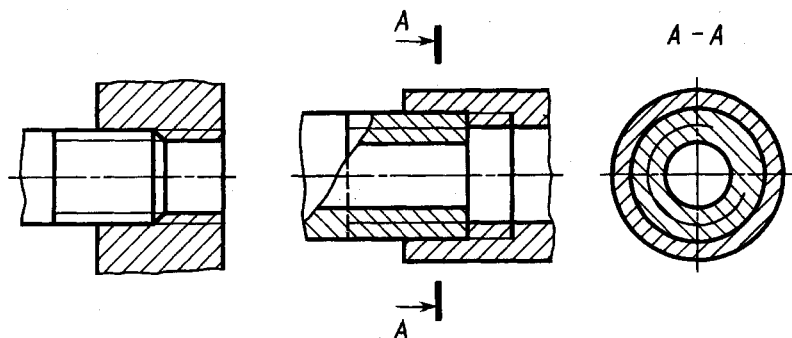


Рис. 13.17

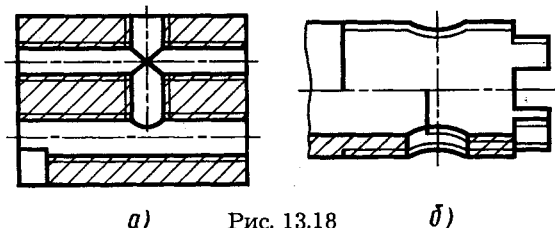


Рис. 13.18



Когда необходимо показать наличие резьбы в зоне этого отверстия или прорези, ее изображают полностью (рис. 13.18, б).

**Обозначения резьб.** Примеры обозначений резьбы на чертежах приведены на рисунке 13.19. Условное изображение метрической резьбы с крупным шагом состоит из буквы «М» и номинального диаметра, для резьбы с мелким шагом добавляется величина шага. Например, на рисунке 13.19, а показано обозначение метрической резьбы номинальным диаметром 24 мм с крупным шагом 3 мм на стержне, а на рисунке 13.19, б — метрической резьбы номинальным диаметром 24 мм с мелким шагом 2 мм в отверстии. Для левой резьбы после условного обозначения ставят «LH», например М 24 × 2LH.

Многозаходные резьбы обозначают буквой «М», номинальным диаметром, числовым значением хода и в скобках буквой «р» и числовым значением шага. Примеры обозначений: для трехзаходной резьбы с шагом 1 мм и значением хода 3 мм —

М 24 × 3 (р1);

для такой же левой резьбы —

М 24 × 3 (р1) LH.

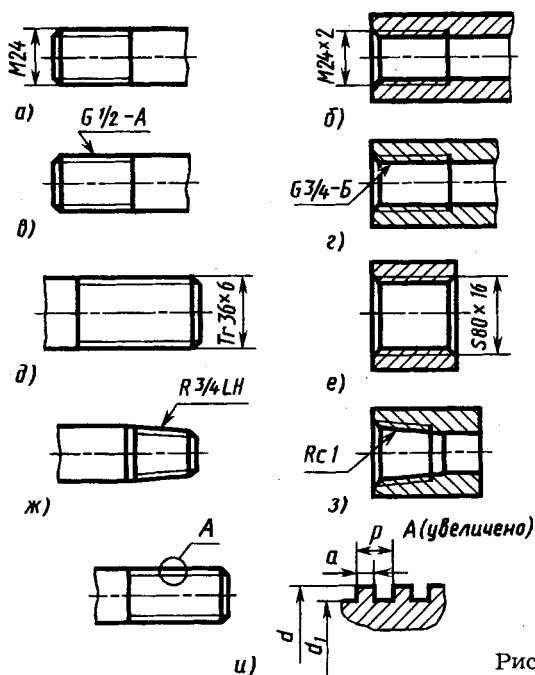


Рис. 13.19

Условное обозначение трубной цилиндрической резьбы состоит из буквы *G*, условного размера внутреннего диаметра трубы в дюймах и буквенного обозначения класса точности А и Б. Примеры обозначения приведены на рисунке 13.19, *в* — на трубе, на рисунке 13.19, *г* — в отверстии.

Условное обозначение трапецеидальной резьбы состоит из букв «*Tr*», наружного диаметра и шага резьбы, например «*Tr 36 × 6*» — на рисунке 13.19, *д*.

Условное обозначение упорной резьбы состоит из буквы «*S*», наружного диаметра и шага резьбы, например «*S 80 × 16*» — на рисунке 13.19, *е*.

На рисунке 13.19, *ж* и *з* показаны примеры обозначения конической дюймовой резьбы левого направления (*R 3/4 LH*) на стержне и конической дюймовой резьбе — правой в отверстии (*Rc 1*).

Для обозначения параметров нестандартной резьбы показывают все ее основные размеры. Например, на рисунке 13.19, *и* показана резьба прямоугольного профиля. Рекомендуется показывать в масштабе увеличения профиль данной резьбы и все ее размеры: *d* — диаметр резьбы по выступам, *d<sub>1</sub>* — диаметр резьбы по впадинам, *p* — шаг резьбы, *a* — величина выступа.

**Конструктивные и технологические элементы резьбы:** проточка, фаски, сбег, недорезы. Проточка — кольцевой желобок на стержне или в отверстии — необходима для выхода резьбообразующего инструмента (рис. 13.20). Размеры проточек стандартизованы в ГОСТ 10549—80. Их значения для размеров резьб, обычно широко используемых в учебном процессе, приведены в табл. П5.1 для наружной метрической резьбы, в табл. П5.2 для трубной цилиндрической резьбы и в табл. П5.3 для внутренней метрической резьбы. Величину радиуса *R* закруглений принимают равной примерно половине шага резьбы.

Для наружной резьбы высоту фаски *c* условно принимают равной шагу *p* резьбы, угол наклона образующей фаски к оси резьбы — 45°. Фаску для внутренней резьбы устанавливают, как показано на рисунке 13.20, *б*.

Максимальные значения величины сбega резьбы в зависимости от шага резьбы *p* принимают равными:

нормальный — примерно  $2,5p$ ;

короткий — примерно  $1,25p$ .

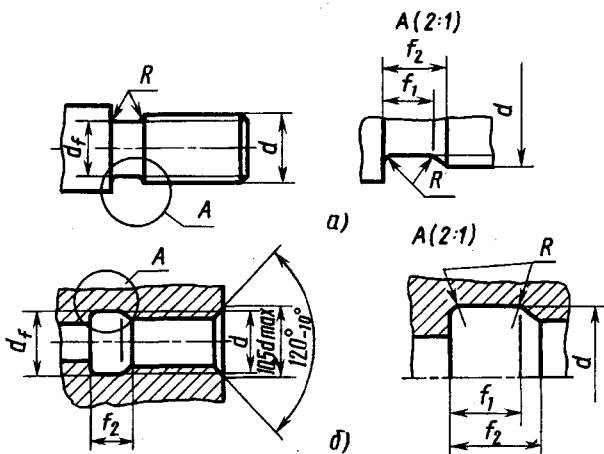


Рис. 13.20

Максимальные значения величины недореза:

нормальный — примерно  $3p$ ;

короткий — примерно  $2p$ ;

длинный — примерно  $4p$ .

**Резьбовые соединения и их детали.** Обычно их подразделяют на два типа:

а) соединения, осуществляемые непосредственным свинчиванием соединяемых деталей, без применения специальных соединительных частей;

б) соединения, осуществляемые с помощью специальных соединительных деталей, таких, как болты, винты, шпильки, фитинги и др.

Во многих случаях резьбовое соединение используют в качестве элемента другого соединения, в котором резьбовое соединение создает большое осевое усилие. Так, в конструкции вакуумно-плотного фланцевого соединения (см. рис. 13.1, а) четыре болтовых соединения сжимают фланцы по торцам вдоль оси, а вакуумную плотность соединения обеспечивает конструкция торцевых частей фланцев 1 и 2 в виде острого зуба и канавки с зажимаемой между ними прокладкой 3 из пластичного металла (меди, алюминия).

**Болтовое соединение.** В комплект болтового соединения (рис. 13.21) входят следующие крепежные детали (крепежные изделия): 1 — болт, 2 — гайка, 3 — шайба. Указанные крепежные детали имеют различную форму и размеры. При констру-

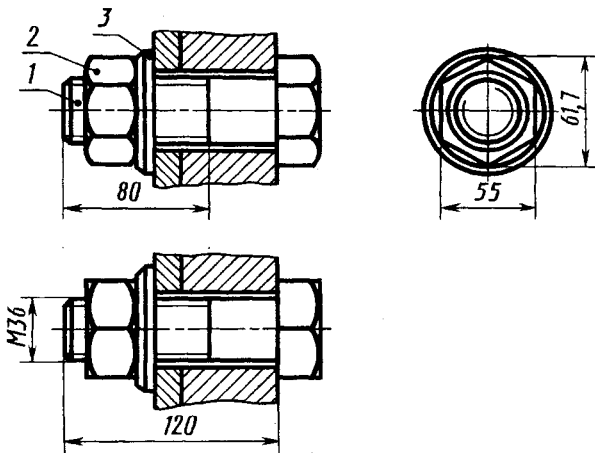
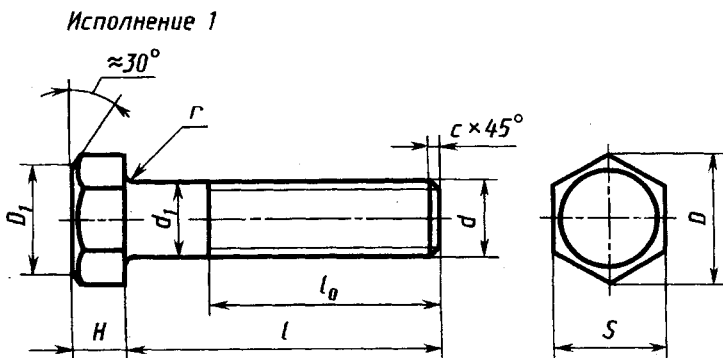


Рис. 13.21

ировании приборов и машин применяют, как правило, только стандартизованные крепежные детали.

Болт (рис. 13.22) представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на одном конце и головкой на другом (чаще всего в виде шестигранной призмы). При соединении скрепляемых деталей на резьбу болта наворачивается гайка. Головку болта обрабатывают с торца на конус (этот элемент называют фаской). Фаску выполняют и на стержне для удобства нарезания резьбы и устранения непрочной части крайнего витка. Указанные фаски на рисунке 13.22 заданы диаметры  $D_1$  и углом  $30^\circ$  на головке и обозначением  $c \times 45^\circ$  на стержне ( $c$  — величина фаски, обычно



$$D_1 = (0,90 \dots 0,95) S$$

Рис. 13.22

равна шагу  $p$  резьбы). Обозначение диаметра  $d$  на рисунке 13.22 на чертежах болтов заменяют на обозначение резьбы.

Обычно болты применяются для соединения деталей не очень большой толщины (фланцев и др.) и при необходимости частого соединения и разъединения деталей по условиям их эксплуатации.

Выпускаемые промышленностью болты различают по форме и размерам головки, по форме стержня, по шагу резьбы, по характеру исполнения, по точности изготовления.

В зависимости от назначения и условной работы болты выполняют с шестигранными, полукруглыми и потайными головками. На различные формы болтов разработаны и утверждены свои стандарты.

Болты с шестигранными головками получили наибольшее распространение. Их изготавливают нормальной, повышенной и грубой точности, они имеют от трех до пяти вариантов исполнения. Вариант исполнения 1 приведен на рисунке 13.22. Эти болты стандартизованы в ГОСТ 7798—70. Обычно их рекомендуют использовать и в учебном процессе.

Стандартное условное обозначение болта, которое записывают в технической документации и применяют в литературе, содержит основные конструктивные размеры. Например, запись «Болт М12×60 ГОСТ 7798—70» обозначает, что болт имеет метрическую резьбу диаметром 12 мм с крупным шагом, длину стержня 60 мм, головку шестигранную, исполнение 1. Изображение болта такой же конструкции в соединении с другими деталями, с диаметром резьбы 36 мм с крупным шагом и длиной стержня 120 мм (см. рис. 13.21).

Гайка — деталь, имеющая отверстие с резьбой для навинчивания на болт или шпильку (рис. 13.23). Гайки различают: по форме наружной поверхности, по виду исполнения, по типу резьбы, по точности изготовления.

По форме наружной поверхности гайки выполняют шестигранными, шестигранными прорезными, корончатыми, круглыми, барашковыми и др. По высоте шестигранные гайки различают нормальной высоты, низкие, высокие и особо высокие. Кроме того, гайки выпускают с уменьшенным размером «под ключ». Гайки изготавливают нормальной, повышенной и грубой точности.

По виду резьбы гайки различают с метрической резьбой с крупным или мелким шагом.

Фаску выполняют для срезания острых кромок углов шестигранной призмы, которые могут служить причиной порезов.

Выбор типа гайки зависит от назначения конструкции и условий работы.

Условное обозначение гайки содержит размер резьбы и номер стандарта, устанавливающего конструкцию. Например, запись «Гайка М12 ГОСТ 5915—70» обозначает, что гайка имеет диаметр метрической резьбы 12 мм с крупным шагом, шестигранная, нормальной точности. Изображение гайки с метрической резьбой диаметром 36 мм в соединении с другими деталями (см. рис. 13.21).

**Изображение фасок на головках болтов и гайках.** На шестигранных головках болтов и гайках линия пересечения фаски с плоскостью грани является гиперболой. Проекция гиперболы на чертежах этих деталей заменяют изображениями дуг окружностей, как это показано на рисунке 13.24.

На чертежах сборочных единиц стандартами допускается шестигранные гайки и головки болтов с фасками изображать без фасок. Эти изображения менее трудоемки, но и менее наглядны. Поэтому в выполняемых в учебном процессе чертежах их обычно не применяют. При указанном упрощенном изображении о наличии фасок судят по обозначению гайки или болта.

Шайба — деталь, закладываемая под гайку или головку болта (винта) и предназначенная для передачи и распределения усилий на соединяемые детали или для предотвращения их самоотвинчивания (стопорения). Чертеж стандартных круглых шайб с обозначениями основных размеров приведен на рисунке 13.25.

Шайбы разделяются на шайбы круглые, пружинные, стопорные и др.

Шайбы круглые имеют несколько видов: шайбы обычные нор-

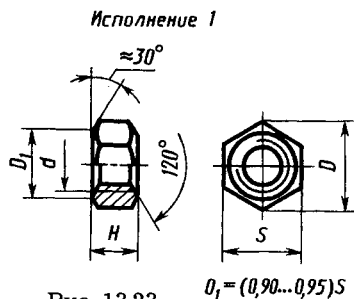


Рис. 13.23

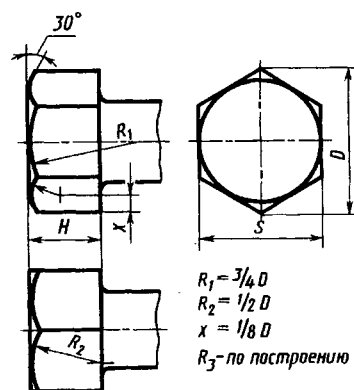


Рис. 13.24

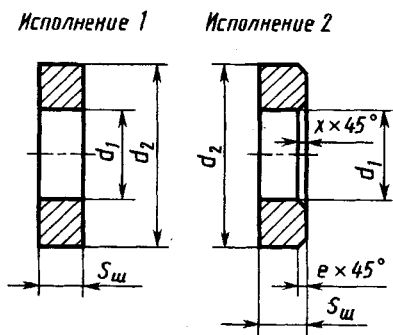


Рис. 13.25

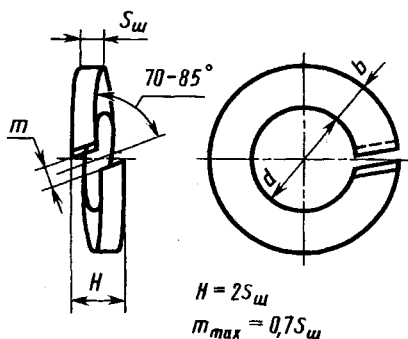


Рис. 13.26

мального ряда по ГОСТ 11371 — 78, шайбы увеличенные, шайбы уменьшенные. Шайбы нормального ряда имеют два исполнения: исполнение 1 без фаски, исполнение 2 с фасками (см. рис.13.25).

Пример условного обозначения шайбы для крепежной детали исполнения 1, диаметром 12 мм, установленной толщины, из материала группы 01, с покрытием 01 толщиной 9 мкм:

Шайба 12.01.019 ГОСТ 11371—78.

Для аналогичной шайбы, но исполнения 2 обозначение будет:

Шайба 2.12.01.019 ГОСТ 11371—78.

Шайбы пружинные (ГОСТ 6402—70) предохраняют гайку от самоотвинчивания при толчках и сотрясениях (рис. 13.26).

Пружинные шайбы разделяются на типы: легкие (Л), нормальные (Н), тяжелые (Т) и особо тяжелые (ОТ).

Условное обозначение пружинных шайб после диаметра резьбы содержит обозначение типа (обозначение «Н» не указывают). Например, запись «Шайба пружинная 12 ГОСТ 6402—70» обозначает, что шайба пружинная, нормальная для винта диаметром 12 мм.

**Разработка чертежа болтового соединения.** Чертеж болтового соединения (см. рис. 13.21) обычно разрабатывают, исходя из заданного диаметра резьбы и толщины  $B_1$  и  $B_2$  соединяемых деталей. При этом длину  $l$  болта рассчитывают по формуле (рис. 13.27):

$$l = B_2 + B_1 + S_{\text{ш}} + H + a + c \text{ или } l = B_2 + B_1 + S_{\text{ш}} + (2 + 2,5) S,$$

где:  $B_2$  и  $B_1$  — толщина деталей;  $S_{ш}$  — толщина шайбы;  $H$  — высота гайки;  $a$  — запас резьбы, принимаемый  $(1 \dots 1,5)S$ ;  $c$  — высота фаски, обычно равная  $s$ , или по ориентировочной формуле:

$$l \cong B_1 + B_2 + 1,3d.$$

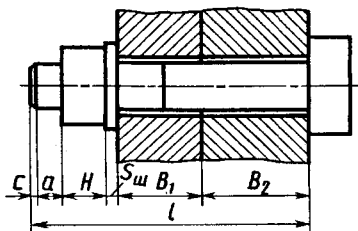


Рис. 13.27

Устанавливают в соответствии со стандартом длину  $l$  болта (по таблицам) и длину  $l_0$  нарезанной части, мм:

$$l_0 \geq l - (B_1 + B_2) - 5.$$

Диаметр отверстия под болт обычно принимают на 1 мм больше, чем диаметр стержня болта.

**Пример.** Задано:  $d = 36$  мм,  $B_1 + B_2 = 50 + 60$  мм. Для резьбы диаметром 36 мм находим по таблицам шаг  $p = 4$  мм, высоту гайки  $H = 29$  мм, толщину шайбы  $S_{ш} = 6$  мм.

Длина болта  $l$ , мм:

$$l \geq 50 + 60 + 6 + 29 + (2 + 2,5) \times 4 = 153 + 155$$

или

$$l \geq 50 + 60 + 1,3 \times 36 \approx 157.$$

По ГОСТ 7798—70 принимаем  $l = 160$  мм.

Длина нарезанной части  $l_0$ , мм:

$$l_0 \geq 160 - (50 + 60) - 5 = 45.$$

По ГОСТ 7798—70 принимаем  $l_0 = 78$  мм.

На чертеже болтового соединения (см. рис. 13.21) наносят: диаметр резьбы болта, длину болта и длину нарезанной части, диаметр окружности, описанной вокруг шестигранника гайки, размер под ключ.

**Винты.** По назначению винты для металла разделяют на крепежные (соединительные) и установочные.

Крепежный винт — деталь, которая служит для разъемного соединения и представляет собой цилиндрический стержень с резьбой для ввинчивания в одну из соединительных деталей и головкой различной формы под ключ или с прорезью под отвертку. Чертежи винтов с различной формой головки с прорезью под отвертку приведены на рисунке 13.28: цилиндрическая (а), полукруглая (б), потайная (в) и полупотайная (г).



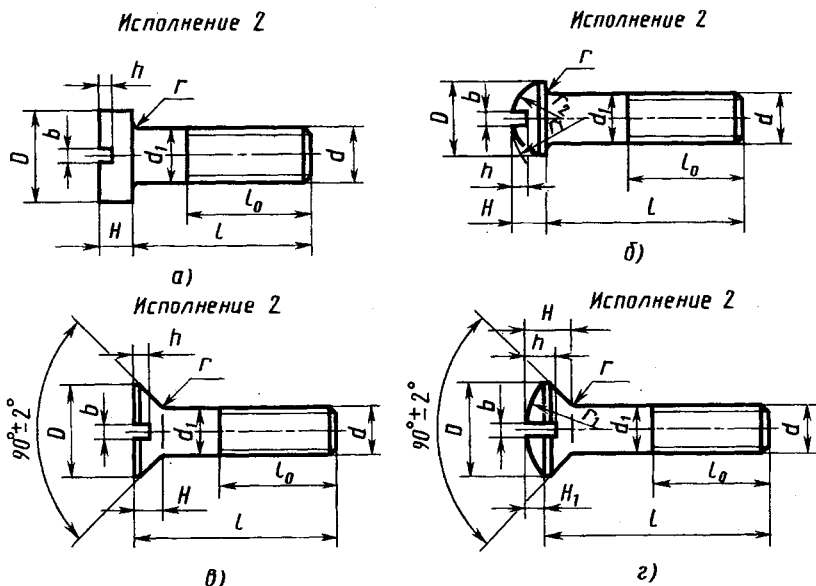


Рис. 13.28

Крепежные винты применяют при сборке машин и механизмов, когда к основной детали крепится вспомогательная, например крышка к корпусу редуктора, шпонка к валу, панель к шасси или корпусу и т.д. Винты с потайной и полупотайной (конической) головками часто применяют вместо болтов, когда выступающие головки мешают работе механизма.

Установочные винты отличаются от крепежных тем, что имеют нажимной конец специальной формы (плоский, конический, сферический), входящий в специальное углубление сопряженной детали.

При сборке приборов, машин установочные винты применяют для фиксирования одной детали относительно другой.

Стандарт устанавливает для винтов четыре варианта исполнения с определенной длиной нарезанной части в зависимости от диаметра и длины винта. Винты изготавливают с метрической резьбой с крупным и мелким шагом.

Пример условных обозначений винтов: «Винт М12×50 ГОСТ 17473—80» (винт соединительный с полукруглой головкой, исполнение 1, нормальной точности, с диаметром резьбы 12 мм, с крупным шагом, длиной стержня 50 мм) или «Винт М12×1,25 ГОСТ 17473—80» (винт с полукруглой головкой, исполне-

ние 2, нормальной точности, с диаметром 12 мм, с мелким шагом резьбы, равным 1,25 мм).

**Винтовые соединения.** Варианты конструктивного расположения головок винтов относительно привинчиваемой детали достаточно разнообразны. Некоторые типовые примеры из них приведены на рисунке 13.29. В конструкциях на рисунке 13.29, *а, б, в* винт предотвращается от самоотвинчивания пружинной шайбой, располагаемой под цилиндрической или сферической головкой. В конструкциях *г* и *д* винтов с потайной и полупотайной головками такого стопорения не предусмотрено.

Примеры винтовых соединений деталей одинаковой толщины приведены на рисунке 13.30. Оба винта с цилиндрической головкой (*в*) и с конической (потайной) головкой (*г*) имеют одинаковую резьбу диаметром 16 мм. Слева от винтовых соединений на рисунке 13.30, *б* показаны операционные технологические эскизы на сверление отверстия под резьбу и на обработку резьбы.

**Разработка винтового соединения и отображение на чертеже.** Винтовое соединение (см. рис. 13.30) разрабатывают, исходя из заданного диаметра резьбы, толщины *B* привинчиваемой детали, марки материала детали с резьбовым гнездом и

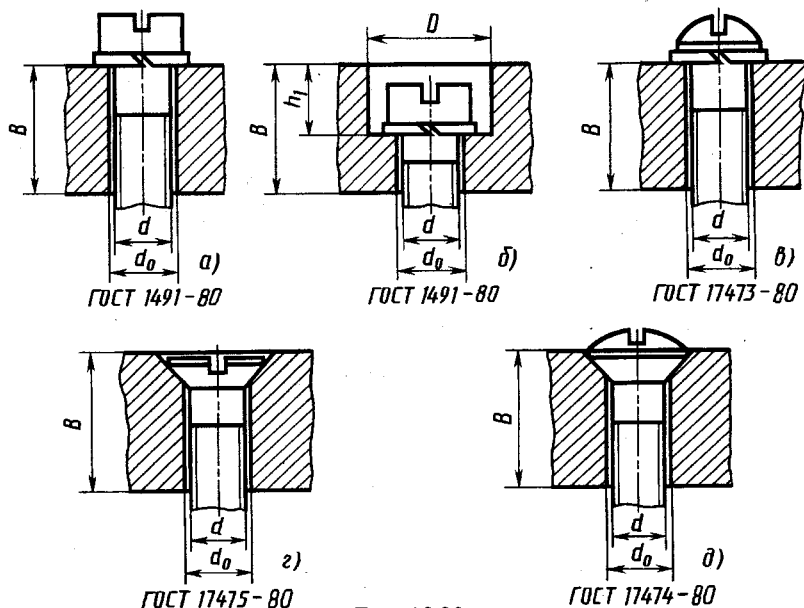


Рис. 13.29

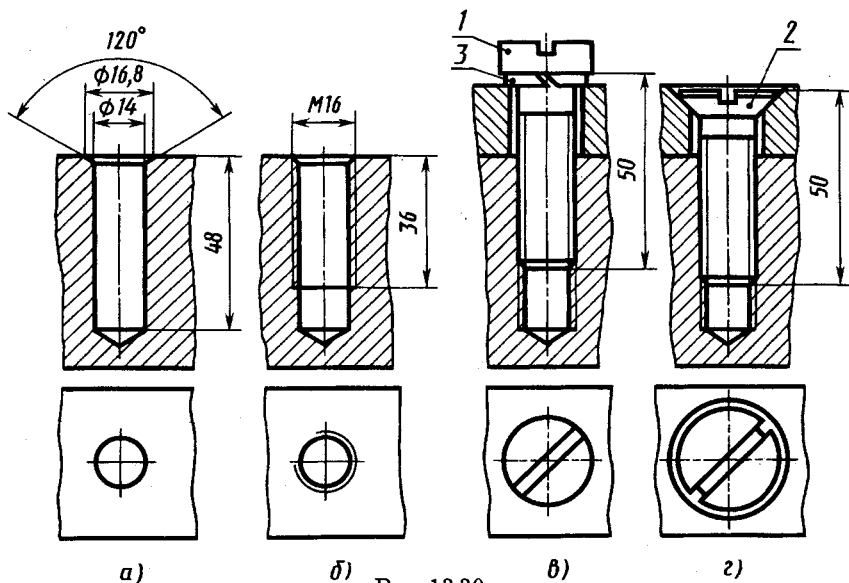


Рис. 13.30

принимаемого типа головки и ее расположения относительно привинчиваемой детали (см., например, рис. 13.29).

Выписывают из соответствующих стандартов шаг  $p$  резьбы, размеры диаметра  $D$  и высоты  $H$  головки, радиус  $r$  под головкой, ширину  $b$  и глубину  $h$  шлица, радиус головки (для полукруглой), наносят эти размеры на эскизе.

Определяют (рис. 13.31):

глубину  $L$  завинчивания винта в зависимости от материала детали с резьбовым гнездом — для стали и бронзы  $L = d$ , для чугуна  $L = 1,25d$ , для алюминия  $L = 2d$ ;

глубину  $l_1$  резьбы с полным профилем (см. рис. 13,5, д), мм:

$$l_1 = L + 2p;$$

глубину  $l_r$  сверления гнезда под резьбу (см. рис. 13.5), мм:

$$l_r = L + 6p = l_1 + 4p;$$

длину  $l$  винта, мм:

$$l = B + L + S_{ш}$$

или (рис. 13.29, б)

$$l = (B - h_1) + L + S_{ш};$$

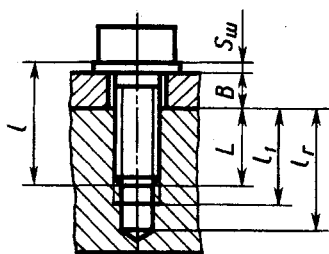


Рис. 13.31

номинальный диаметр  $d_1$  отверстия под нарезание резьбы, мм:

$$d_1 = d - p \quad \text{для } p = 0,5 \dots 2 \text{ мм};$$

$$d_1 = d - p - 0,1 \quad \text{для } p = 2,5 \dots 4,5 \text{ мм};$$

$$d_1 = d - p - 0,2 \quad \text{для } p = 5 \dots 6 \text{ мм};$$

диаметр  $d_0$  сквозного отверстия в привинчиваемой детали, обычно для винтов:

$$d_0 \approx d + 0,5 \text{ мм.}$$

Оформляют чертеж, например, по типу, приведенному на рисунке 13.30; при этом зазор между винтом и стенкой сквозного отверстия чертят увеличенным.

**Пример.** Задание: разработать винтовое соединение по типу, приведенному на рисунке 13.29, б, для винта с резьбой М16:  $B = 40$  мм,  $D = 25$  мм,  $h_1 = 12$  мм, материал детали с резьбовым гнездом — сталь.

Выписываем из таблиц: для винта с резьбой М16: шаг  $p = 2$  мм, диаметр  $D = 24$  мм головки, ширину  $b = 4$  мм и глубину  $h = 4$  мм шлица, высоту  $H = 9$  мм головки, радиус  $r = 1,6$  мм;

для шайбы пружинной диаметр  $d = 16,3$ , толщину  $S_{ш} = b = 4$  мм.

Определяем:

глубину  $L$  завинчивания в стальное гнездо  $L = d = 16$  мм;

глубину  $l_r$  сверления гнезда

$$l_r = L + 6p = 16 + 6 \times 2 = 28 \text{ мм};$$

длину  $l$  винта

$$l = (B - h_1) + L + S_{ш} = (40 - 12) + 16 + 4 = 48 \text{ мм};$$

устанавливаем по таблицам стандартную длину  $l = 50$  мм;

уточняем глубину сверления гнезда  $l_r = 30$  мм;

длину нарезанной части  $l_0 > L = 16$ ,  $l_0 = 38$  мм;

номинальный диаметр  $d_1$  отверстия под нарезание резьбы для  $p = 2$  мм

$$d_1 = d - p = 16 - 2 = 14 \text{ мм};$$

диаметр  $d_0$  сквозного отверстия

$$d_0 \approx d + 0,5 = 16 + 0,5 = 16,5 \text{ мм};$$

диаметр фаски  $1,05d = 1,05 \times 16 = 16,8$  мм.

Выбранный винт М16  $\times$  50 ГОСТ 1491—80.

**Соединения с накладными гайками.** Варианты конструкций соединений с накладными гайками приведены на рисунках 13.32, 13.33. В конструкции на рисунке 13.32 штекерный разъем 3 закреплен в корпусе 1 накладной гайкой 2. Затягивание гайки осуществляется вручную, для чего на наружной

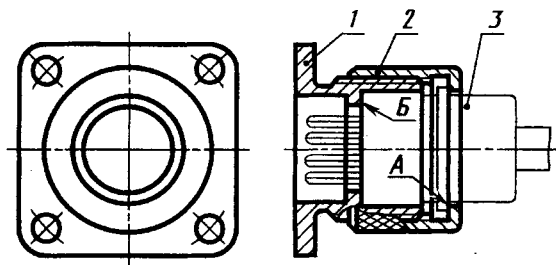


Рис. 13.32

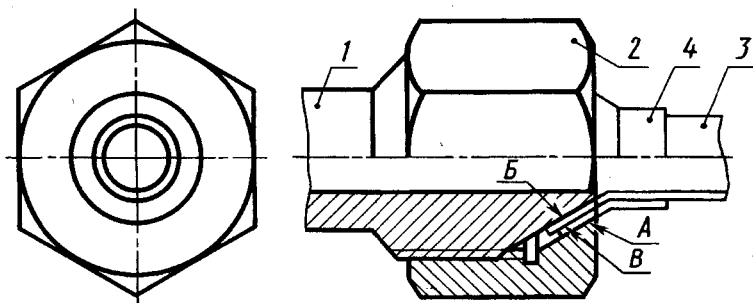


Рис. 13.33

цилиндрической поверхности гайки выполняют сетчатые рифления. В конструкции на рисунке 13.33 трубопровод 3 из пластичного материала, например медный, присоединен к штуцеру 1 с помощью накидной гайки 2. Контактные поверхности А, Б, В — конические, что обеспечивает хорошую герметичность соединения. Между трубкой 3 и вращающейся при затягивании гайкой 2 прокладывают ниппель 4 для предохранения от поврежденной поверхности трубки из более прочного материала, чем материал трубки. В конструкции на рисунке 13.34 приведена разновидность разборного вакуумного соединения медной трубки (штенгеля) 3 с корпусом 1. Такая конструкция имеет очень высокую герметичность (вакуумную плотность) и применяется для подсоединения электровакуумных приборов к вакуумной системе при откачке газов из внутренней полости приборов. В этой конструкции гайка 2 при затягивании создает на поверхности А шайбы 4 большой крутящий момент трения. Для предотвращения проворота шайбы 4, трубки 3 и соединенного с ней прибора относительно корпуса 1 на шайбе 4 выполняют два выступа, которые

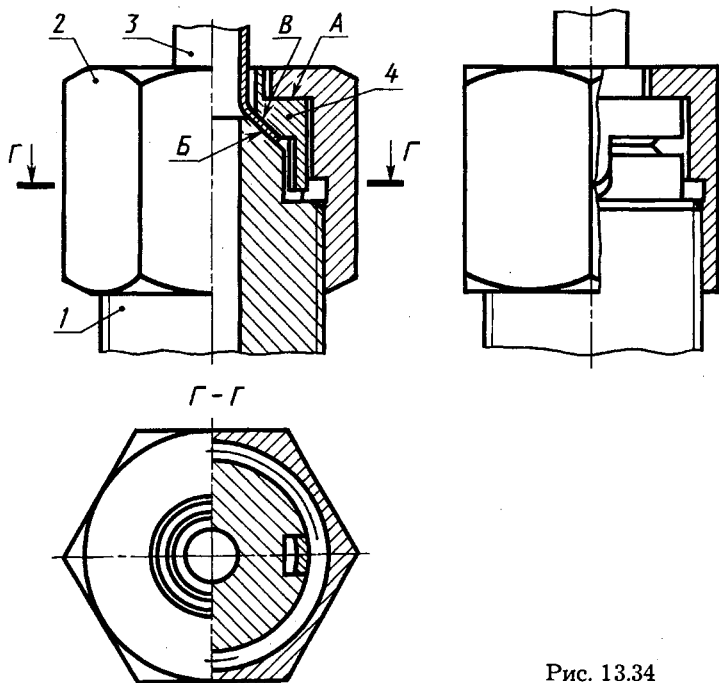


Рис. 13.34

входят в пазы на корпусе 1. Их форма видна на виде слева, на котором в разрезе показана только гайка.

Во всех рассмотренных конструкциях накидная гайка 2, вращаясь по резьбе относительно неподвижной детали 1, перемещается вдоль оси. При этом движении она поверхностью А прижимает закрепленную деталь 3 к поверхности В неподвижной детали 1. Этот прижим в случае применения промежуточной детали 4 (см. рис. 13.33, 13.34) осуществляется через промежуточную контактную поверхность В.

В изображениях соединений на рисунках 13.32, 13.33 применена допускаемая стандартом условность: присоединяемые детали 3, 4, не входящие в конструкцию данного устройства с накидной гайкой, показаны сплошной тонкой линией, применяемой для изображения пограничных деталей («обстановка»).

**Винтовые механизмы.** Как уже указывалось, винтовые поверхности, и в частности резьбу, используют в качестве винтовых механизмов, преобразующих вращательное движение в поступательное. При повороте на один оборот относительное перемещение детали с наружной резьбой (винта) относитель-

но детали с внутренней резьбой (гайки) равно ходу резьбы. При однозаходной резьбе ход равен шагу резьбы. Для уменьшения осевых перемещений на один оборот потребуется уменьшить шаг резьбы, что может привести практически к невозможности выполнить механизм. В связи с этим для получения малых осевых перемещений применяют резьбовые соединения с двумя крупными резьбами с разными шагами, отличающимися друг от друга на величину требуемого осевого перемещения на один оборот.

Конструкция такого подвижного соединения, называемого соединением с дифференциальным винтом (см. рис. 13.1, *в*), состоит из неподвижной втулки *б* с внутренней резьбой, дифференциального винта *4* и невращающегося стержня *5* с наружной резьбой. Дифференциальный винт *4* имеет две однозаходные резьбы с крупным шагом одного направления: наружную с шагом  $p_1$  и внутреннюю с шагом  $p_2$  ( $p_1 > p_2$ ). При вращении по часовой стрелке дифференциального винта *4* с правой резьбой на один оборот он переместится в осевом направлении к оси прибора относительно неподвижной втулки *б* на величину шага  $p_1$ . При этом невращающийся винт *5* ввернется в дифференциальный винт по его внутренней резьбе винта в направлении от оси прибора на величину шага этой резьбы, т. е. —  $p_2$ .

Суммарное осевое перемещение невращающегося винта *5* равно:

$$\Delta p = p_1 + (-p_2) = p_1 - p_2.$$

Таким образом, практически это перемещение можно сделать сколь угодно малым при крупных шагах резьбы в деталях винтового механизма.

### 13.3. Изображение шпоночных и шлицевых соединений, цилиндрических зубчатых передач

**Шпоночные и шлицевые соединения** служат для передачи крутящего момента. В шпоночном соединении в пазы вала *1* и наружной детали *2*, имеющие одинаковую ширину, помещают специальную деталь *3* — шпонку. Шпонка имеет плоские боковые грани, которые соприкасаются с боковыми стенками пазов вала и наружной детали и передают крутящий момент.

Форма шпонок может быть различной. Например, на рисунке 13.35, *а* показана призматическая шпонка, концы кото-

рой образованы цилиндрическими поверхностями. Такая шпонка применена и в соединении, показанном там же. На рисунке 13.35, б изображена призматическая шпонка без скруглений концов, а на рисунке 13.35, в — сегментная.

Пример изображения шпоночно-го соединения на чертеже приведен на рисунке 13.36. В таком соединении на плоскости проекций, параллельной оси вала, наружную деталь 2 (в данном случае шкив) показывают в разрезе, вал 1 изображают с местным разрезом так, чтобы выявить конструкцию шпонки. Шпонку показывают нерас-

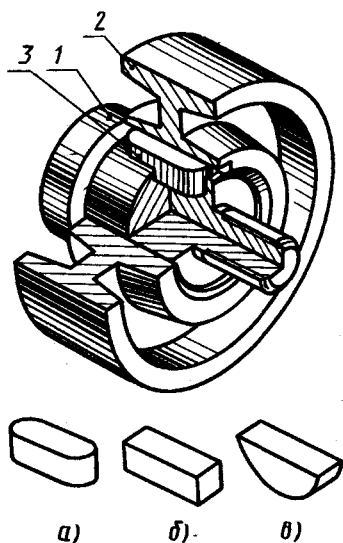


Рис 13.35

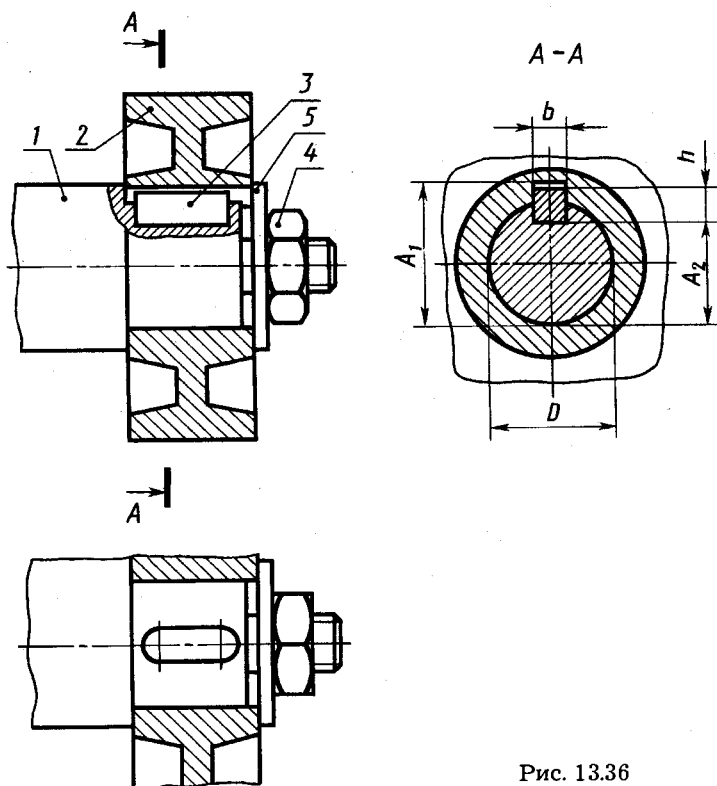


Рис. 13.36



ченной. Форму шпонки выявляют на другом изображении (в данном случае на виде сверху). На нем наружную деталь показывают в разрезе, а вал и шпонку — на виде. Поперечную форму шпонки и пазов под нее показывают в сечении или разрезе плоскостью, перпендикулярной оси, например разрез  $A-A$  на рисунке 13.36. На этом разрезе показаны характерные размеры шпоночного соединения: диаметр  $D$ , высота  $h$  и ширина  $b$  шпонки (и соответственно ширина пазов на валу и в наружной детали), размер  $A_2$ , относящийся к валу, и  $A_1$ , относящийся к наружной детали. Следует отметить, что  $A_1 > A_2 + h$ .

Размеры шпонок стандартизованы в зависимости от диаметра вала шпоночного соединения в ГОСТ 23360—78 для призматических шпонок и в ГОСТ 24071—80 для сегментных.

В шлицевом (зубчатом) соединении крутящий момент (рис. 13.37) передается за счет того, что выступы-шлицы (зубья) вала, расположенные вдоль его оси, входят в соответствующие им пазы наружной детали. Большое количество шлицев позволяет уменьшить их высоту по сравнению с высотой шпонки и при том же диаметре вала передать увеличенный крутящий момент. Шлицевое соединение позволяет перемещать наружную деталь вдоль оси вала в процессе вращения. Форма сечения шлицев плоскостью, перпендикулярной оси соединения, может быть различной.

При изображении шлицевых соединений на чертежах используют допускаемую стандартом условность для изображения многократно повторяющихся элементов: показывают часть шлицев, например сечение  $A-A$  на рисунке 13.38. Остальные шлицы показывают условно тонкой линией по границе внутреннего диаметра впадин на валу. На плоскости проекций, параллельной оси вала и соединения, наружную деталь в шлицевом соединении показывают в разрезе, вал — не рассеченным с наружным диаметром, равным наружному диаметру выступов (шлицев). По границам внутреннего диаметра впадин проводят две тонкие линии, параллельные наружному контуру, на расстоянии высоты шлица от него.

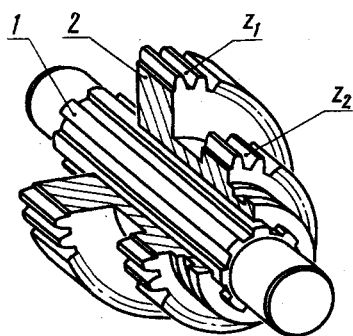


Рис. 13.37

По границам внутреннего диаметра впадин проводят две тонкие линии, параллельные наружному контуру, на расстоянии высоты шлица от него.

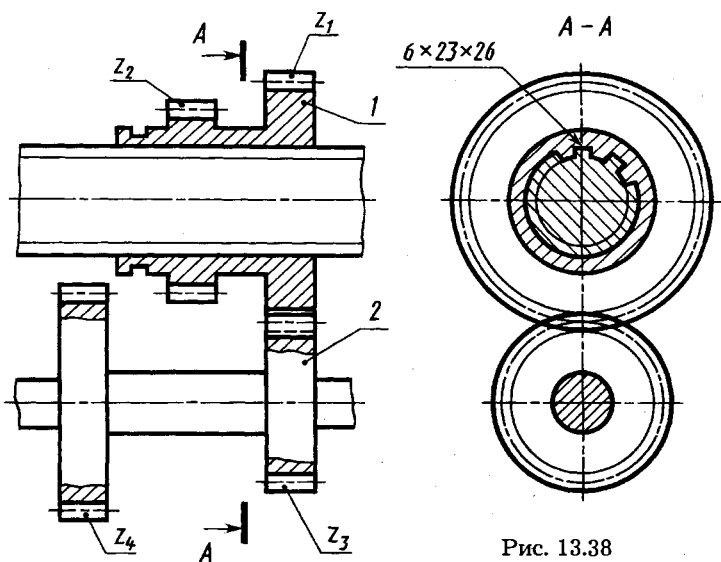


Рис. 13.38

Размеры шлицевых соединений стандартизованы в зависимости от наружного диаметра вала. На проектных чертежах общего вида или сборочных чертежах обычно указывают условное обозначение по соответствующему стандарту (например, число зубьев, значения внутреннего и наружного диаметра). Подробности об изображении шлицевых соединений, а также рабочих чертежей деталей приведены в ГОСТ 2.409—74.

**Зубчатые передачи** широко используют для передачи и преобразования вращательного движения между валами с параллельными, пересекающимися и скрещивающимися осями. Между параллельными валами зубчатые передачи осуществляют цилиндрическими зубчатыми колесами, пример которых с числами зубьев  $z_1$  и  $z_2$  см. на рисунке 13.37. На рисунке 13.37 при изображении зубьев допущена условность: часть зубьев не изображена, а по границе их впадин проведена тонкая линия.

Пример изображения зубчатого соединения с двумя парами зубчатых колес с числами зубьев  $z_1$  и  $z_3$ ,  $z_2$  и  $z_4$  см. на рисунке 13.38. Блок 1 зубчатых колес может перемещаться вдоль оси шлицевого вала и попеременно образовывать с зубчатыми колесами и валом две зубчатые передачи  $z_1$  и  $z_3$  или при перемещении блока влево  $z_2$  и  $z_4$ .

При выполнении чертежей зубчатых передач применяют условные изображения зубчатых передач и зубчатых колес по

ГОСТ 2.402—68. Зубья зубчатых колес вычерчивают только в осевых разрезах и показывают всегда нерассеченными. В остальных случаях зубчатый венец ограничивают поверхностями вершин, которые показывают сплошными основными линиями, в том числе и в зоне зацепления. По впадинам зубьев проводят сплошную тонкую линию. Штрихпунктирной линией изображают начальную окружность, диаметр которой

$$d_w = mz,$$

где  $m$  — модуль (линейная величина, в  $\pi$  раз меньшая окружного шага зубьев);

$z$  — число зубьев колеса.

Диаметр окружности вершин  $d_a$  и диаметр окружности впадин  $d_f$  можно вычислять по формулам:

$$d_a = d + 2m = m(z + 2);$$

$$d_f = d - 2,5m = m(z - 2,5).$$

### 13.4. Изображения неразъемных соединений сваркой, пайкой, склеиванием

**Сварные соединения и их изображение.** Неразъемные соединения сваркой, пайкой и склеиванием широко применяют в технологическом оборудовании, в электронных приборах, радиотехнических устройствах, в вычислительной технике, устройствах автоматики и телемеханики. Конструктивно и технологически эти соединения весьма разнообразны, поэтому рассмотрим лишь некоторые из широко распространенных способов указанных соединений.

Сварка — процесс получения неразъемного соединения посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном, или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого (см. ГОСТ 2601—84 «Сварка металлов. Основные понятия. Термины и определения»). Способы сварки определяются формой энергии для образования сварного соединения, видом источника энергии, техническими и технологическими признаками.

Детали (или их элементы), соединенные с помощью сварки, образуют сварное соединение.

Сварные швы разделяют, например, на следующие виды (рис. 13.39):

а) стыковые (детали соединяются торцами), обозначают буквой С;

б) угловые (свариваемые детали образуют угол), обозначают буквой У;

в) тавровые (свариваемые детали образуют форму буквы Т), обозначают буквой Т;

г) внахлестку (кромки свариваемых деталей набегают одна на другую внахлестку), обозначают буквой Н.

Тонкими линиями в зоне шва (рис. 13.39) показана форма подготовки кромок под сварку: а, г — без скоса кромок; б — со скосом одной кромки; в — со скосом двух кромок.

Изображения сварных швов на чертежах стандартизованы в ГОСТ 2.312—72. Шов сварного соединения независимо от способа сварки условно изображают:

видимый — сплошной основной линией (справа на рис. 13.39, а, в, г);

невидимый — штриховой линией (справа на рис. 13.39, б, г).

От изображения шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой (рис. 13.39 справа).

Над полкой (для лицевых швов) или под полкой (для оборотных швов) линии-выноски наносят условное обозначение шва. Это обозначение по ГОСТ 2.312—72 имеет следующую структуру (рис. 13.40):

1. Обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений.

2. Буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту, указанному в п. 1.

3. Условное обозначение способа сварки по стандарту, указанному в п. 1 (допускается не приводить).

4. Знак  $\Delta$  и размер катета согласно стандарту, указанному в п. 1.

5. Для прерывистого шва — размер длины провариваемого участка, знак / (для цепного шва) или z (для шахматного шва)

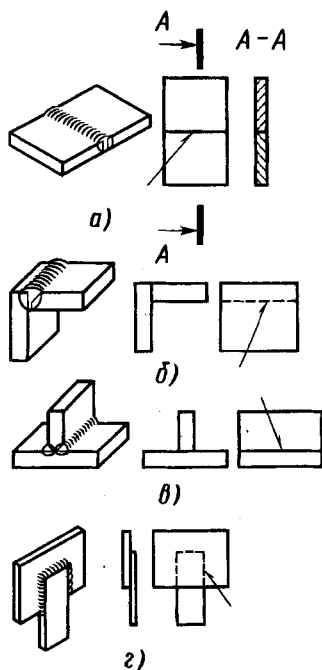


Рис. 13.39

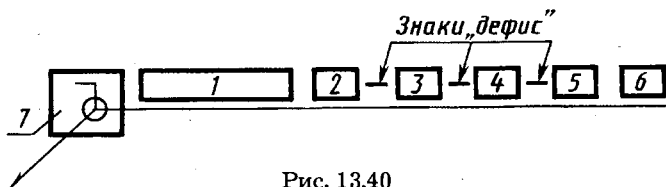


Рис. 13.40

и размер шага. Для швов контактной точечной сварки или электрозаклепочного — размер расчетного диаметра точки или электрозаклепки, знак / или  $z$  и размер шага.

Для шва контактной роликовой сварки — размер расчетной ширины шва, знак умножения, размер длины провариваемого участка, знак / и размер шага.

6. Вспомогательные знаки:

□ — шов по незамкнутой линии;

⋈ — наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу;

Ω — усиление шва снять;

○ — шов по замкнутой линии;

└ — шов выполнить при монтаже изделия.

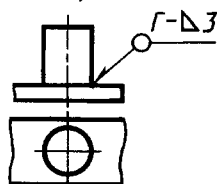
В учебном процессе по курсу черчения обозначения стандартных швов упрощают и наносят, например, только номер стандарта, буквенно-цифровое обозначение шва, размер катета его поперечного сечения и знак ○, если требуется.

Примеры обозначения сварных швов: рисунок 13.41, *a* — шов углового соединения, без скоса кромки, односторонний, выполняемый электродуговой сваркой с катетом шва 5 мм; рисунок 13.41, *б* — сварное соединение цилиндрической детали с пластиной. В этом соединении шов односторонний без скоса кромок выполнен по замкнутому контуру (знак ○) газовой сваркой (буква «Г») с катетом шва 3 мм. ГОСТ 5264—80 определяет типы швов сварных соединений деталей из углеродистых сталей, выполненных ручной электродуговой сваркой.

ГОСТ 5264-80-Δ5



*a)*



*б)*

Рис. 13.41

**Паяные соединения и их изображение.**

При пайке детали соединяет специальный материал — припой, который заполняет зазор между деталями и прочно соединяется с ними. Во время пайки

детали и припой нагревают до расплавления припоя и заполнения им зазора соединения.

Изображают и обозначают паяные соединения в соответствии с ГОСТ 2.313—82. Паяное соединение на чертежах изображают линией, толщина которой в 2 раза больше, чем линия обводки видимого контура, т. е. 2s. К изображению паяного соединения проводят выносную линию полудуги ↙. Для швов, выполненных по периметру, линию-выноску заканчивают окружностью диаметром 3—4 мм ↙, от которой проводят полочку. Ее используют для обозначения номера пункта технических требований, в которых указывают марку припоя и требования к качеству шва.

При необходимости на изображении паяного соединения указывают размеры шва и обозначения качества его поверхности.

Конструкции паяных соединений весьма разнообразны. Например, трубка 13 от центрального вывода (см. рис. 13.1, в) припаяна к выводу-колпачку 9 окунанием в расплавленный припой. Большинство деталей резонансного разрядника (см. рис. 13.1, в) соединены между собой пайкой. При этом паяные соединения обеспечивают вакуумную плотность.

Примеры паяного соединения керамического изолятора с металлическими деталями, а также таврового паяного соединения двух пластин приведены на рисунке 13.42, а, в.

Специфическими для вакуумной техники являются вакуумно-плотные соединения — спай стекла с металлом. В этих соединениях одну из деталей — стеклянную — нагревают до пластичного состояния и соединяют с нагретой металлической деталью. В указанной конструкции резонансного разрядника (см. рис. 13.1, в) применено несколько спаев стекла с металлом: спай стеклянного изолятора 16 с цилиндрическим стаканчиком 8, спай со стеклом 17 центрального ввода 12. На чертежах в спаях стекла с металлом стек-

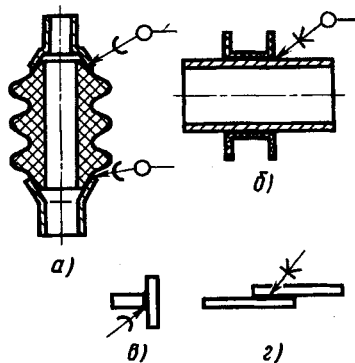



Рис. 13.42

лянную деталь изображают в таком виде, какой она имеет в готовом соединении с отражением ее деформации, возникающей при соединении без утолщения линии в зоне шва. При необходимости указывают размеры паяного шва, а также взаимное положение деталей.

**Изображение клеевых соединений.** Склеивание как метод получения неразъемных соединений находит большое распространение для соединения металлических материалов, металлических с неметаллическими и др. Применяют различные синтетические клеи, например БФ-2, БФ-3 и др., карбонильный, ПУ-2, ПК-5 и др.

Клееные швы изображают на чертежах в разрезах и на видах, как и паяные, линией толщиной  $2s$  и выносной линией со

стрелкой, на которой наносят знак . Полочку от выносной линии используют для обозначения номера пункта технических требований, в котором указывают марки клея и требования к качеству шва.

Примеры клеевых соединений металлической трубки и пластмассового каркаса катушки и клееного соединения двух пластин см. на рисунке 13.42, б, г.

### **13.5. Изображение, обозначение типовых элементов деталей и нанесение размеров на их чертежах**

При конструировании многих деталей широко используют типовые элементы, такие, как фаски, проточки, пазы, углубления под головки винтов и др. Некоторые из таких элементов, характерные для деталей резьбовых соединений, такие, как фаски, проточки для выхода резьбообразующего инструмента (см. рис. 13.20), шестигранные головки «под ключ» у болтов и гаек, рассмотрены выше (см. 13.2).

Рассмотрим дополнительно изображения таких конструктивных элементов деталей, как фаски, рифления, шкалы и надписи, канавки под уплотнительные кольца из фетра или войлока, а также таких технологических элементов, как центровые отверстия и канавки для выхода шлифовального круга. Одновременно будут рассмотрены характерные для этих элементов схемы нанесения размеров и стандартные обозначения.

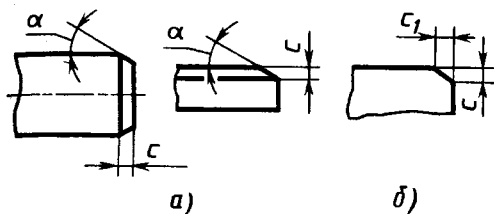


Рис. 13.43

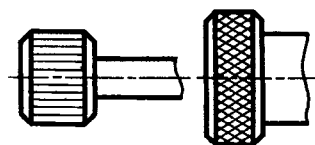


Рис. 13.44

**Фаски** предохраняют острые кромки деталей от забоин, что важно для обеспечения сборки деталей. Фаски на внешних элементах конструкции часто важны для удобства эксплуатации. Широко применяемые фаски под углом  $45^\circ$  к поверхности обозначают обычно  $c \times 45^\circ$ , где  $c$  — размер катета фаски. Если фаска расположена под иным углом  $\alpha$ , то размеры ее наносят, как показано на рисунке 13.43, *а*, *б*, или указывают угол и один линейный размер или два линейных размера.

**Рифления** на поверхности детали широко применяют для устранения проскальзывания детали в руке при повороте. Примеры прямого и сетчатого рифлений на головке детали показаны на рисунке 13.44. Их упрощенные изображения на чертежах см. на рисунках 12.47 и 13.46. Упрощенное изображение вида рифления сопровождают надписью с указанием шага рифлений. Размер  $D$  (см. рис. 13.46) обозначает диаметр цилиндрической поверхности заготовки, на которой образуют рифление. Этот размер после нанесения рифления несколько увеличивается за счет выдавливания части материала.

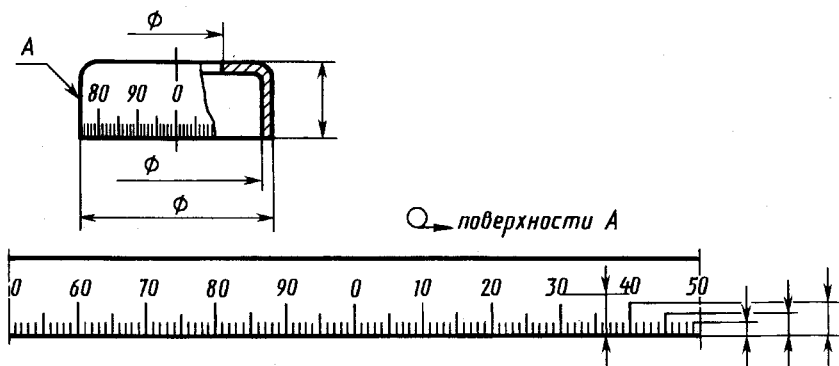
**Надписи, знаки, шкалы**, наносимые на плоскую поверхность, изображают на соответствующем виде полностью, независимо от способа их нанесения. Их расположение и начертание должно соответствовать требованиям, предъявляемым к готовому изделию.

Если надписи и знаки наносят на цилиндрическую или коническую поверхность, то на чертеже помещают изображение этой поверхности в виде развертки (рис. 13.45, 13.46) с требуемым расположением знаков и цифр на развертке.

В технических требованиях на чертеже указывают необходимые данные для элементов шкал, цифр, шрифта, фона, покрытия и др. (см. рис. 13.45, 13.46).

**Канавки под уплотнительные кольца** (рис. 13.47). Форма канавок подобрана из условий обеспечения прижима фетрового или войлочного уплотнительного кольца с сечением





1. Число равных делений по окружности - 100
2. Ширина длинных рисок 0,8; средних 0,6; коротких 0,3 мм
3. Покрытие ...
4. Покрытие фона шкалы..., цифр и рисок...

Рис. 13.45

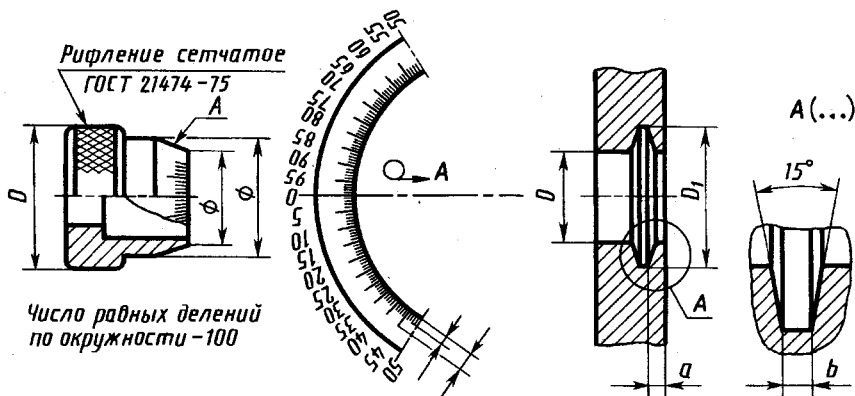


Рис. 13.46

Рис. 13.47

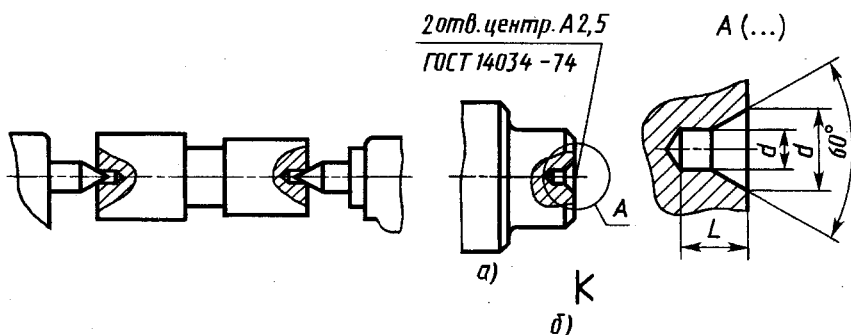


Рис. 13.48

Рис. 13.49

прямоугольной формы к гладкой цилиндрической поверхности уплотняемой детали. Приведенная конструкция канавки обеспечивает обжатие вала уплотнительным кольцом. Для указания размера  $b$  и угла  $15^\circ$  обычно используют выносной элемент с увеличением изображения, а диаметры  $D$ ,  $D_1$  и размер  $a$  осевого положения канавки наносят на основном изображении.

**Технологические центровые гнезда.** Непустотелые детали типа тел вращения — валов — обычно обрабатывают на токарных или шлифовальных станках и контролируют в центрах, которые входят в конические центровые гнезда на торцах детали (рис. 13.48). Форму и размеры их принимают по ГОСТ 14034—74 в зависимости от диаметра той части детали, в которой выполняют отверстие. Пример чертежа с центровым гнездом и его обозначением на чертеже приведен на рисунке 13.49, *a*.

Центровые гнезда могут быть необходимы и в условиях эксплуатации на случай ремонта дополнительной обработкой, например шлифовкой. В этом случае центровые гнезда указывают на чертеже детали, а их наружную кромку выполняют с защитной фаской (см. рис. 10.11, *z*). Фаска 2 в этом случае предохраняет от повреждений рабочую коническую поверхность 1. Если же центровые гнезда на готовой детали недопустимы, то на чертеже наносят знак (рис. 13.49, *б*).

В тех случаях, когда наличие центровых гнезд конструктивно безразлично, их на чертеже не изображают и в технических требованиях не помещают никаких указаний.

**Технологические канавки для выхода шлифовального круга.** При шлифовке кромки шлифовального круга всегда немного закругляются (это закругление на рисунке 13.50 указано радиусом  $R$ ). В связи с этим для получения при обработке цилиндрической или плоской поверхности детали предусматривают технологическую канавку для выхода закругляющейся кромки шлифовального круга. На цилиндрической поверхности детали (рис. 13.50, слева) канавка выполнена слева. На детали с точно обработанной внутренней плоской торцевой поверхностью (рис. 13.50, справа) канавка выполнена в виде углубления на торце детали. Форма и размеры канавок для выхода шлифовального круга стандартизованы в ГОСТ 8820—69 и приведены на рисунке 13.51, *a*, *б*

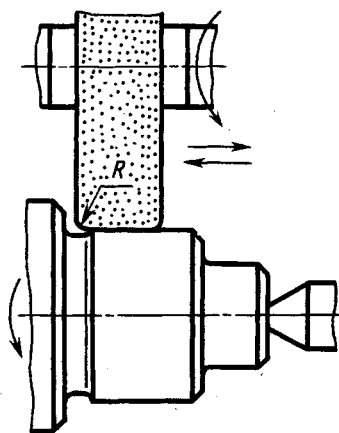


Рис. 13.50

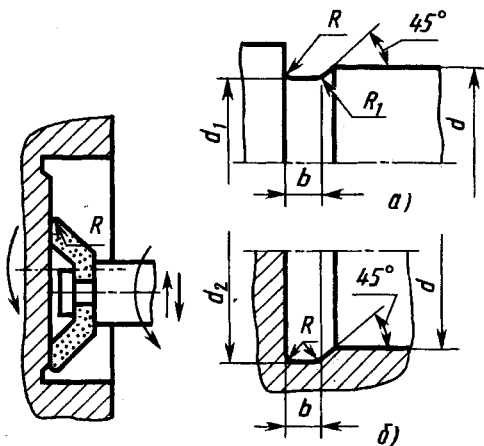


Рис. 13.51

для наружного и внутреннего шлифования по цилиндру. Если на чертеже детали форму канавки и нанесение размеров выполнить затруднительно, то ее изображают выносным элементом — местным видом или разрезом.



1. Как изображают резьбу на плоскостях проекций, параллельную оси и перпендикулярную к ней?
2. Какие параметры детали стандартного резьбового соединения записывают в спецификацию?
3. Какие размеры указывают в деталях со шпоночным соединением?
4. Как указывают на чертеже шлицевого соединения его параметры?
5. Какова структура изображения сварных швов?
6. Как изображают паяные и клееные соединения?
7. Как изображают надписи, знаки и шкалы?
8. Как указывают на чертеже недопустимость центрального гнезда?

## ЧЕРТЕЖИ И ЭСКИЗЫ ДЕТАЛЕЙ

### 14.1. Правила выполнения чертежей деталей

**Чертеж детали.** Под чертежом детали понимают конструкторский документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля. Наряду с изображениями формы всех элементов детали и их размерами рабочий чертеж в общем случае содержит также следующие данные:

предельные отклонения размеров, формы и расположения поверхностей, правила указаний которых установлены в ГОСТ 2.307—68 и ГОСТ 2.308—79;

обозначения шероховатости поверхностей, установленные ГОСТ 2.309—73;

обозначения покрытий, термической и других видов обработки, установленные ГОСТ 2.310—68;

текстовую часть, состоящую из технических требований и технических характеристик, надписи и таблицы с размерами и другими параметрами, техническими требованиями, контрольными комплексами, условными обозначениями, правила нанесения которых установлены в ГОСТ 2.316—68.

Указанные данные на чертеже деталей наносят после изучения курсов деталей машин и приборов, основ взаимозаменяемости, технических измерений и стандартизации, основ технологии. Поэтому в начертательной геометрии и черчении изучают в основном правила выполнения чертежей деталей, относящиеся к изображению их формы на чертеже и нанесению номинальных размеров. Кроме того, указываются некоторые правила по обозначению предельных отклонений размеров, формы и расположения поверхностей, нанесения надписей, обозначения покрытий, видов обработки. Рассмотрим некоторые правила выполнения чертежей деталей, установленные в ГОСТ 2.109—73, с учетом специфики учебного процесса.

Рабочие чертежи разрабатывают на каждую деталь. Допускается не выпускать чертежи на детали, изготавливаемые из

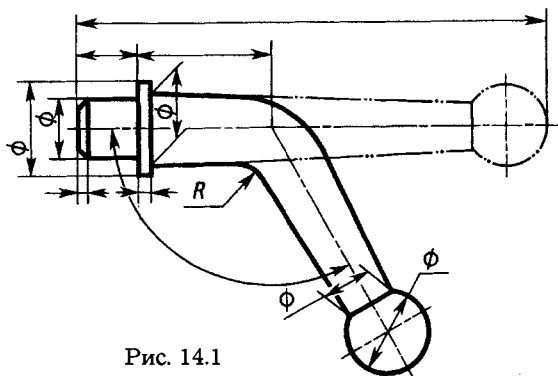


Рис. 14.1

фасонного или сортового материала отрезкой под прямым углом и из листового материала резкой по окружности или по периметру прямоугольника без последующей обработки, а также в некоторых других случаях, установленных стандартом.

**Детали, изготавливаемые гибкой.** Если изображение детали, изготавливаемой гибкой, не дает представления о действительных форме и размерах отдельных ее элементов, то на чертеже помещают частичную или полную ее развертку (см. рис. 12.14). На изображении развертки наносят только те размеры, которые невозможно указать на изображении готовой детали.

Допускается, не нарушая ясности чертежа, совмещать изображение части развертки с видом детали. В этом случае развертку изображают штрихпунктирными с двумя точками тонкими линиями, знак развертки не помещают (рис. 14.1).

**Детали пружинного типа.** Для таких деталей различают два вида формы: форма детали в свободном (не напряженном) состоянии и форма детали в деформированном (напряженном) состоянии в готовом изделии или в формообразующем инстру-

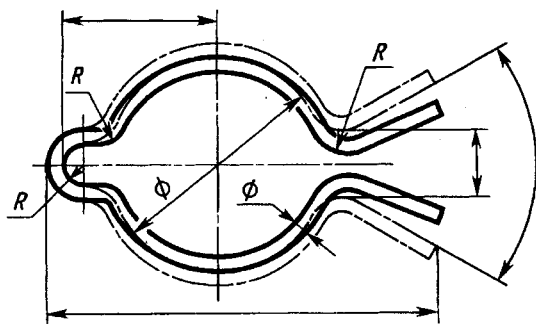


Рис. 14.2

менте. Особенности этих состояний детали учитывают при ее изображении на чертежах.

Если для детали по условиям сборки изделия или условиям расположения детали в изделии важны размеры отдельных элементов в напряженном состоянии и их в этом состоянии измеряют, то на чертеже изображают деталь в двух состояниях (рис. 14.2): в свободном состоянии — сплошными основными линиями, после изменения первоначального состояния — штрихпунктирными линиями. Размеры элементов, которые измеряют после изменения первоначальной формы детали, наносят на изображение, выполненном штрихпунктирными тонкими линиями.

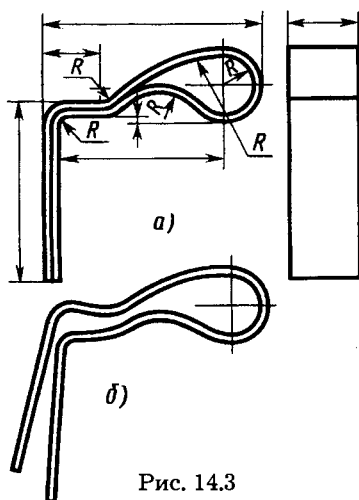


Рис. 14.3

Если деталь в свободном состоянии приобретает произвольную форму, которую чертежом не устанавливают, то такую деталь изображают только с размерами, указанными для измерения (рис. 14.3, а, б). В этом случае в технических требованиях на поле чертежа записывают: «Размеры указаны для измерения».

## 14.2. Выбор изображений и планировка эскиза или чертежа

**Выбор числа изображений.** Выше указывалось, что количество изображений предмета, в том числе и детали на чертеже или эскизе, должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении установленных соответствующих стандартных условных обозначений, знаков и надписей.

Для деталей типа тел вращения достаточно одного изображения (рис. 14.4, см. также рис. 12.43, б, 13.25) на плоскости проекций, параллельной оси тела: вида (рис. 14.4, а, з), разреза (рис. 14.4, б, в) с указанием знаков  $\varnothing$  (окружность, перечеркиваемая под углом  $60^\circ$ ) перед размерными числами диаметров. Одно изображения достаточно также для деталей типа валов, втулок с резьбой с обозначением резьбы.

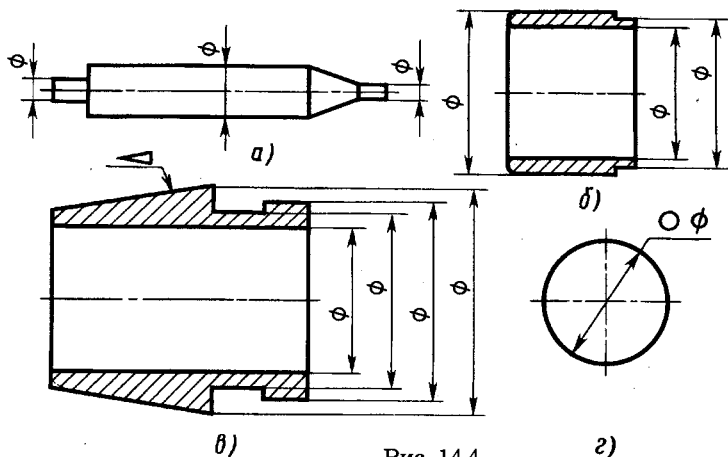


Рис. 14.4

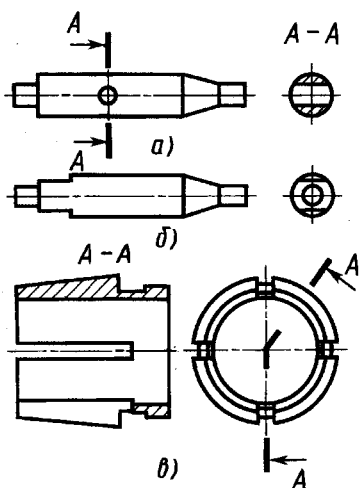


Рис. 14.5

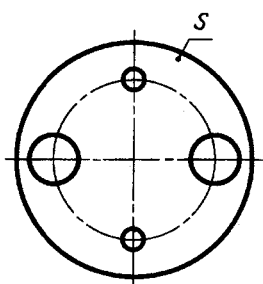


Рис. 14.6

Для деталей типа тел вращения с различными конструктивными элементами, например отверстиями, срезами, пазами, главное изображение дополняют одним или несколькими видами, разрезами, сечениями, которые выявляют форму этих элементов, а также выносными элементами (рис. 14.5, а, б, в). Аналогично выполнены изображения деталей, рассмотренные ранее (см. рис. 12.43, а). Пояснение формы мелких конструктивных элементов выносными элементами на деталях типа тел вращения см. на рисунках 12.41, 12.42. Применение нескольких сечений для выявления конструктивных элементов вала см. на рисунке 12.25.

Для тонких плоских деталей любой формы достаточно одного изображения. Толщину материала указывают на выносной полочке с указанием символа  $s$  толщины перед ее цифровым обозначением (рис. 14.6).

**Выбор главного изображения детали.** Главное изображение детали выбирают с учетом технологии ее изготовления. Если в процессе изготовления детали одно из ее положений заведомо является преобладающим, то на главном изображении деталь рекомендуется показывать в этом положении. Планки, линейки, валики, оси и т. п. рекомендуется располагать на чертеже горизонтально, а корпуса, кронштейны и т. п. — основанием вниз.

Например, на рисунке 12.56 изображен кронштейн с цилиндрическим основанием диаметром 50 мм. Главное изображение — фронтальный разрез вдоль плоскости симметрии детали — наиболее полно выявляет ее внутреннюю форму. Для полного представления конструкции детали требуется пять изображений. Другой пример — кронштейн механизма перестройки частоты на рис. 14.7. Главное изображение — наиболее информативное, кронштейн на нем изображен основанием вниз.

Если деталь сложной конструкции в процессе изготовления не имеет заведомо преобладающего положения, то за главное изображение таких деталей принимают их расположение в готовом изделии.

Примеры главных изображений деталей с горизонтальной осью см. на рисунках 14.4, 14.5. Для деталей типа шкивов, колес, шестерен главным изображением является фронталь-

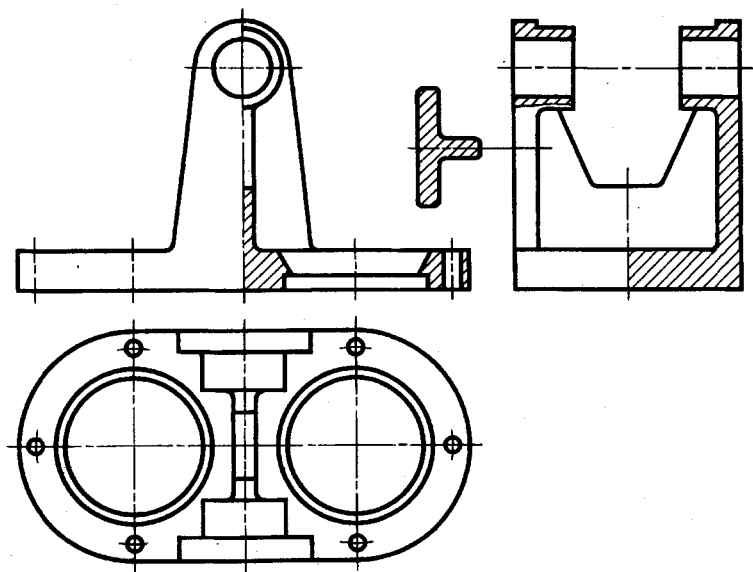


Рис. 14.7



ный разрез. Его обычно выполняют полностью, что облегчает нанесение размеров. Фронтальный разрез выявляет и внешние очертания детали, поэтому вида спереди не требуется.

Детали типа винтов (см. рис. 13.28), болтов (см. рис. 13.22), валиков изготавливают на токарных станках или автоматах. Ось их при обработке горизонтальна. При изображении таких деталей на чертеже учитывают также положение, в котором выполняют наибольший объем работ по изготовлению детали, т.е. выполняют наибольшее число переходов (переход — обработка одной элементарной поверхности).

**Выбор формата и планировки чертежа.** Формат чертежа или эскиза выбирают в зависимости от сложности и размеров детали с учетом возможности как увеличения изображения по сравнению с натурой для сложных и мелких, так и уменьшения для простых по форме и крупных деталей. Изображения на чертеже должны обеспечивать ясность всех элементов детали. Для мелких элементов детали используют выносные элементы. Прежде чем выбрать формат чертежа, тщательно анализируют форму детали и определяют количество необходимых изображений. Выполняют это осмотром детали при эскизировании с натуры или мысленным представлением ее формы по чертежу сборочной единицы при детализации. На предварительно выбранном формате выполняют черновик планировки чертежа, на котором чертят от руки осевые линии и габаритные контуры всех необходимых изображений, штрихуют намеченные разрезы, отмечают зоны для нанесения размеров. Анализируют намеченную планировку с целью выявления возможности уменьшения формата чертежа за счет уменьшения занимаемой площади простыми симметрич-

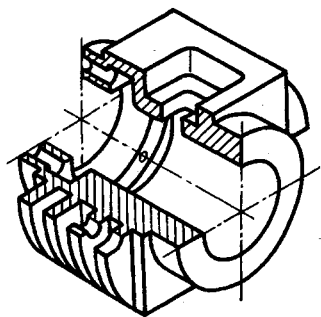


Рис. 14.8

ными изображениями — видами слева, справа, сверху, снизу — путем выполнения только половины этих изображений без снижения ясности чертежа. При таком анализе учитывают также возможность изменения масштаба как всех изображений, так и отдельных из них как в сторону уменьшения изображений, так и в сторону увеличения. По результатам анализа принимают окончательное решение о выбранном формате.



рукторских работ часто возникает необходимость выполнения эскизов деталей. *Эскиз детали представляет собой чертеж, выполненный от руки, без точного соблюдения масштаба, но с сохранением пропорций между размерами отдельных элементов детали.*

В процессе работы по съемке эскизов приобретаются знания и навыки по составлению чертежа детали, осваиваются правила оформления чертежей, изложенные в ГОСТ ЕСКД 2.301—2.307 (п. 1,2), 2.311, 2.101, 2.102, 2.109, и приемы измерения размеров элементов деталей с натуры, применяемый для этого инструмент. Одновременно изучаются элементы конструкции сравнительно простых деталей и особенности их изготовления.

**Требования к выполнению эскизов деталей в учебном процессе.** Эскизы выполняют на листах клетчатой писчей бумаги, близких по размерам к стандартным форматам А4 (297 × 210), А3 (297 × 420) или больших. Листы клетчатой бумаги большего формата склеивают из меньших. Эскизы простых деталей с одним изображением оформляют на половине формата А4. Эскизы выполняют остро заточенным карандашом твердости «ТМ», «НВ» или «М», «В», «F», обводят карандашом «М», «В», «F» или «2М», «2В», «2F». При съемке эскизов используют простые измерительные инструменты: линейки, штангенциркуль, кронциркуль, нутромер, радиусомеры, резьбомеры, угломер.

На эскизах наносят все размеры, необходимые для изготовления и контроля изображенного предмета. Поэтому для выполнения эскизов наряду со знанием правил выполнения изображений необходимо также знание и правил нанесения размеров. Они рассмотрены ниже.

Порядок съемки эскиза детали. Перед съемкой эскиза детали: анализируют форму детали и устанавливают ограничивающие ее поверхности (иногда для этого выполняют некоторые измерения);

решают, какие изображения необходимы для полного выявления формы детали;

выбирают главное изображение;

выбирают ориентировочные размеры изображений детали на эскизе и соответственно размер листа бумаги. Пропорции между элементами детали определяют на глаз.

На основании личного опыта, консультации преподавателя определяют назначение детали, ее материал и последовательность изготовления.

При съемке эскизов деталей не допускается «упрощать» форму их элементов.

Выбор изображений, главного изображения, формата и планировки эскиза подробно рассмотрен в 14.2. При этом руководствуются правилами выполнения изображений предметов, изложенными в гл. 12.

В качестве примера рассмотрим деталь — подвижную губку ручных слесарных тисков, приведенную на рисунке 14.10. Деталь имеет плоскость симметрии. Технология изготовления: отливка, фрезеровка направляющих типа ласточкин хвост плоскостей наковаленки и под планку губы, шлифовка направляющих и плоскости наковаленки, расточка центрального отверстия, слесарная обработка двух резьбовых гнезд.

Для полного выявления формы детали необходимы четыре вида по стрелкам 1, 2, 3 и 4, а также разрез с секущей плоскостью, совпадающей с плоскостью симметрии. В качестве главного изображения удобно взять часть вида по стрелке 1, соединенного с частью фронтального разреза. В этом случае на видах слева по стрелке 2, справа по стрелке 4 и сверху по стрелке 3 выявляют форму всех элементов детали. Учитывая симметрию, можно ограничиться половиной вида сверху.

#### Последовательность выполнения эскиза

1. Нанесение линий внутренней рамки и основной надписи. В соответствующих графах студент сразу должен вписать свою фамилию и номер группы.

2. Выполнение планировки, т.е. вычерчивание прямоугольников по габаритным размерам изображений и нанесение осевых и центровых линий (рис. 14.10, б), предусматривая место для размеров, согласование планировки с преподавателем.

3. Вписывание контуров изображений в эти прямоугольники, выполнение разрезов (рис. 14.10, в): фронтального, местного.

Эту работу выполняют в модельной аудитории, имея перед глазами деталь.

4. Нанесение выносных и размерных линий (рис. 14.10, г). Эту работу целесообразно выполнять дома.

5. Измерения детали и нанесение размерных чисел (рис. 14.10, д). К измерениям приступают, только убедившись в правильности нанесения размерных линий.

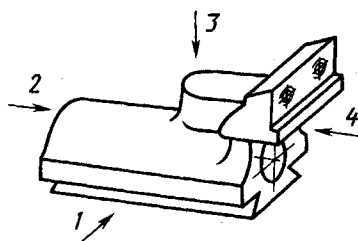


Рис. 14.10, а

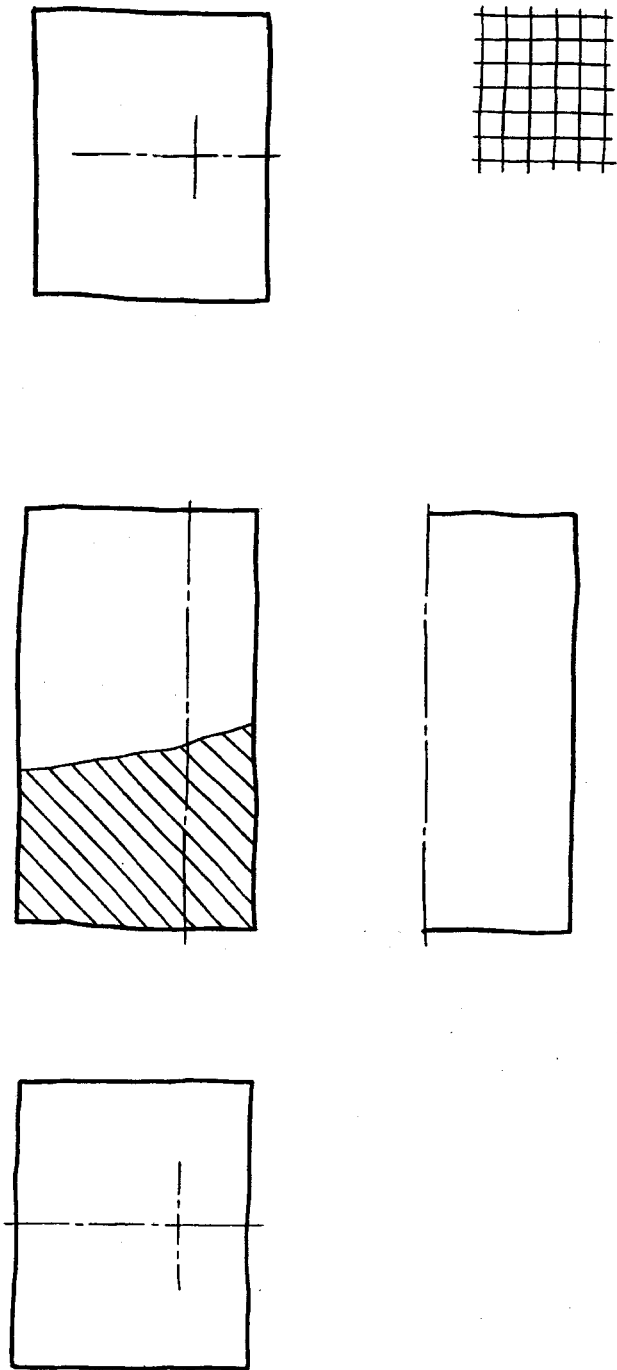


Рис. 14.10, б

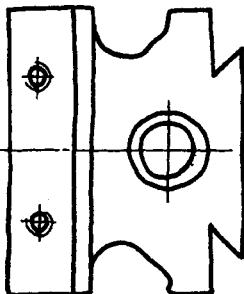
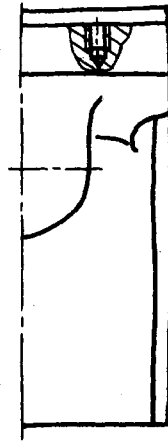
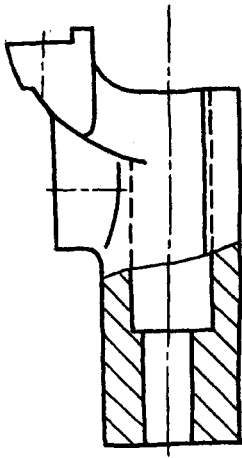
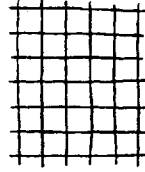
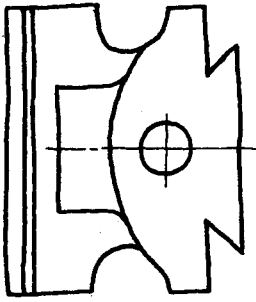


Рис. 14.10, в

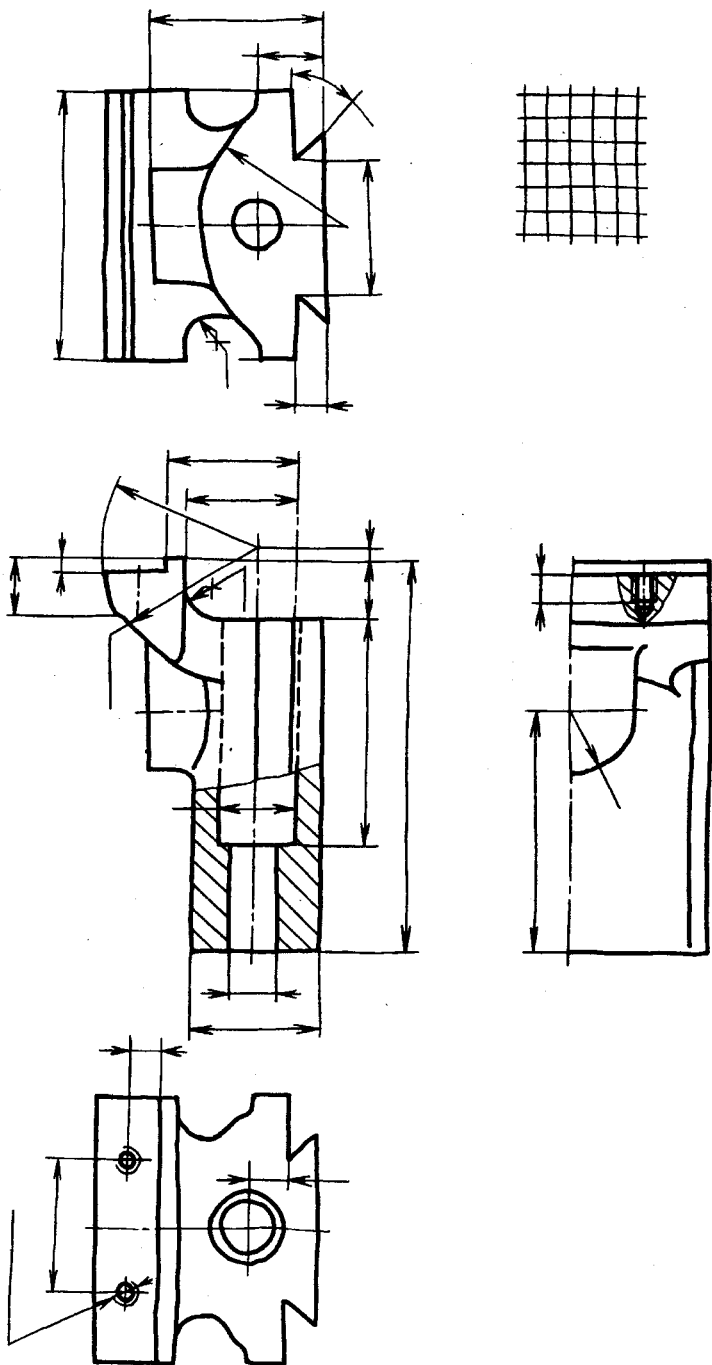


Рис. 14.10, з





6. Обводка эскиза. Толщина обводки  $s=0,8 \dots 1$  мм.

Ниже, в 14.4 рассмотрены некоторые вопросы съемки размеров детали с натуры, а в 14.5 — простановки размеров применительно к эскизам и чертежам деталей. С ними необходимо ознакомиться перед выполнением работ, указанных выше в пунктах 4 и 5.

Некоторые детали, эскизы которых должны быть сняты, могут иметь форму стандартных деталей (или быть стандартными), другие — иметь стандартные элементы. Эскизы деталей, соответствующие по форме стандартным, выполняют, руководствуясь изображениями и системой простановки размеров, принятыми в стандартах. Аналогично, руководствуясь стандартами, выполняют изображения стандартных элементов.

Приведем анализ изображений нескольких деталей с учетом правил, установленных стандартами.

**Деталь типа «основание».** Внешний вид такой детали приведен на рисунке 14.11, *а*. Приведем анализ ее формы. В основе конструкции детали — прямоугольный параллелепипед с внутренней полостью, с боковыми срезами и углублениями в них, с поперечным пазом. Деталь имеет две плоскости симметрии: продольную и поперечную. Внутренняя полость имеет симметричную ступенчатую форму, образованную несколькими плоскостями. Углубления сбоку имеют форму полуцилиндров с касательными к ним плоскостями.

Планировка приведена на рисунке 14.11, *б*, изображение — на рисунке 14.11, *в*. Половина главного вида и половина фронтального разреза дают наиболее полное представление о форме детали по сравнению с ее изображениями на горизонтальной и профильной плоскостях проекций. На профильной плоскости проекций также соединены два изображения детали — половина вида слева с половиной профильного разреза. Фронтальный и профильный разрезы не обозначены надписями, так как секущие плоскости совпадают с плоскостями симметрии детали.

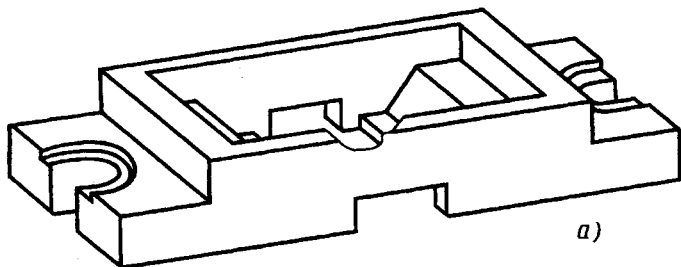
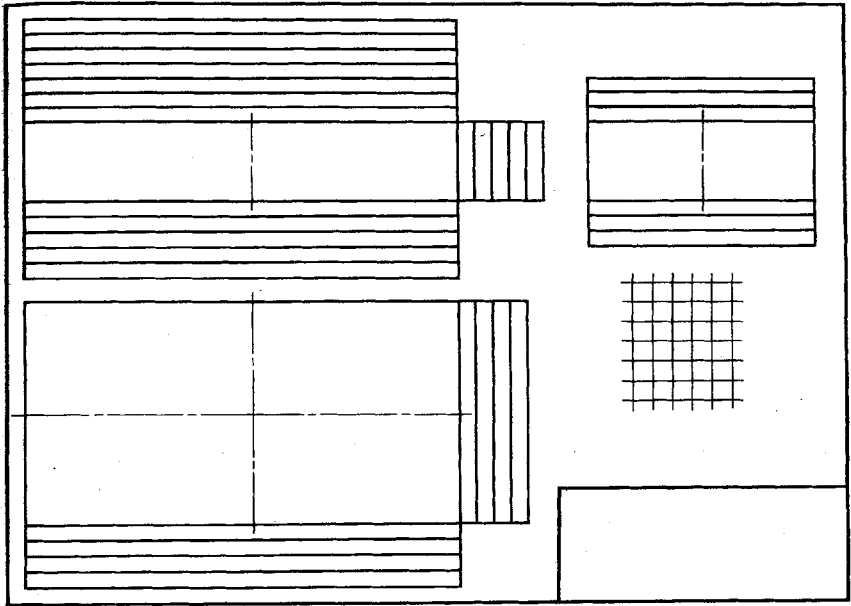
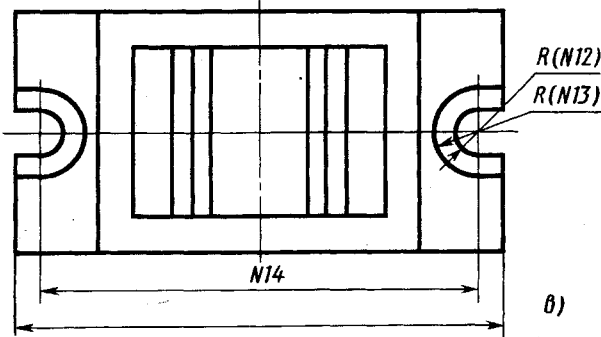
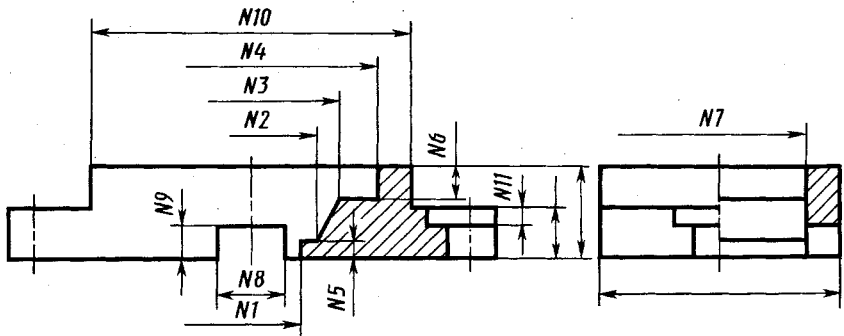


Рис. 14.11 (см. также с. 249)



д)



е)

Рис. 14.11. Окончание

Симметричность детали определила и схему нанесения размерных линий, определяющих форму и положение внутренних элементов, боковых пазов и поперечного паза. Отметим также особенность нанесения размерных линий для элементов внутренних выступов на фронтальном разрезе — размерные линии № 1, 2, 3, 4 начерчены с обрывом. Слева от оси размерная линия оборвана и не имеет стрелки. Такая условность размеров установлена стандартом при соединении на одной плоскости проекций части разреза и части вида для деталей симметричной формы. Обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва предмета. Аналогично нанесена размерная линия № 7 на профильном разрезе. Другие особенности нанесения размеров рассмотрены ниже.

**Многогранная деталь типа «корпус».** Внешний вид такой детали — корпуса ручного пресса — приведен на рисунке 14.12. Назначение детали — несущая конструкция, вырез в которой образует рабочую зону пресса.

Анализ конструкции данной детали показывает, что в основе ее формы — многогранник, три боковых грани которого наклонны, а четвертая перпендикулярна к основаниям (рис. 14.13). В многограннике выполнен вырез двумя плоскостями, параллельными основаниям, и плоскостью, перпендикулярной к ним (параллельной четвертой боковой грани). Кроме того, в детали выполнены два одинаковых по размерам вертикальных треугольных призматических отверстия, расположенных друг под дру-

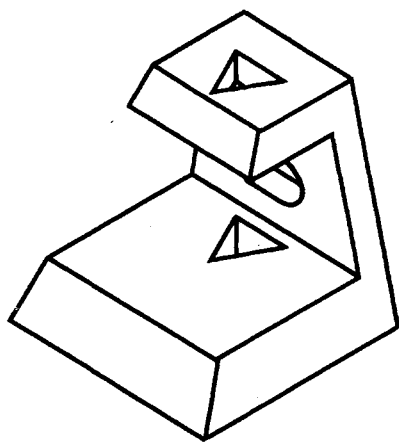


Рис. 14.12

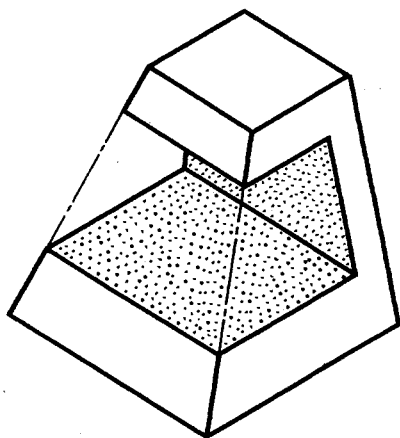


Рис. 14.13

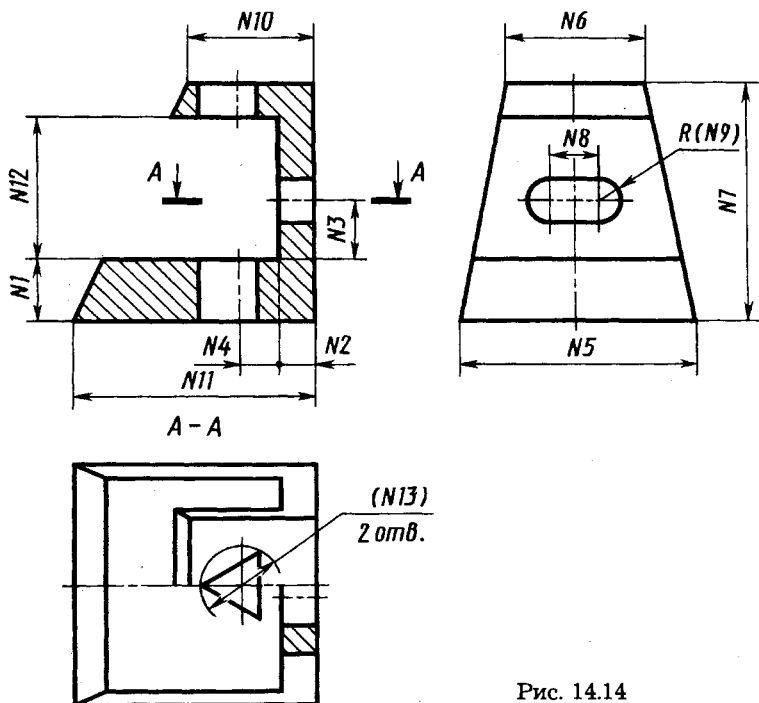


Рис. 14.14

гом, и фасонное горизонтальное отверстие. Деталь имеет одну вертикальную плоскость симметрии.

Выбор изображений (рис. 14.14) в данном случае обосновывается следующим (планировка отдельным рисунком не иллюстрируется). Фронтальный разрез по плоскости симметрии выявляет вырез, образующий рабочую зону, и взаимное расположение отверстий. Его расположение позволяет выявить форму выреза на виде слева. Соединение половины вида сверху и половины горизонтального разреза  $A-A$  позволяет выявить форму верхнего и нижнего трехгранных отверстий, а также форму фасонного отверстия в вертикальной стенке.

**Размеры формы и размеры положения.** Отметим две группы размерных линий в эскизе данной детали. К первой группе отнесем размеры определенных геометрических элементов — размеры исходной внешней формы № 5—7, № 10 и 11, размеры отверстий (диаметр описанной окружности отверстий трехгранной формы — размер № 13, фасонного отверстия — № 8 и 9, высоту выреза — № 12). Ко второй группе — размеры, определяющие положение указанных геометрических элементов относительно

поверхностей исходной призмы или других элементов. Это размеры № 1—4. Размеры № 1 и 2 определяют положение выреза относительно граней и основания призмы. При этом размер № 2 устанавливают с учетом прочности этой стенки. Размер № 3 определяет положение бокового отверстия относительно нижней поверхности выреза — рабочей поверхности детали. Размер № 4 определяет положение оси трехгранных отверстий до стенки выреза, которая является границей рабочей зоны внутри выреза.

**Эскиз детали типа «корпус».** Внешний вид детали и вид снизу показаны на рисунке 14.15.

Анализ формы конструктивных элементов детали. В основании детали — плоский прямоугольный параллелепипед, на нем цилиндрическая часть, имеющая сверху круглый фланец. Внутри цилиндрической части с фланцем — цилиндрическая полость с продольным ребром (см. вид снизу на рис. 14.15) и шестигранное отверстие сверху. На верхней части фланца — поперечный паз. Цилиндр укреплен наклонными ребрами жесткости. Основание и фланец имеют по четыре крепежных (цилиндрических) отверстия, два круглых отверстия имеются в стенках цилиндра под фланцем над ребрами. Деталь имеет две плоскости симметрии.

Эскиз детали приведен на рисунке 14.16 (промежуточный этап — планировка не проводится). Особенности формы детали однозначно определяют выбор главного изображения. В связи с симметрией детали на каждой из плоскостей проекций соединены два изображения детали — половина вида с половиной разреза. Фронтальный и профильный разрезы не обозначены

надписями, так как секущие плоскости совпадают с плоскостями симметрии детали. Секущая плоскость горизонтального разреза обозначена линиями сечения  $A-A$  со стрелками, которые определяют положение секущей плоскости и направление взгляда.

Некоторые условности, допускаемые стандартом и применяемые при изображении детали.

Ребро жесткости в разрезах. На фронтальном разрезе не заштрихованы наружные в виде треу-

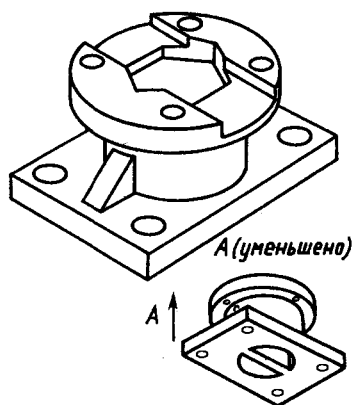


Рис. 14.15

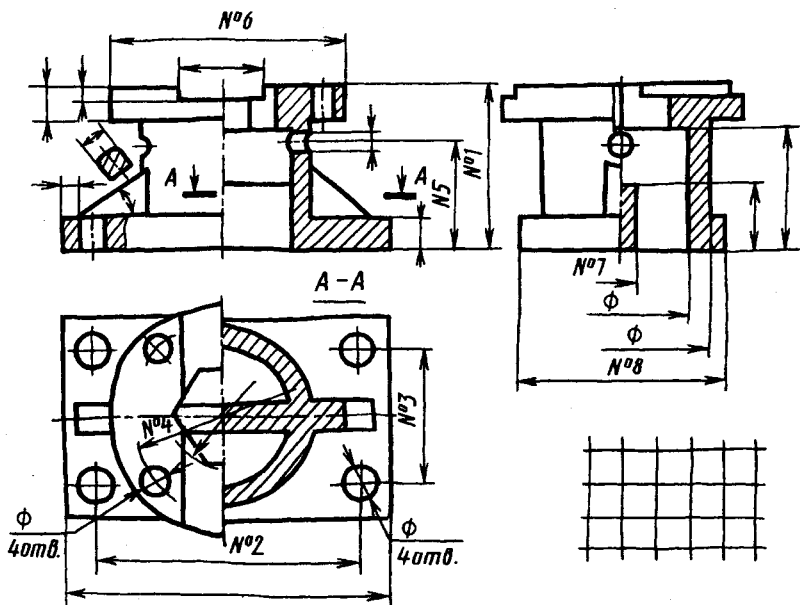


Рис. 14.16

гольника и внутренние ребра, так как секущая плоскость этого разреза направлена вдоль ребер.

На горизонтальном разрезе  $A-A$  оба ребра заштрихованы, так как секущая плоскость расположена поперек ребер. На профильном разрезе соответственно заштрихована половина внутреннего ребра, попадающего в профильную плоскость разреза.

Отверстия на круглом фланце. Оси отверстий не лежат ни во фронтальной, ни в профильной секущих плоскостях. В таком случае стандартом допускается (см. рис. 12.50) изображать отверстия в разрезе условно без дополнительного обозначения секущей плоскости, проходящей через ось фланца и ось отверстия. При этом отверстие условно переносят в плоскость разреза по диаметру расположения его оси. В данном случае отверстие во фланце показано в разрезе на фронтальной проекции.

Местный разрез. Крепежное отверстие в основании детали изображено в местном разрезе на левой половине главного вида. Секущая фронтальная плоскость в этом случае проходит через ось отверстия, а местный разрез справа ограничен волнистой линией. Положение секущей плоскости и направление взгляда для местных разрезов ввиду их очевидности и простоты не обозначают.

Ребро в плоскости симметрии детали. На профильной проекции детали для выявления ребра шестигранного отверстия разрез в верхней части детали сделан несколько более половины детали, вид отделен от разреза волнистой линией (см. рис. 12.42).

Вынесенное сечение. Для выявления у боковых ребер формы перехода от наклонной плоскости к вертикальным применено вынесенное сечение. Оно показано вблизи главного вида. С изображением ребра на главном виде вынесенное сечение связано штрихпунктирной линией, а само сечение дополнительных обозначений не имеет (см. также рис. 12.24, а).

Нанесение размерных линий. Для данной детали характерно большое число цилиндрических поверхностей, а также размеров положения их осей.

Диаметры цилиндрических поверхностей обязательно обозначают знаком  $\varnothing$  над размерной линией перед размерным числом. При нанесении размерных линий цилиндрических поверхностей их располагают обычно на том изображении, на котором одновременно с диаметром может быть удобно указана и длина цилиндрической поверхности. В данном случае размерные линии для обозначения диаметра и толщины фланца нанесены на главном изображении, а для обозначения наружного и внутреннего диаметров цилиндрической части детали — на профильном разрезе.

Из размеров данной детали отметим особо размеры положения. Основным размером положения является размер № 1, характеризующий расположение круглого фланца относительно основания. Этот размер одновременно является одним из основных конструктивных размеров, а также одним из ее габаритных размеров. Размерами положения являются также размеры № 2 и № 3 положения осей отверстий в основании, № 4 — диаметра расположения осей крепежных отверстий во фланце и № 5 — расположения осей двух сквозных отверстий в цилиндрической части детали.

#### 14.4. Определение размеров деталей с натуры

Для определения линейных размеров при выполнении эскизов используют простейшие измерительные инструменты — измерительную линейку, кронциркуль (для измерения наруж-

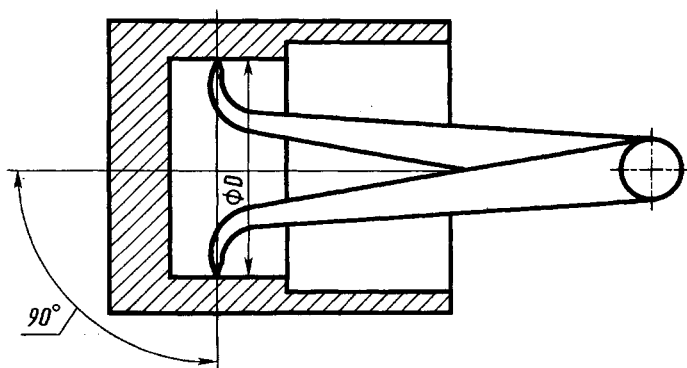


Рис. 14.17

ных размеров), нутромер (для внутренних размеров). С их помощью размеры измеряют с погрешностью 1—0,5 мм.

Более точно (с погрешностью 0,1—0,05 мм) измеряют размеры штангенциркулем.

Примеры измерения диаметров указанными инструментами: на рисунке 14.17 — нутромером, на рисунке 14.18, *а* — штангенциркулем; длин *L*: на рисунке 14.18, *в*. — штангенциркулем, на рисунке 14.19 — линейкой; размера *A* на рисунке 14.18, *б* — штангенциркулем. Схемы измерения расстояний между осями отверстий показаны на рисунках 14.20 и 14.21.

Примеры измерения толщины внутренних стенок: на рисунке 14.22 — измерительной линейкой, на рисунке 14.23 — кронциркулем с линейкой. В первом случае толщину стенки

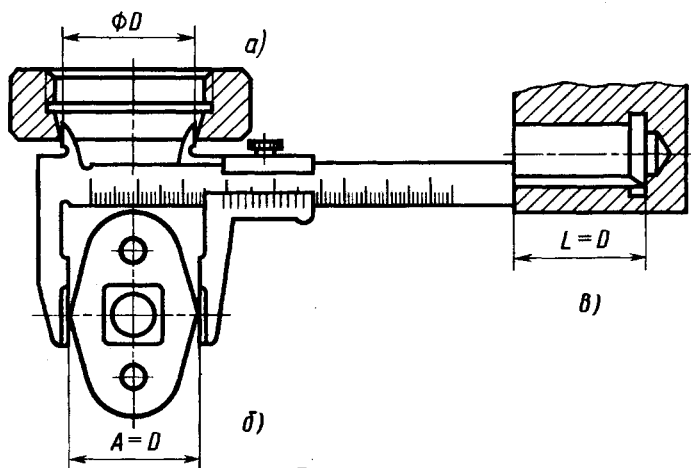


Рис. 14.18



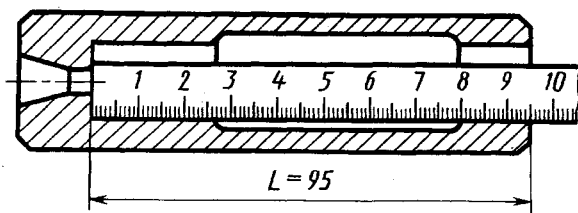


Рис. 14.19

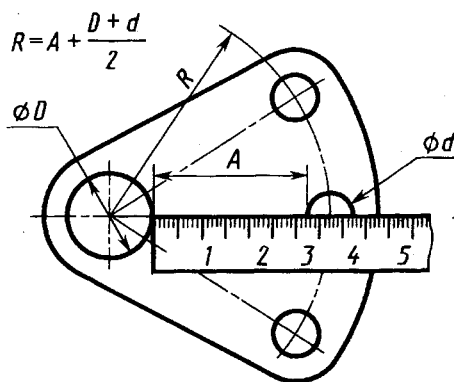


Рис. 14.20

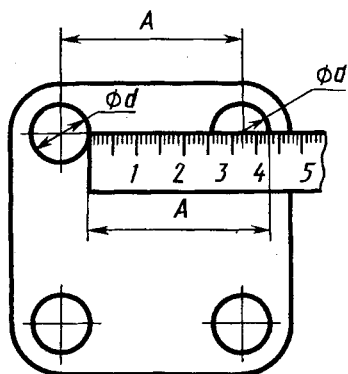


Рис. 14.21

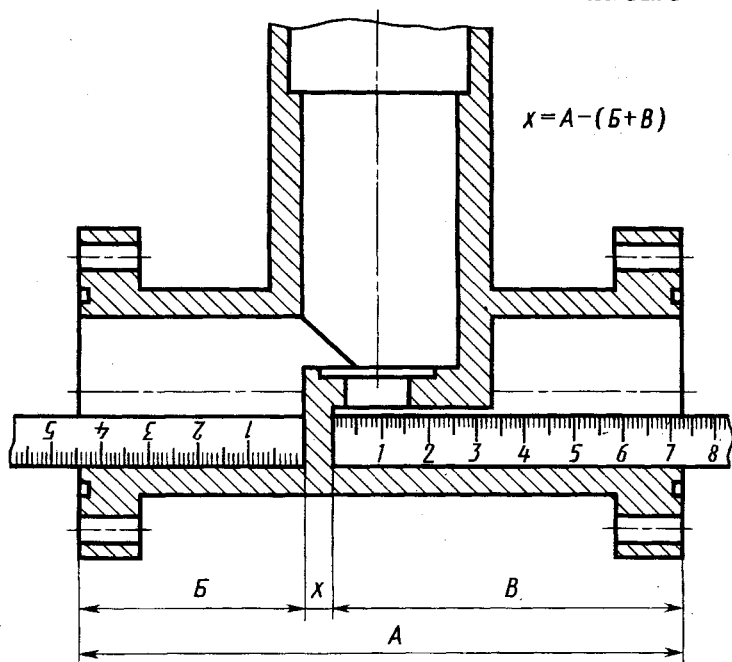


Рис. 14.22

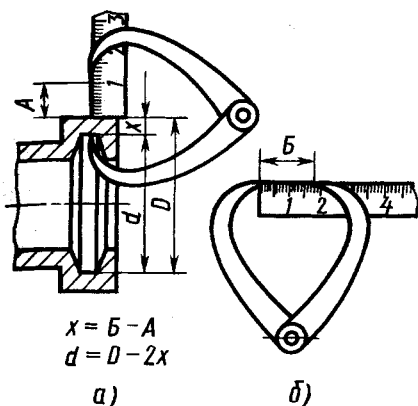


Рис. 14.23

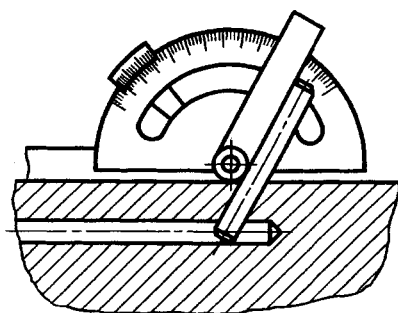


Рис. 14.24

определяют по результатам измерения трех размеров —  $A$ ,  $B$ ,  $B$ . Во втором случае по результатам двух измерений: а) размера  $A$  — при измерении на детали; б) размера  $B$  — по линейке. Размер  $B$  выбирают таким, чтобы кронциркуль, не раздвигая измерительных ножек, можно было отвести от детали.

Углы измеряются с точностью до  $10'$  угломером (рис. 14.24). В данном случае в наклонное отверстие введен гладкий стержень.

Съемка размеров с помощью отпечатка. При острых краях форму и размеры плоского контура можно снять в виде отпечатка на бумагу. Бумагу накладывают на плоскость детали и пальцем прижимают к кромкам (рис. 14.25, а). Можно деталь положить на бумагу и контур обвести острым карандашом (рис. 14.25, б). По отпечатку устанавливают геометрическую форму и размеры контура (рис. 14.25, в). Радиусы и центры дуг определяют, проведя перпендикуляры из середины двух хорд

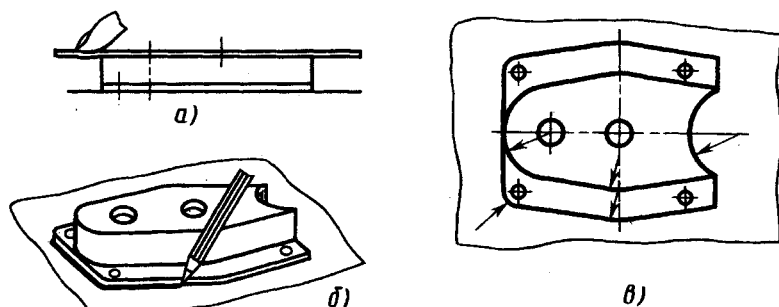


Рис. 14.25

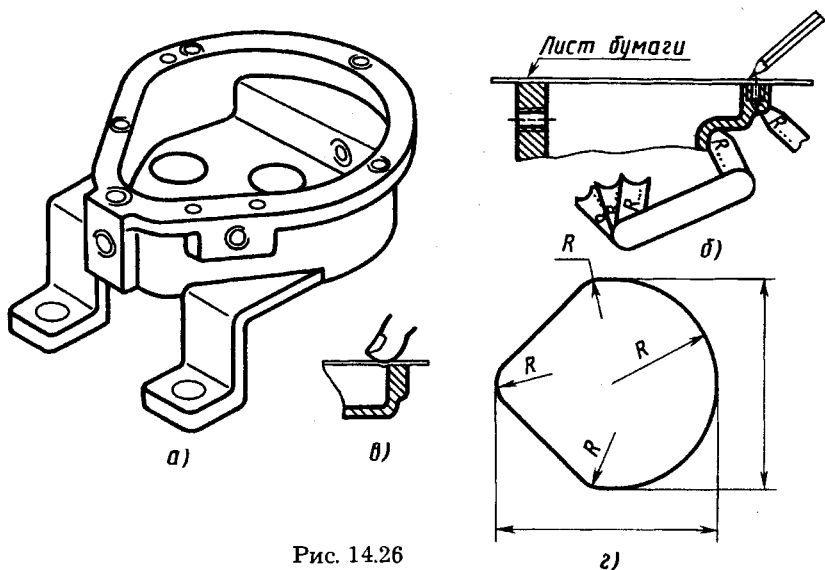


Рис. 14.26

дуги одного радиуса, при наличии оси симметрии ее можно считать за один из перпендикуляров.

Отпечаток контура кромки внутренней полости детали (рис. 14.26, а) снимают на бумагу протиранием контура графитом карандаша (рис. 14.26, б) или нажатием пальца (рис. 14.26, в). По отпечатку устанавливают геометрическую форму и размеры контура (рис. 14.26, г).

Радиусы закруглений гаптелей определяют (рис. 14.26, б) радиусомером (набор шаблонов).

Определение параметров стандартных резьб производят с помощью штангенциркуля и резьбомеров. Резьбомеры (рис. 14.27) представляют собой набор шаблонов (тонких сталь-

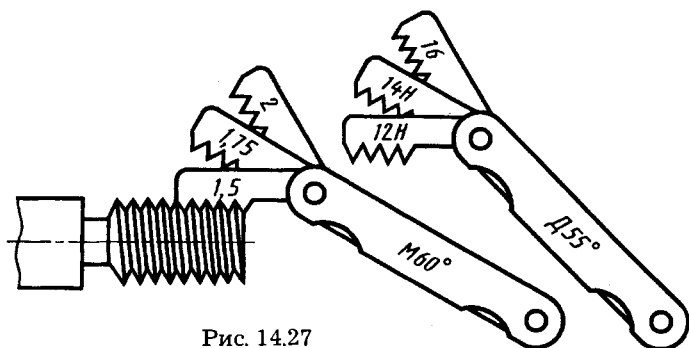


Рис. 14.27

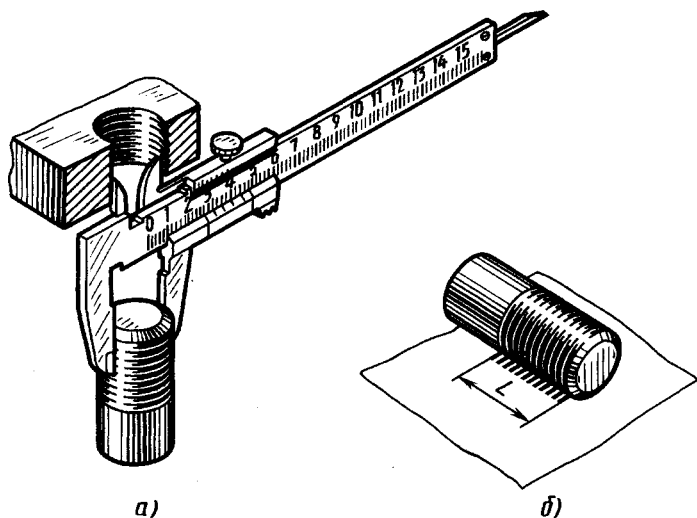


Рис. 14.28

ных пластинок), измерительная часть которых соответствует профилю стандартной резьбы. Изготавливают резьбомеры двух типов: для метрической резьбы с клеймом «М 60°» и размером шага в миллиметрах на каждой пластинке и для дюймовой и трубной резьб с клеймом «Д 55°» и указанием числа ниток на дюйм на каждой пластине.

Для измерения шага резьбы на детали резьбомером подбирают шаблон-пластину, зубцы которой совпадают с впадинами измеряемой резьбы (см. рис. 14.27). Затем читают указанный на пластинке шаг (или число ниток на дюйм). Наружный диаметр стержня (или внутренний диаметр в отверстии) измеряют обычным путем штангенциркулем (рис. 14.28, а).

Определив размер и шаг (или число ниток на дюйм), устанавливают тип и размер резьбы по таблицам стандартных резьб.

При отсутствии резьбомера шаг резьбы (или число ниток на дюйм) может быть определен с помощью оттиска на бумаге. Для этого резьбовую часть детали обжимают листком чистой бумаги так, чтобы получить на ней оттиски (отпечатки) ниток резьбы, т. е. несколько шагов (не менее 10) — рисунок 14.28, б. Затем по оттиску измеряют расстояние  $L$  между крайними достаточно четкими рисками (отпечатками). Это измерение должно быть выполнено достаточно аккуратно с погрешностью не более 0,2 мм. Сосчитав число шагов  $n$  на длине  $L$  (на единицу меньше

числа рисок), определяют шаг. Например, оттиск дал 10 четких рисок (т. е. 9 шагов) общей длиной 13,5 мм. Наружный диаметр при измерении 14 мм. Определяем шаг:  $p = 13,5 : 9 = 1,5$  мм. По таблицам находим резьбу М 14 × 1,5, т. е. это метрическая резьба 2-го ряда с диаметром 14 мм и мелким шагом 1,5 мм.

Шаг внутренней резьбы определяют по отпечатку на полоске бумаги, на ребре спички, карандаша (рис. 14.29). Осмотром определяют профиль резьбы, направление резьбы (правая, левая), число заходов.

Определение некоторых параметров зубчатого венца цилиндрического зубчатого колеса. При выполнении эскиза зубчатого колеса с натуры (рис. 14.30) снимают диаметр  $d_a$  вершин, ширину  $b$ , подсчитывают число зубьев  $z$ .

Для нормального зацепления подсчитывают модуль

$$m = \frac{d_a}{z + 2}$$

и диаметр  $d_i$  делительной окружности:

$$d_i = mz.$$

На эскизе наносят размеры  $d_a$  и  $b$ , на поле чертежа указывают величину модуля  $m$  и число зубьев  $z$ .

**Точные и автоматизированные измерения размеров.** При снятии эскизов на производстве или при научно-исследовательской работе размеры измеряют с точностью, определяемой

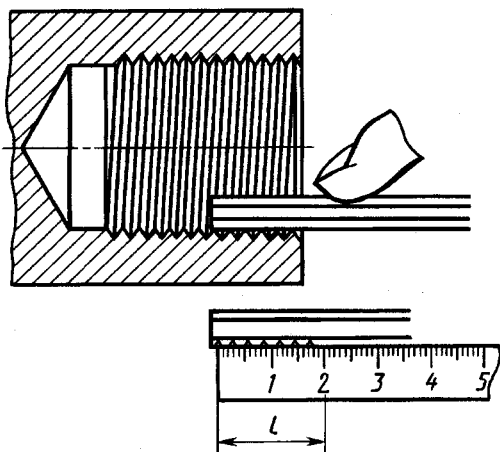


Рис. 14.29

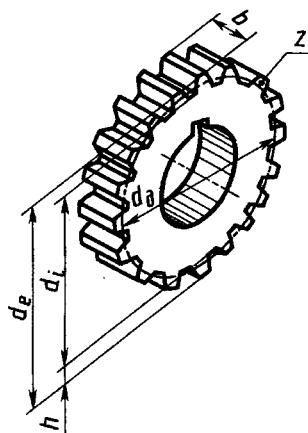


Рис. 14.30

конструктивным назначением соответствующих элементов деталей или соединений. При необходимости используют высокоточные оптические, оптико-механические и электронные измерительные приборы и установки. Для исследования формы и расположения внутренних элементов приборов без их разборки применяют рентгеноскопические и рентгенотелевизионные методы. При исследовании приборов с малыми размерами элементов, в миниатюрном и сверхминиатюрном исполнении применяют измерительные средства с большим увеличением, а также системы, позволяющие одновременно с визуальным изучением автоматически вычерчивать исследуемые объекты в заданном масштабе увеличения.

При исследовании приборов, машин, установок со сложными наружными поверхностями измерения размеров выполняют на автоматизированных трехкоординатных измерительных машинах с записью результатов на перфоленту и последующим использованием их для автоматического вычерчивания измеренных поверхностей с помощью графопостроителей.

#### **14.5. Нанесение размеров на эскизах и чертежах деталей**

**Общие положения.** Величину изображаемого предмета (изделия) и его элементов определяют размерные числа, нанесенные на чертеже. Исключение составляют случаи, предусмотренные в ГОСТ 2.414—75, 2.417—78, когда величину изделия и его элементов определяют по изображениям, выполненным с достаточной степенью точности.

При огромном разнообразии деталей размеры на них наносят с учетом следующих факторов:

формы детали;

взаимодействия с другими деталями сборочной единицы, т. е. ее функционирования в изделии (влияние этого фактора начинают изучать при съемке эскизов с деталей, входящих в состав определенной сборочной единицы — см. гл. 15);

особенностей ее изготовления;

обеспечения ясности и выразительности эскиза, чертежа.

**Обеспечение ясности и выразительности чертежа.** Соответствующие правила установлены в ГОСТ 2.307—68, а также частично в ГОСТ 2.109—73.

Рассмотрим основные из них применительно к съемке эскизов и выполнению чертежей деталей.

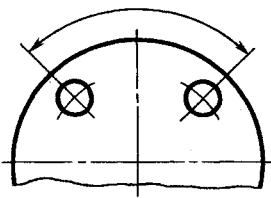


Рис. 14.31

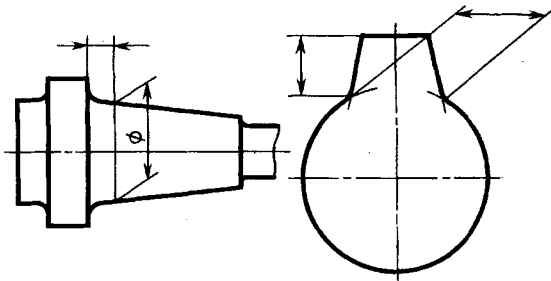


Рис. 14.32

Размеры на чертеже указывают размерными числами и размерными линиями. Размерные линии выполняют в виде прямолинейного отрезка или в виде дуги окружности с одной или двумя стрелками. Размерные числа без обозначения единицы измерения указывают линейные размеры в миллиметрах. При других единицах измерения длины (см, мкм) их указывают на чертеже. Угловые размеры в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения, например:  $4^\circ$ ,  $4^\circ 30'$ ,  $0^\circ 30' 40''$ ,  $0^\circ 0' 30''$ .

*Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.* Размеры одного и того же элемента на разных изображениях повторять не допускается.

Размеры и выносные линии *предпочтительно наносить вне контура изображения.* При нанесении размеров прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные — перпендикулярно этому отрезку. При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии радиально (рис. 14.31). В случаях, показанных на рисунке 14.32, размерную и выносные линии проводят так, чтобы они с измеряемым отрезком образовали параллелограмм. Выносные линии проводят от линии видимого контура (исключение см. рис. 14.45). От линий невидимого контура выносные линии проводят лишь в случаях, когда при этом отпадает необходимость в вычерчивании дополнительного изображения. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм.

Размерные линии допускается проводить непосредственно к линиям видимого контура (см. рис. 14.45), осевым, центровым и другим линиям. Однако в качестве размерных линий не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и вынос-

ные линии. Расстояние размерной линии от параллельной ей линии контура, осевой, выносной и других линий, а также расстояние между параллельными размерными линиями должно быть в пределах 6...10 мм. При выполнении эскизов на бумаге в клеточку расстояние между размерными линиями целесообразно выдерживать 10 мм (по линиям клеток).

При нанесении выносных и размерных линий на чертеже необходимо избегать их пересечения.

Для симметричных предметов, если вид или разрез изображают только до оси симметрии или с обрывом, размерные линии, относящиеся к симметричным элементам, проводят с обрывом и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва изображения предмета (см. на рис. 15.3 диаметры 35, 30, 22 мм). При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (см. размер 38 мм на рис. 16.6 и 16.7).

*Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т. п.), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 14.33, см. также рис. 14.10). Целесообразно отдельно группировать размеры, относящиеся к внутренним и внешним очертаниям детали. Пример такой группировки размеров длин показан на рисунке 14.34: наружных очертаний — внизу, внутренних — вверху. Иногда такую группировку выполняют на разных изображениях.*

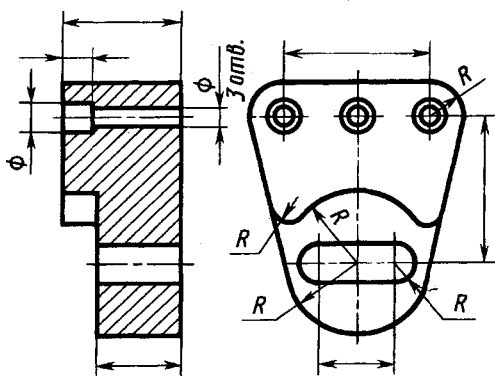


Рис. 14.33

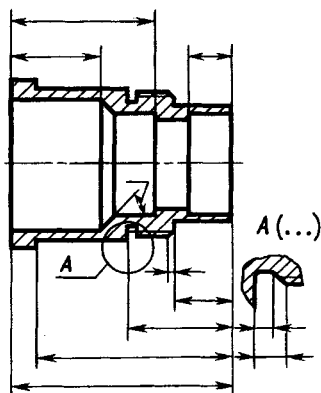


Рис. 14.34



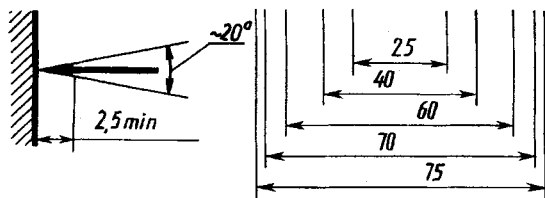


Рис. 14.35

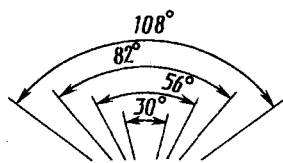


Рис. 14.36

Стрелки размерных линий вычерчивают приблизительно одинаковыми на всем чертеже. Форма стрелки и примерное соотношение ее элементов в зависимости от толщины  $s$  линий видимого контура показаны на рисунке 14.35.

Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии (или соответственно за контурные, осевые, центровые и т. д.) и стрелки наносят с их внешней стороны (см. размеры длины на рис. 15.4,  $\partial$ ). При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом  $45^\circ$  к размерным линиям, или четко наносимыми точками. При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии эти линии допускается прерывать (см. размер  $d_1$  на рис. 15.5).

Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине, но при нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий. При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рис. 14.36). При различных наклонах размерных линий размерные числа располагают, как показано на рисунке 14.37. Если требуется нанести размер в заштрихованной

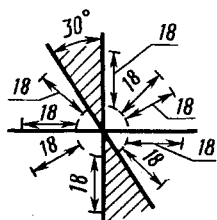


Рис. 14.37

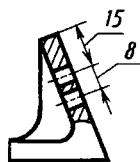


Рис. 14.38

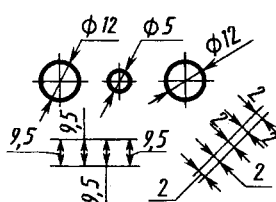


Рис. 14.39

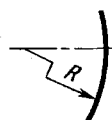


Рис. 14.40

зоне, то размерное число наносят на полке линии-выноски (рис. 14.38). Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией или недостаточно места для нанесения стрелок, то размеры и стрелки наносят, как показано на рисунке 14.39, исходя из наибольшего удобства чтения. Размерные числа не допускаются пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. В местах нанесения размерного числа осевые, центровые и линии штриховки прерывают. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа. Не наносят размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий.

**Нанесение размеров в зависимости от формы некоторых конструктивных элементов.** Так, при нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву *R*. Если требуется указать размер, определяющий положение центра радиуса дуги окружности, то центр изображают в виде пересечения центровых или выносных линий. При большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге, а размерную линию радиуса в этом случае показывают с изломом под углом  $90^\circ$  (рис. 14.40). Если надо показать координаты вершины скругляемого угла, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла (размеры 20 и 50 мм внизу на рис. 14.41): Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию допускается не доводить до центра и смещать ее относительно центра. При проведении нескольких радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не располагают на одной прямой. Размеры радиусов наружных или внутренних скруглений наносят, как показано на рисунке 14.42. Если радиусы скруглений, сгибов и т. п. на всем чертеже одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения размеров этих радиусов непосредственно на изображениях рекомендуется в технических требованиях делать запись типа «Радиусы скруглений 4 мм», «Внутренние радиусы сгибов 6 мм», «Неуказанные радиусы 8 мм» и т. п.

Для деталей, ограниченных поверхностями вращения с совпадающими или параллельными осями, размеры диаметров наносят на изображении, полученном проецированием на плоскость, параллельную оси тела (см. рис. 14.47).

Перед размерным числом диаметра (радиусы) сферы наносят знак  $\varnothing$  (*R*) без надписи «Сфера». Допускается знак  $\bigcirc$  нано-

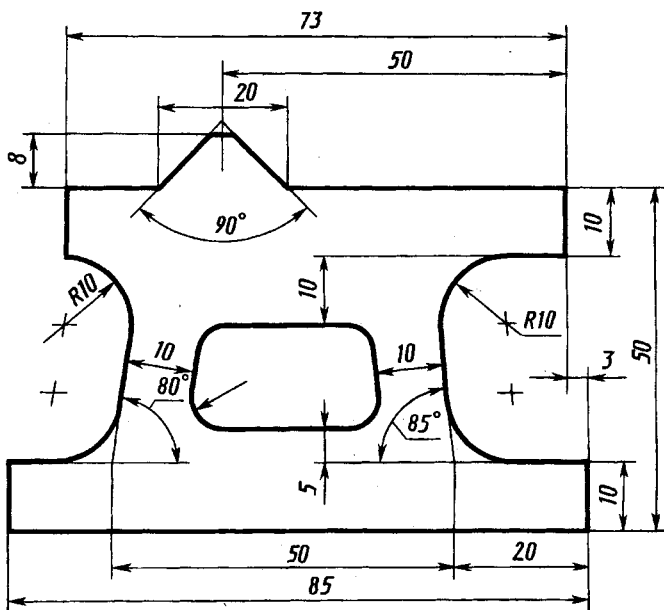


Рис. 14.41

сить в тех случаях, когда на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, например: « $\bigcirc \varnothing 18$ », « $\bigcirc R 12$ ».

Квадрат при отсутствии изображений, определяющих его конфигурацию, обозначают знаком  $\square$  (квадратом), который наносят перед размерным числом стороны квадрата.

Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак  $\sphericalangle$ , острый угол которого направляют в сторону вершины конуса (рис. 14.43).

Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак  $\sphericalangle$ , острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона.

Размеры фасок под углом  $45^\circ$  наносят, как показано на рисунке 14.44. Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам — линейным и угловым размерами или двумя линейными размерами (см. рис. 13.43).

Размеры криволинейного контура наносят, как показано на рисунке 14.45.

Размеры нескольких одинаковых элементов изделия, как правило, наносят один раз с указанием на полке линии-выноски количества этих элементов, например: «4 отв.  $\varnothing 6$ », «2 отв.  $\varnothing 3$ ». Допускается указывать количество элементов под размерной ли-

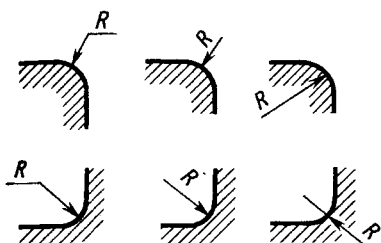


Рис. 14.42

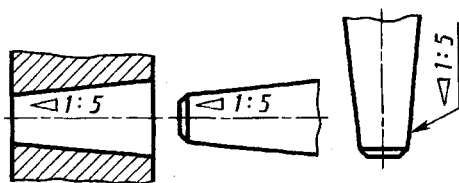


Рис. 14.43

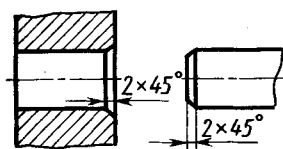


Рис. 14.44

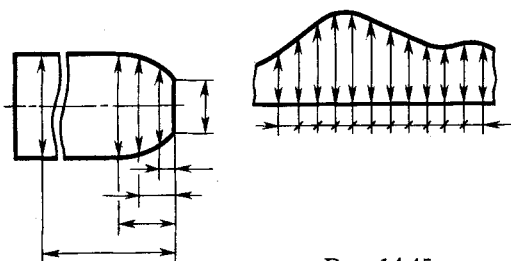


Рис. 14.45

нией или полкой линии-выноски, над которыми нанесены размерные числа.

При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество.

Примеры применения рассмотренных правил приведены на рисунках 14.46, 14.47, а также см. рисунки 14.33, 14.41.

Покажем соблюдение указанных правил при нанесении размерных линий на эскизах основания и корпуса (см. рис. 14.11, в, 14.14).

Практически все размерные линии, за исключением размеров № 5, 9 на рисунке 14.11, в и № 8 на рисунке 14.14, нанесены вне контура изображения. На фоне контура размерные линии этих размеров оставлены в связи с тем, что выносные линии для них при вынесении за контур получаются слишком длинными, делают изображения менее наглядными.

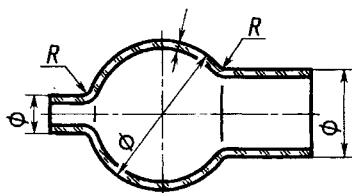


Рис. 14.46

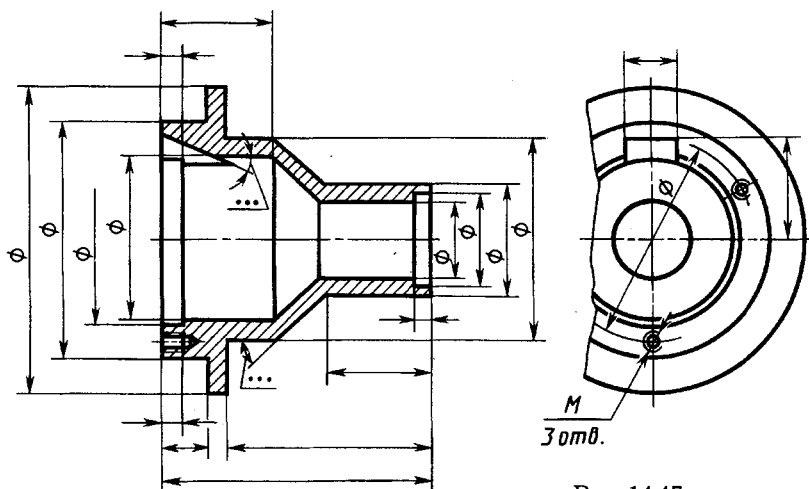


Рис. 14.47

Группировка в одном месте размерных линий, относящихся к одному конструктивному элементу, выполнена следующая. На рис. 14.11, в на фронтальной проекции сгруппированы размеры № 1—6, относящиеся к внутренней полости (один ее размер — № 7 приведен на профильной проекции), № 8, 9 поперечного пазы, размеры № 10, 11, определяющие боковые уступы. На горизонтальной проекции сгруппированы размеры № 12, 13 боковых пазов и № 14 — расстояние между их осями.

На рисунке 14.14 на фронтальной проекции сгруппированы размеры № 1, 2, 12, определяющие вырез в детали; на профильной проекции — размеры № 8 и 9 фасонного отверстия.

В связи с недостатком места для стрелок на размерных линиях для двух размеров № 2, 4 на рисунке 14.14 они заменены точкой.

Правило о группировке размеров, относящихся к одному конструктивному элементу, применено, например, при нанесении размерных линий следующих конструктивных элементов (см. рис. 14.16):

на фронтальной проекции — диаметра и толщины верхнего фланца, угла наклона бокового ребра и его положения относительно края основания, ширины и глубины паза в круглом фланце, диаметра и положения оси (размер № 5) отверстия в цилиндрической части детали (под фланцем);

на горизонтальной проекции — расстояний между осями (размеры № 2, 3) и диаметра четырех отверстий в основании, диаметра (размер № 4) расположения осей четырех отверстий во фланце и их диаметра, длины и ширины (размер № 8) прямоугольного основания;

на профильной проекции — толщины (размер № 7) и высоты внутреннего ребра, диаметра и глубины внутренней цилиндрической полости.

Некоторые из особенностей нанесения размеров, определяемых технологией изготовления деталей, рассмотрены ниже.

**Простановка размеров на элементы деталей, обрабатываемые резанием.** Сверление глухого отверстия и нарезание резьбы. Последовательность обработки рассмотрена выше (см. рис. 13.30). На чертеже наносят обозначение резьбы (см. рис. 13.19), глубину сверления и длину резьбы с полным профилем, а также размер фаски. Дно отверстия, образованное режущей частью сверла, изображают условно как конус с углом при вершине  $120^\circ$  (размер не наносят). При нарезании конической резьбы длину ее не указывают (см. рис. 13.19, ж).

Нарезание внутренней резьбы резцом. Последовательность обработки внутренней резьбы с проточкой для выхода резца (схема размеров — на рис. 14.48, а) показана на технологических эскизах: расточка внутренних диаметров на заданную глубину при подаче резца вдоль оси (рис. 14.48, б); проточка канавки для выхода резца при радиальной его подаче (рис. 14.48, в); нарезание резьбы при подаче вдоль оси (рис. 14.48, г, переходы обработки фаски не показаны).

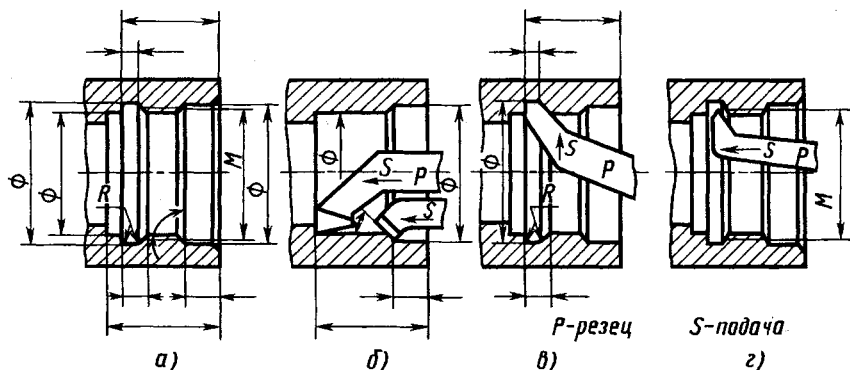


Рис. 14.48

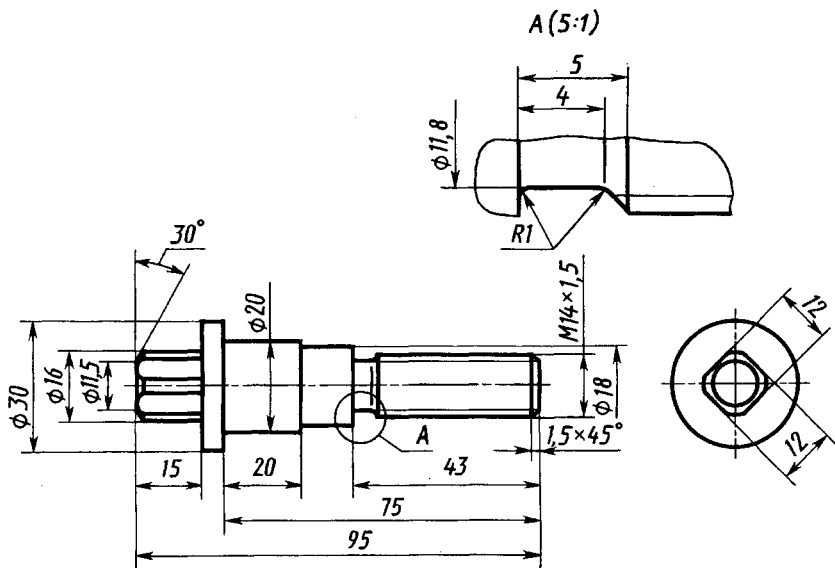


Рис. 14.49

Обточка ступенчатого валика (рис. 14.49) в центрах. Заготовка — пруток  $\varnothing 30$ . Последовательность токарной обработки показана слева на рисунке 14.50 при одной установке в центрах и на рисунке 14.51 — при другой (отрезка заготовки и зацентровка не рассмотрены). Положение реза указано в конце каждого перехода, обработанные поверхности показаны утолщенными линиями. Момент вращения на деталь передает хомутик (показан только на переходе слева). Справа показаны соответствующие операционные технологические эскизы с размерами (расстояния от размерных линий до контура изображения детали выбраны с учетом положения этих размерных линий на чертеже детали).

Проточка канавок. Схема обработки канавок для выхода резьбового реза при нарезании внутренней резьбы рассмотрена выше (см. рис. 14.48, в). Аналогично обрабатывают наружные проточки (см. рис. 14.50, г).

Схема постановки размеров полукруглой канавки-фиксатора и положение реза приведены на рисунке 14.52.

На чертеже указывают положение плоскости симметрии канавки, а ширину не указывают.

Схема постановки размеров на канавках специального назначения (рис. 14.52, 14.53, 14.54) позволяет правильно зато-

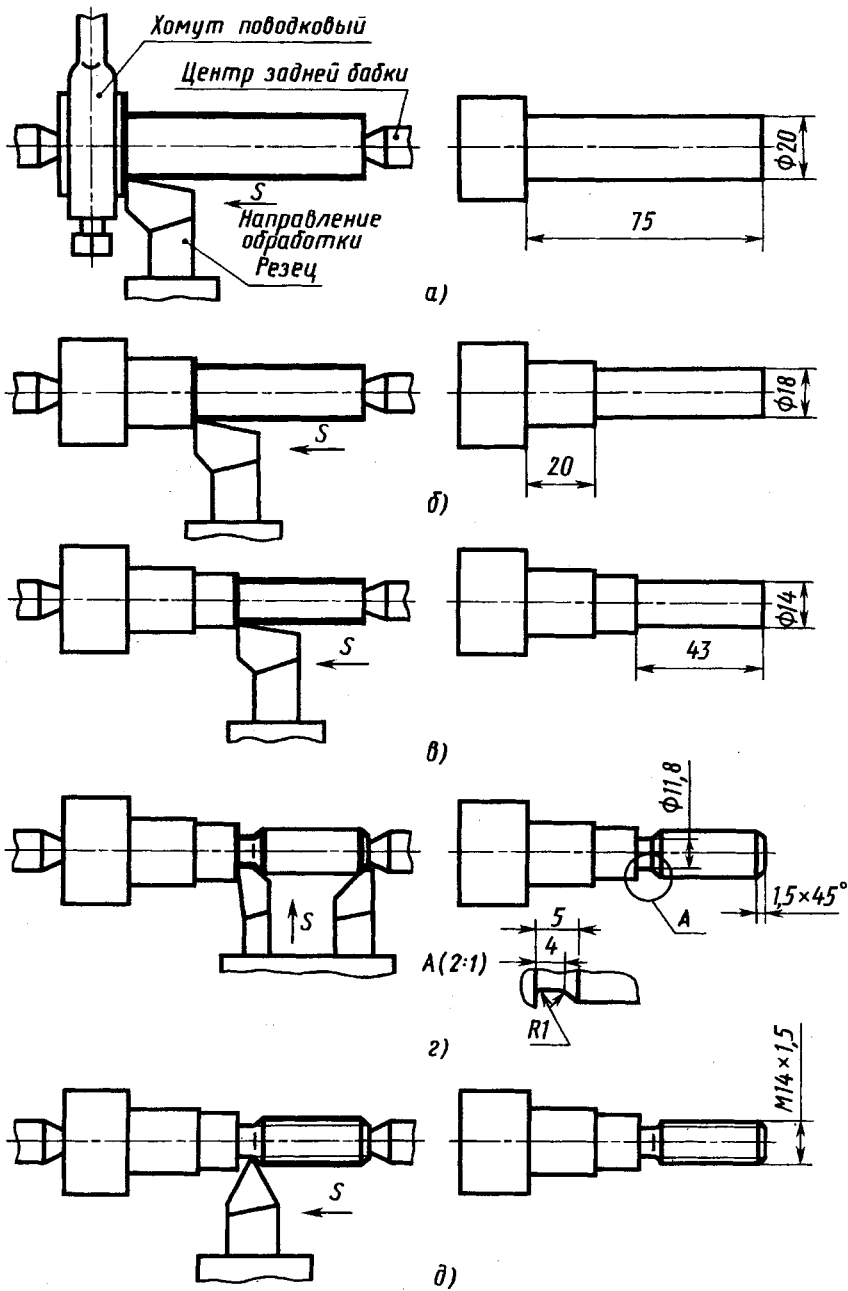


Рис. 14.50



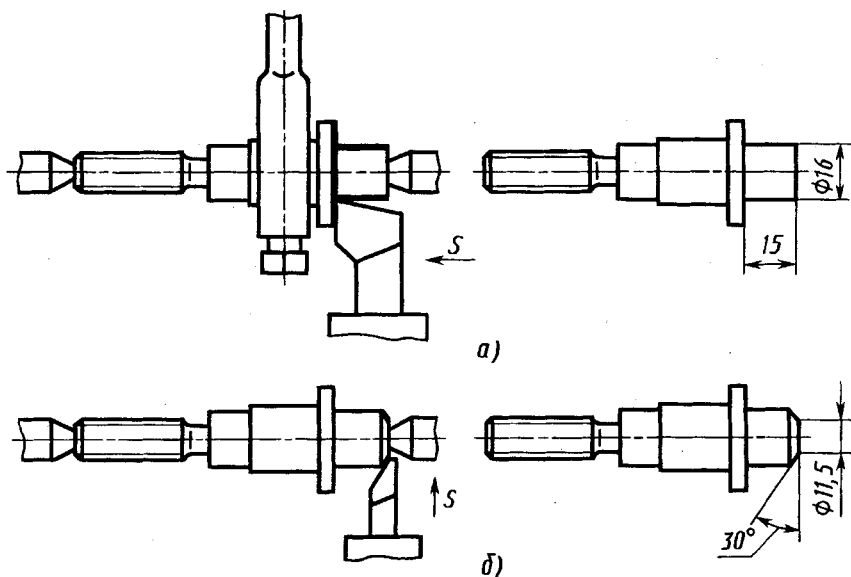


Рис. 14.51

чить режущий инструмент и точно обработать канавки при поперечной подаче резца.

Фрезерование призматических головок винтов, гаек («под ключ»), шпоночных канавок. Пример фрезеровки головки ступенчатого валика (рис. 14.49) двумя фрезами показан на рисунке 14.55. После обточки (см. рис. 14.50,

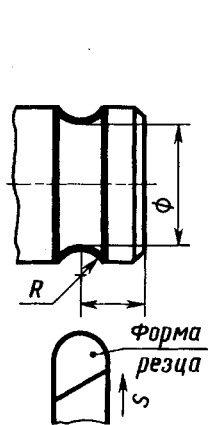


Рис. 14.52

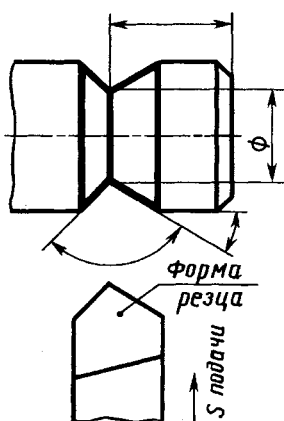


Рис. 14.53

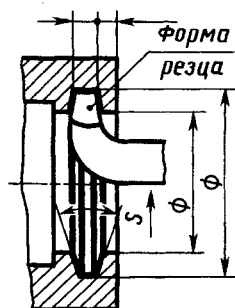


Рис. 14.54

14.51) валик закрепляют в приспособлении и одновременно фрезеруют две грани головки в размер 12 «под ключ».

На рисунке 14.56 изображен вал с тремя различными шпоночными канавками. Схемы фрезерования канавок и необходимые размеры приведены на рисунке 14.57, а, б, в. Длину полного профиля левой канавки определяет размер 22 мм. Диаметр фрезы (рис. 14.57, а) выбирают минимально возможным. Среднюю канавку со скругленными концами фрезеруют (рис. 14.57, в) концевой фрезой. Диаметр резьбы выбирают по ширине канавки. Правую канавку под сегментную шпонку фрезеруют (рис. 14.57, б) специальной шпоночной фрезой, диаметр и толщина которой определены размерами канавки (они соответствуют размерам шпонки).

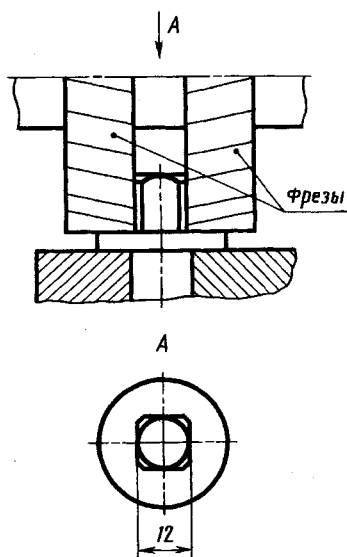


Рис. 14.55

Пример учета особенностей конструкции литой детали при нанесении размеров приведен на рисунке 14,58, б. На рисунке 14,58, а дано наглядное изображение детали, на рисунке 14.58, в изображена литейная модель детали (конические

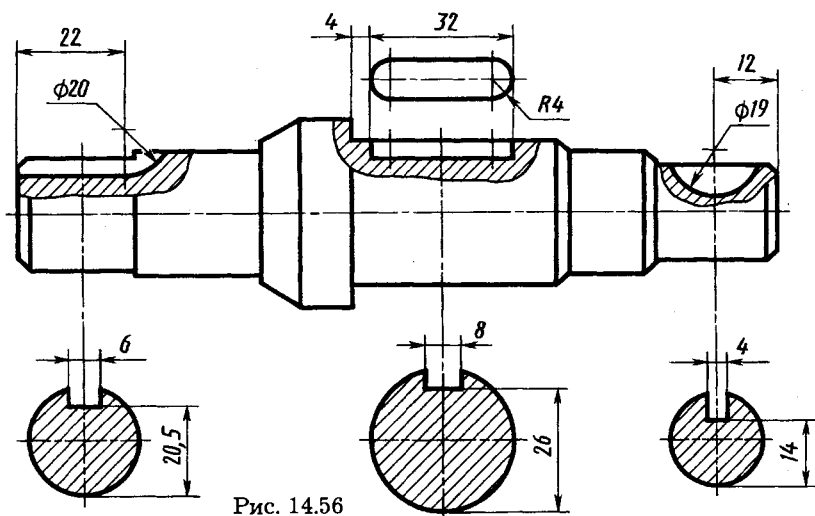


Рис. 14.56

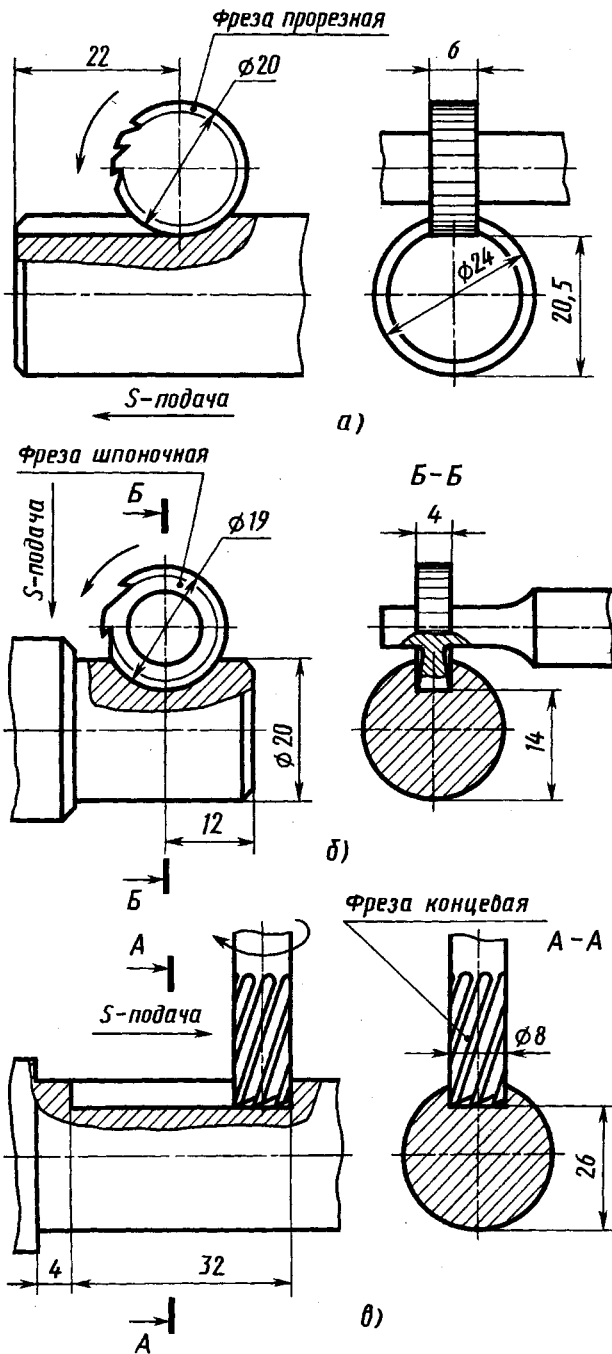


Рис. 14.57

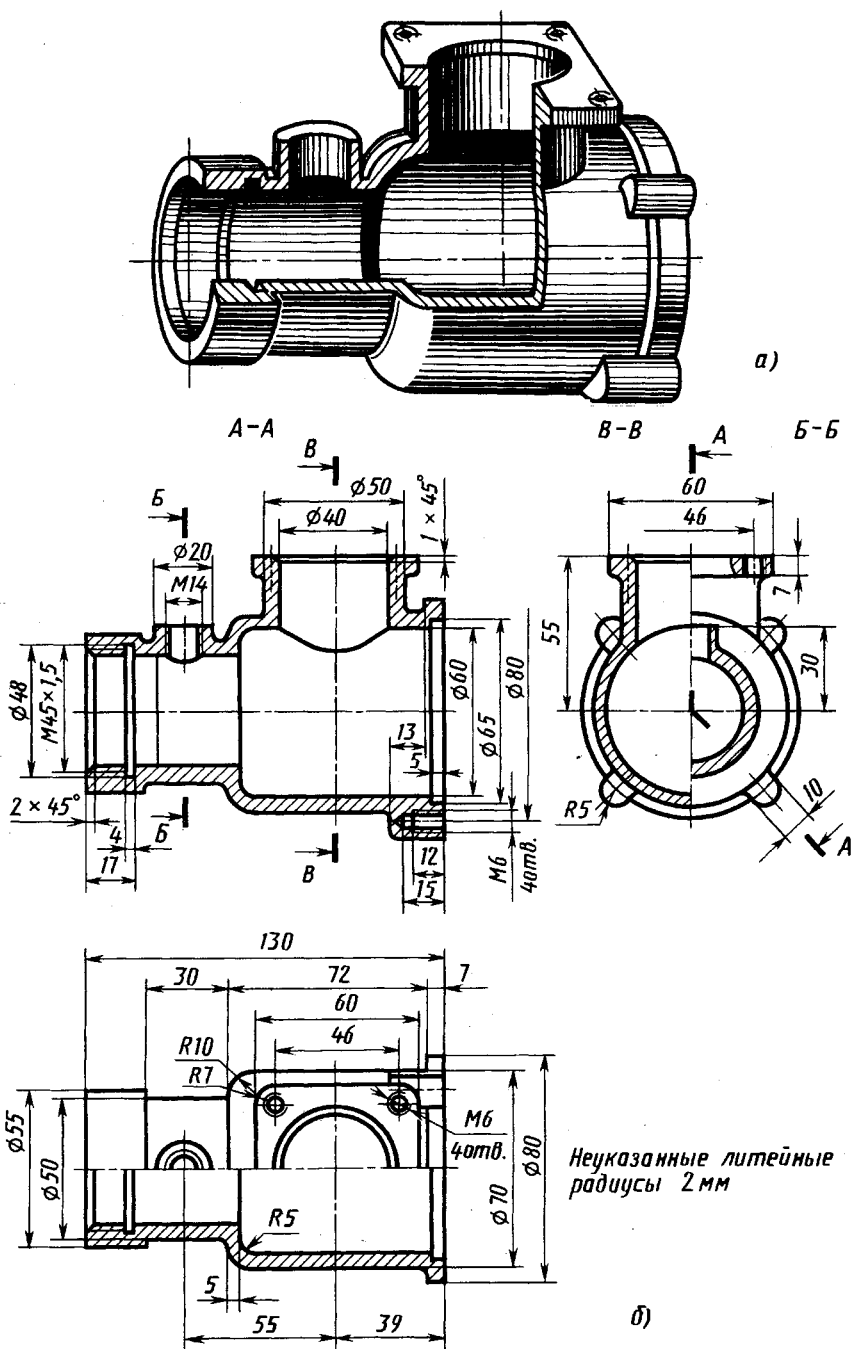
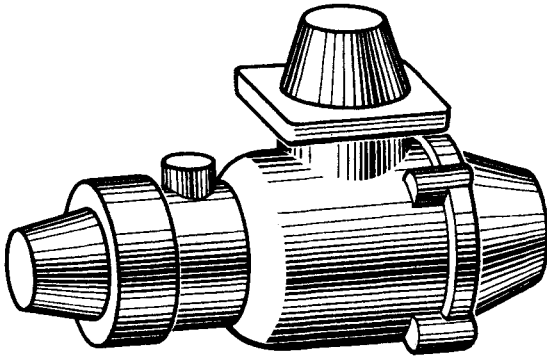
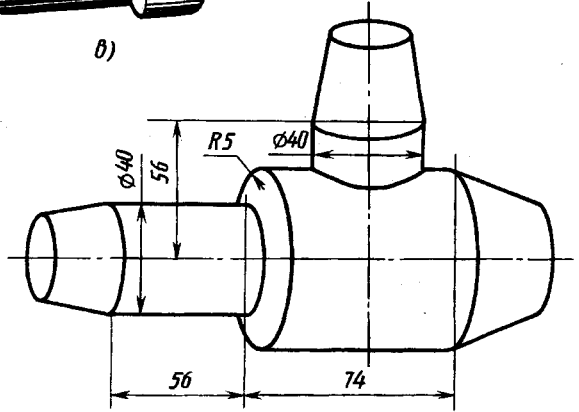


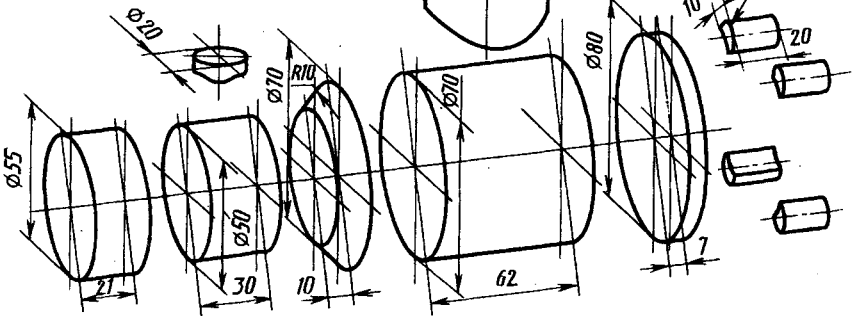
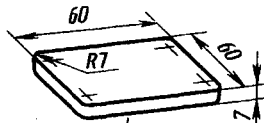
Рис. 14.58 (см. также с. 276)



б)



в)



г)

Рис. 14.58. Окончание

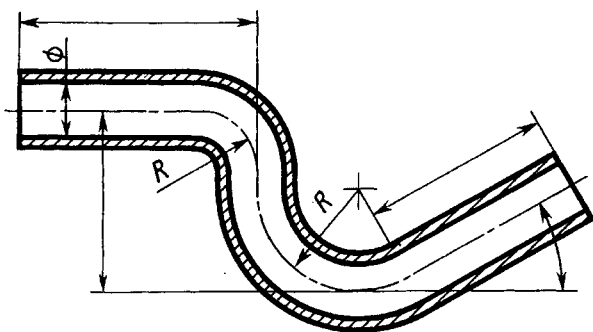


Рис. 14.59

выступы соответствуют таким же выступам на стержне), на рисунке 14.58,  $d$  — элементарных тел, образующих форму литейной модели, на рисунке 14.58,  $z$  — литейный стержень (для формообразования внутренней полости).

**Простановка размеров деталей, изготавливаемых гибкой.** При гибке деталь приобретает форму, соответствующую форме инструмента. На чертежах деталей, изготавливаемых из прутка, проволоки или листового материала гибкой, наносят размеры внутреннего контура, соприкасающегося, огибающего соответствующие формирующие поверхности инструмента. При гибке труб (рис. 14.59) размеры относят к оси трубы. Если изображение детали, изготавливаемой гибкой, не дает представления о действительной форме и размерах ее отдельных элементов, на чертеже помещают частичную или полную ее развертку (см. рис. 12.14). На развертке наносят только те размеры, которые невозможно указать на изображении деталей.

Простановка размеров деталей, изготавливаемых холодной штамповкой. На чертеже (рис. 14.60, см. также рис. 15.4,  $\phi$ ) задают толщину листа или ленты, из которых штампуют деталь, и размеры внутреннего (по пуансону) или наружного (по матрице) контура детали.

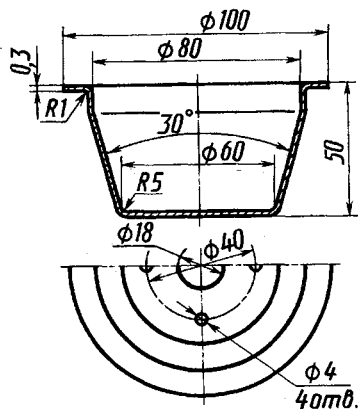


Рис. 14.60

**Системы простановки размеров.** В рассмотренных выше чертежах деталей (см. рис. 14.34, 14.47, 14.49) длины проставлены в определенном порядке: на рисунках 14.34, 14.47 длины внешних поверхностей — от правого торца детали, внутренних — от левого, на рисунке 14.49 два размера 43 и 75 мм — от правого торца, один размер 15 мм — от левого торца и один 20 мм — от опорного торца диаметром 30 мм.

Выбираемый порядок простановки размеров тесно связан с теорией базирования, некоторые элементы которой и рассмотрим. *Базированием называют придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат. База — это поверхность или выполняющие ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащие заготовке или изделию и используемые для базирования.* Примеры баз приведены на рисунке 14.61, *a—e*, где 1 — база, 2 — деталь, 3 — заготовка, 4 — губки самоцентрирующих тисков, 5 — центрирующий конус приспособления. Базовые поверхности отмечены утолщенными линиями. По характеру проявления базы подразделяют на скрытые и явные. Скрытая база — это база заготовки или изделия в виде воображаемой плоскости, оси или точки. Так, например, для кронштейна (см. рис. 12.56) скрытыми базами являются ось цилиндрической опорной поверхности диаметром 50 мм и фронтальная плоскость симметрии детали. Явная база — это база в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок. Явной базой у того же кронштейна (см. рис. 12.56) является опорная цилиндрическая поверхность диаметром 50 мм.

По назначению различают базы конструкторские, технологические и измерительные. *Конструкторская база* — это база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. *Технологическая база* — это база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта. *Измерительную базу* используют для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

В соответствии с рассмотренными понятиями о базах различают три системы простановки размеров:

первая — от конструкторских баз;

вторая — от технологических баз;

третья — комбинированная, в которой часть размеров ставят от конструкторских баз, часть — от технологических.

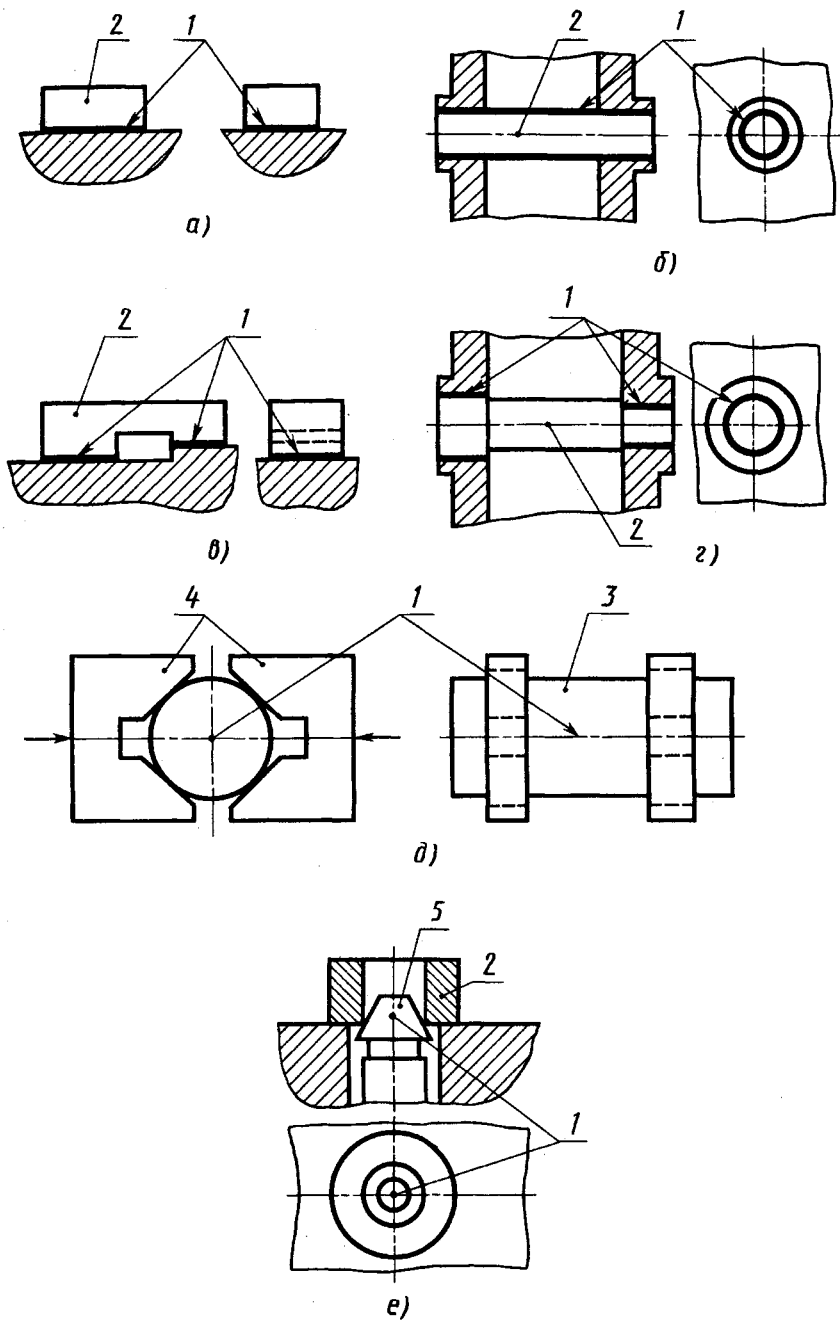


Рис. 14.61



Комбинированная система наиболее целесообразна, так как практически обычно от конструкторских баз требуется проставить небольшое количество размеров (10...20%). Эти размеры, влияющие на качество работы детали и прибора или машины в целом, выполняют с высокой точностью. Большую часть размеров проставляют от технологических баз в целях обеспечения простоты изготовления и измерения деталей.

Следует отметить, что в ряде случаев конструкторские и технологические базы совпадают, например ось вращения для деталей, ограниченных соосными поверхностями вращения. Материализуют такую базу, например, с помощью центровых гнезд конической формы со стороны крайних торцов детали (см. рис. 10.11, з, 13.48, 13.49).

Совмещение конструкторской и технологической баз, а также измерительной является одним из важных принципов конструирования — принцип единства баз.

В рассмотренных выше чертежах деталей (см. рис. 14.34, 14.47, 14.49 и др.) для размеров длин использована в основном вторая система простановки размеров от технологических баз.

Простановка размеров от конструкторских баз будет рассмотрена ниже.

## 14.6. Надписи и обозначения на чертежах

На поле производственного рабочего чертежа наряду с уже рассмотренными изображениями изделия, его размерами и обозначениями изображений приводят обозначения допускаемых отклонений размеров, формы и расположения поверхностей, их шероховатости, а также различные надписи, характеризующие изделие и материал, технические требования и таблицы. Эти данные изучают в таких дисциплинах, как технология конструкционных материалов, сопротивление материалов, теория механизмов и машин, детали машин, основы взаимозаменяемости и технические измерения и др. Чтобы дать общее представление об оформлении рабочего чертежа, кратко рассмотрим указанные требования к их оформлению.

**Надписи на чертежах.** Правило нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц установлены ГОСТ 2.316—68. Их выполняют на чертежах в тех случаях, когда содержащиеся в них данные, указания и разъяснения невозмож-

но или нецелесообразно выразить графическими или условными обозначениями.

Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным.

Надписи выполняют без сокращений, за исключением общепринятых, установленных в стандартах и перечисленных в приложении к ГОСТ 2.316—68.

Текст на поле чертежа, таблицы и надписи с обозначением изображений, как правило, располагают параллельно основной надписи.

Около изображений на полках линий-выносок наносят только краткие надписи, относящиеся непосредственно к изображению предмета, например указание о количестве конструктивных элементов (отверстий, канавок и т. п.), если они не внесены в таблицу, а также указания лицевой стороны, направления проката волокон и т. п.

Линию-выноску, пересекающую контур изображения и не отводимую от какой-либо линии, заканчивают точкой.

Линию-выноску, отводимую от линий видимого и невидимого контура, изображенного основной и штриховой линией, заканчивают стрелкой (см. рис. 14.46). На конце линии-выноски, отводимой от всех других линий, не должно быть ни стрелки, ни точки. Линии-выноски проводят так, чтобы они не пересекались между собой, были непараллельны линиям штриховки (если линия-выноска проходит по заштрихованному полю) и не пересекали, по возможности, размерные линии и элементы изображения, к которым не относится помещенная на полке надпись.

Надписи, относящиеся непосредственно к изображению, могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски и под ней.

Текстовую часть, помещенную на поле чертежа, располагают над основной надписью. Между текстовой частью и основной надписью не допускается помещать изображения, таблицы и т. п.

Технические требования излагают по возможности в следующем порядке:

а) требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке и к свойствам материала готовой детали (электрические, магнитные, диэлектрические, твердость, влажность и т. д.), указание материалов-заменителей;

б) размеры, предельные отклонения размеров, формы, взаимного расположения поверхностей, массы и т. п.;

в) требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;

г) зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;

д) требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;

е) другие требования к качеству изделий, например: бесшумность, виброустойчивость и т. д.;

ж) условия и методы испытаний;

з) указания о маркировке и клеймении;

и) правила транспортирования и хранения и др.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый пункт технических требований записывают с новой строки. Заголовок «Технические требования» не пишут.

Если для изделия таблица параметров установлена стандартом (например, для зубчатого колеса, червяка, шлицевого вала, оптических деталей и т. п.), то ее помещают по правилам, указанным в соответствующем стандарте. Все другие таблицы размещают на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполняют по ГОСТ 2.105—79.

**Нанесение предельных отклонений размеров.** Рассмотренные выше размеры деталей, наносимые на чертеже, называют номинальными. Номинальные размеры находят расчетами деталей (на прочность, жесткость и др.), а также назначают из конструктивных или технологических соображений. Однако действительные значения размеров деталей и изделий могут отличаться от номинальных вследствие неточности технологического оборудования, погрешностей и износа инструмента и приспособлений, силовой и температурной деформации системы станок — приспособление — инструмент — деталь, неоднородности физико-механических свойств материала и остаточных напряжений в деталях, а также из-за ошибок рабочего и других причин.

Поэтому конструктор, наряду с расчетом номинальных размеров, устанавливает те предельные значения размеров, которые должны быть у годных деталей или изделий. Большой из них называется наибольшим предельным размером, меньший — наименьшим предельным размером. Обозначим их

$D_{\max}$  и  $D_{\min}$  — для отверстия,  $d_{\max}$  и  $d_{\min}$  — для вала. При этом как наибольший, так и наименьший предельные размеры могут быть больше или меньше номинального значения, или один из них может быть равен номинальному значению.

Для упрощения чертежей введены предельные отклонения от номинального размера, проставляемые рядом с этим размером со знаком + или —.

Верхним предельным отклонением  $ES$ ,  $es$  называется алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами; нижним предельным отклонением  $EI$ ,  $ei$  — алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Для отверстия верхнее отклонение  $ES = D_{\max} - D$ , нижнее отклонение  $EI = D_{\min} - D$ ; для вала:  $es = d_{\max} - d$ ;  $ei = d_{\min} - d$ , где  $D$  и  $d$  — номинальные размеры отверстия и вала.

На машиностроительных чертежах номинальные значения и предельные отклонения линейных размеров проставляют в миллиметрах без указания размерности. Другие единицы измерения (например, сантиметры, метры и т. д.) указывают у соответствующего размера или в технических требованиях. Угловые размеры и их предельные отклонения указывают с обозначением единицы измерения (например,  $0^\circ$ ,  $30'40''$ ). Предельные отклонения для многих видов соединений стандартизованы и даются в виде таблиц. В таблицах предельные отклонения указывают в микрометрах, а на чертежах — в миллиметрах более мелким шрифтом (например,  $42^{+0,003}_{-0,013}$ ;  $42^{-0,013}_{-0,024}$ ;  $42^{+0,011}$ ;  $42_{-0,025}$ ). Верхнее отклонение ставят немного выше, а нижнее — несколько ниже номинального размера. При равенстве абсолютных величин отклонений их величину указывают один раз со знаком  $\pm$  рядом с номинальным размером и одинаковым с ним шрифтом (например,  $60 \pm 0,2$ ;  $120^\circ \pm 20'$ ). Отклонение, равное нулю, на чертежах не ставят. В этом случае указывают только одно отклонение — положительное на месте верхнего или отрицательное на месте нижнего предельного отклонения (например,  $200^{+0,2}$ ,  $200_{-0,2}$ ).

Рассмотрим также понятие допуск. Допуском  $T$  (начальная буква французского слова *tolerance* — допуск) называется разность между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями того или иного параметра. Допуск  $T$  размера — разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним

и нижним предельными отклонениями. Допуск — величина всегда положительная. Он определяет величину допустимого рассеяния действительных размеров годных деталей в партии, т. е. заданную точность изготовления. С увеличением допуска качество изделий, как правило, ухудшается, но стоимость изготовления уменьшается.

При соединении двух деталей образуется посадка. *Посадкой называется характер соединения двух деталей, определяемый величиной получающихся зазоров или натягов.* Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению. В зависимости от взаимного расположения предельных отклонений отверстия и вала посадка может быть с зазором, с натягом или переходной, при которой возможно получение как зазора, так и натяга.

*Зазор* — разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала; он обеспечивает возможность относительного перемещения собранных деталей.

*Натяг* — разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. Он обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки.

*Посадка с зазором* — посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении. К посадкам с зазором относятся также посадки, в которых наименьший предельный размер отверстия и наибольший предельный размер вала совпадают, т. е. наименьший зазор равен нулю.

*Посадка с натягом* — посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении.

*Переходная посадка* — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга. В переходных посадках при наибольшем предельном размере вала и наименьшем предельном размере отверстия получается наибольший натяг, а при наибольшем предельном размере отверстия и наименьшем предельном размере вала — наибольший зазор.

Пример обозначения посадки: 40  $H7/g6$  (или 40  $H7 - g6$  или  $40 \frac{H7}{g6}$ ), где 40 — номинальный размер в мм, общий для отверстия и вала. При назначении предельных отклонений пользуются стандартными системами допусков и посадок.

Большинство стран мира применяет системы допусков и посадок ISO.

Стандартные посадки обозначаются буквой латинского алфавита и цифрой. При этом заглавными буквами обозначают посадки отверстия, строчными — вала. Цифра в обозначении посадки соответствует номеру качества (степени точности). В каждом изделии детали разного назначения изготавливают с различной точностью. Для нормирования требуемых уровней точности установлены качества (степени точности) изготовления деталей и изделий. Под качеством понимают совокупность допусков, характеризующихся постоянной относительной точностью для всех размеров данного диапазона (например, от 1 до 500 мм). Точность в пределах одного качества изменяется только в зависимости от номинального размера. Качество определяет величину допуска на изготовление, а следовательно, и соответствующие методы и средства обработки деталей машин.

Рассмотрим некоторые требования ГОСТ 2.307—68 к нанесению предельных отклонений размеров, не указанные выше. Многократно повторяющиеся на чертеже предельные отклонения линейных размеров 12-го и менее точных качеств допускается не указывать непосредственно после номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях при условии, что эта запись однозначно определяет величины и направление предельных отклонений. Например: неуказанные предельные отклонения размеров отверстий — по  $H12$ , валов — по  $h12$ .

Если стандартные предельные отклонения указывают условными обозначениями, то в следующих случаях обязательно указывают и их численные значения:

а) номинальный размер не включен в ряд нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636—69; например:  $41,5h7 (-0,025)$ ;

б) при назначении предельных отклонений, установленных стандартами на определенные виды изделий и их элементы, например, посадки подшипников, шпонок и т. д. (пример размера посадки для шпоночного паза —  $12 ПШ (-\begin{smallmatrix} 0,025 \\ 0,075 \end{smallmatrix})$ );

в) при назначении предельных отклонений размеров уступов с несимметричным полем допуска, например, длина уступа вала  $20h8 (-0,033)$  и др.

Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми величинами.

Когда необходимо указать только один предельный размер (второй ограничен каким-либо условием), после размерного

числа указывают соответственно  $\max$  или  $\min$ , например  $40_{\min}$ ,  $R5_{\max}$ .

**Указания на чертежах предельных отклонений формы и расположения поверхностей.** *Под отклонением формы поверхности (или профиля) понимают отклонение формы реальной поверхности (реального профиля) от формы номинальной поверхности (номинального профиля).* В основу нормирования и количественной оценки отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих прямых, поверхностей и профилей. Прилегающая прямая — это прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Прилегающая окружность — это окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения, или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения. Прилегающая плоскость — это плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Прилегающий цилиндр — это цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность.

Прилегающие поверхности и профили соответствуют условиям сопряжения деталей при посадках с нулевым зазором. При измерении прилегающими поверхностями служат рабочие поверхности контрольных плит, интерференционных стекол, лекальных и поверочных линеек, калибров, контрольных оправок и т. п. Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием  $\Delta$  от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к последней.

Рассмотрим некоторые предельные отклонения формы и расположения поверхностей и их обозначения на чертежах.

Отклонение от плоскостности определяется как наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка. Поле допуска плоскостности — область в пространстве, ограничен-

ная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску плоскостности. На чертежах допуск плоскостности обозначают знаком  $\nabla$ .

Отклонение от круглости — наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности. Допуск круглости — наибольшее допустимое значение отклонения от круглости. Поле допуска круглости — область на плоскости, перпендикулярной оси поверхности вращения или проходящей через центр сферы, ограниченная двумя концентрическими окружностями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску круглости  $T$ . На чертежах допуск круглости обозначается знаком  $\bigcirc$ .

Отклонение от цилиндричности определяется наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра. Поле допуска цилиндричности — область пространства, ограниченного двумя соосными цилиндрами, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску цилиндричности  $T$ . На чертежах допуск цилиндричности обозначают знаком  $\text{Ⓢ}$ .

**Отклонения расположения поверхностей.** *Отклонением расположения поверхности или профиля называют отклонение реального расположения поверхности (профиля) от его номинального расположения.* Рассмотрим примеры отклонения расположения поверхностей и их обозначения на чертежах. Отклонения от параллельности плоскостей — разность  $\Delta$  наибольшего и наименьшего расстояний между прилегающими плоскостями в пределах нормируемого участка. На чертежах допуск параллельности плоскостей обозначают знаком  $//$ .

Отклонение от соосности относительно общей оси — наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью двух или более поверхностей на длине нормируемого участка. Допуск соосности в диаметральном выражении равен удвоенному наибольшему допустимому значению отклонения от соосности, а в радиусном выражении — наибольшему допустимому значению этого отклонения. На чертежах допуск соосности обозначают знаком  $\odot$ .

Суммарные отклонения и допуски формы и расположения поверхностей. Радиальное биение поверхности вращения относительно базовой оси является результатом совместного проявления отклонения от круглости профиля рас-



смаатриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси. Оно равно разности наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении, перпендикулярном этой оси. На чертеже допуск радиального биения обозначают знаком  $\nearrow$ .

Торцевое биение (полное) — суммарное отклонение торцевой поверхности от плоскостности и отклонение этой поверхности от перпендикулярности относительно базовой оси; оно равно разности наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Допуск полного торцевого биения обозначают знаком  $\swarrow$ . Торцевое биение иногда определяют на заданном диаметре  $d$ . В этом случае его обозначают знаком  $\nearrow$ .

Число значения отклонений формы и расположения поверхностей установлены в ГОСТ 24643—81. Допуски формы и расположения поверхностей указывают только в тех случаях, когда по функциональным или технологическим причинам они должны быть меньше допусков размера.

Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей (болтов, винтов, шпилек и др.) должны устанавливаться одним из двух способов: 1) позиционными допусками осей отверстий и 2) предельными отклонениями размеров, координирующих оси отверстий. Под позиционным допуском понимается наибольшее допускаемое значение между реальным расположением оси отверстия и ее номинальным расположением. Этот способ предпочтителен для сборочной группы при числе деталей более двух. Приведены указания по выбору допусков расположения осей отверстий для крепежных деталей в зависимости от типа соединений и характера расположения отверстий.

На чертеже знак (символ) и числовое значение допуска формы и расположения вписывают в рамку: на первом месте указывают знак, на втором — числовое значение допуска и на третьем — базу, относительно которой определяют допуск (рис. 14.62, *а*). Рамку соединяют с контурной линией детали или выносной линией (рис. 14.62, *б*). Пример допуска круглости 0,005 мм при допуске на размер 0,021 мм приведен на рисунке 14.62, *в*.

Базы обозначают зачерненным треугольником, который соединяют с линией рамки допуска (рис. 14.62, *г*). Чаще базу обозначают буквой и соединяют ее с треугольником (рис. 14.62, *д*).

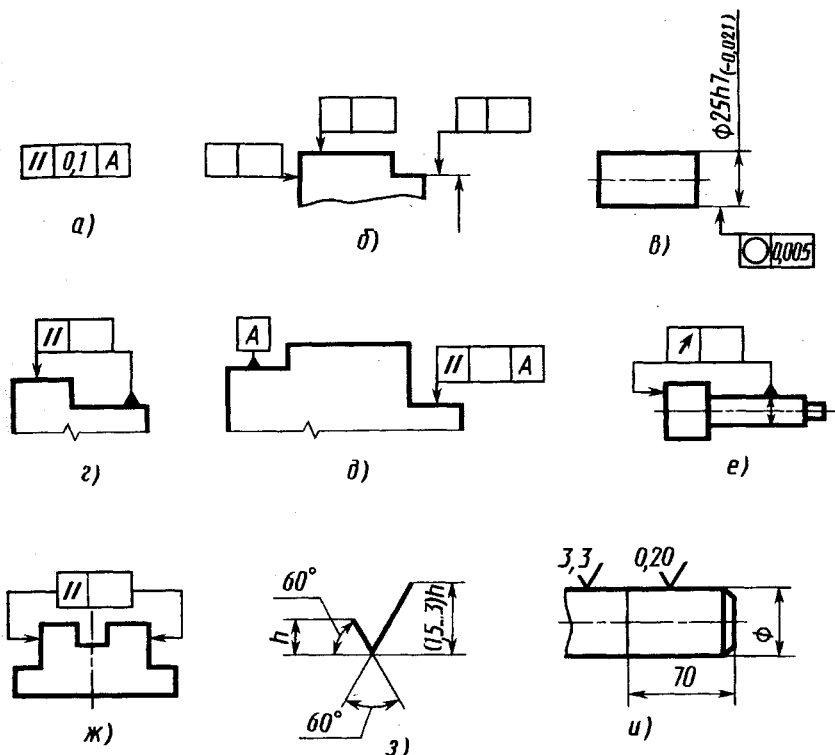


Рис. 14.62

Если базой является ось или плоскость симметрии, то треугольник располагают в конце размерной линии соответствующего размера (диаметра, ширины) поверхности (рис. 14.62, е). Если назначают допуск расположения для двух одинаковых поверхностей, то вместо зачерненного треугольника применяют стрелку (рис. 14.62, ж).

**Система нормирования и обозначения шероховатости поверхности.** Шероховатостью поверхности (по ГОСТ 2789—73) называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине  $l$ . Базовой длиной  $l$  называют длину базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности, и для количественного определения ее параметров. Базовая линия имеет заданную геометрическую форму и определенное положение относительно профиля поверхности. Шероховатость обработанной поверхности является следствием пластической

деформации поверхностного слоя детали при образовании стружки, копирования неровностей режущих кромок инструмента и трения его о деталь, вырывания с поверхности частиц материала и других причин.

Числовые значения шероховатости поверхности определяют от единой базы, за которую принята средняя линия профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально. Систему отсчета шероховатости от средней линии профиля  $m$  называют системой  $M$ . Количественно шероховатость поверхности устанавливают независимо от способа ее обработки. По системе  $M$  шероховатость поверхности можно оценивать одним или несколькими параметрами: средним арифметическим отклонением профиля  $Ra$ , высотой неровностей профиля по десяти точкам  $Rz$ , наибольшей высотой профиля, средним шагом неровностей профиля по вершинам, относительной опорной длиной профиля. Параметр  $Ra$  является предпочтительным.

Среднее арифметическое отклонение профиля  $Ra$  — среднее арифметическое значение профиля  $y$  в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где  $l$  — базовая длина,  $n$  — число отклонений профиля  $y$ , координата  $x$  — по средней линии профиля  $m$ .

Отклонение профиля  $y$  в системе  $M$  — расстояние между любой точкой профиля и средней линией, измеренные по нормали, проведенной к средней линии через эту точку профиля.

Высота неровностей профиля по десяти точкам  $Rz$  — среднее значение абсолютных высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |H_{\max i}| + \sum_{i=1}^5 |H_{\min i}|}{5},$$

где  $H_{\max i}$  — высота  $i$ -го наибольшего выступа профиля;  $H_{\min i}$  — глубина  $i$ -й наибольшей впадины профиля.

Числовые значения параметров шероховатости  $Ra$ ,  $Rz$  и другие приведены в ГОСТ 2789—73.

Обозначение шероховатости поверхностей (ГОСТ 2.309—73). Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей детали, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции. В обозначении шероховатости поверхности, вид обработки которой конструктор не устанавливает, применяют знак, указанный на рисунке 14.62, з. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой без снятия слоя материала, например литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т. п., применяют знак  $\sqrt{\text{H}}$ ; поверхности, не обрабатываемые по данному чертежу, обозначают этим же знаком. Состояние поверхности, обозначаемой знаком  $\sqrt{\text{H}}$ , должно удовлетворять требованиям, установленным соответствующим стандартом или техническими условиями на сортамент материала.

Значение параметра шероховатости  $Ra$  указывают в ее обозначении без символа, например 0,32; для остальных параметров — после соответствующего символа, например  $Rz16$ . Здесь указано наибольшее допустимое значение параметров шероховатости; их наименьшее значение не ограничивается.

Обозначение шероховатости поверхности на изображении детали располагают на линиях контура (рис. 14.62, и), выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок.

Допускается при недостатке места располагать обозначение шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях.

При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей детали обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят. Расстояние от обозначения шероховатости до верхней и правой линий рамки чертежа 5...10 мм. При указании одинаковой шероховатости для части поверхностей детали в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и знак ( $\sqrt{\text{H}}$ ). Это означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости или знак  $\sqrt{\text{H}}$ , должны иметь шероховатость, указанную перед знаком ( $\sqrt{\text{H}}$ ). Когда часть поверхностей изделия не обрабатывают по данному чертежу, в правом верхнем углу чертежа перед знаком ( $\sqrt{\text{H}}$ ) помещают знак  $\sqrt{\text{H}}$ . Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением со-

ответствующих размеров и обозначений шероховатости (рис. 14.62, и).

**Нанесение обозначений покрытий и термической обработки.** Обозначение покрытий по ГОСТ 2.310—68 и 9.032—74 указывают в технических требованиях чертежа. Перед обозначением вида покрытия (защитного, защитно-декоративного, износостойкого и др.), наносимого на поверхность детали, в технических требованиях указывают слово «Покрытие...». Если одинаковое покрытие наносят на несколько поверхностей, то их обозначают одной буквой на полке линии-выноски и записывают: «Покрытие поверхностей А...», где буква А означает покрываемые поверхности. Если на поверхности детали наносят разные покрытия, то эти покрытия обозначают разными буквами и записывают: «Покрытие поверхности А..., поверхности Б...». Участки поверхности, подлежащие покрытию, обозначают одной буквой, указывают размеры их формы и положения.

Если деталь подвергается термической обработке, то в технических требованиях указывают твердость материала, получаемую в результате нее. Если термической обработке подвергают часть детали, то обрабатываемый участок обводят штрихпунктирной утолщенной линией (на расстоянии 0,8...1 мм от контурной), указывают размер обрабатываемого участка и на полке линии-выноски обозначают твердость поверхности.

**Указание на чертежах о маркировании изделий.** Правила указания маркирования и клеймения на чертежах установлены ГОСТ 2.314—68. Указание о маркировании и клеймении помещают в технических требованиях чертежа и начинают словами: «Маркировать...» или «Клеймить...». Указание о клеймении на чертежах помещают только в тех случаях, когда необходимо предусмотреть на изделии определенное место клеймения, размеры и способ нанесения клейма.

Место нанесения маркировки или клейма на изображении изделия отмечают точкой и соединяют ее линией-выноской со знаками маркирования или клеймения, которые располагают вне изображения. Знак маркировки — окружность диаметром 10...15 мм, знак клеймения — равносторонний треугольник высотой 10...15 мм. Внутри знака помещают номер соответствующего пункта технических требований, в котором приведены указания о маркировании или клеймении. Знаки маркирования и клеймения выполняют сплошными основными линиями.

Если маркированию или клеймению подлежат определенные части изделия (головка болта, торец вала и т. п.), то знаки маркирования и клеймения на чертеж не наносят, а место клеймения указывают в технических требованиях.

Указания о маркировании и клеймении должны определять: содержание маркировки и клейма, место нанесения и при необходимости способ нанесения и размер шрифта.

?

1. Какие данные содержит чертеж детали?
2. Как указывают размеры деталей, измеряемые в напряженном состоянии?
3. Как располагают на чертеже изображения деталей тел вращения?
4. Как выбирают главное изображение на чертеже детали?
5. Как выбирают формат чертежа детали?
6. Что называют эскизом детали?
7. В какой последовательности выполняют эскиз детали?
8. Какие инструменты используют для измерения размеров деталей при выполнении их эскизов, как определяют шаг резьбы?
9. Как определяют модуль зацепления зубчатого колеса и диаметр делительной окружности?
10. Какие факторы учитывают при нанесении размеров на чертежах и эскизах деталей?
11. Как рекомендуется располагать размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу?
12. Как рекомендуется наносить размерные числа при нескольких параллельных размерных линиях?
13. Как указывают размеры кольцевых канавок на чертежах?
14. Как указывают размеры шпоночных пазов (канавок) на чертежах?
15. Что называют базированием и какие базы различают в деталях?

Глава пятнадцатая

**РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА  
ОБЩЕГО ВИДА ИЗДЕЛИЯ**

**15.1. Общие положения**

Разработка нового изделия и конструкторской документации на него в общем случае проходит пять стадий, установленных в ГОСТ 2.103—68. На четырех из этих стадий (техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект) разрабатывают проектную документацию и на завершающей стадии — рабочую документацию (опытного образца или опытных партий, установочной серии и установившегося или массового производства). На стадиях эскизного и технического проектов изготавливают и испытывают макеты изделий.

В учебном процессе студенты разрабатывают, как правило, проектную конструкторскую документацию — курсовые работы и проекты, дипломные проекты и работы. В составе некоторых проектов на отдельные детали разрабатывают чертежи, соответствующие рабочим.

Одним из первых этапов студенческой проектной работы является разработка чертежа общего вида сборочной единицы — отдельного прибора или узла машины, установки по ее основным деталям. Аналогичные работы часто выполняют и в промышленности — при восстановлении утраченных чертежей или для создания конструкторской документации, необходимой для ремонта или модернизации импортных образцов оборудования, приборов.

*Чертеж общего вида — это чертеж, содержащий данные, определяющие конструкцию изделия, взаимодействие его частей, служащий для пояснения принципа работы изделия и разработки рабочей документации — рабочих чертежей деталей и сборочных чертежей входящих в изделие сборочных единиц, включая сборочный чертеж изделия.*

В ГОСТ 2.119—73 «Эскизный проект» и ГОСТ 2.120—73 «Технический проект» ЕСКД установлено, что в общем случае чертеж общего вида должен содержать:

а) изображения изделия (виды, разрезы, сечения), текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделий;

б) наименования, а также обозначения (если они имеются) тех составных частей, для которых необходимо указать данные (технические характеристики, количество, указания о материале, принципе работы и др.) или запись которых необходима для пояснения чертежа общего вида, описания принципа работы изделия, указания о составе и др.;

в) размеры и другие наносимые на изображении данные (при необходимости);

г) схему (если она требуется, но оформлять ее отдельным документом нецелесообразно);

д) технические характеристики изделия, если это необходимо для удобства сопоставления вариантов по чертежу общего вида.

Разрабатываемый чертеж общего вида должен содержать:

изображения (виды, разрезы, сечения), определяющие конструкцию и технические формы всех составных частей изделия, их расположение, количество и дающие представление о взаимодействии составных частей;

установочные, присоединительные и габаритные размеры; обозначения составных частей и их перечень в виде таблицы.

На чертеже общего вида изображают вид соединений деталей сборочной единицы (соединения с зазором или без него, резьбовые, штифтовые, шпоночные; склеивание, пайка, сварка деталей; развальцовка, клепка и т. п.), применяя лишь минимальные упрощения, как это оговорено ниже в 15.5.

Особое внимание обращают на то, чтобы в чертеже содержалось такое количество изображений, которое достаточно для понимания формы всех входящих в его состав сборочных единиц и отдельных деталей. Его выполняют так, чтобы по нему можно было выполнить чертеж любой детали.

Отдельные элементы конструкции следует вычертить, пользуясь техническими справочниками, например стандартные крепежные детали (винты, гайки и т. д.), которые входят в состав сборочной единицы.



## 15.2. Объем, содержание и последовательность разработки чертежа общего вида

**Этапы разработки чертежа общего вида.** При выполнении чертежа общего вида обычно выполняют в определенной последовательности следующие работы:

1. Ознакомление со сборочной единицей: изучение назначения, конструкции, принципа работы и взаимодействия составных частей, а также последовательности разборки и сборки. Обычно при этом руководствуются разработанным кафедрой паспортом — схемой сборочной единицы, описанием и спецификацией.

2. Выполнение эскизов деталей, входящих в состав сборочной единицы, включая эскизы некоторых стандартизованных деталей. Увязка сопряженных размеров деталей. Съемка эскизов деталей подробно рассмотрена в гл. 14.

3. Выполнение чертежа общего вида на основе снятых эскизов. При этом решаются вопросы выбора главного изображения и числа изображений на чертеже общего вида. Перед планировкой полезно выполнить от руки изометрию сборочной единицы. Пример планировки чертежа общего вида показан на рисунке 15.1. В основу планировки обычно принимают планировку эскиза корпусной детали. Более подробно этот этап рассмотрен ниже.

**Пример** выполнения чертежа общего вида приведен на рисунке 15.2.

Особенность работы над чертежом общего вида состоит в том, что съемку эскизов деталей студенты выполняют только в аудитории. При работе над

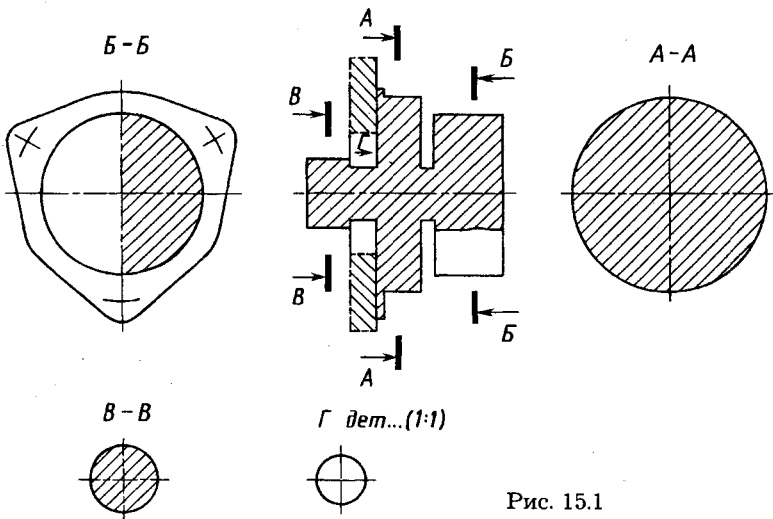
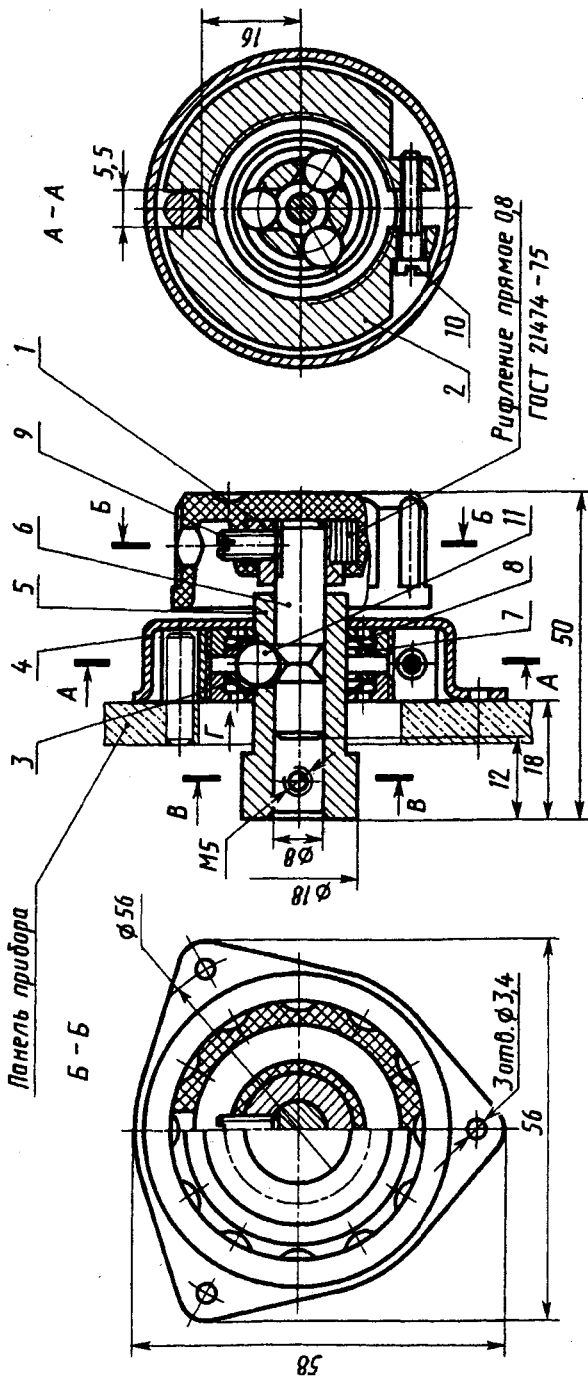


Рис. 15.1



Г дет. 3 (1:1)

B-B



Рис. 15.2

чертежом общего вида студенты прорабатывают отдельные стандарты ЕСКД, номера которых указаны в соответствующих параграфах. Для решения отдельных конструктивных вопросов рекомендуется использовать учебно-методическую и справочную литературу.

**Ознакомление с заданием.** Для выполнения чертежа общего вида каждому студенту выдают индивидуальное задание — вариант сборочной единицы с техническим описанием. Руководствуясь техническим описанием, надо уяснить назначение сборочной единицы, принцип работы и взаимодействие основных составных частей, мысленно наметить последовательность разборки и сборки и выполнить их практически. При этом следует внимательно изучить конструктивные и технические формы составных частей.

### **15.3. Выполнение эскизов деталей для чертежа общего вида**

Общие правила съемки эскизов деталей рассмотрены в гл. 14. При съемке эскизов деталей для выполнения чертежа общего вида сборочной единицы особое внимание обращают на вопросы нанесения и увязки размеров смежных, сопрягаемых деталей. В гл. 14 рассмотрена система нанесения размеров главным образом из технологических соображений (14.5), от технологических баз. При съемке же эскизов деталей сборочных единиц некоторые размеры наносят с учетом взаимосвязи этих деталей в устройствах и их конструктивных особенностей, то есть из конструктивных соображений, от конструктивных баз. Эти особенности рассмотрены ниже.

При съемке эскизов для чертежей общего вида иногда выполняют эскизы сборочных единиц, входящих в состав устройства. К числу таких сборочных единиц относятся армированные изделия, например из пластмассы с металлическими деталями.

В качестве примера на рисунках 15.3, 15.4, *a* — з приведен комплект выполненных эскизов для верньера (рис. 15.4, *б* — з — только с размерными линиями), чертеж общего вида которого приведен на рисунке 15.2.

**Эскизы сборочных единиц.** Если в изделии имеются сборочные единицы, то при съемке эскизов на них оформляют эскизы сборочных единиц со спецификациями, определяющими их состав. В учебном процессе такими сборочными единицами бывают обычно неразъемные соединения деталей (или деталей и материалов), получаемые армированием, сваркой или наплавкой, а также неразъемные соединения деталей (материалов), которые после соединения их пайкой, склеиванием, развальцовкой, напрессов-

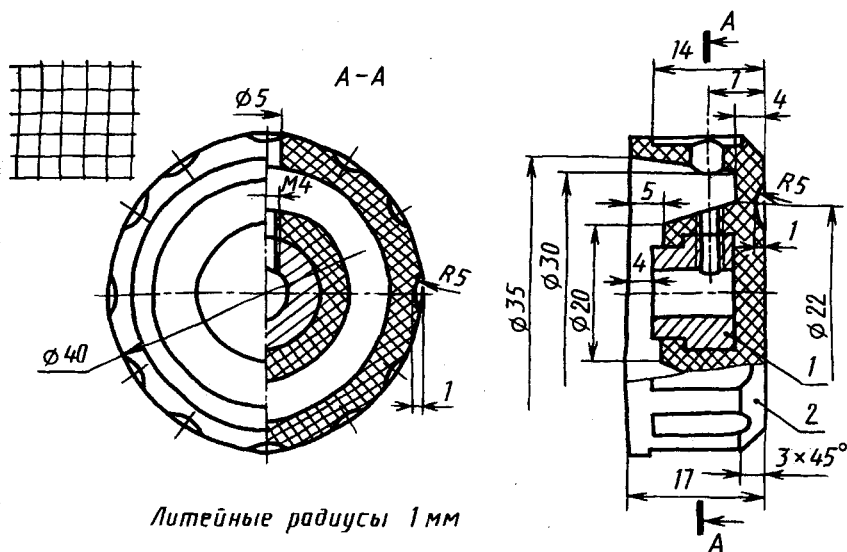
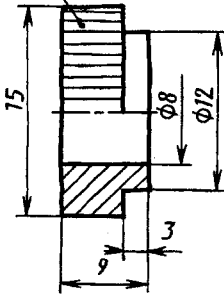


Рис. 15.3

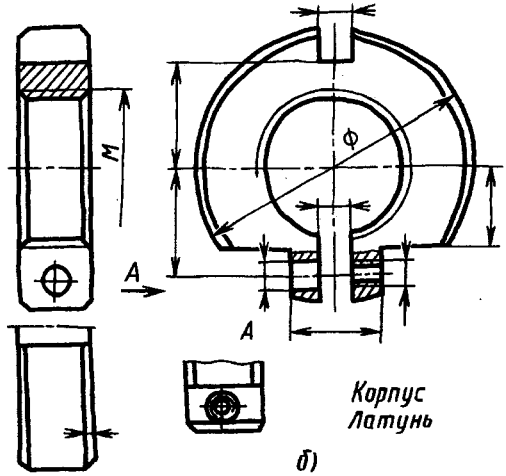
кой и другими сборочными операциями подвергают дополнительной механической обработке. На детали (металлическую арматуру), входящие в состав таких сборочных единиц, оформляют отдельные эскизы. (Армирование представляет собой технологический процесс изготовления неразъемных сборочных единиц, осуществляемый путем заливки или прессования металлической арматуры в виде втулок, стержней, шпилек материалом, которым может быть пластмасса, стекло, фарфор, керамика, металлы и их сплавы и т. п., отличающиеся от материала арматуры.)

**Пример.** В показанной на рисунке 15.2 конструкции верньера ручка 1 является сборочной единицей, представляющей собой армированное изделие. На нее разработан эскиз (рис. 15.3). Ручка верньера состоит из арматуры: металлической втулки 1 и материала — пластмассы 2. В армированной сборочной единице материал приобретает установленную эскизом или чертежом форму после прессования (или заливки) в пресс-форму совместно с арматурой. Поэтому на эскизе (чертеже) армированной сборочной единицы наносят все размеры, определяющие ее форму, за исключением размеров арматуры, а также размеры, которые определяют положение арматуры относительно формуемых поверхностей. В эскизе на рисунке 15.3 нанесены все размеры, определяющие форму пластмассовой части ручки. Размер 4 мм определяет положение металлической втулки относительно торца ручки. Металлическая втулка использована при изготовлении металлопластмассовой ручки верньера как самостоятельная предварительно изготовленная деталь. Поэтому на нее выполнен отдельный эскиз (рис. 15.4, а), на котором нанесены все размеры, необходимые для ее изготовления (резьбовое отверстие  $M4$  на эскизе втулки не показано, так как его обрабатывают после прессования ручки).

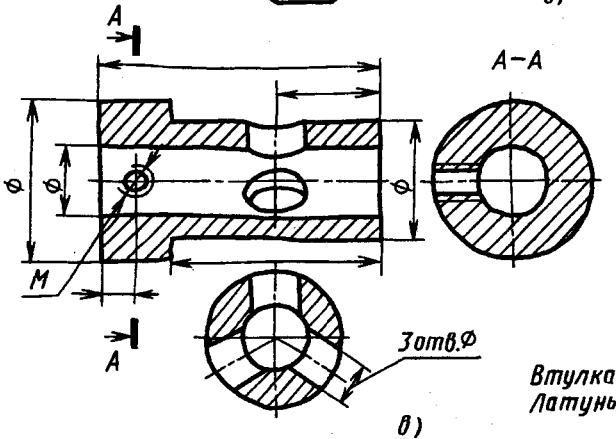
Рифление прямое  
ГОСТ 21474-75



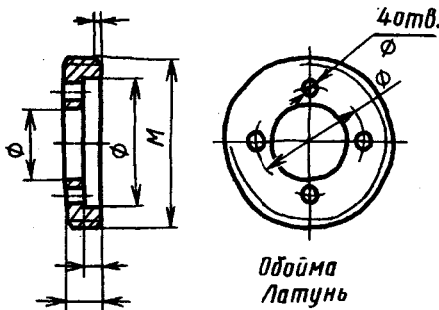
a)



б)



в)



г)

Рис. 15.4 (см. также с. 301)

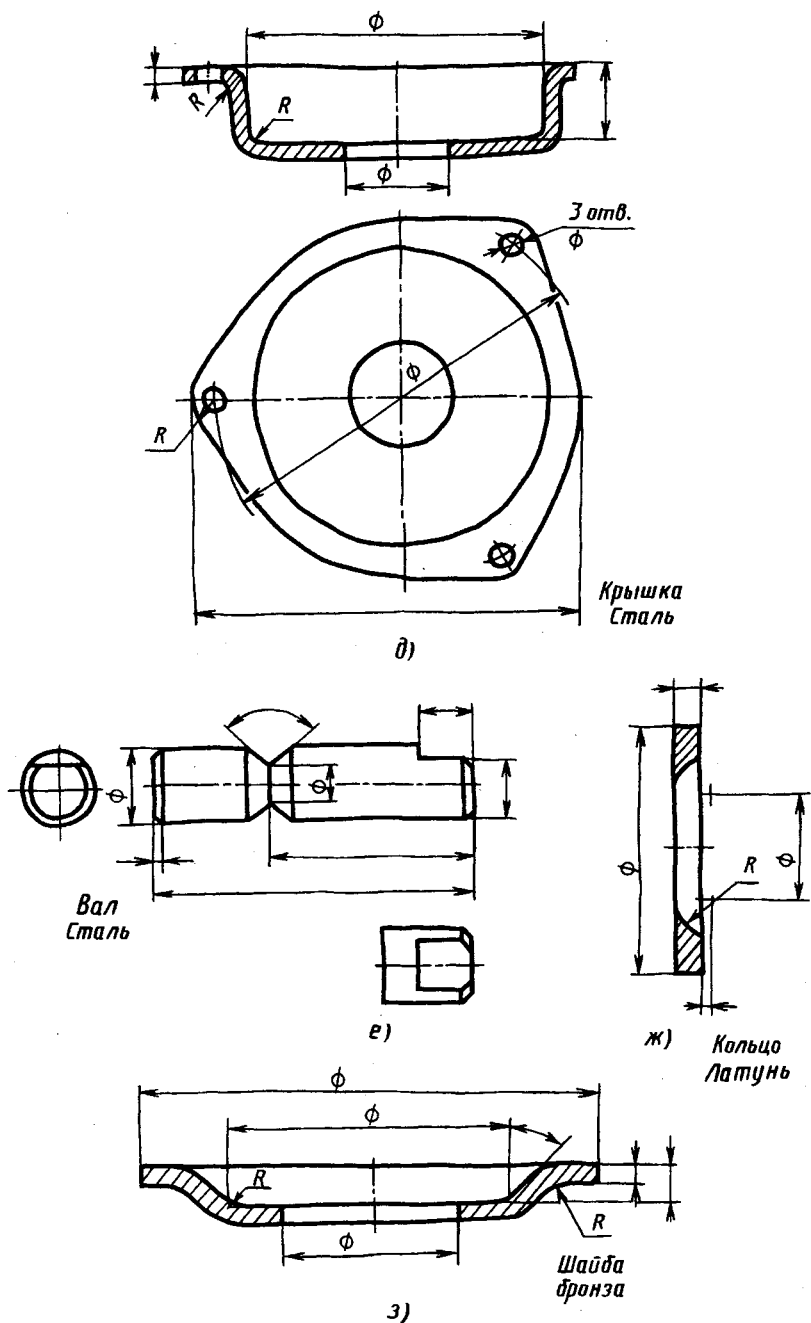


Рис. 15.4. Окончание

**Сопряженные и свободные размеры.** Размеры деталей сборочных единиц подразделяют на сопряженные и свободные. *Сопряженные размеры* — это размеры сопрягаемых (соединяемых) деталей, которые должны быть одинаковы. Они обеспечивают заданное положение деталей в сборочной единице, точность ее работы, надлежащие условия сборки и разборки, требуемую взаимозаменяемость. После изготовления деталей эти размеры обязательно проверяют контролеры службы контроля или управления качеством.

При съемке эскизов с деталей устройств вопросам правильного измерения и нанесения сопряженных размеров уделяют особое внимание.

*Свободные размеры* обычно относят к поверхностям деталей, не соприкасающимся с другими деталями сборочной единицы и не влияющим существенно на работу механизма. Однако значения отдельных свободных размеров смежных деталей могут быть взаимно связаны определенными конструктивными условиями (значения свободных размеров одной детали наносят в соответствии с аналогичными размерами смежных деталей). Такие размеры называют *свободными зависимыми*.

Правильное нанесение на чертеже деталей таких взаимозависимых (зависимых) свободных размеров является необходимым условием обеспечения правильной работы изделия, его монтажа и демонтажа. Поэтому при съемке эскизов выделяют свободные зависимые размеры деталей устройства и проверяют правильность их измерения и нанесения на эскизах.

Характер взаимосвязи размеров деталей сборочной единицы определяется ее конструкцией. Поясним это на примерах.

На рисунке 15.5 показано седло 1 клапана, запрессованное в корпус 2 по диаметру  $d_1$ , значения которого для седла и корпуса являются сопряженными размерами. В то же время диаметры  $d_2$  седла и  $d_3$  корпуса являются свободными зависимыми размерами, так как к ним не предъявляется больших требований по точности изготовления; необходимо только, чтобы  $d_3 > d_2$ . Здесь же свободными зависимыми размерами являются размеры  $l_1$  седла и  $l_2$  отверстия в корпусе; для них также необходимо условие  $l_2 > l_1$ .

На рисунке 15.6 показано винтовое соединение двух деталей. Наружные диаметры резьбы  $d_1$  винта 3 и детали 1 являются

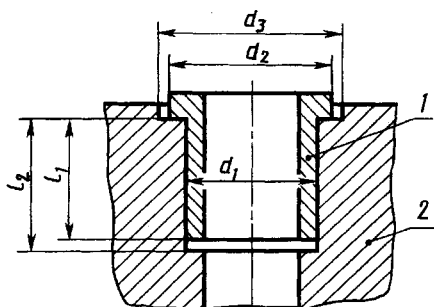


Рис. 15.5

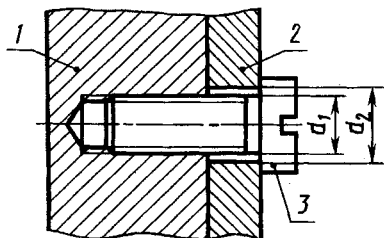


Рис. 15.6

сопряженными (внутренний и средний диаметры резьбы также являются сопряженными размерами, но в обозначении резьбы на чертежах деталей их не указывают). Наружный диаметр  $d_1$  резьбы винта и диаметр  $d_2$  отверстия в детали 2 представляют собой свободные зависимые размеры, так как отверстие в детали 2 должно быть больше диаметра винта.

Сопряженные размеры двух конических поверхностей с одинаковой конусностью показаны на примере фрикционной муфты (рис. 15.7). Сопряжение конических поверхностей определяется величиной сопряженных размеров — их конусности  $\triangle 1: a$  и диаметрами  $d$  (конусность — отношение разности диаметров двух сечений конуса к расстоянию между ними). При этом диаметры  $d$  задают в «основной» плоскости, являющейся для наружного конуса (левая полумуфта 1) плоскостью его большего основания. Для внутреннего конуса (правая полумуфта 2) положение «основной» плоскости определено размером  $l$  от одного из торцов детали.

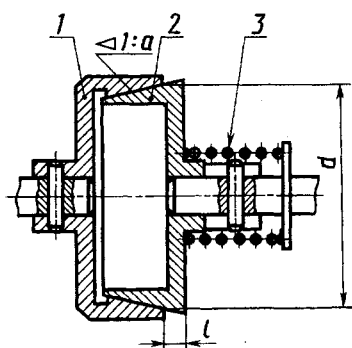


Рис. 15.7

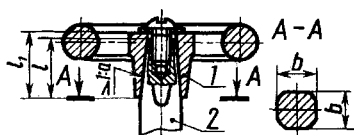


Рис. 15.8

Сопряженные размеры двух пирамидальных поверхностей показаны на рисунке 15.8. Для передачи крутящего момента



с маховичка 1 на шток 2 вакуумного вентиля их сопряжение выполнено в виде четырехгранной пирамиды. Сопряженные размеры здесь — уклон  $\geq 1$ :  $a$  — посадочных граней относительно оси штока и размеры поперечных сечений отверстия в маховичке и конца штока, определяемые в «основной» плоскости, т. е. размеры  $b$  стороны квадрата (в сечении  $A-A$ ). Длина  $l$  посадочной поверхности штока и длина  $l_1$  посадочной поверхности маховика являются свободными зависимыми размерами с условием  $l_1 > l$ , чтобы обеспечить осевую затяжку маховика на штоке.

Другие примеры осевых сопряженных и свободных зависимых размеров приведены ниже.

На рисунке 15.9,  $a$ ,  $b$  показаны два варианта установки ролика 2 на панели 3 прибора:  $a$  — ролик вращается на неподвижной оси 1;  $b$  — ролик вращается вместе с валом 1, на котором он закреплен при помощи гайки 4, шайбы 5 и шпонки 6. В первой конструкции (рис. 15.9,  $a$ ) размеры  $l$  ролика и оси — сопряженные размеры. Необходимый зазор обеспечивают специально назначенными допускаемыми отклонениями этих размеров (их изучают в курсе по допускам, посадкам и техническим измерениям) так, чтобы длина оси всегда была несколько больше длины ролика (при равенстве величины номинального значения  $l$  у ролика и оси). Размеры длины оси и длины ролика выполняют с большой точностью. При неправильном выполнении этих размеров ролик может быть зажат в осевом направлении или, напротив, между роликом и корпусом может возникнуть недопустимый осевой зазор (люфт). Правильное нанесение размера  $l$  длины на оси ролика от конструктивной базы — торца  $K$  — показано на рисунке 15.9,  $b$ . Во второй конструкции (рис. 15.9,  $b$ ) ролик зажат на валу в осевом направлении, что обеспечивает условие  $l_1 > l_2$ . В этом случае размеры  $l_1$  и  $l_2$  — свободные зависимые. Схема нанесения размеров длины на валу от технологической базы  $T$  в этом случае приведена на рисунке 15.9,  $z$ .

Другой пример нанесения размеров длины от технологической базы  $T$  приведен на рисунке 15.10 для случая неподвижного крепления шарикоподшипника на валу (условно показана только половина разреза). Свободные зависимые размеры:  $l$  — высота внутреннего кольца подшипника,  $A$  и  $B$  — осевые размеры вала ( $1 > B-A$ ). Конструктивная

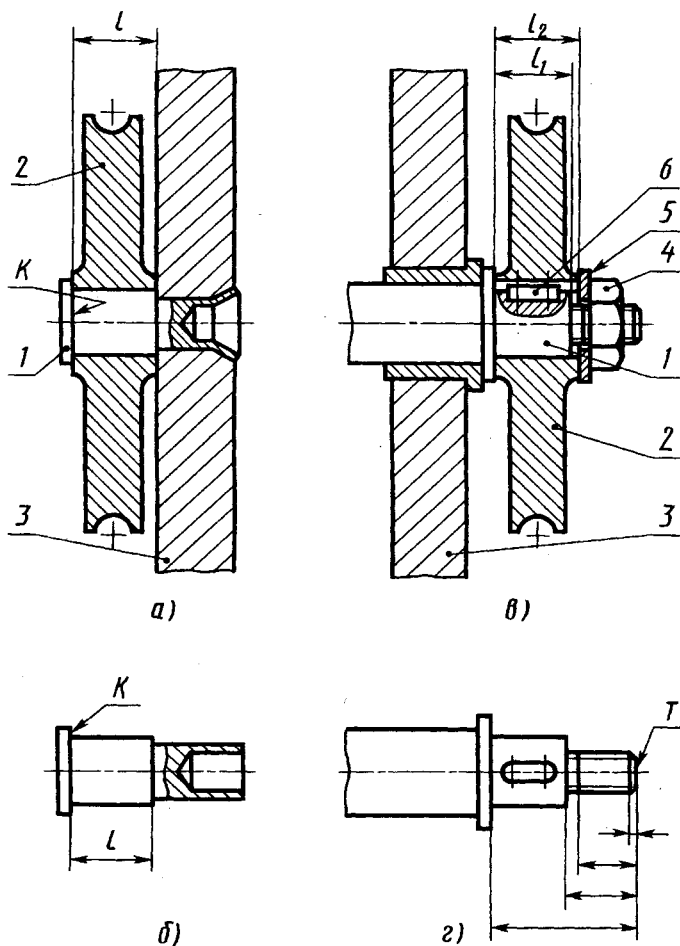


Рис. 15.9

база вала — торец  $K$ . Размеры  $A$  и  $B$  нанесены от технологической базы  $T$ .

На рисунке 15.11 изображена рукоятка прибора, ручка 2 которой свободно вращается на оси 1. Штифт 3 предохраняет ручку от соскальзывания с оси, а кольцевая канавка на оси допускает свободное вращение ручки со штифтом вокруг оси. Размер  $l_2$ , определяющий положение канавки на оси, и размер  $l_1$ , определяющий положение штифта в ручке, являются свободными зависимыми размерами ( $l_2 > l_1$ ). В данной конструкции имеются и другие как сопряженные (диаметр  $d_1$ ), так и

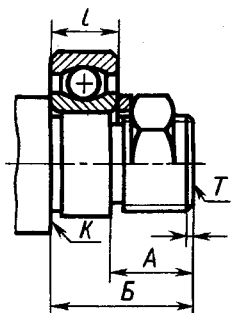


Рис. 15.10

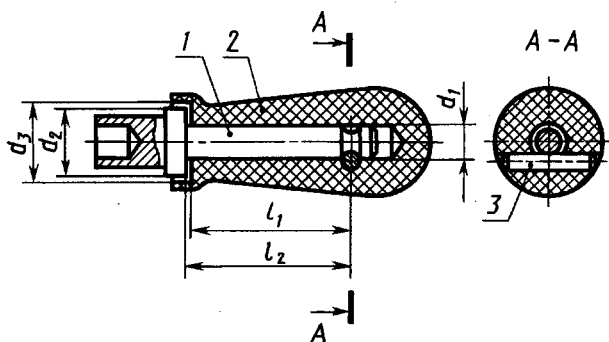


Рис. 15.11

свободные зависимые ( $d_2$  и  $d_3$ ,  $d_3 > d_2$ ) размеры диаметров оси и ручки.

Сопряженными являются также размеры, определяющие положение осей отверстий двух соединяемых винтами, болтами или шпильками деталей (см. рис. 15.12, 15.13).

На рисунке 15.12 сопрягаемый размер  $l$  определяет положение осей отверстий под винты в подшипнике скольжения 1 и в корпусе 2 прибора.

В конструкции на рисунке 15.13 для деталей 1 и 2 диаметр  $d$  расположения осей отверстий под крепежные детали является сопряженным. Сопряженным является и угловой размер — величина угла  $\alpha$ , определяющий положение шпоночных пазов в обеих деталях относительно осей их крепежных отверстий.

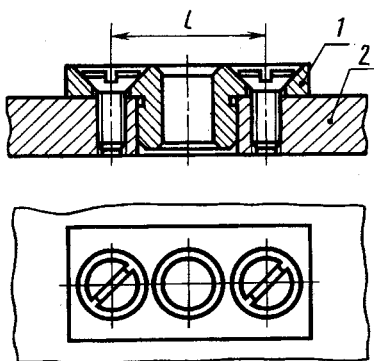


Рис. 15.12

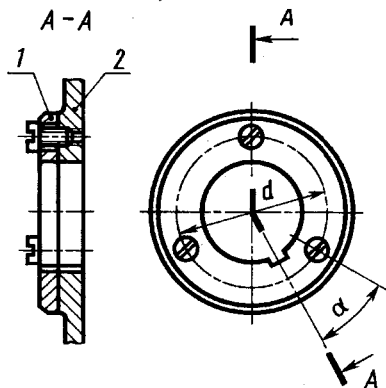


Рис. 15.13

Приведенные примеры, разумеется, не исчерпывают всего многообразия сопряженных и свободных зависимых размеров на чертежах деталей. Однако при съемке эскизов необходимо анализировать конструкцию сборочных единиц и особое внимание обращать на правильность измерения и нанесения указанных размеров.

После съемки эскизов с деталей все сопряженные и зависимые размеры подчеркивают красным карандашом, проверяя правильность их измерения и нанесения и при необходимости корректируя повторным измерением.

**Альбом эскизов.** Комплект эскизов на сборочную единицу сброшюровывают в обложку из плотной бумаги. Лицевую сторону обложки оформляют по образцу, принятому на кафедре.

## 15.4. Разработка чертежа общего вида

**Выбор главного изображения и числа изображений.** При разработке чертежа общего вида изделия изображения выполняют в соответствии с правилами, изложенными в ГОСТ 2.305—68, а также в ГОСТ 2.109—73.

На главном изображении чертежа общего вида изделие обычно располагают в рабочем положении. Во многих случаях рабочее положение изделия может быть любым. Для таких изделий на чертеже общего вида главное изображение выбирают так, чтобы выбранное положение было удобно при сборке и давало наиболее полное представление о конструкции изделия. Главное изображение обычно выполняют как фронтальный или сложный разрез или при симметричной конструкции, соединяя половину главного вида и половину фронтального разреза.

Состав других изображений определяют в зависимости от особенности конструкции изделия и формы его деталей. Количество изображений должно быть наименьшим, но достаточным, чтобы давать полное представление о конструкции изделия в целом, взаимодействии его составных частей, о конструкции и технических формах всех его деталей и сборочных единиц. Необходимость выявления на чертеже общего вида технических форм всех деталей изделия является одним из существенных отличий чертежа общего вида от сборочных чертежей. Для выполнения этого требования на чер-

тежах общего вида во многих случаях помимо изображений изделия в целом дают ряд дополнительных изображений для групп деталей или отдельных деталей. Так, на чертеже общего вида рассмотренного выше верньера (см. рис. 15.2) даны сечение  $B-B$  втулки 5 и вид  $\Gamma$  на обойму 3, необходимости в которых на сборочном чертеже нет. Отметим также, что для сборочного чертежа верньера (см. рис. 15.2) вполне достаточно двух изображений — главного вида и разреза, секущая плоскость которого совпадает с секущей плоскостью разреза  $A-A$ , а направление взгляда ему противоположно. Разреза секущей плоскостью  $B-B$  не требуется, так как он предназначен для выявления формы наружной поверхности ручки (в рабочей конструкторской документации эта форма выявлена на чертеже сборочной единицы — ручки — см. рис. 15.3, *a*).

Другой пример выбора числа изображений на чертеже общего вида изделия рассмотрен ниже.

На чертеже общего вида допускается помещать изображение соседних изделий, сопрягаемых с конструируемым. Сопрягаемые изделия или их элементы условно называют «обстановка». Пример изображения «обстановки» — «Панель прибора» — см. на рисунке 15.2. Линии «обстановки» — тонкие линии отсутствующего контура. Составные части изделия, расположенные за «обстановкой», изображают как видимые. Предметы «обстановки» выполняют упрощенно, приводя лишь необходимые данные для определения места установки, методов присоединения и крепления изделия. В разрезах и сечениях «обстановку» допускается не штриховать. Наименование или обозначение изделий, составляющих «обстановку», если их необходимо указать на чертеже, помещают непосредственно на ее изображении или на полке линии-выноски, проведенной от соответствующего изображения (см. «Панель прибора» на рис. 15.2).

Если изделие имеет корпус, эскиз которого снят, то в качестве основы для выбора главного изображения и числа изображения изделия обычно можно принять эскиз корпуса.

**Планировка чертежа общего вида.** Цель планировки — определить главное изображение и место других изображений на чертеже при условии рекомендуемого расположения основных изображений и равномерного заполнения формата чертежа. Выполняют планировку вычерчиванием от руки на любой бу-

маге мягким карандашом контурных упрощенных изображений изделия. При этом предусматривают место на поле чертежа для таблицы составных частей (с учетом числа деталей), обычно в правом нижнем углу (см. ниже «Выполнение таблицы составных частей изделия»).

При выполнении планировки учитывают следующие рекомендации по расположению изображений на чертеже общего вида.

Основные изображения изделия на чертеже общего вида располагают в проекционной связи относительно главного изображения. В отдельных случаях для более рационального использования поля чертежа часть их помещают на свободном поле и отмечают соответствующими надписями, указывающими направление взгляда.

Основными изображениями изделия на чертеже общего вида могут быть как виды изделия, так и разрезы плоскостями, параллельными основным плоскостям проекций (см., например, полный фронтальный разрез на месте главного вида и профильный разрез  $A-A$  на месте вида слева на рис. 15.2), или сложные разрезы. Как правило, это делают при несимметричном характере изображений в тех случаях, когда разрез дает более исчерпывающую информацию об изделии, чем вид. Вид на изделие (если он необходим) в этом случае располагают на свободном месте чертежа с соответствующей надписью, поясняющей направление взгляда.

Отдельные изображения на чертеже общего вида могут быть даны в уменьшенном по сравнению с главным изображением масштабе, если форма изображаемых элементов простая и «чтение» их этим не затрудняется (см., например, вид  $\Gamma$  на обойму  $3$  в масштабе 1:1 на рис. 15.2).

Мелкие конструктивные элементы, используя дополнительные виды, сечения или выносные элементы, выполняют в увеличенном масштабе.

В приведенном выше примере выполнения планировки чертежа общего вида (см. рис. 15.1) главное изображение — фронтальный разрез верньера, на котором наиболее полно выявлены основные элементы конструкции. На этом изображении дана одновременно и часть вида на ручку (см. рис. 15.3) для выявления формы ее внешних поверхностей. Полный профильный разрез  $A-A$  выявляет конструкцию корпуса  $2$ , стягивающий его винт  $10$ , количество и расположение шарни-

ков 11 и отверстий для них во втулке 5. Разрез А—А несимметричный и поэтому выполнен полным. Вид на верньер справа — симметричный, поэтому он соединен с половиной разреза Б—Б, который выявляет форму поверхности ручки и конструкцию ее крепления на валу б винтом 9. Вид справа выявляет форму крышки 4, количество и расположение в ней отверстий  $\varnothing 3,4$  мм, внешние формы ручки. Кроме указанных основных изображений, на планировке предусмотрены два дополнительных изображения: сечение В—В втулки 5 и вид Г на обойму 3. Сечение В—В показывает, что отверстие М5 проходит только через одну стенку. На виде Г видно количество и расположение отверстий под ключ в обойме.

**Штриховка изображений.** Графические изображения материалов и правила их нанесения на чертежах установлены в ГОСТ 2.306—68. На рисунке 15.14 на примерах характерных соединений электронных приборов и узлов оборудования показаны графические обозначения металлов 1, стрелка 2, керамики 3.

Аналогично керамике штрихуют ферриты, резину, пластмассу (ручка 1 на рис. 15.3, а) и материалы на их основе; аналогично стеклу — другие прозрачные материалы.

Расстояние между параллельными линиями штриховки берут от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости ее разнообразить для сечений смежных деталей. Величину шага штриховки выбирают в зависимости от площади сечения: для сечения большой площади шаг больше, для сечения небольшой площади шаг уменьшают. Шаг штриховки одной и той же детали на всех сечениях в одном масштабе одинаков.

Пример штриховки группы деталей, соединенных точечной или шовной сваркой, показан на рисунке 15.15.

Угол наклона штриховки относительно рамки —  $45^\circ$ , направление — любое, но одинаковое для одной и той же детали на всех сечениях одного чертежа. Если направление штриховки оказывается параллельным линиям контура детали или осевым линиям, то угол наклона линий штриховки таких деталей принимают  $30^\circ$  или  $60^\circ$  относительно горизонтальной стороны рамки.

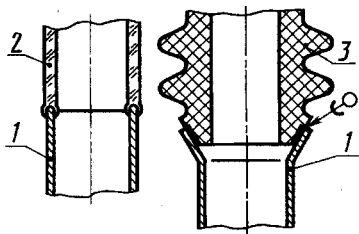


Рис. 15.14

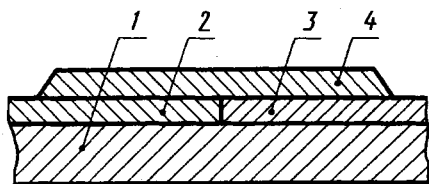


Рис. 15.15



Рис. 15.16

Для отдельных сечений детали, выполненных в масштабе увеличения или уменьшения, шаг штриховки может быть соответственно увеличен или уменьшен при сохранении направления штриховки.

Для смежных сечений двух деталей направление штриховки для одного сечения принимают вправо, для другого — влево (штриховка деталей 3 и 4 на рис. 15.15).

При трех и более смежных сечениях разных деталей изменяют как направление штриховки, так и шаг ее (рис. 15.15, штриховка деталей 1, 2, 3, см. также на рис. 15.2 детали 2, 3, 4, 5, 7).

Для смежных сечений нескольких деталей можно также сдвигать линии штриховки в одном сечении по отношению к другому при одинаковом направлении (штриховка деталей 2 и 4 на рис. 15.15).

Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, не штрихуют, а показывают зачерненными (сечение двух шайб 8 на рис. 15.2).

Смежные узкие сечения нескольких деталей, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными с оставлением просветов между смежными сечениями не менее 0,8 мм (рис. 15.16).

Так же как и на чертежах деталей, на чертеже общего вида такие детали, как винты, болты, шпильки, заклепки (см. рис. 15.16), штифты, шпонки, непустотелые валы, оси, рукоятки, штоки и т. п., при продольном разрезе показывают нерассеченными и не штрихуют (вал 6, винты 9, 10 на рис. 15.2). Если в этих деталях имеются отверстия, пазы и т. п. элементы, то на чертежах их показывают с помощью местных разрезов. Например, местными разрезами показаны отверстия в осях ролика на рисунке 15.9, а, рукоятки — на рисунке 15.11, резьбовое отверстие на конце штока с завернутым в него винтом — на рисунке 15.8 и отверстия со штиф-



тами в валах муфты — на рисунке 15.7. Шарик всегда показывают нерассеченными (шарик 11 на рис. 15.2).

Как правило, показывают нерассеченными на чертежах общего вида гайки и шайбы (гайка 2 и шайба 3 — на рис. 13.21 в болтовом соединении, шайба 2 — на рис. 13.29, в).

**Нанесение размеров.** На чертежах общего вида наносят габаритные и присоединительные размеры в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307—68.

*Габаритные размеры* определяют предельные расстояния между точками очертания изделия по трем координатным направлениям. При наличии в изделии перемещающихся деталей габаритные размеры указывают для двух крайних положений этих деталей и проставляют по типу 90... 110.

*Присоединительные размеры* определяют координаты и размеры элементов или составных частей изделия, с помощью которых к данному изделию присоединяют другие изделия, работающие с ним в комплексе.

Примеры простановки размеров приведены на рассмотренном ранее чертеже общего вида верньера (см. рис. 15.2).

Габаритными являются размеры 50, 56 и 58 мм, так как они определяют размеры верньера по трем координатным осям.

Присоединительные размеры можно разделить на две группы:

а) определяющие крепление верньера на панели и его ориентацию — это три отверстия диаметром 3,4 мм, диаметр 56 мм окружности расположения их осей в крышке 4, ширина 5,5 мм и расстояние 16 мм до оси от прямоугольного паза в корпусе 2;

б) определяющие сопряжение с осью присоединяемого к верньеру прибора — диаметр 8 мм и глубина 12 мм отверстия во втулке 5, размер 18 мм до торца втулки, а также размер М5, определяющий диаметр винта, которым ось присоединяемого прибора зажимают во втулке 5, и наружный диаметр 18 мм втулки, который определяет величину  $l$  зажимного винта ( $l = 0,5 \times 18 - 0,5 \times 8 = 5$ ).

**Нанесение номеров позиций.** Номера позиций деталей, материалов или сборочных единиц, входящих в изделие, указывают на полках *линий-выносок*, проводимых от соответствующих деталей, материалов или сборочных единиц (см. ГОСТ 2.109—73).

Линии-выноски и полки на чертежах выполняют сплошной тонкой линией толщиной  $S/2$ . Длина полки — 6...8 мм.

Линию-выноску заканчивают точкой на изображении соответствующей ей составной части устройства. Если размер или характер изображения составной части устройства не позволяет закончить линию-выноску точкой, то ее заканчивают стрелкой, упирающейся в изображение этой составной части. Например, стрелками заканчивают линии-выноски на изображениях пружин (рис. 15.7) с малым (менее 2 мм) поперечным сечением витков; на изображениях тонких прокладок и некоторых деталей, изготовляемых из тонких листовых материалов (толщиной на чертеже менее 2 мм); на изображениях мелких винтов, штифтов, шайб (8 на рис. 15.2), гнезд, пистонов, проводов и т. п.

Линии-выноски на чертеже общего вида по возможности не должны пересекаться с размерными и выносными линиями. Это легче обеспечить при коротких выносных линиях и оптимальной группировке позиций.

Если линии-выноски пересекают заштрихованные изображения (сечения) деталей, то их проводят так, чтобы они не были параллельны линиям штриховки.

Номера позиций указывают на тех изображениях, на которых соответствующие составные части устройства проецируются как видимые, как правило, на основных видах и разрезах.

Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют их в колонку или строчку по возможности на одной линии (см. рис. 15.2) и как можно ближе к изображению.

На чертеже общего вида по возможности группируют расположение полков линий-выносок позиций тех деталей, которые в конструкции сборочной единицы взаимосвязаны общим функциональным назначением или условиями совместной сборки и разборки. Так, например, на рисунке 15.2 сгруппированы вместе позиции взаимосвязанных деталей 7, 8 и 11, которые в конструкции верньера совместно выполняют функцию безлюфтовой шариковой опоры для вала 6, а также позиций корпуса 2 и стягивающего его винта 10.

На сборочных чертежах номера позиций на поле чертежа наносятся в соответствии с порядком записи составных частей в спецификации.

Номера позиций присваивают всем составным частям устройства, т. е. сборочным единицам, деталям, стандартным из-

делям и материалам. Нанесение номеров позиций выполняют по принципу сквозной нумерации. Порядок нумерации составных частей устройства следующий: вначале номерами позиций обозначают сборочные единицы устройства, затем — его детали, далее — стандартные изделия и в последнюю очередь — материалы.

Позиции для сборочных единиц, входящих в состав устройства, указывают от изображения их основных деталей. Например, на рисунке 15.2 номер позиции армированной сборочной единицы — ручки верньера *1* — указан от изображения ее материала, так как в данном случае материал является основной составной частью ручки.

Деталям и материалам, которые входят в состав сборочных единиц устройства, номера позиций на чертеже общего вида не присваивают. Такие детали и материалы учитывают в спецификациях соответствующих сборочных единиц, выполняемых при составлении для них сборочных чертежей в процессе съемки эскизов.

Нумерацию деталей устройства начинают с его основной детали (корпуса, основания, шасси и т. п.).

Номер позиции, как правило, наносят на чертеже один раз. Если в устройстве содержится несколько одинаковых деталей, то линией-выноской и номером позиции отмечают только одну из них, а количество таких деталей указывают в таблице составных частей устройства в соответствующей графе (например, на рис. 15.2 детали *3, 7, 8, 11*).

Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей (например, одинаковых болтов, винтов, гаек, штифтов, кнопок, рукояток и т. п.). В этом случае все повторяющиеся номера позиций выделяют двойной полкой.

Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номером позиций для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления. В этих случаях линию-выноску проводят от изображения составной части, номер которой указывают первым (рис. 15.17).

Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два размера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже (на чертеже общего вида в учебном процессе номера позиций выполняют шрифтом № 7).

**Выполнение таблицы составных частей изделия.** Для чертежа общего вида перечень составных частей изделия оформляют в виде таблицы (ГОСТ 2.120—73).

Таблицу составных частей изделия по содержанию, а также порядок ее заполнения обычно принимают аналогичными спецификации и порядку ее заполнения, которые предусмотрены для сборочных чертежей. Рекомендуемая форма таблицы составных частей изделия для чертежей общего вида показана на рисунке 15.18.

Таблицу выполняют на одном листе с чертежом общего вида и размещают на свободном поле чертежа, обычно в правом нижнем углу чертежа непосредственно над его основной надписью.

Таблица состоит из разделов, которые располагаются в следующем порядке:

- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- материалы.

Наличие того или иного раздела определяется составом изделия.

Понятие о сборочных единицах для чертежей общего вида рассмотрено выше в разделе «Выполнение эскизов деталей».

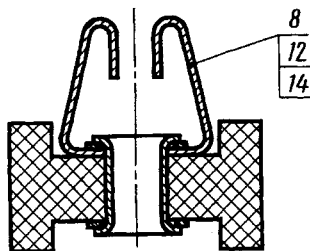


Рис. 15.17

The table is positioned within a rectangular frame with various dimensions. The total width is 120, divided into segments of 8, 38, 8, and 20. The total height is 15, with segments of 8, 2, 2, 5, and 1.5. The table has 5 columns and 6 rows. The first row contains headers: 'Поз.' (Position), 'Обозначение' (Designation), 'Наименование' (Name), 'Мат. кол.' (Material quantity), and 'Материал' (Material). The second row contains the values: '6', '205.992.005', 'Вал' (Shaft), '1', and 'Сталь' (Steel).

Поз.	Обозначение	Наименование	Мат. кол.	Материал
6	205.992.005	Вал	1	Сталь

Рис. 15.18

В разделе «Детали» записывают отдельные детали устройства, используемые при его сборке в качестве самостоятельных элементов, независимо от характера (разъемного или неразъемного) соединения их с другими составными частями устройства. Детали, входящие в состав сборочных единиц устройства, в таблицу не записывают, так как такие детали учитывают в спецификациях соответствующих сборочных единиц при выполнении для них сборочных чертежей.

В раздел «Стандартные изделия» записывают все стандартные изделия, содержащиеся в устройстве.

В раздел «Материалы» записывают при необходимости такие составные части устройства, которые не являются самостоятельными деталями, а входят в его состав в качестве материалов, например: припой, клей, смазка, сальниковая набивка из войлока или асбестового шнура, провода, кабели, лаки, краски и т. п. Материалы, входящие в состав сборочных единиц устройства, в таблицу его составных частей не записывают, так как их учитывают в спецификациях этих сборочных единиц.

Так, например, на рисунке 15.2 пластмасса — материал, втулка — арматура, являющиеся составными частями армированной сборочной единицы 1 — ручки верньера, в таблицу составных частей верньера не записаны, поскольку они учтены как материал и деталь (соответственно) в спецификации ручки при составлении эскиза ее сборочного чертежа (рис. 15.3).

В графе «Обозначение» в проектных чертежах на предприятиях записывают номера чертежей сборочных единиц или деталей, которые выпускаются в опытном или серийном производстве и подлинники чертежей которых хранятся в техническом архиве. Такие сборочные единицы или детали называют заимствованными. Студенты в чертежах общего вида графу «Обозначение» или не заполняют, или заполняют по указанию кафедр.

Пример заполнения таблицы составных частей устройства для чертежа общего вида показан на рисунке 15.19.

Таблицу заполняют по разделам. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают. После каждого раздела необходимо оставлять одну-две свободные строки в качестве резерва для дополнительных записей.

<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Материал</i>
		<u>Сборочные</u>		
		<u>единицы</u>		
1		Ручка	1	
		<u>Детали</u>		
2		Корпус	1	Латунь
3		Обойма	2	Латунь
4		Крышка	1	Сталь
5		Втулка	1	Латунь
6		Вал	1	Сталь
7		Кольцо	2	Латунь
8		Шайба	2	Бронза
		<i>пружинная</i>		
		<u>Стандартные</u>		
		<u>изделия</u>		
9		Винт М4х10	1	Сталь
		ГОСТ 1477-84		
10		Винт М3-16	1	Сталь
		ГОСТ 1491-80		
11		Шарик $\phi$ 7	3	Сталь
		ГОСТ 3722-81		

Рис. 15.19

Таблицу заполняют в направлении сверху вниз.

При записи в таблицу наименований изделия, состоящих из нескольких слов, на первое место помещают имя существительное, например: «Колесо зубчатое», «Резистор подстроечный», «Винт установочный». Для записи длинных наименований составных частей устройства используют несколько строк таблицы.

Сборочные единицы и детали устройства в таблицу записывают в последовательности номеров их позиций.

Стандартные изделия в таблицу записывают по однородным группам: в пределах каждой группы — в алфавитном порядке их наименований; в пределах каждого наименования — в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого стандарта — в порядке возрастания основных размеров.

### **15.5. Упрощения, допускаемые при выполнении чертежей общего вида**

В учебном процессе при выполнении чертежей общего вида обычно не применяют упрощенные, а тем более условные изображения крепежных деталей по ЕСКД. Допускается пользоваться упрощенными изображениями крепежных деталей в тех случаях, когда на чертеже диаметры их стержней менее 3 мм.

Разрешается шлицы на головках крепежных деталей при ширине их менее 1 мм изображать одной сплошной линией: на одном виде — по оси крепежных деталей, на другом — под углом  $45^\circ$  к рамке чертежа или под углом  $45^\circ$  к центральной линии, когда последняя наклонена к рамке чертежа под углом, близким к  $45^\circ$  (рис. 15.20).

В чертежах общего вида на изображениях резьбовых соединений разрешается не показывать разность между глубиной отверстия под резьбу и длиной резьбы, изображая конец глухого резьбового отверстия, как на рисунке 15.6.

Если чертеж общего вида содержит ряд однотипных элементов (например, ряд одинаковых отверстий или винтовых, болтовых, заклепочных и т. п. соединений), то на всех изображениях чертежа общего вида, содержащих однотипные элементы, последние целесообразно показывать полностью, независимо от их числа. Например, на рисунке 15.2 изображены все одинаковые отверстия  $\varnothing 3,4$  мм, на рисунке 15.20 — головки всех винтов.

Номера позиций для повторяющихся однотипных соединений наносят один раз для каждой группы одинаковых по типу и размерам соединений.

Допускается не показывать фаски на стержнях с резьбой и в отверстиях с резьбой.

На чертеже общего вида допускается не показывать крышки, кожухи, экраны, рукоятки и другие детали, загоражива-

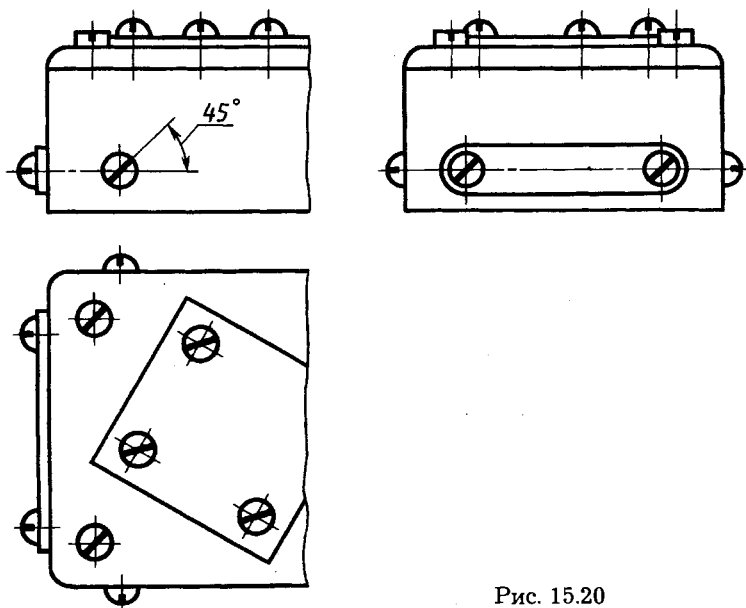


Рис. 15.20

ющие закрытые ими составные части устройства. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например: «Крышка не показана» или «Крышка поз. 3 не показана».

Если в таких случаях технические формы этих деталей на других изображениях устройства выявлены не полностью, то чертеж общего вида дополняют соответствующими видами на отсутствующие изображения этих деталей, которые сопровождают надписями по типу «Г, дет. 3».



1. Какие данные должен содержать чертеж общего вида?
2. Какие размеры называют сопряженными и свободными?
3. Как выбирают главное изображение на чертеже общего вида и как выполняют планировку этого чертежа?
4. Какие размеры наносят на чертеже общего вида?
5. Как располагают номера позиций на чертеже общего вида?
6. Какие разделы и в каком порядке располагают в таблице составных частей чертежа общего вида?
7. Какие допускаются упрощения при выполнении чертежа общего вида?



*Глава шестнадцатая*  
**ДЕТАЛИРОВАНИЕ**

**16.1. Общие положения**

Завершающей стадией разработки конструктивной документации является разработка рабочей документации для изготовления опытного образца или опытной партии изделий и проведения их испытаний. По результатам испытаний документацию корректируют и изготавливают по ней установочную серию изделий.

Рабочую конструкторскую документацию разрабатывают на основе проектной конструкторской документации. К такой проектной документации относится конструктивный чертеж общего вида изделия, рассмотренный в гл. 15.

В учебной практике на основе чертежей общего вида различных изделий студенты разрабатывают чертежи деталей и чертежи отдельных сборочных единиц, входящих в изделия (сборочные чертежи). Разрабатываемые чертежи деталей являются основой рабочих чертежей этих деталей: они содержат все необходимые виды, разрезы, сечения, размеры всех элементов деталей, но на них еще не указывают требования к качеству обрабатываемых поверхностей, к точности размеров, а также различные специфические технические требования. Аналогично выполняют и сборочные чертежи отдельных сборочных единиц изделия (см., например, рис. 15.3, *а*). В некоторых случаях завершающим этапом изучения черчения является разработка сборочного чертежа изделия на основе чертежа общего вида.

Процесс разработки чертежей деталей, входящих в изделие, по конструктивному чертежу общего вида обычно называют детализацией.

В процессе детализации студенты применяют ранее полученные знания к анализу конструктивных форм деталей изделия, выявлению их взаимодействия и работы изделия.

Детализация является завершающим этапом изучения курса черчения. Выполняя это задание, студенты закрепляют умение читать чертеж общего вида и выполнять по нему чертежи деталей.

## 16.2. Последовательность выполнения задания

Задание на детализацию обычно состоит из чертежа общего вида, технического описания к нему и вопросов. Каждому студенту выдают индивидуальный вариант задания. Рекомендуется следующий порядок выполнения работы по детализации:

- ознакомление с заданием;
- разработка планировки;
- выполнение чертежей;
- нанесение размеров, корректировка;
- обводка чертежей.

Рассмотрим отдельные этапы работы более подробно.

**Ознакомление с заданием.** Читая описание изображенного изделия и чертеж, устанавливают назначение, устройство и принцип действия изделия, виды примененных соединений, разбираются во взаимодействии деталей, определяют порядок сборки и разборки изделия. Стараются представить форму каждой детали.

До начала работы студент готовит ответы на все вопросы задания, не требующие графических построений.

Если по какой-либо причине описание изделия отсутствует, то для ознакомления с ним используют литературу с описанием аналогичных изделий.

**Разработка планировки.** В учебном процессе, а также и на ряде производств применяют систему выполнения чертежей, при которой на одном листе располагают чертежи нескольких деталей.

Прежде чем начинать вычерчивание деталей, выполняют планировку листа, т. е. размещают на нем форматы чертежей деталей и изображений каждой детали на своем формате. Перед выполнением этой работы нужно установить количество изображений каждой детали, необходимое для выявления ее формы, и выбрать формат чертежа (см. 14.2). Размер формата определяют в зависимости от сложности детали, количества изображений и масштаба. Для правильного выбора формата чертежа сложных деталей можно рекомендовать такой прием: на каждое изображение детали на чертеже общего вида кладут листок кальки или другой прозрачной бумаги и на ней обводят изображение детали. После этого анализируют возможность уменьшения числа изображений до необходимого минимума. Для оставленных изображений отмечают зоны для размеров вне контура изображений. Изображения с зонами для размеров размещают на поле стан-

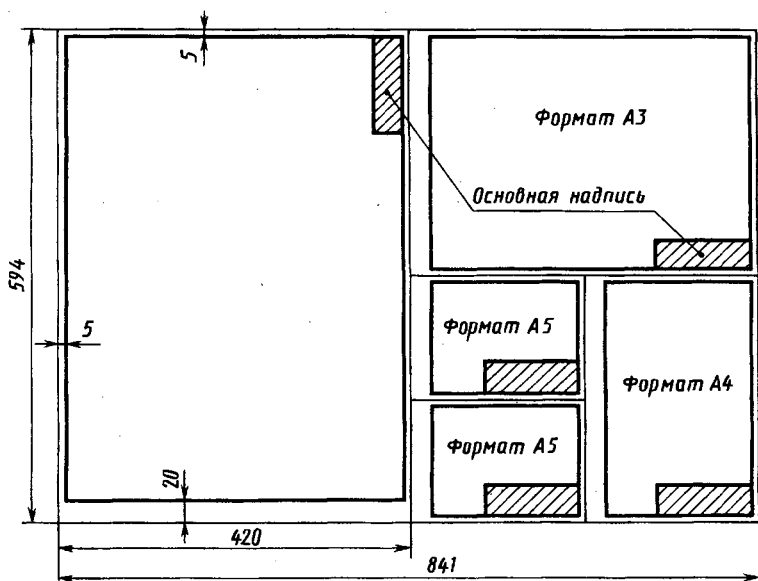


Рис. 16.1

дартного формата. При этом используют рассмотренные ранее приемы уменьшения их размеров (см. 14.2) без ухудшения наглядности изображений. Пример планировки чертежа детали приведен выше (см. рис. 14.9, 14.10, б). Поле на рисунке 14.9 между изображениями оставлено для размещения на нем размерных линий. При симметричных изображениях для упрощения можно давать половины этих изображений (см. рис. 14.60).

Обычно с учетом зон для простановки размеров занятая изображениями площадь составляет 30...40% всей площади формата.

Пример планировки целого листа (формата А1) приведен на рисунке 16.1, основную надпись располагают в нижнем правом углу каждого формата.

Все чертежи выполняют на стандартных форматах. Поле с левой стороны для подшивки листа (20 мм) имеют все чертежи, по остальным трем сторонам расстояние от линии рамки до границы формата — 5 мм. Для некрупных деталей в учебном процессе допускается использовать формат, полученный делением формата А4 пополам.

Планировка целого листа — ответственный этап работы, так как здесь решаются вопросы выбора главного изображения, количества изображений и выбора форматов. При неправильной планировке неизбежны исправления и переделки.

**Выполнение чертежей в тонких линиях.** К этой работе приступают после того, как убедятся в правильности планировки. При выполнении ее руководствуются правилами, изложенными в гл. 14. Нанесение размеров выполняют после тщательной проверки правильности выполненных изображений.

**Простановка размеров и обводка чертежа.** При разработке чертежей многих деталей работа по простановке размеров нередко оказывается более сложной, чем работа по выполнению изображений. При простановке размеров руководствуются рассмотренными выше (см. 14.3, 14.5, 15.3) технологическими и конструктивными соображениями. Размеры элементов деталей определяют непосредственным измерением по чертежу задания с учетом масштаба изображения. Особое внимание при вписывании размеров обращают на сопряженные размеры, т. е. на те размеры сопрягаемых (соединяемых деталей), номинальные значения которых являются одинаковыми. Во избежание ошибок их целесообразно вписывать в первую очередь и последовательно на всех чертежах сопрягаемых деталей. Например, в конструкции, приведенной на рисунке 16.2, сопряженными одинаковыми являются номинальный размер  $A$  — внутренний диаметр цилиндра  $1$  и наружные диаметры буртиков крышек  $2$  и  $3$  или размер  $B$  — диаметр расположения осей резьбовых гнезд в цилиндре  $1$  и отверстий под винты в крышках  $2$  и  $3$ . Такие размеры на чертежах деталей рекомендуется подчеркивать красным карандашом.

Проверив правильность выполнения чертежа, его обводят.

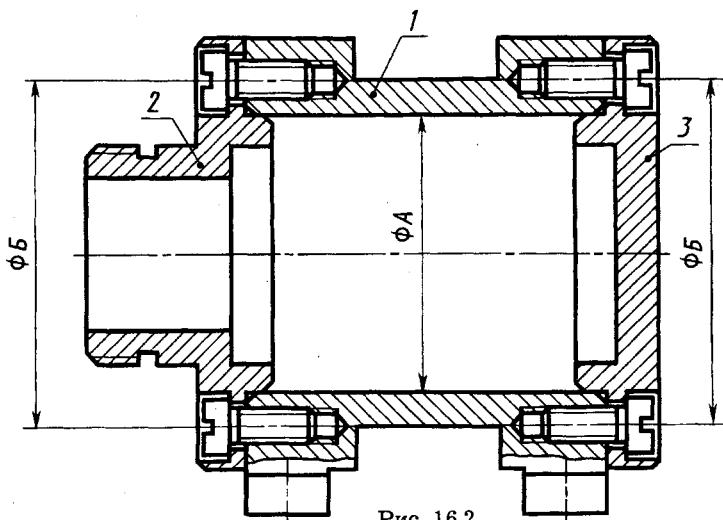


Рис. 16.2

### 16.3. Пример детализования сборочной единицы

Детализование сборочной единицы рассмотрим на примере задней бабки токарного станка. Чертеж общего вида задней бабки приведен на рисунке 16.3. Перечень ее деталей приведен в таблице составных частей. Для краткости в графе «Примечание» материалы (серый чугун СЧ15-32, бронза Бр АМц 9—2) обозначены только маркой материала (СЧ15-32, Бр АМц 9—2 соответственно).

Назначение и принцип действия. Задняя бабка токарного станка предназначена для создания дополнительной опоры длинной обрабатываемой детали со стороны свободного правого торца или для закрепления патрона с режущим инструментом, например сверлом.

Таблица составных частей задней бабки

Позиция	Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
<b>Детали</b>				
1		Корпус	1	СЧ15-32
2		Пиноль	1	Сталь 45
3		Винт	1	Сталь 45
4		Гайка	1	Бр АМц 9—2
5		Втулка	1	СЧ15-32
6		Маховичок	1	СЧ15-32
7		Центр	1	Сталь У8А
8		Втулка	1	Сталь 45
9		Ручка	1	Сталь 45
10		Сухарь	1	Сталь 45
11		Ручка	1	Сталь 45
<b>Стандартные изделия</b>				
12		Винт М6×12 ГОСТ 1476—84	3	
13		Винт М5×12 ГОСТ 1477—84	2	
14		Винт М6×14 ГОСТ 1478—84	1	
15		Гайка М8 ГОСТ 5915—70	1	
16		Шайба 8 ГОСТ 11371—78	1	
17		Шпонка сегм. 3×3,7 ГОСТ 24071—80	1	
18		Штифт 3,6×8 ГОСТ 3128—70	1	

Дополнительную опору создает центр 7, конический конец которого входит в коническое углубление (центровое гнездо) обрабатываемой детали. Для подхода резца на величину минимального радиуса при обработке торца детали центр имеет срез со стороны резца и ориентируется при установке штифтом 18. Центр 7 перемещают вдоль оси станка на 60 мм (330—270) при вращении ручки 11.

Описание конструкции. Задняя бабка смонтирована в корпусе 1, внутри которого перемещают в осевом направлении пиноль 2. Поступательное движение пиноли создают винтовой парой — винтом 3 и гайкой 4, неподвижно закрепленной в пиноли винтами 13. Вращение от ручки 11 на винт 3 передает маховичок 6 через сегментную шпонку 17.

Винт 3 вращается во втулке 5, которая неподвижно укреплена в корпусе 1 тремя стопорными винтами 12. Стопорный винт 14 предотвращает проворачивание пиноли 2 в корпусе 1 под действием сил трения в винтовой паре.

После упора центра 7 в обрабатываемую деталь пиноль 2 фиксируют в корпусе 1 поворотом ручки 9. При этом пиноль зажимают детали 8 и 10.

Совмещение оси пиноли с осью шпинделя станка обеспечивают размер 83 корпуса 1 и закрепление его на специальных салазках четырьмя винтами с резьбой М 6.

Задания на деталирование и вопросы для чтения чертежа:

1. Разобраться в устройстве задней бабки токарного станка, ее назначении в целом и каждой детали в отдельности.

2. Продумать порядок сборки и разборки задней бабки.

3. Выполнить чертежи всех деталей задней бабки или часть из них. В последнем случае в первую очередь разрабатывают чертежи на следующие детали: 1, 2, 3, затем остальные.

4. Выполнить диметрическую проекцию детали 1.

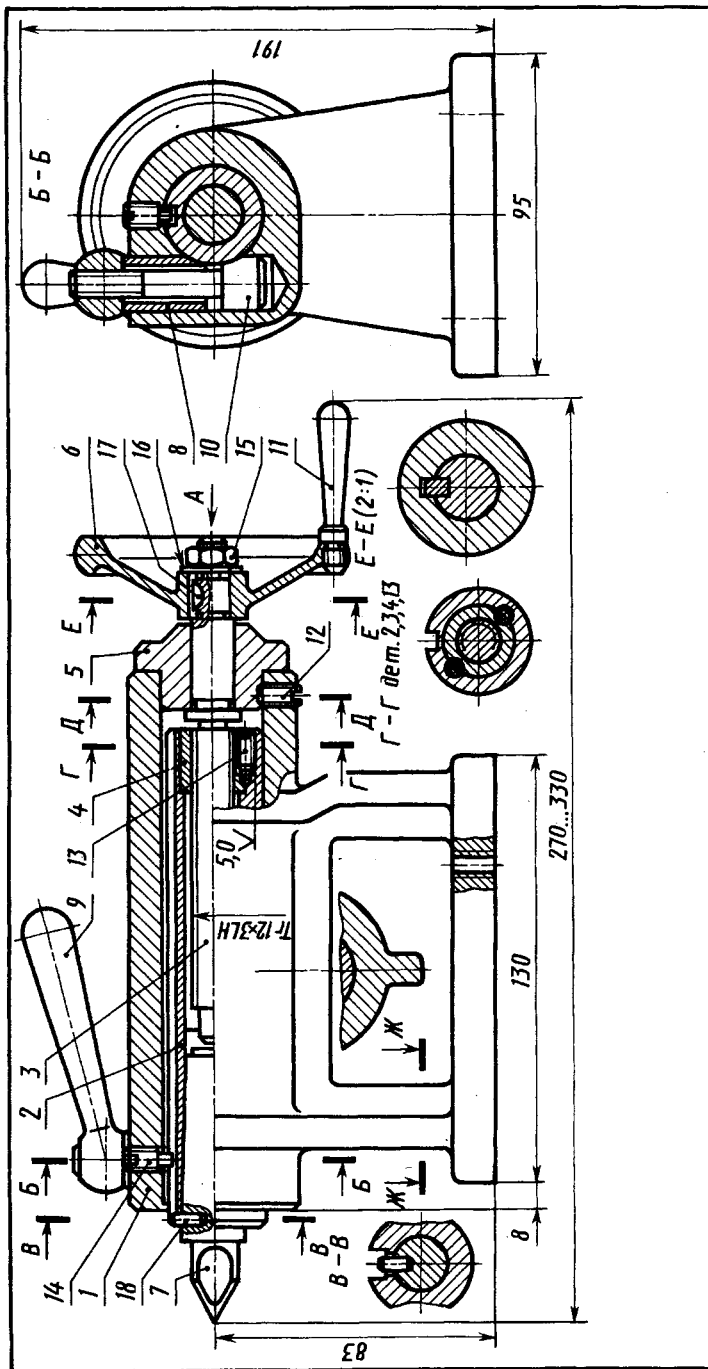
5. В какой последовательности следует произвести разборку задней бабки, чтобы заменить износившуюся гайку 4?

6. Каковы размеры основных форматов для выполнения чертежей?

7. Какими основными параметрами определяется любая резьба? Как обозначается трапецеидальная резьба? Укажите ее на чертеже и назовите ее основные параметры.

8. Как изображают конец глухого резьбового отверстия? Покажите его на чертеже.

9. Какие резьбы имеет гайка 4?



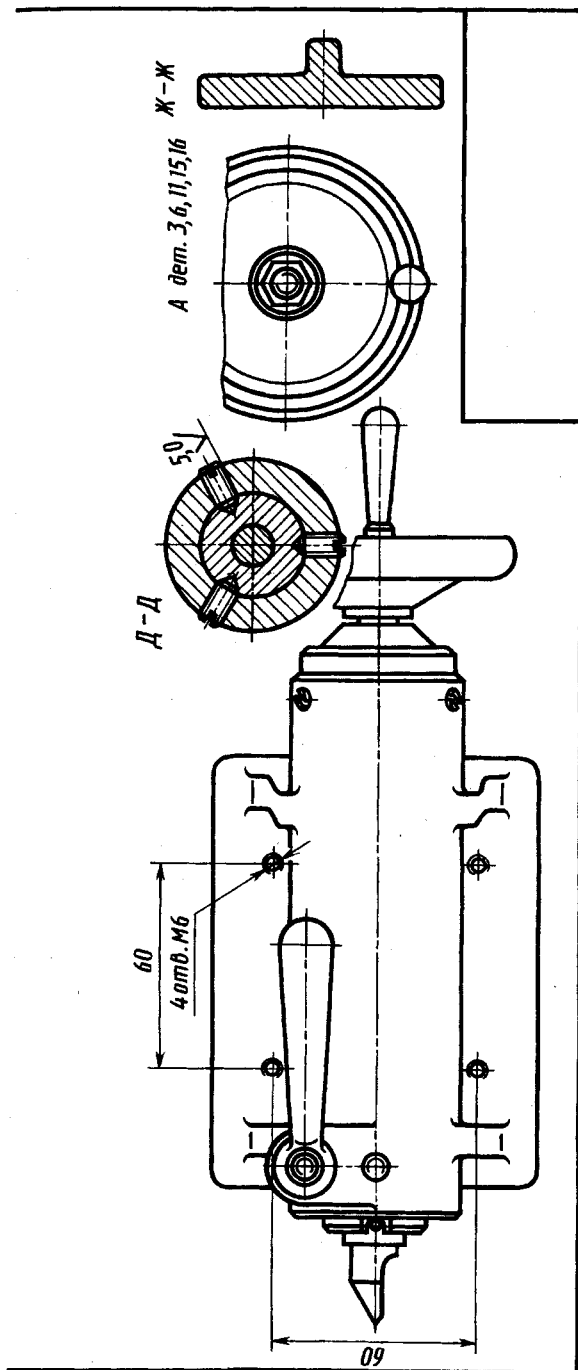


Рис. 16.3



10. Что называется видом? Укажите один из основных видов, имеющих на чертеже. Как его называют?
11. Какие требования предъявляют к главному изображению? Покажите на чертеже главное изображение.
12. Как располагают секущую плоскость при профильном разрезе? Покажите на чертеже пример профильного разреза.
13. Какой разрез называют местным? Покажите на чертеже пример местного разреза.
14. Что называют сечением? Как подразделяют сечения, не входящие в состав разреза? Покажите на чертеже пример сечения. Какое оно?
15. С какой целью изображены сечения *Г—Г*, *Д—Д*, *Е—Е*, *Ж—Ж*?
16. С какой целью изображен разрез *Б—Б*?
17. Какие детали показывают нерассеченными при продольном разрезе? Покажите пример таких деталей на чертеже.
18. Какие виды называют дополнительными? Покажите пример дополнительного вида на чертеже.
19. Какие размеры называют присоединительными? Покажите присоединительные размеры на чертеже.
20. Какие размеры называют габаритными? Покажите габаритные размеры на чертеже. Каково значение наибольшего габаритного размера?
21. Как располагают и чему равны величины большой и малой осей эллипсов в прямоугольной и диметрической проекциях?
- Анализ конструкции деталей. Перед выполнением чертежей изучают приведенное выше задание и отвечают на имеющиеся в нем вопросы в процессе чтения чертежа. В результате изучения чертежа устанавливают конструктивные формы всех деталей, их конструктивные особенности, определяют количество необходимых изображений и их масштаб. Тем самым определяют и форматы будущих чертежей.
- Корпус *1*. Верхняя цилиндрическая часть корпуса соединена с прямоугольной плитой основания двумя поперечными стенками, форма которых видна на разрез *Б—Б*. Дополнительную жесткость корпусу в осевом направлении придают ребра, расположенные с внутренней стороны стенок и снизу цилиндрической части. Форма поперечного сечения стенок и примыкающих к ним ребер видна на вынесенных сечениях. Слева к цилиндрической части сделан прилив для размещения деталей *8* и *10*. Три резьбовых отверстия под винты *12* обрабатывают при сборке со втулкой *5*. Материал корпуса — серый чугун СЧ15-32.

Главное изображение для корпуса, а также профильный разрез целесообразно принять такими же, как и на чертеже общего вида. Часть вида сверху можно совместить с частью горизонтального разреза. В этом случае сечение Ж—Ж, имеющееся на чертеже общего вида, не потребуется. Масштаб изображения можно принять М 1:1. Планировка чертежа изображена на рисунке 16.4.

**Пиноль 2.** В основе конструкции пиноли — тело вращения. Главное изображение — фронтальный разрез, как и на чертеже общего вида при горизонтальном расположении оси вращения. В связи с большой длиной цилиндрической части (в зоне трапецеидальной резьбы винта) изображение по длине уменьшено за счет местного разрыва (см. рис. 12.46). Форма и глубина продольного паза выявлена на вынесенном сечении, форма паза под штифт 18 — на частичном виде сверху. Масштаб изображения — по чертежу общего вида М 1:1. Резьбовые гнезда под винты 13 обрабатывают в сборе с гайкой 4. Планировку чертежа см. на рисунке 16.4.

**Винт 3.** Винт представляет собой тело вращения с четырьмя цилиндрическими участками, тремя проточками, двумя резьбами (трапецеидальной и метрической) и пазом под сегментную

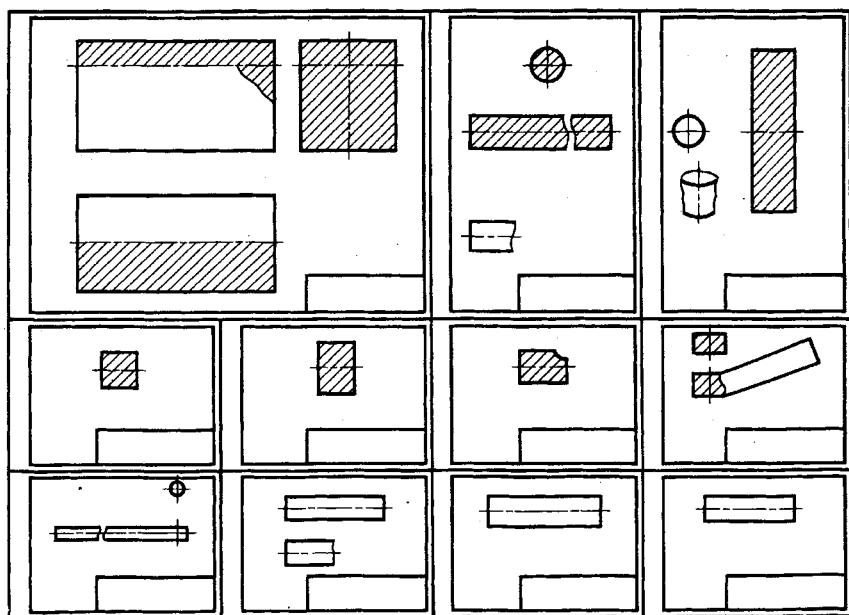


Рис. 16.4

шпонку. Главное изображение — вид с горизонтальным расположением оси вращения. В связи с большой длиной трапециевидальной резьбы изображение по длине уменьшено за счет местного разрыва (см. рис. 12.46), так, чтобы для чертежа хватало ширины формата А4. Масштаб изображения С 2:1. Для выявления шпоночного паза под шпонку выполнено вынесенное сечение. Форма проточек выявлена на выносных элементах А, Б, В, Г. Планировку чертежа см. на рисунке 16.4.

Маховичок 6. Маховичок представляет собой тело вращения с цилиндрической ступицей, ободом сложного профиля и коническим переходом между ними. Контур сечения обода образован соприкасающимися участками трех торов, плоским кольцом и конусом. Главное изображение — фронтальный разрез. Форма паза в ступице и углубление под торец ручки показаны видом контура отверстия и видом А. Заготовку маховичка изготавливают литьем, поэтому деталь имеет плавные переходы между элементарными поверхностями. Масштаб изображения М 2:1. Планировку чертежа см. на рисунке 16.4.

Остальные детали — тела вращения. Главные изображения для них — фронтальный разрез для гайки 4, втулки 5, втулки 8, вид для центра 7, сухаря 10, ручки 11. При изображении ручки 9 расположение детали на главном изображении удобно принять таким же, как и на чертеже общего вида, соединив часть вида и часть разреза (по резьбовому отверстию). Отметим, что для удобства пользования чертежом в производстве изображения втулки и ручки повернуты на  $180^\circ$  относительно их изображений на чертеже общего вида. Форма среза на детали *Центр* показана на виде сверху. Этот вид выполнен частично, только в области среза.

Разработка планировки листа. С учетом расположения, числа и масштаба выбранных изображений чертежи деталей размещены на листе формата А1, например так, как показано на рисунке 16.4.

Разработка чертежей деталей. Чертежи деталей разрабатывают в соответствии с утвержденной планировкой (см. рис. 16.4).

Нанесение размеров. Размеры на чертежах деталей нанесены, исходя из конструктивных соображений с учетом технологических особенностей (литье). Сопряженные размеры на чертежах подчеркнуты. Рассмотрим некоторые особенности нанесения размеров на чертежах деталей.

На чертеже корпуса 1 (рис. 16.5) отмечены сопряженные размеры: внутренние диаметры 30 мм (под шпindel), 16 мм и резь-



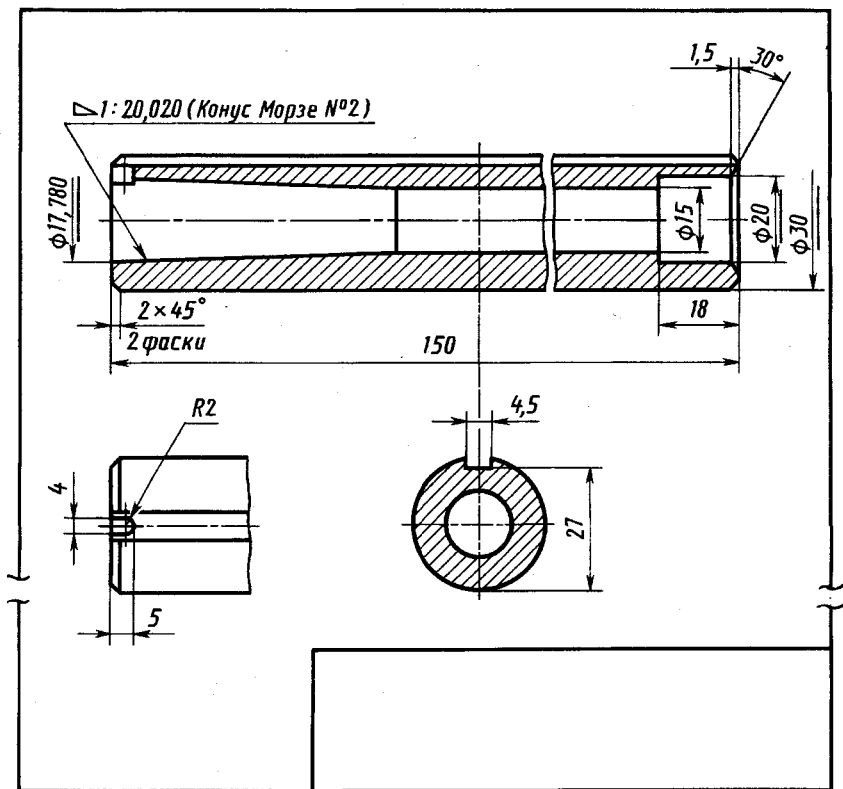


Рис. 16.6

бовое отверстие М 6. Конструктивные и присоединительные размеры 83; 8; 130 мм, 4 отв. М 6 и размеры положения 35; 60 и 60 мм перенесены с чертежа общего вида.

На чертеже пиноли 2 (рис. 16.6) подчеркнуты сопряженные размеры: диаметры 30; 20 и 17, 780 мм, конусность 1:20, 020 (конус Морзе № 2). Размер 18 глубины расточки диаметром 30 мм равен размеру длины гайки 4 (см. рис. 16.8). Длина 150 мм определена из цепочки размеров длины винта со стороны трапецидальной резьбы и длины конуса Морзе центра, расположенного в пиноли. При упоре винта в торец центра между торцом буртика винта и торцом гайки (и пиноли) должен оставаться зазор 2...3 мм для осевого перемещения винта при выталкивании центра. Цепочка размеров винта и центра (размерная цепь) равна:  $94 + (85 - 23 - 4) = 152$  мм, где 94 — длина части винта (см. рис. 16.12);



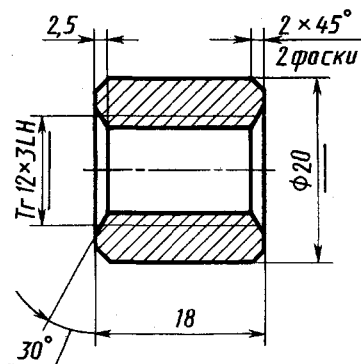


Рис. 16.8

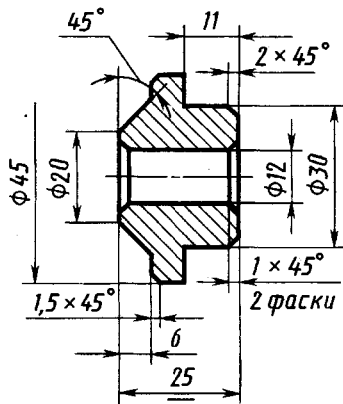


Рис. 16.9

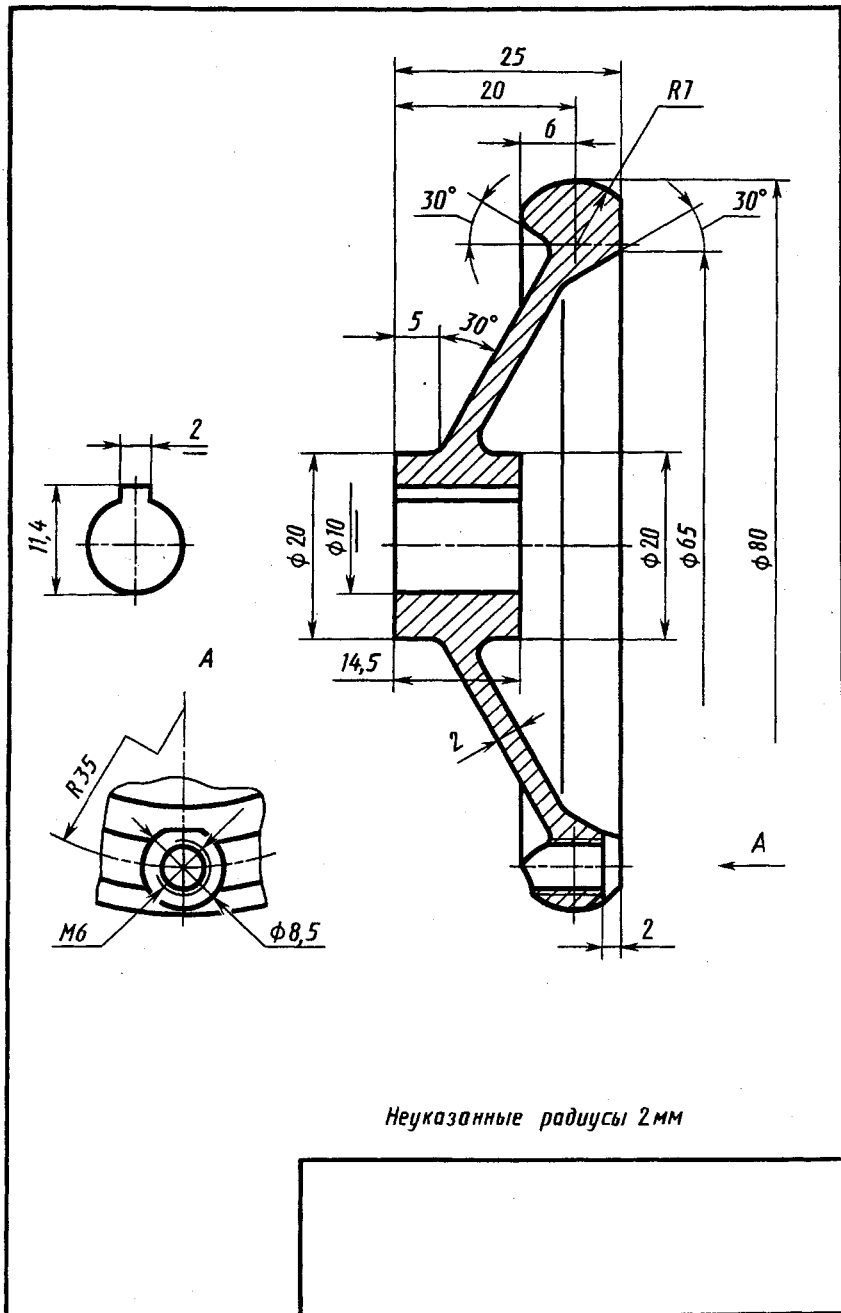


Рис. 16.10



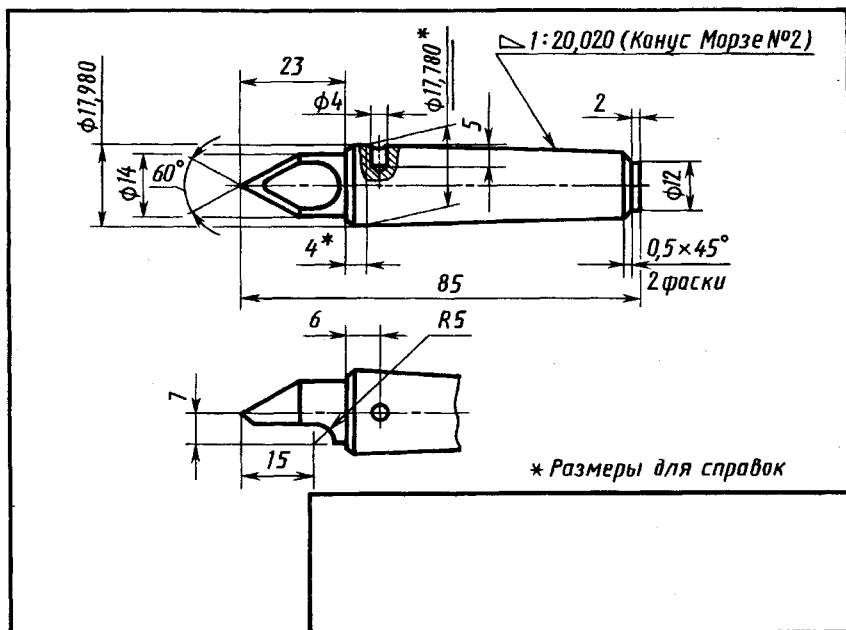


Рис. 16.11

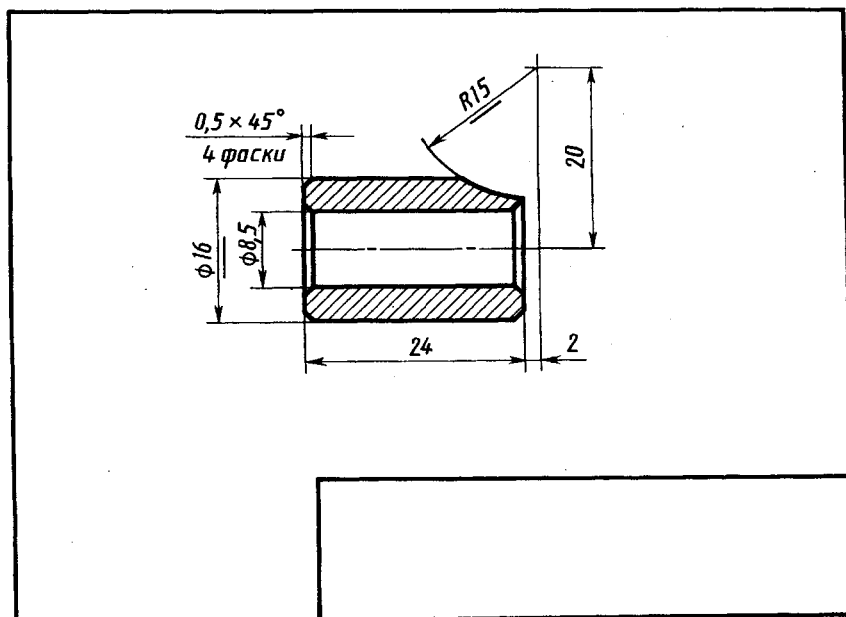


Рис. 16.12

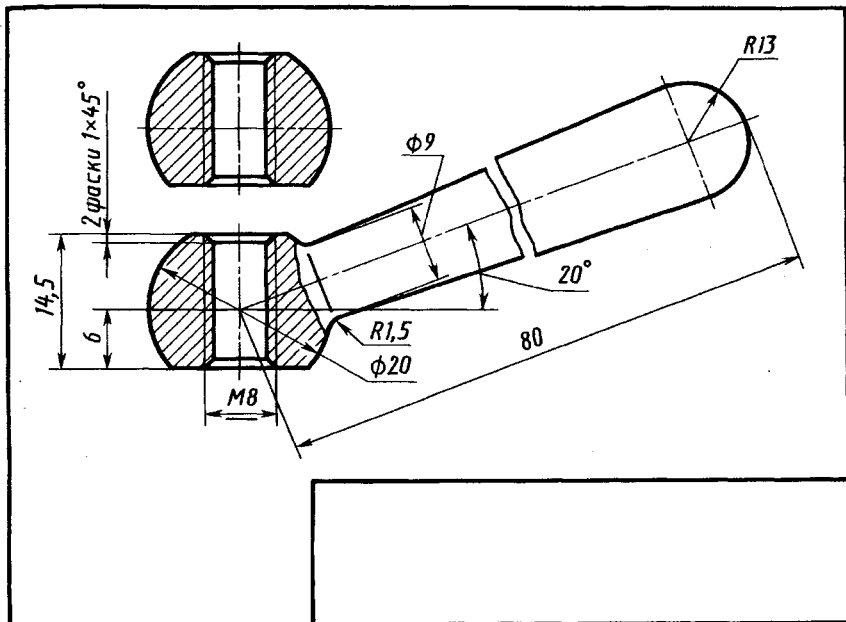


Рис. 16.13

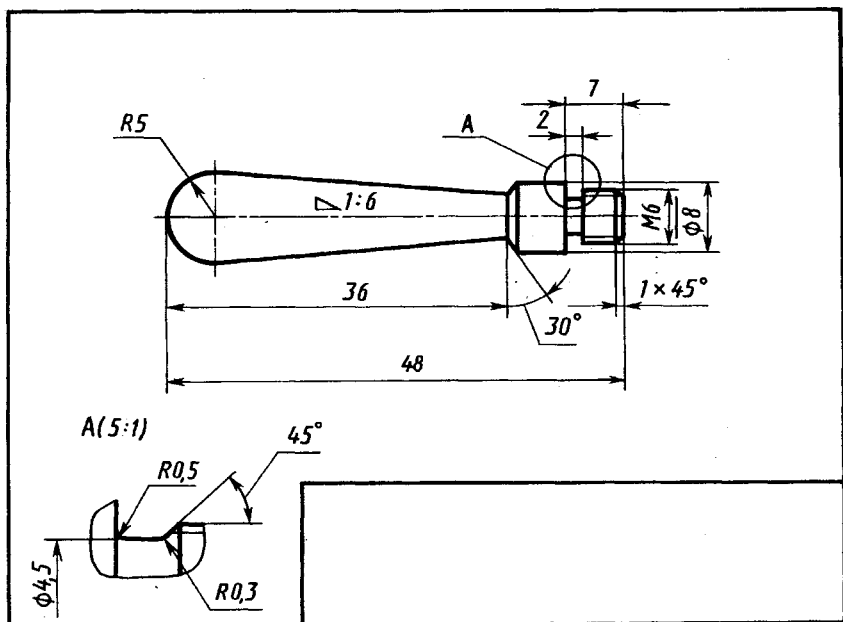


Рис. 16.14

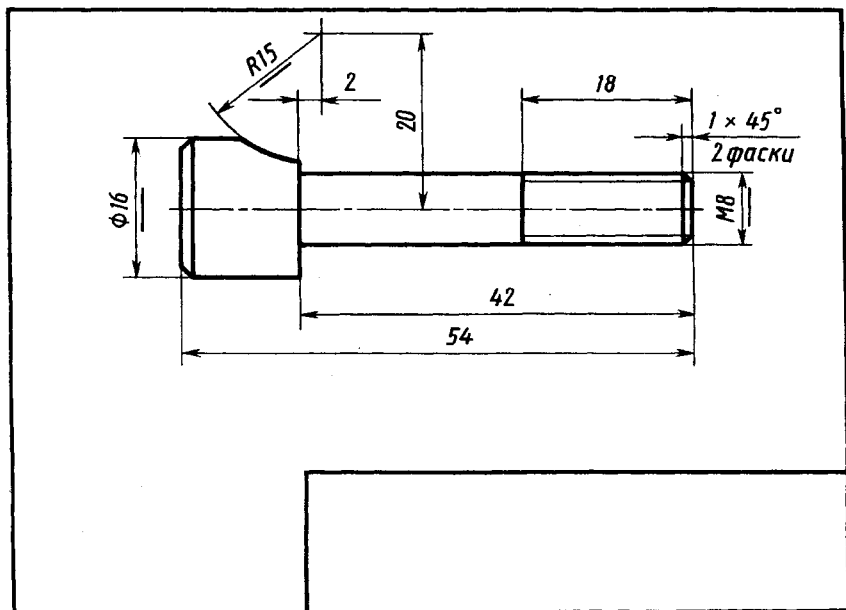


Рис. 16.15

маховичка с помощью гайки М 8. Зависимым свободным размером является также диаметр 8,5 мм углубления под ручку.

На чертеже центра 7 (рис. 16.11) сопряженный размер — конусность 1:20,020 (конус морзе № 2) и диаметр 17,780 мм на заданном базорасстоянии 4\*. Осевые размеры центра рассмотрены выше при рассмотрении чертежа пиноли.

На чертеже втулки 8 (рис. 16.12) сопряженные размеры: диаметр 16 мм и радиус 15 мм, зависимый свободный размер — диаметр 8,5 мм.

На чертежах ручек 9 (рис. 16.13) и 11 (рис. 16.14) по одному сопряженному размеру: резьбе М 8 и М 6. У ручки 11 — один зависимый свободный размер: диаметр 8 мм.

На чертеже сухаря 10 (рис. 16.15) три сопряженных размера: диаметр 16 мм, резьба М 8 и радиус 15 мм.

#### 16.4. Выполнение основного комплекта конструкторских документов изделия

Виды и комплектность конструкторских документов установлены ГОСТ 2.102—68. При этом к конструкторским документам относят графические и текстовые документы, которые в отдельно-

сти или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Конструкторские документы подразделяют на следующие виды:

чертежи детали (1) — сборочный, в том числе для выполнения гидромонтажных и пневмомонтажных работ (2); общего вида (3); теоретический, определяющий геометрические размеры изделия и координаты расположения составных частей (4); габаритный (5); электромонтажный (6); монтажный, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения (7); упаковочный;

схема — документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними;

спецификация — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта;

ведомости спецификаций (1), ссылочных документов (2), покупных изделий (3), согласования применяемости покупных изделий (4), держателей подлинников, т. е. тех предприятий, на которых хранятся подлинники документов, примененных в данном изделии (5), технического предложения (6), эскизного проекта (7), технического проекта (8);

пояснительная записка, содержащая описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений;

технические условия, содержащие требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые целесообразно указывать в других документах);

программа и методика испытаний, а также другие документы (таблицы, расчеты, эксплуатационные и ремонтные документы, патентный формуляр, карта технического уровня и качества изделия, инструкция).

В зависимости от стадии разработки изделия документы подразделяются на проектные (техническое предложение, эскизный проект и технический проект) и рабочие (рабочая документация). В проектной документации обязательными документами являются:

на этапе технического предложения — ведомость технического предложения и пояснительная записка;

на этапе эскизного проекта — ведомость эскизного проекта и пояснительная записка;

на этапе технического проекта — чертеж общего вида, ведомость технического проекта и пояснительная записка.

На этих этапах не разрабатывают сборочные, монтажные и упаковочные чертежи, спецификации, ведомости спецификаций, ссылочных документов и держателей подлинников, эксплуатационные и ремонтные документы. Остальные документы могут разрабатываться в зависимости от характера, назначения и условий производства. Чертежи деталей могут разрабатываться на этапе технического проекта.

При определении комплексности конструкторских документов различают:

основной конструкторский документ (для деталей это чертеж детали, для сборочных единиц, комплексов и комплектов — это их спецификация);

основной комплект конструкторских документов;

полный комплект конструкторских документов.

Основной комплект конструкторских документов изделия объединяет конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию (составленный на все данное изделие в целом), например сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия, эксплуатационная документация. Конструкторские документы составных частей (деталей, входящих в изделие сборочных единиц) в основной комплект документов изделия не входят.

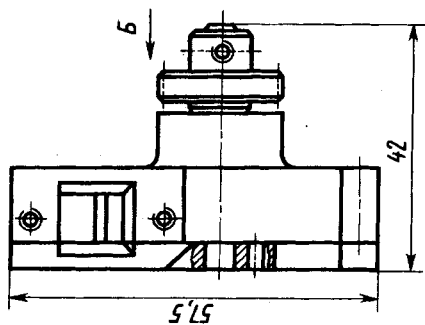
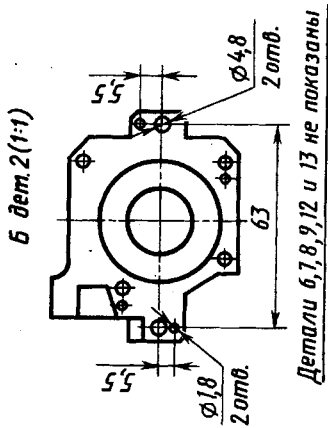
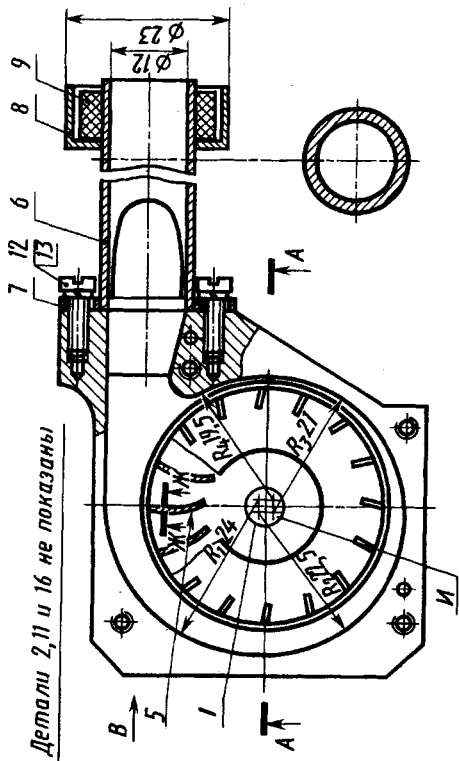
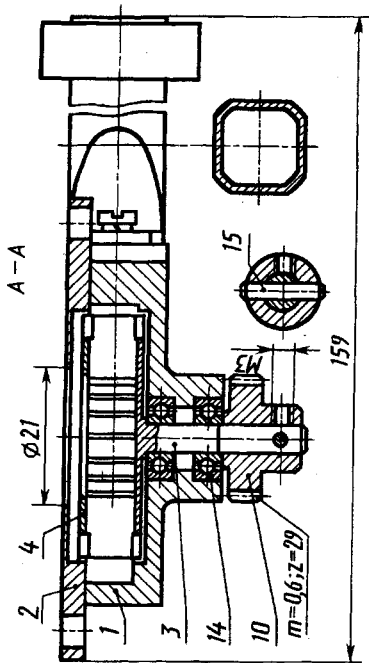
Полный комплект конструкторских документов изделия составляют (в общем случае) из следующих документов:

основного комплекта конструкторских документов на данное изделие;

основных комплектов конструкторских документов на все составные части данного изделия, примененные по своим основным конструкторским документам.

Пример полного комплекта конструкторских документов комплекса приведен на рисунке 16.16. Основной конструкторский документ изделия показан в овале. Документы основного комплекта показаны в прямоугольниках (в примере на рис. 16.16 показана часть таких документов). Документы, обведенные в двойные рамки, предусматриваются только для изделий, предназначенных для самостоятельной поставки. Число ступеней входимости для комплексов, сборочных единиц и комплектов,









а также число входящих комплексов, сборочных единиц, комплектов и деталей на ограничивается.

Рассмотрим выполнение сборочных чертежей и основного комплекта конструкторской документации на примере специального вентилятора.

Чертеж общего вида вентилятора (проектная документация технического проекта) приведен на рисунке 16.17, таблица составных частей для удобства чтения оформлена отдельно на рисунке 16.18. Воздух в корпус 1 вентилятора поступает через отверстие диаметром 21 мм в крышке 2 и выдувается через трубку 6 с выходным диаметром 12 мм. Поток воздуха создается крыльчаткой 3, вращающейся в двух радиально-упорных шарикоподшипниках 14, закрепленных в корпусе 1. От внешнего привода крыльчатка вращается через зубчатое колесо 10, закрепленное на оси ступицы 3 крыльчатки штифтом 15. При установке вентилятора его крепят через два отверстия диаметром 4,8 мм в выступах крышки 2 и через два отверстия  $\varnothing 1,8$  — под штифты. Прокладка 9 из губчатой резины обеспечивает герметизацию соединения трубки с воздухопроводом.

Основной комплект конструкторской документации на вентилятор должен содержать как минимум сборочный чертеж вентилятора (рис. 16.19) и его спецификацию (рис. 16.20).

Из сравнения чертежей общего вида (см. рис. 16.17) и сборочного (рис. 16.19) видно их существенное различие. На сборочном чертеже: меньшее число изображений (два) вентилятора; вместо горизонтального разреза  $A-A$  выполнен профильный разрез  $A-A$ , что позволило сделать чертеж более компактным; нет изображений отдельных деталей, их элементов и некоторых соединений, форма которых не выявляется на изображениях вентилятора; другое расположение позиций; нет таблицы составных частей.

Сборочный чертеж крыльчатки приведен на рисунке 16.21, спецификация — на рисунке 16.22 (трубки — на рисунках 16.23, 16.24). Из сравнения сборочных чертежей с чертежом общего вида (см. рис. 16.17) видно их различие. На чертеже крыльчатки нет подробного изображения формы лопасти, введены требования на допускаемые отклонения расположения относительно оси ступицы (поверхности  $B$ ): радиального биения лопастей — не более  $0,1$ , торцевого биения диска ступицы и диска 2 — не более  $0,12$  мм, требования зачистить наплывы припоя.

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примечание
				<u>Сборочные единицы</u>		
		3	237.420.100	Крыльчатка	1	
		6	237.420.200	Трубка	1	
				<u>Детали</u>		
		1	237.420.001	Корпус	1	Сплав Д16
		2	237.420.002	Крышка	1	Сплав Д16
		3	237.420.101	Ступица	1	Сталь Х18Н9Т
		4	237.420.102	Диск	1	Сталь Х18Н9Т
		5	237.420.103	Лопасть	16	— " —
		6	237.420.201	Трубка	1	Медь МЗ
		7	237.420.202	Планка	1	Сталь 20
		8	237.420.203	Кольцо	1	Сталь 20
		9	237.420.204	Прокладка	1	Резина губчатая
		10	237.420.003	Колесо зубчатое	1	Сталь 9Х18
				<u>Стандартные изделия</u>		
		11		Винт М3×8 ГОСТ17475-80	4	
		12		Винт М3×8 ГОСТ1491-80	2	
		13		Шайба пруж.3 ГОСТ6402-70	2	
		14		Подшипник 7000095 ГОСТ 8338 - 75	2	
		15		Штифт кан. 1,6×12 ГОСТ3129-70	1	
		16		Штифт цил. 2×10 ГОСТ3128-70	2	
				<u>Материалы</u>		
		17		Клей ЛН		
		18		Припой Л-63		

Рис. 16.18

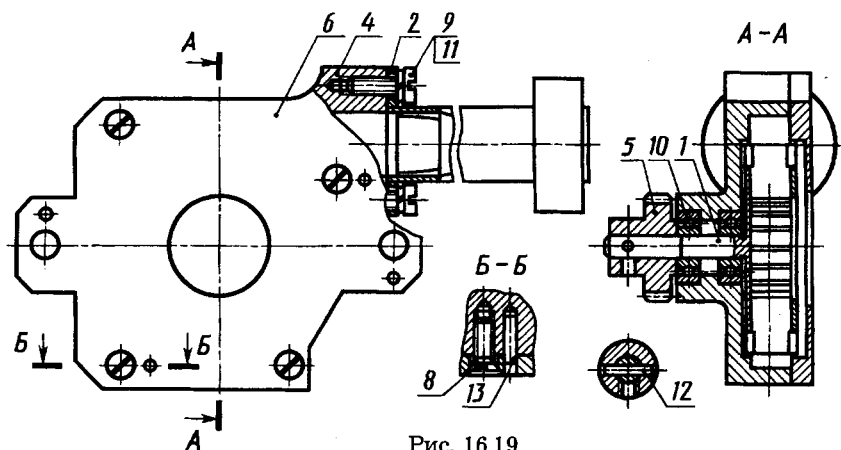


Рис. 16.19

6 6 8		70		63		10		22		5			
Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
8 mm 15				<u>Документация</u>									
				Технические условия									
				<u>Сборочные единицы</u>									
			1	XXX.XXX.XXX	Крыльчатка	1							
			2	XXX.XXX.XXX	Трубка	1							
					<u>Детали</u>								
			4	XXX.XXX.XXX	Корпус	1							
			5	XXX.XXX.XXX	Колесо зубчатое	1							
			6	XXX.XXX.XXX	Крышка	1							
					<u>Стандартные изделия</u>								
			8		Винт М3×8 ГОСТ 17475-80	4							
			9		Винт М3×8 ГОСТ 1497-80	2							
			10		Полшпильник 1000095 ГОСТ 8336-75	2							
		11		Шайба пруж. 3 ГОСТ 6402-70	2								
		12		Штифт кан. 7.6×72 ГОСТ 3129-70	1								
		13		Штифт цил. 2×10 ГОСТ 3128-70	2								

Рис. 16.20

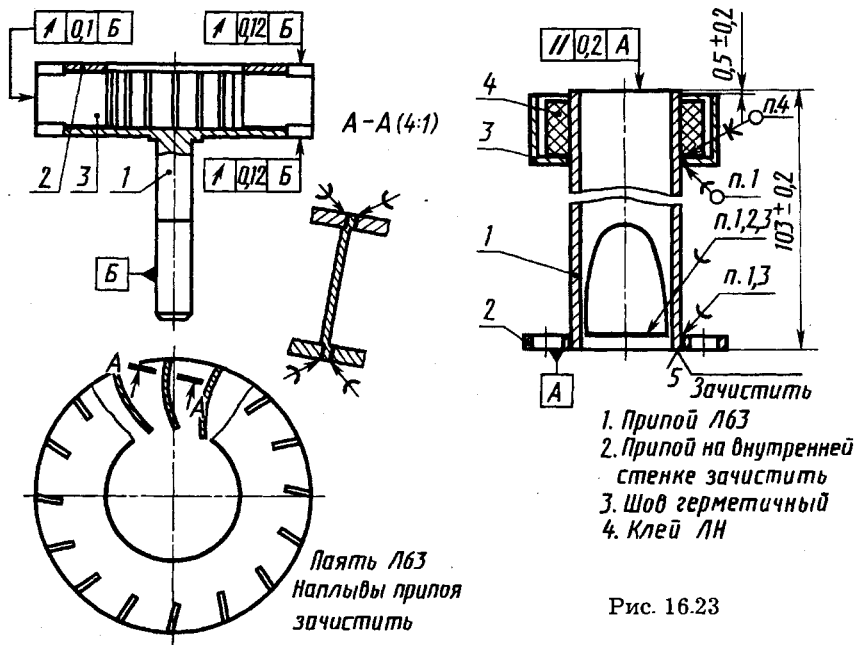


Рис. 16.23

Рис. 16.21

				<i>Детали</i>	
	1			<i>Ступица</i>	1
	2			<i>Диск</i>	1
	3			<i>Лопасть</i>	16
				<i>Крыльчатка</i>	

Рис. 16.22

				<i>Детали</i>	
		1		<i>Трубка</i>	1
		2		<i>Планка</i>	1
		3		<i>Кольцо</i>	1
		4		<i>Прокладка</i>	1

	<i>Трубка</i>		

Рис. 16.24

На сборочном чертеже трубки (рис. 16.23) в отличие от чертежа общего вида нет изображений формы сечения трубки в различных участках, формы планки, указаны размеры с допускаемыми отклонениями  $103 \pm 0,2$  и  $0,5 \pm 0,2$ , допускаемые отклонения параллельности  $0,2$  торца трубки к плоскости  $A$  планки и технические требования.



1. Что называют детализацией?
2. В каком масштабе выполняют чертежи деталей при детализации?
3. Какие виды конструкторских документов входят в основной комплект конструкторских документов изделия?
4. На какие основные стадии подразделяют разработку документации на изделие?

## СХЕМЫ

### 17.1. Виды и типы схем, общие требования к выполнению

*Схема* — графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними (ГОСТ 2.102—68).

Схемы используют при проектировании, для изучения принципов работы, для изготовления, регулировки, контроля и ремонта изделий.

Правила выполнения и оформления схем стандартизованы и изложены в седьмой группе стандартов ЕСКД, например ГОСТ 2.701—84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению».

При выполнении схем используют следующие термины:

*Элемент схемы* — составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (резистор, трансформатор, насос, зубчатое колесо и т. п.).

*Устройство* — совокупность элементов, представляющих единую конструкцию (блок, плата, шкаф, механизм). Устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

*Функциональная группа* — совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

*Функциональная часть* — элемент, устройство, функциональная группа.

*Функциональная цепь* — линия, канал, тракт определенного функционального назначения (канал звука, видеоканал и т. п.).

*Линия взаимосвязи (или связи)* — отрезок линии, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия.

*Установка* — условное наименование объекта в энергетических сооружениях, на который выпускается схема, например главные цепи.

Схемы подразделяют на виды и типы.

**Виды схем.** В зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, схемы подразделяют на следующие виды, которые обозначают буквами: электрическая — Э; гидравлическая — Г; пневматическая — П; кинематическая — К; оптическая — Л; вакуумная — В; газовая — Х; автоматизации — А; комбинированная — С.

Для изделия, в состав которого входят элементы разных видов, разрабатывают несколько схем соответствующих видов одного типа (например, схема электрическая принципиальная и схема гидравлическая принципиальная) или одну комбинированную схему, содержащую элементы и связи разных видов.

Наименование комбинированной схемы определяется соответствующими видами и типом (например, схема электрогидравлическая принципиальная).

**Типы схем.** В зависимости от основного назначения схемы подразделяются на следующие типы, которые обозначают цифрами: структурные — 1; функциональные — 2; принципиальные (полные) — 3; соединений (монтажные) — 4; подключения — 5; общие — 6; расположения — 7; прочие — 8; объединенные — 0. Например, схема гидравлическая принципиальная — ГЗ, схема электрическая соединений — Э4.

*Структурная схема* определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Ее разрабатывают при проектировании изделий на стадиях, которые предшествуют разработке схем других типов. При эксплуатации структурную схему используют для общего ознакомления с изделием. В качестве примера на рисунке 17.1 приведена структурная схема цифровой электронной вычислительной машины.

*Функциональная схема* разъясняет определенные процессы, протекающие в отдельных цепях изделия или в изделии в целом. Ею пользуются для изучения принципов работы изделия, а также при наладке, регулировке, контроле и ремонте.

*Принципиальная (полная) схема* определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия. Она служит основанием для разработки других конструкторских документов, например схем соединений (монтажных) и чертежей. Принципиальными схе-

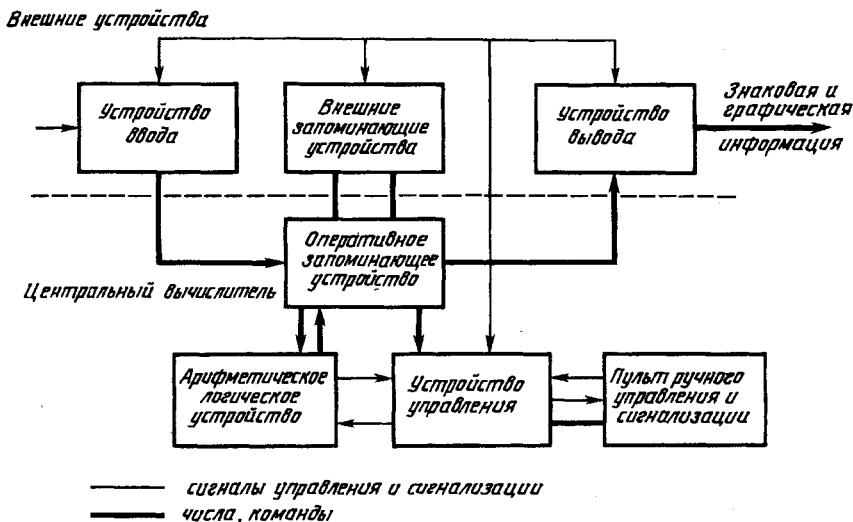


Рис. 17.1

мами пользуются для изучения принципов работы изделия, а также при их наладке, контроле и ремонте.

*Схема соединений* (монтажная) показывает соединения составных частей изделия и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места присоединения и ввода. Ею пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов в изделии, а также для осуществления присоединений и при контроле, ремонте и эксплуатации изделий.

*Схема подключения* показывает внешние подключения изделия. Ею пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

*Общая схема* определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Ею пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации.

*Схема расположения* определяет относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости также проводов, жгутов, кабелей, трубопроводов и т. п. Ее используют при разработке других конструкторских документов, а также при изготовлении и эксплуатации изделий.



**Общие требования к выполнению схем.** *Комплексность (номенклатура) схем.* Номенклатура схем на изделие определяется разработчиком в зависимости от особенностей изделия. При этом количество типов схем на изделие определяют минимальным, но в совокупности они должны содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия.

*Форматы.* Форматы листов схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 2.301—68, при этом основные форматы являются предпочтительными.

Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования ею.

*Построение схемы.* Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделий либо не учитывается вовсе, либо учитывается приближенно. Допускается располагать условные графические обозначения элементов на схеме в том же порядке, в котором они расположены в изделии, при условии, что это не затруднит чтение схемы.

Графические обозначения элементов и соединяющие их линии связи располагают на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей.

Линии связи выполняют как горизонтальные и вертикальные отрезки при наименьшем количестве изломов и взаимных пересечений. В отдельных случаях можно применять наклонные отрезки линий связи, длины которых по возможности ограничивают.

Расстояние между соседними параллельными линиями связи — не менее 3 мм. Линии связи показывают, как правило, полностью. Можно обрывать линии связи, если они затрудняют чтение чертежа. Обрывы линий связи заканчивают стрелками. Около стрелок указывают места подключения и необходимые характеристики цепей (например, полярность, потенциал и т. д.). Линии связи, переходящие с одного листа на другой, обрывают за пределами изображения схемы. Рядом с местом обрыва линии указывают обозначение или наименование, присвоенное этой линии (например, номер провода, наименование сигнала или его сокращенное обозначение), и в круглых скобках номер листа схемы (при выполнении схемы на нескольких листах) или обозначение документа (при выполне-

нии схем самостоятельными документами), на который переходит линия связи.

Если на схеме таких обозначений нет, то места обрыва условно обозначают буквами, цифрами или буквами и цифрами. Элементы, составляющие устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему, выделяют на принципиальной схеме сплошной линией, равной по толщине линии связи.

Элементы, составляющие функциональную группу или устройство, можно выделять на схеме штрихпунктирными линиями, указывая при этом наименование. Так, на структурной схеме цифровой ЭВМ (см. рис. 17.1) штрихпунктирной линией выделены внешние устройства. Толщину штрихпунктирной линии принимают равной толщине линии связи.

На схеме одного вида можно изображать отдельные элементы схем другого вида, непосредственно влияющие на работу схемы этого вида. Можно также изображать элементы и устройства, не входящие в изделие, на которое составляется схема, но необходимые для разъяснения принципов его работы. Графические обозначения таких элементов и устройств отделяют на схеме штрихпунктирными линиями и помещают надписи, указывая в них местонахождение этих элементов, а также необходимые данные. При этом устанавливают однозначную связь, которая обеспечила бы возможность поиска одних и тех же элементов, изображенных на схемах разных видов.

Схему можно выполнять в пределах условного контура, упрощенно изображающего конструкцию изделия. В этих случаях условные контуры выполняют сплошными тонкими линиями.

**Графические обозначения.** При выполнении схем применяют следующие графические обозначения:

условные графические обозначения, установленные стандартами ЕСКД, а также построенные на их основе (их примеры — прил. П6—П9);

упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические);

прямоугольники.

При необходимости применяют нестандартизованные графические обозначения. При применении нестандартизованных обозначений и упрощенных внешних очертаний на схемах приводят соответствующие пояснения.

*Условные графические обозначения элементов* изображают в размерах, установленных в стандартах на условные графические обозначения. Если размеры условных графических обозначений

ний не установлены, то их изображают на схемах в размерах, в которых они выполнены в соответствующих стандартах на условные графические обозначения.

Можно все обозначения пропорционально уменьшать, при этом расстояние (просвет) между двумя соседними линиями условного графического обозначения должно быть не менее 1 мм. Допускается размеры графических обозначений увеличивать при вписывании в них поясняющих знаков.

Условные графические обозначения элементов, используемых как составные части обозначений других элементов, можно изображать уменьшенными по сравнению с остальными элементами (например, резистор в ромбической антенне).

Графические обозначения выполняют линиями той же толщины, что и линии связи. Если в условных графических обозначениях имеются утолщенные линии, то их выполняют толще линии связи в два раза.

Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный  $90^\circ$ , если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Их можно повертывать и на угол, кратный  $45^\circ$ , или изображать зеркально повернутыми. Если при повороте или зеркальном изображении условных графических обозначений может нарушиться смысл или удобство чтения обозначений, то такие обозначения изображают в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах.

Условные графические обозначения, содержащие буквенные, цифровые или буквенно-цифровые обозначения, можно повертывать против часовой стрелки на угол  $90^\circ$  или  $45^\circ$ .

Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линий — от 0,3 до 0,4 мм. На одной схеме рекомендуется применять не более трех размеров линий по толщине.

**Дополнительная информация на схемах.** На схемах допускается помещать различные технические данные, характер которых определяется назначением схемы. Такие сведения указывают либо около графических обозначений (по возможности справа или сверху), либо на свободном поле схемы (по возможности над основной надписью). Около графических обозначений элементов и устройств указывают, например,

номинальные значения их параметров, а на свободном поле схемы — диаграммы, таблицы, текстовые указания и т. п.

**Обозначение схемы.** Схеме присваивают обозначение того изделия, для которого она разработана. После этого обозначения записывают шифр схемы. Наименование схемы указывают в основной надписи после наименования изделия.

## 17.2. Кинематические схемы

Кинематические схемы в зависимости от основного назначения подразделяют на следующие типы: принципиальная, структурная, функциональная.

Кинематические схемы выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.701—84 и ГОСТ 2.703—68.

**Правила выполнения принципиальной кинематической схемы.** На принципиальной кинематической схеме изделия представляют всю совокупность кинематических элементов и их соединений, предназначенных для осуществления, регулирования, управления и контроля заданных движений исполнительных органов. На схеме отражают кинематические связи (механические и немеханические), предусмотренные внутри исполнительных органов, между отдельными парами, цепями и группами, а также связи с источником движения.

Пользуясь некоторыми условными графическими обозначениями, приведенными в прил. 7, прочитаем приводимые ниже схемы.

В качестве примера на рисунке 17.2 представлено аксонометрическое изображение принципиальной кинематической схемы механизма настройки радиоприемника. От ручки настройки 1 вращение через зубчатые колеса 2—3 передается на реечное колесо 4, которое перемещает рейку 5, представляющую собой цилиндр с нарезанными зубьями. Совместно с рейкой будет перемещаться исполнительное устройство, которое соединено с приливом 1 рейки. Настройка механизма производится указателем 6 по шкале 7.

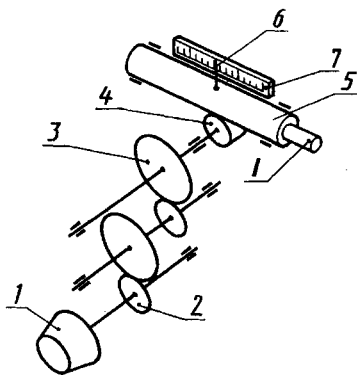


Рис. 17.2

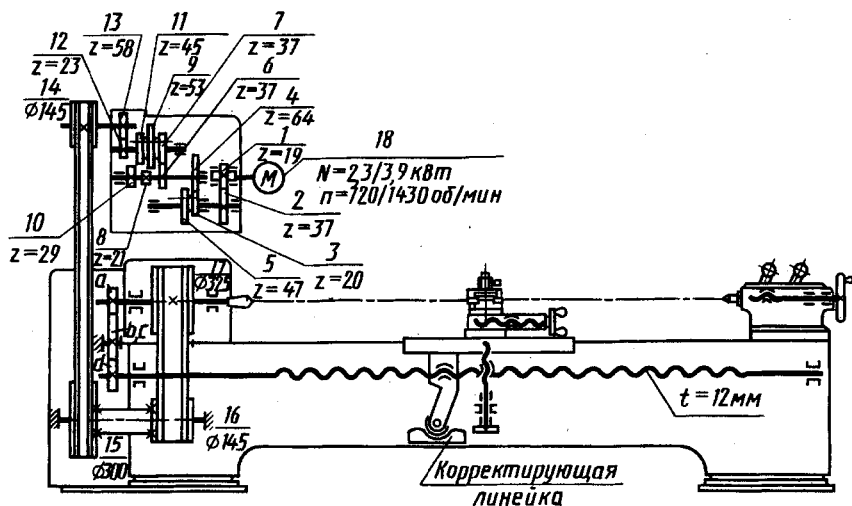


Рис. 17.3

Принципиальная кинематическая схема токарно-винторезного (резьбонарезного) станка повышенной точности приведена на рисунке 17.3

Вращение шпинделя осуществляется от двухскоростного электродвигателя 18 (число оборотов в минуту 720 или 1430) через коробку скоростей с зубчатыми колесами 1—13 и две клиноремённые передачи 14—15 и 16—17. Коробка скоростей позволяет получить шесть скоростей шпинделя при прямом, а также при обратном вращении электродвигателя. Настройка этой цепи осуществляется двумя переставными блоками зубчатых колес коробки передач: блоком с колесами 3, 5 и блоком с колесами 7, 9, 11. При зацеплении колес 3—4 или 5—6 вал с неподвижно закрепленными колесами 6, 8, 10 может вращаться с двумя скоростями. При зацеплении зубчатых колес 6—7, или 8—9, или 10—11 зубчатые колеса 12—13 и шкив 14 получают шесть скоростей вращения.

Продольное перемещение суппорта с режущим инструментом осуществляется от шпинделя через сменные шестерни  $a$ — $b$ ,  $c$ — $d$  и ходовой винт. Настройка этой цепи производится по формуле:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{p}{12},$$

где  $p$  — шаг нарезаемой резьбы.

Корректирующая линейка с криволинейным профилем компенсирует погрешности шага ходового винта путем дополнительного поворота маточной гайки.

Принципиальную кинематическую схему изделия вычерчивают, как правило, в виде развертки. Так выполнена и схема коробки передач с зубчатыми колесами 1—13 на рисунке 17.3. Допускается кинематические схемы вписывать в контур изображения изделия (см. рис. 17.3), а также вычерчивать их в аксонометрических проекциях (см. рис. 17.2).

Если валы и оси при изображении на схеме пересекаются, то линии, изображающие их, в местах пересечения не разрывают. Если на схеме валы и оси закрыты другими элементами или частями механизма, то их изображают как невидимые.

На принципиальных кинематических схемах изображают:

валы, оси, стержни, шатуны, кривошипы и т. п. — сплошными основными линиями толщиной  $s$ ;

элементы, изображенные упрощенно внешними очертаниями, зубчатые колеса, червяки, звездочки, шкивы, кулачки и т. п. — сплошными линиями толщиной  $s/2$ ;

контур изделия, в который вписана схема, — сплошными тонкими линиями толщиной  $s/3$ ;

кинематические связи между сопряженными звеньями пары (вычерченными отдельно) — штриховыми линиями толщиной  $s/2$ ;

кинематические связи между элементами или между ними и источником движения через немеханические (энергетические) участки — двойными штриховыми линиями толщиной  $s/2$ ;

расчетные связи между элементами — тройными штриховыми линиями толщиной  $s/2$ .

На принципиальной кинематической схеме изделия указывают:

а) наименование каждой кинематической группы элементов, учитывая ее основное функциональное назначение (например, коробка скоростей, корректирующая линейка — см. рис. 17.3), которое наносят на полке линии-выноски, проведенной от соответствующей группы;

б) основные характеристики и параметры кинематических элементов, определяющие исполнительные движения рабочих органов изделия или его составных частей. Так, на рисунке 17.3 указаны характеристики электродвигателя (мощность,

число оборотов), число зубьев зубчатых колес, величина хода ходового винта, диаметры шкивов клиноременных передач.

Каждому кинематическому элементу, изображенному на схеме, присваивают порядковый номер, начиная от источника движения, или буквенно-цифровые позиционные обозначения. Рекомендуется использовать следующие буквенные коды наиболее распространенных групп элементов: А — механизмы (общее обозначение); В — валы; С — элементы кулачковых механизмов (кулачок, толкатель); Е — разные элементы; Н — элементы механизмов с гибкими звеньями (цепь, ремень); К — элементы рычажных механизмов; М — источник движения (см. рис. 17.3, поз. 18); Р — элементы мальтийских и храповых механизмов; Т — элементы зубчатых и фрикционных механизмов; Х — муфты, тормоза. Валы допускается нумеровать римскими цифрами, остальные элементы нумеруют только арабскими цифрами.

Порядковый номер элемента проставляют на полке линии-выноски. Под полкой линии-выноски указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента.

Сменные кинематические элементы групп настройки обозначают на схеме строчными буквами латинского алфавита (см. сменные шестерни *a*, *b*, *c*, *d* на рис. 17.3) и указывают в таблице характеристики для всего набора сменных элементов.

**Правила выполнения структурной кинематической схемы.** На структурной кинематической схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства) и основные взаимосвязи между ними. Структурные кинематические схемы изделия представляют либо графическим изображением с применением простых геометрических фигур, либо аналитической записью, допускающей применение ЭВМ. На структурной схеме указывают наименование каждой функциональной части изделия, если для ее обозначения применена простая геометрическая фигура. При этом наименования, как правило, вписывают внутрь этой фигуры.

**Правила выполнения функциональной кинематической схемы.** На функциональной кинематической схеме изображают функциональные части изделия, участвующие в процессе, иллюстрируемом схемой, и связи между этими частями. Функциональные части изображают простыми геометрическими фигурами и указывают наименования всех изображенных функциональных частей. Для наиболее наглядного представления

процессов, иллюстрируемых функциональной схемой, обозначения функциональных частей располагают в последовательности их функциональной связи.

### 17.3. Электрические схемы

Правила выполнения электрических схем установлены в ГОСТ 2.702—75, виды и типы схем и общие требования к их выполнению — по ГОСТ 2.701—84.

**Правила выполнения структурной электрической схемы.** На структурной электрической схеме функциональные части изображают в виде прямоугольников или условных графических обозначений (см. прил. П6 и П8). При изображении функциональной части в виде прямоугольника ее наименование, обозначение и тип рекомендуется вписывать внутрь прямоугольника. На линиях взаимосвязи рекомендуется стрелками обозначать направление хода процессов, происходящих в изделии.

Пример электрической структурной схемы телевизора приведен на рисунке 17.4. Прочитаем ее. Сигналы несущей изображения с частотой 49,75 МГц и сигналы несущей звука с частотой 56,25 МГц принимаются антенной, поступают в усилитель высокой частоты УВЧ и из него в смеситель, в который подаются также сигналы гетеродина. Из смесителя сигналы поступают в усилитель промежуточной частоты (УПЧ) звукового канала и в УПЧ канала изображения. В звуковом канале звуковой сигнал усиливается усилителем промежуточной частоты (УПЧ) на частоте 27,75 МГц, детектируется и преобразуется в сигнал низкой частоты с полосой 20...10 000 Гц, усиливается в усилителе низкой частоты (УНЧ) и поступает на динамик. В канале изображения сигнал усиливается в УПЧ в полосе частот 29,5—34,25 МГц, детектируется видеодетектором, превращается в видеосигнал с полоской 0...4,75 МГц и поступает в видеоусилитель. Сигналы с видеоусилителя поступают на кинескоп в цепи синхронизации разверток электронного луча по строкам и по кадрам через селектор синхронизации импульсов. Выходя из селектора синхронизации импульсов, сигналы имеют прямоугольную форму импульса и частоту 15 625 Гц (частота развертки по строкам) и 50 Гц (частота развертки по кадрам). Импульсы пилообразной формы с указанными частотами поступают в обмотки отклоняющей системы кинескопа. Кроме того, сигнал развертки по строкам поступает на



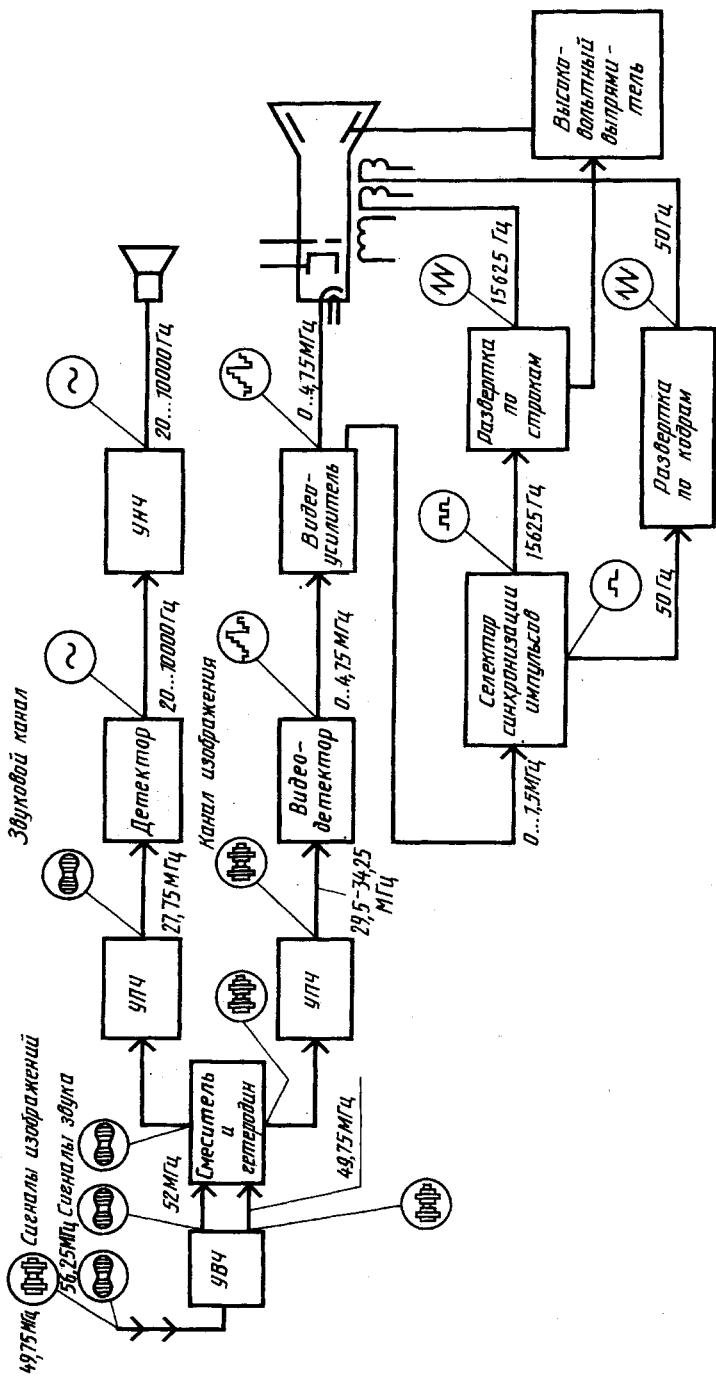


Рис. 17.4

высоковольтный выпрямитель и от него — на анод кинескопа. На схеме в виде прямоугольников изображены 12 функциональных частей, в виде условных графических обозначений — 2 части (динамик и кинескоп). Направления прохождения сигналов обозначены стрелками. Указаны также формы электрических импульсов сигналов.

#### **Правила выполнения функциональной электрической схемы.**

На функциональной электрической схеме функциональные части изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД. Отдельные функциональные части допускается изображать в виде прямоугольников. На функциональной электрической схеме указывают:

для каждой функциональной группы — обозначение, присвоенное ей на принципиальной схеме, и ее наименование;

для каждого устройства, изображенного в виде прямоугольника, позиционное обозначение, присвоенное на принципиальной схеме, его наименование, тип и обозначение документа, на основании которого он применен;

для каждого устройства, изображенного в виде условного графического обозначения, — позиционное обозначение, присвоенное на принципиальной схеме, его тип и обозначение документа, на основании которого он применен;

для каждого элемента — позиционное обозначение, присвоенное на принципиальной схеме, его тип и обозначение документа, на основании которого он применен.

На функциональной схеме помещают поясняющие надписи, диаграммы или таблицы, определяющие последовательность процессов во времени, а также указывают параметры в характерных точках (величины токов, напряжений, формы и величины импульсов, математические зависимости и т. д.).

#### **Правила выполнения принципиальных электрических схем.**

На принципиальной электрической схеме изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (разъемы, зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. Схемы вычерчивают для изделий, находящихся в отключенном положении.

Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД. Элементы и устройства изображают на принципиальных схемах

совмещенным или разнесенным способом. При совмещенном способе составные части элементов изображают на схеме совместно, т. е. в непосредственной близости друг от друга. При разнесенном способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают в разных местах на схеме таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были изображены наиболее наглядно.

Схемы выполняют в однолинейном или многолинейном изображении. При многолинейном изображении (рис. 17.5, а) каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы, содержащиеся в указанных цепях, отдельными условными графическими обозначениями. При однолинейном изображении (рис. 17.5, б) все цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а одинаковые элементы, содержащиеся в цепях, — одним условным графическим обозначением.

Каждый элемент, входящий в изделие и изображенный на схеме, обозначают в соответствии с ГОСТ 2.710—81. Позиционные обозначения присваивают элементам в пределах изделия. Порядковые номера элементам присваивают, начиная с единицы, в пределах группы элементов, которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например:  $R1, R2, R3$  и т. д.,  $C1, C2, C3$  и т. д. Порядковые номера присваивают в соответствии с последовательностью элементов на схеме сверху вниз в направлении слева направо.

Данные об элементах записывают в перечень элементов. При этом связь перечня с условными графическими изображениями осуществляется через позиционные обозначения. Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде последующих листов. Перечень элементов оформляют в виде таблицы, заполняемой сверху вниз. Если его помещают на первом листе схемы, то располагают его, как правило, над основной надписью. Между основной надписью и нижней границей перечня оставляют расстояние не менее 12 мм. При отсутствии места для продления

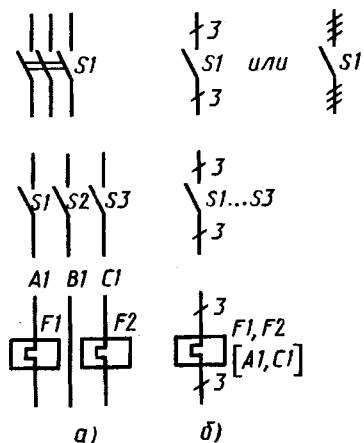


Рис. 17.5

граф перечня элементов над основной надписью продолжение перечня помещают слева от нее.

Если выводы элемента закодированы в его конструкции, то эту маркировку повторяют на схеме.

При оформлении принципиальных схем изделий, в состав которых входят устройства, имеющие самостоятельные принципиальные схемы, каждое такое устройство рассматривают как элемент схемы изделия, присваивают ему позиционное обозначение и записывают в перечень элементов одной позицией. В этом случае на схеме изделия устройство, имеющее самостоятельную схему, изображают в виде прямоугольника или условного графического обозначения. Внутри прямоугольника помещают таблицы с характеристиками входных и выходных цепей, а в схемах при большом числе связей — и адреса внешних подключений. Таблицы внутри прямоугольника помещают взамен условных графических обозначений входных (выходных) элементов: разъемов, плат и т. д. Каждой таблице присваивают позиционное обозначение элемента, взамен условного графического обозначения которого она помещена.

При выполнении принципиальной схемы на нескольких листах, помещая на каждом листе одну или несколько функциональных цепей, соблюдают следующие требования: а) при присвоении элементам позиционных обозначений соблюдают сквозную нумерацию в пределах изделия; б) перечень элементов выполняют общим.

При разработке на одно изделие нескольких самостоятельных принципиальных схем, помещая на каждой схеме одну или несколько функциональных цепей, выполняют следующие требования: а) соблюдают сквозную нумерацию элементов в пределах изделия; б) в каждой схеме приводят перечень только тех элементов, позиционные обозначения которым присвоены на этой схеме.

В качестве примера на рисунке 17.6 приведена принципиальная схема электроосвещения кабинета технического черчения и лаборантской, взятая из проекта межшкольного учебно-производственного комбината. В кабинете обеспечивается освещенность 500 лк, в лаборантской 300 лк. Схема выполнена на плане помещений. В ней использованы стандартные графические обозначения светильников с люминесцентными лампами типа ЛПР (21 штука в кабинете) и типа ЛПО 12×40/620 (1 штука) и изображения проводов, условно слитых в одну линию (см. рис. 17.5).

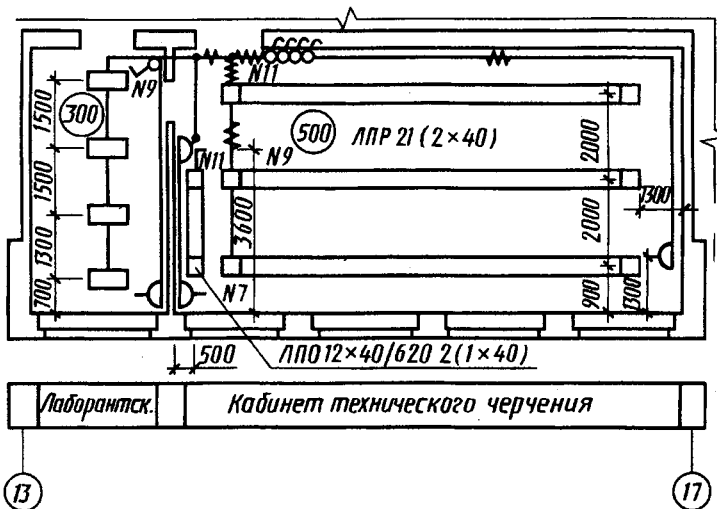


Рис. 17.6

Условными графическими обозначениями, приведенными в проекте, обозначены четырехламповые люминесцентные светильники, включатели и розетки в герметичном исполнении. Количество ламп в одном светильнике и их мощность указаны в скобках после количества светильников. Номера 7, 9 и 11 групп освещения соответствуют номерам автоматов осветительных щитков. Рассматриваемая сеть подключена к щиту освещения 7ЩО. На схеме в кружках указаны строительные оси 13, 17 и исполнительные размеры (соответствующие правила их нанесения будут рассмотрены в главе 19). В пояснениях к проекту электроснабжения указано, что напряжение на лампах общего освещения принято 220 В. Групповые щитки электроосвещения приняты типов ЩО 30. Групповая сеть освещения выполняется проводом марки АППВС. Высота установки над полом, м: выключателей — 1,6; штепсельных розеток — 0,8.

**Правила выполнения схем соединений.** На схеме соединений изображаются все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (разъемы, платы, зажимы и т. п.), а также соединения между этими устройствами и элементами. Устройства и элементы на схеме изображают:

устройства — в виде прямоугольников или внешних очертаний;

элементы — в виде условных графических обозначений, прямоугольников или внешних очертаний.

Входные и выходные элементы изображают в виде условных графических обозначений.

Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному размещению элементов и устройств в изделии. Изображения входных и выходных элементов и выводов внутри графических обозначений и устройств или элементов располагают примерно в соответствии с их действительным размещением в устройстве и элементе.

На схеме около графических обозначений устройств и элементов указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме.

На схеме около условных графических обозначений элементов, требующих пояснения в условиях эксплуатации (например, переключатели, потенциометры и т. п.), помещают соответствующие надписи, знаки или графические обозначения. Надписи, знаки или графические обозначения, предназначенные для нанесения на изделие, на схеме заключают в кавычки.

На схеме указывают обозначения выводов (контактов) элементов (устройств), нанесенные на изделие или установленные в их документации.

При отсутствии принципиальной схемы изделия на схеме соединений присваивают позиционные обозначения устройствам, а также элементам, не вошедшим в принципиальные схемы составных частей изделия, и записывают их в перечень элементов.

Провода, группы проводов, жгуты, кабели показывают на схеме отдельными линиями толщиной от 0,4 до 1 мм. Для упрощения начертания схемы допускается сливать отдельные провода, идущие на схеме в одном направлении, в общую линию. При подходе к контактам каждый провод изображают отдельной линией.

Вводные элементы, через которые проходят провода (группы проводов, жгуты, кабели), изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД или приведенных на рисунке 17.7: 1 — проходной изолятор; 2 — гермоввод; 3 — сальник; *a* — линия, изображающая провод (группу проводов, жгут, кабель).

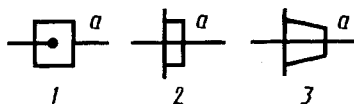


Рис. 17.7

На схеме указывают обозначения вводных элементов, нанесенные на изделие.

Провода, жгуты, кабели, жилы кабелей обозначают порядковыми номерами в пределах изделия. Провода, жгуты и кабели нумеруют отдельно. Жилы кабелей нумеруют в пределах кабеля. Если на принципиальной схеме электрическим цепям присвоены обозначения, то всем проводам и жилам кабелей присваивают эти же обозначения. Номера проводов и жил кабелей на схемах проставляют, как правило, около обоих концов изображений. Номера кабелей проставляют в окружностях, помещенных в разрывах изображений кабелей вблизи мест разветвления жил. Номера жгутов проставляют на полках линий-выносок около мест разветвления проводов. Номера групп проводов проставляют около линий-выносок.

На схеме соединений указывают:

для проводов — марку, сечение и при необходимости расцветку;

для кабелей — марку, количество и сечение жил и при необходимости количество занятых жил. Количество занятых жил указывают в прямоугольнике, помещаемом справа от обозначения данного кабеля. Данные о проводах и кабелях (марки, сечения) указывают около линий, изображающих провода и кабели.

**Правила выполнения схем подключения.** На схеме подключения изображают изделие, его входные и выходные элементы (разъемы, зажимы и т. п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, около которых помещают данные о подключении изделия (характеристика внешних цепей и адреса). Изделие на схеме изображают в виде прямоугольника, а его входные и выходные элементы — в виде условных графических обозначений. Входные и выходные элементы внутри графического обозначения изделия размещают примерно в соответствии с их действительным размещением в изделии. На схеме указывают позиционные обозначения входных и выходных элементов, присвоенные им на принципиальной схеме изделия, а также обозначения, нанесенные на изделие. Провода и кабели на схеме показывают отдельными линиями.

**Правила выполнения общих схем.** На общей схеме изображают устройства и элементы, входящие в комплекс, а также провода, жгуты, кабели, соединяющие эти устройства и элементы. Устройства и элементы на схеме изображают в виде

прямоугольников с расположением, примерно соответствующим их действительному размещению в изделии.

Входные и выходные элементы изображают по правилам, установленным для выполнения схем соединения.

На схеме указывают:

для каждого устройства или элемента, изображенных в виде прямоугольника или внешнего очертания, — их наименование, тип и обозначение документа, на основании которого они применены;

для каждого элемента, изображенного в виде условного графического обозначения, — его тип и обозначение документа.

Обозначения входных, выходных и вводных элементов, нанесенные на изделие, указывают на схеме.

Провода, жгуты и кабели показывают на схеме отдельными линиями и обозначают отдельно порядковыми номерами в пределах изделия. Номера проводов на схеме проставляют около концов изображений. Номера кабелей проставляют в окружностях, помещаемых в разрывах изображений кабелей. Номера жгутов проставляют на полках линий-выносок.

На схеме около изображений проводов, жгутов и кабелей указывают следующие данные:

для проводов — марку, сечение и при необходимости расцветку;

для кабелей — марку, количество и сечение жил;

для проводов, кабелей и жгутов, изготовленных по чертежам, — обозначение основного конструкторского документа.

Перечень проводов, жгутов и кабелей помещают на первом листе схемы, как правило, над основной надписью или выполняют в виде последующих листов. В графах перечня указывают: обозначение провода, жгута или кабеля; обозначение основного конструкторского документа провода, кабеля, жгута, изготовленных по чертежам; данные провода, жгута, кабеля; количество; в графе «Примечание» — данные о кабеле, поставляемом с комплексом или прокладываемом при его монтаже.

**Правила выполнения схем расположения.** На схеме расположения изображают составные части изделия, а при необходимости и связи между ними, конструкцию, помещение или местность, на которых эти составные части будут расположены. Составные части изделия изображают в виде внешних очертаний или условных графических обозначений. Провода, группы проводов, жгуты и кабели изображают в виде отдель-



ных линий или внешних очертаний. Расположение графических обозначений составных частей изделия на схеме должно обеспечивать правильное представление об их действительном размещении в конструкции, помещении, на местности. При выполнении схемы расположения применяют различные способы построения: аксонометрию, план, условную развертку, разрез конструкции и т. п.

На схеме указывают:

для каждого устройства или элемента, изображенных в виде внешнего очертания, — их наименование, тип и обозначение документа, на основании которого они применены;

для каждого элемента, изображенного в виде условного графического обозначения, — его тип и обозначение документа.

Кроме рассмотренных требований к оформлению схем, в стандарте приведены различные допущения, которые позволяют ускорить и упростить выполнение сложных схем.

#### **17.4. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем**

Правила выполнения схем гидравлических и пневматических изделий всех отраслей промышленности установлены ГОСТ 2.704—76.

**Правила выполнения структурной схемы.** На структурной схеме функциональные части изображают в виде прямоугольников или условных графических изображений, линии взаимосвязи — сплошными линиями. На линиях взаимосвязи рекомендуется указывать направление потоков рабочей среды. Наименования, обозначения и технические данные функциональных частей вписывают в прямоугольники.

**Правила выполнения принципиальной схемы.** На принципиальной схеме изображают все гидравлические и пневматические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных гидравлических (пневматических) процессов, и все гидравлические (пневматические) связи между ними.

Все элементы и устройства изображают на схемах, как правило, в исходном положении: пружины — в состоянии предварительного сжатия, электромагниты — обесточенные и т. п. Условные графические обозначения баков под атмосферным давлением и места удаления воздуха из гидросети изображают

на схеме только в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах.

Каждому элементу или устройству, входящему в изделие и изображенному на схеме, присваивают буквенно-цифровое позиционное обозначение, состоящее из буквенного обозначения и порядкового номера, проставленного после буквенного обозначения. Буквенное обозначение представляет собой сокращенное наименование элемента, составленное из его начальных или характерных букв, например: гидробак — *Б*, насос — *Н*, гидроцилиндр (пневмоцилиндр) — *Ц*, клапан предохранительный — *КП* и т. д.

Позиционные обозначения наиболее распространенных элементов приведены в приложении к ГОСТ 2.704—76. При отсутствии обозначений в перечне соответствующие положения приводят на поле схемы. Порядковые номера элементам (устройствам) присваивают, начиная с единиц, в пределах группы элементов (устройств), которым присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например *КП1*, *КП2*, *КП3* и т. д. Буквы и цифры в позиционных обозначениях выполняют одним размером шрифта. Порядковые номера присваивают в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз в направлении слева направо. Позиционные обозначения присваивают в пределах изделия и проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов и устройств с правой стороны или над ними.

На принципиальной схеме однозначно определяют все элементы, входящие в состав изделия и изображенные на схеме. Данные об элементах записывают в перечень элементов, содержащий графы: позиционное обозначение, наименование, количество, примечание. Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

На схеме указывают обозначения выводов (соединений) элементов (устройств), нанесенные на изделие или установленные в их документации. При выполнении принципиальной схемы на нескольких листах выполняют следующие требования:

при присвоении элементам позиционных обозначений соблюдают сквозную нумерацию в пределах изделия (установки);

перечень элементов должен быть общим;

отдельные элементы допускается повторно изображать на других листах схемы, сохраняя позиционные обозначения, присвоенные им на одном из листов схемы.

При сокращении длины линий слива и дренажа баки повторно изображают около соответствующего элемента (рис. 17.8, *а*). При сокращении длины линий нагнетания источник питания не изображают, а около соответствующего элемента или устройства показывают подвод рабочей среды (рис. 17.8, *б*).

Прочитаем гидросхему, приведенную на рисунке 17.8, *в* в качестве примера, пользуясь условными графическими обозначениями, приведенными в прил. 9. Насос *Н* постоянной производительности подает рабочую среду в цилиндр *Ц*, под действием которой поршень со штоком перемещается вправо. При возникновении препятствия движению штока рабочая среда через предохранительный клапан *КП* будет направляться в бак *Б*.

**Правила выполнения схемы соединений.** На схеме соединений изображают все гидравлические и пневматические элементы и устройства, входящие в состав изделия, а также трубопроводы и элементы соединений трубопроводов. Элементы, устройства и соединения трубопроводов изображают в виде упрощенных внешних очертаний. Трубопроводы изображают сплошными основными линиями. Расположение графических обозначений элементов и устройств на схеме должно примерно соответствовать действительному размещению элементов и устройств в изделии. На схеме около графических обозначений элементов и устройств указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме. На схеме указывают обозначения выводов

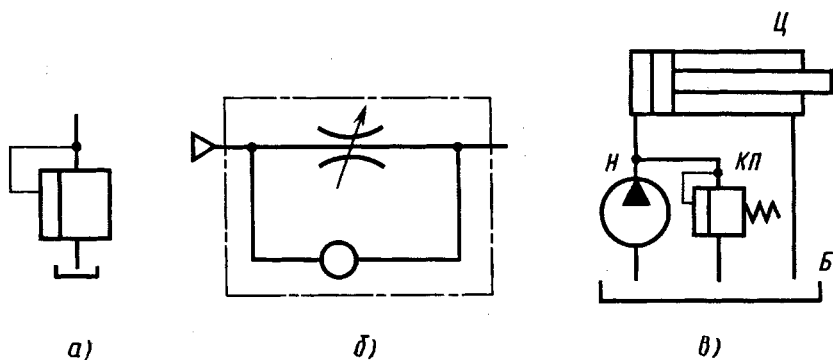


Рис. 17.8

элементов, нанесенные на изделие или установленные в их документации. Трубопроводам присваивают цифровые позиционные обозначения в пределах изделия и проставляют их, как правило, около обоих концов изображений. В перечне элементов для трубопроводов должны быть указаны сортамент и материал труб. Допускается данные о трубопроводах указывать около линий, изображающих трубопроводы.



1. Что называют схемой?
2. Какие виды схем применяют при выполнении чертежей и как их обозначают?
3. На какие типы подразделяют схемы и как их обозначают?
4. Какие графические обозначения применяют при выполнении схем?

*Глава восемнадцатая*  
**ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОГО  
ЧЕРЧЕНИЯ**

**18.1. Система проектной документации  
для строительства и виды строительных  
чертежей**

*Строительными чертежами* называют чертежи и относящиеся к ним текстовые документы, которые содержат изображения здания или его частей, коммуникации и другие данные, необходимые для его возведения, а также для изготовления строительных изделий и конструкций.

По назначению строительные чертежи подразделяются на чертежи строительных изделий и на строительно-монтажные чертежи. По чертежам строительных изделий на специализированных предприятиях строительной индустрии изготавливают отдельные части и детали зданий и сооружений. По строительно-монтажным чертежам на строительной площадке осуществляется монтаж и возведение зданий и сооружений. При разработке строительно-монтажных чертежей учитываются особенности технологии и организации строительно-монтажных работ, строительных механизмов, специализация строительных организаций. Поэтому в дополнение к стандартам ЕСКД разработаны и утверждены государственные стандарты «Система проектной документации для строительства» (СПДС).

Стандартами СПДС, как и стандартами ЕСКД, руководствуются при выполнении и оформлении всех видов проектной документации для строительства.

Система проектной документации для строительства (СПДС) — это установленная государственными стандартами унифицированная система правил выполнения проектной документации для строительства. Стандарты СПДС дополняют государственные стандарты ЕСКД с учетом специфики документации для строительства.

Основное назначение стандартов СПДС заключается в установлении единых правил выполнения, оформления и обращения проектной документации, обеспечивающих:

унификацию состава и оформления проектной документации, исключая дублирование и разработку не требуемых строительству проектных документов;

упрощение форм проектных документов и графических обозначений, снижающих трудоемкость их выполнения;

возможность выполнения проектных документов, используемых в автоматизированной системе управления;

возможность повторного использования проектной документации без ее переоформления;

необходимую взаимосвязь с унифицированными системами документами и Единой системой классификации и кодирования технико-экономической информации.

Документация на строительстве изделия выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и дополнительными требованиями стандартов СПДС.

Стандарты СПДС распределяются по следующим классификационным группам (наименование — код): общие положения — 0; общие правила оформления чертежей и текстовых документов — 1; правила обращения проектной документации — 2; правила выполнения проектной документации по инженерным изысканиям — 3; технологической — 4; архитектурно-строительной — 5; инженерного обеспечения — 6; типовой — 7; машинно-ориентированной, используемой в автоматизированных системах управления, — 8; прочие стандарты — 9.

Обозначения стандартов СПДС, как и стандартов ЕСКД, строятся по классификационному принципу. Номер стандарта составляется из:

двузначного цифрового кода СПДС — число 21;

одной цифры (после точки), обозначающей код классификационной группы, рассмотренной выше;

двузначного числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе;

двух последних цифр (после тире), указывающих год утверждения стандарта.

Например, «ГОСТ 21.602—79. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Рабочие чертежи». Цифра 21 — код СПДС, 6 — код проектной документации по инженерному обеспечению, 02 — порядковый номер стандарта, 79 — год утверждения (1979).

Рабочие чертежи, предназначенные для производства строительно-монтажных работ, объединяют в комплекты по маркам.

Каждому основному комплекту присваивают самостоятельное обозначение, в состав которого включают базовое обозначение и (через дефис) марку основного комплекта. Базовое обозначение присваивают по действующей в проектной организации системе. Марки основных комплектов рекомендуются следующие (наименование — марка): генеральный план — ГП; сооружение транспорта — ТР; технология производств — ТХ; технологические коммуникации — ТК; воздухоснабжение — ВС; автоматизация — А; электроснабжение — ЭС; электрическое освещение — ЭО; силовое электрооборудование — ЭМ; газоснабжение — ГС; наружные сети и сооружения газоснабжения — НГ; тепловые сети — ТС; связь и сигнализация — СС; архитектурные решения — АР; интерьеры — АИ; конструкции железобетонные — КЖ, металлические — КМ, металлические детализованные — КМД, деревянные — КД; архитектурно-строительные решения (при объединении в один комплект чертежей АР, АИ, КЖ, КД) — АС; антикоррозионная защита конструкций — АЗ; отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха — ОВ; внутренние водопровод и канализация — ВК; наружные сети водоснабжения и канализации — НВК.

Состав марок чертежей в проекте конкретного объекта определяется его особенностями. Так, например, в состав типового проекта межшкольного учебно-производственного комбината на 6 групп (180 мест) входят комплекты чертежей марок АС, КМВ (вitraжи), ТО (технологическое оборудование), ОВ, ВК, ЭЛ (электроосвещение и силовое электрооборудование). Чертежи этого типового проекта 224—9—185.83 будут использованы в дальнейшем изложении.

Марка, проставленная на чертеже, состоит из буквенного обозначения и числа, показывающего его порядковый номер. Например, марка АС-6 означает, что данный лист относится к комплекту рабочих чертежей «Архитектурно-строительные решения» и его порядковый номер 6.

На первом (заглавном) листе основного комплекта рабочих чертежей каждой марки приводят следующие общие данные: ведомость рабочих чертежей основного комплекта; ведомость ссылочных и прилагаемых документов; ведомость основных комплектов рабочих чертежей; ведомость спецификаций; условные обозначения и изображения; общие указания; другие данные, предусмотренные соответствующими стандартами СПДС для данной марки чертежей.

## 18.2. Конструктивные элементы зданий, условные обозначения и изображения на строительных чертежах

**Конструктивные элементы зданий.** Конструктивным элементом называют отдельную самостоятельную часть здания или сооружения. Конструктивные элементы здания с несущими стенами указаны на рисунке 18.1.

Фундаментом *1* под стену или отдельную опору (колонну) называют подземную часть здания или опоры, через которую передается нагрузка на грунт. Фундаменты подразделяются на ленточные, которые закладывают сплошными по всему периметру стены, и столбчатые в виде отдельных столбов, перекрываемых железобетонной балкой (рандбалкой), на которую и кладут стены. Фундаменты под отдельные опоры устанавливают в виде отдельных столбов.

Цоколь *3* — нижняя часть наружной стены, которая лежит непосредственно на фундаменте и предохраняет стены от атмосферной влаги и повреждений.

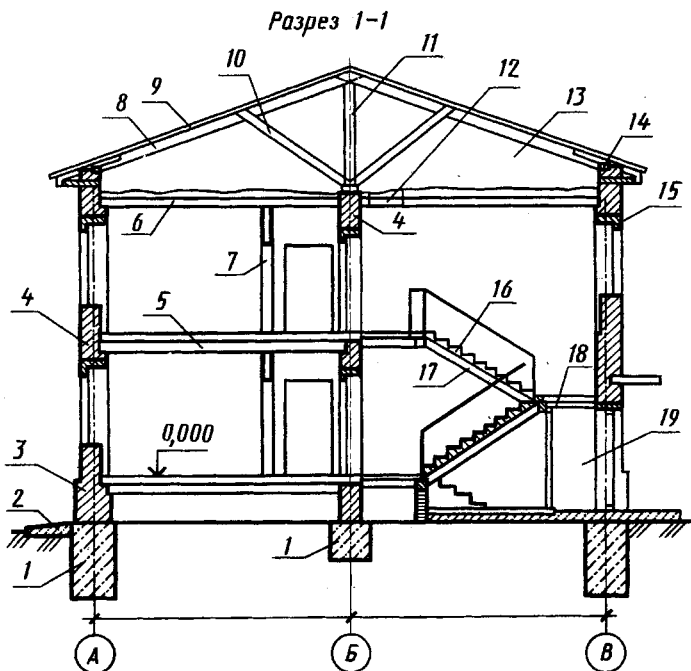


Рис. 18.1



Стены 4 по назначению и расположению в здании разделяют на наружные, которые ограждают помещения от внешней среды и защищают их от атмосферных воздействий, и внутренние, которые отделяют одни помещения от других. Стены бывают несущие, самонесущие и навесные. Несущие стены передают на фундамент нагрузку от собственного веса и от веса перекрытий и крыши. Самонесущие стены передают на фундамент нагрузку только от собственного веса (нагрузка от перекрытий и крыши передается в этом случае на колонны) и ветровую нагрузку. Навесные стены, состоящие из отдельных плит или панелей, крепятся к колоннам (как бы навешиваются на них) и нагрузку от собственного веса передают на колонны.

Перегородки 7 — внутренние ограждающие конструкции, разделяющие смежные помещения в здании.

Отмостка 2 служит для отвода атмосферных вод от стен здания.

Перекрытие — внутренняя горизонтальная конструкция, разделяющая здание по высоте на этажи. Перекрытия бывают надподвальные, междуэтажные 5, чердачные 6, цокольные (между первым этажом и подпольем).

Покрытие — верхняя ограждающая конструкция, отделяющая помещения здания от наружной среды и защищающая их от атмосферных осадков. Эта конструкция иногда совмещает функции потолка и крыши.

Кровля — верхний водоизолирующий слой покрытия или крыши здания. В здании на рисунке 18.1 кровлю закрепляют на обрешетке 9.

Стропила — несущие конструкции кровельного покрытия, которые представляют собой балку, опирающуюся на стены и внутренние опоры — стойки 11 и подкосы 9. В небольших жилых и общественных зданиях применяют так называемые деревянные наслонные стропила 8, основным элементом которых служат стропильные ноги. При небольших пролетах помещений применяют стропильные фермы — плоскую решетчатую конструкцию стержней из дерева, металла или железобетона.

Мауэрлат 14 — деревянные брусья, уложенные на наружные стены здания; на брусья опираются стропильные ноги.

Проем — сквозное отверстие в стене, предназначенное для установки окна, двери, ворот и для других целей, перекрываемое перемычкой 15.

Оконный блок — заполнение оконного проема оконными переплетами с коробкой; дверной блок — заполнение дверного проема дверным полотном с коробкой.

Лестничная клетка — огражденное капитальными стенами помещение лестницы.

Лестничный марш 16 — наклонный элемент лестницы со ступенями (в одном марше должно быть не более 18 ступеней).

Лестничная площадка 18 — горизонтальный элемент лестницы между маршами. Различают основные лестничные площадки на уровнях этажей и промежуточные — для перехода с одного марша на другой.

Косоуры 17 — наклонные железобетонные или стальные балки, опирающиеся на площадки; на эти балки укладывают ступени лестницы.

Помещение 19 за входной дверью называют тамбур.

В зависимости от вида несущего остова различают две основные конструктивные схемы здания: с несущими стенами и каркасную. В зданиях с несущими стенами нагрузку от перекрытий и крыши воспринимают стены (см. рис. 18.1). В каркасных зданиях (см. рис. 18.2) вся нагрузка передается на каркас,

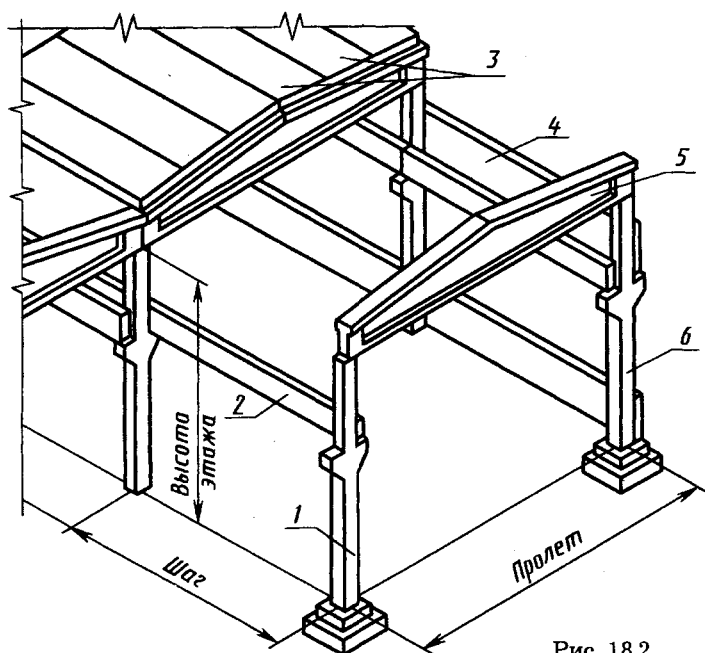


Рис. 18.2

т. е. на систему связанных между собой вертикальных опор — колонн *1, б* и горизонтальных балок *5*, ригелей или прогонов, на которые укладываются плиты перекрытий и покрытия *3*.

По виду и размерам строительных изделий различают здания из мелких блоков и штучных элементов (мелкие стеновые блоки и камни, перемычки проемов и косоуры и т. д.), которые применяют главным образом в малоэтажном строительстве, и здания из крупноразмерных элементов — крупноблочные и крупнопанельные.

В крупноблочных зданиях наружные и внутренние стены состоят из крупных блоков — межоконных и перемычных, которые и воспринимают нагрузку от перекрытий и кровли.

Крупнопанельные здания монтируют из крупноразмерных плит заводского изготовления — панелей, из которых на строительной площадке собирают наружные и внутренние стены, перекрытия, перегородки, лестничные марши, балконные площадки.

**Основные конструктивные элементы зданий — типовые строительные изделия** (рис. 18.3). Конструктивным элементам (изделиям) присвоены буквенные обозначения — марки. Марки строительных изделий, которые проставляют на рабочих чертежах и схемах расположения элементов сборных конструкций, состоят из начальных букв названий соответствующих элементов.

#### Марки некоторых элементов конструкций (изделий)

Балки .....	Б	Панели стеновые .....	ПС
Балки подкрановые .....	БК	Перемычки .....	ПР
Балки стропильные .....	БС	Плиты перекрытий, покрытий .....	П
Балки фундаментные .....	БФ	Площадки лестничные .....	ПЛ
Блоки стеновые .....	СБ	Связи вертикальные .....	ВС
Двери .....	Д	Связи горизонтальные .....	ГС
Каркасы арматурные:		Сетки арматурные .....	С
плоские .....	КР	Стойки .....	СК
пространственные .....	КП	Фермы стропильные .....	ФС
Колонны .....	К	Фундаменты .....	Ф
Окна .....	ОК	Фундаментные блоки .....	ФБ
Марши лестничные .....	МЛ	Фундаменты под оборудование .....	ФО
Панели перегородок .....	РГ		

На рисунке 18.3 представлены: *а* — фундаментный блок; *б, в* — стеновые блоки подвала; *г* — настил перекрытия; *д* — плита перекрытия с круглыми отверстиями; *е* — ригель или прогон; *ж* — колонна; *з* — лестничный марш; *и* — мозаичная проступь (деталь лестничного марша); *к* — балконная плита.

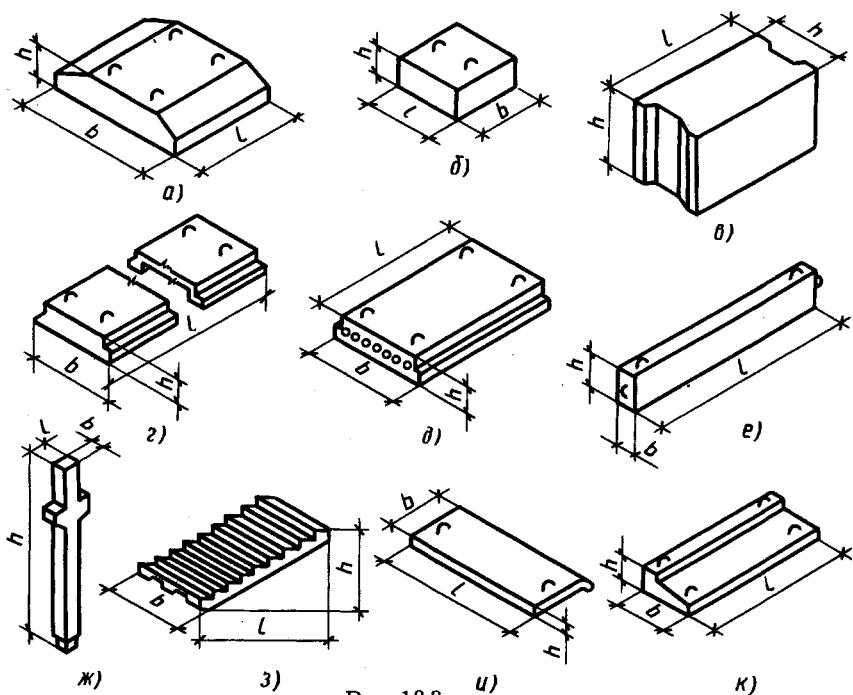


Рис. 18.3

Графические обозначения материалов в сечениях и на видах строительных деталей и конструкций установлены ГОСТ 2.306—68 и приведены в прил. 10 и 11.

Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки выбирают в зависимости от площади штриховки в пределах 1...10 мм, и оно должно быть одинаковым для всех сечений данной детали.

Обозначения строительного материала на чертежах фасадов зданий или их элементов наносят не полностью, а только небольшими участками, по контуру или пятнами внутри контура. Обозначения материалов не применяют на чертежах, если нет необходимости указывать материал (например, в монтажных чертежах-схемах), если материал конструкции однороден или размеры изображений на чертеже не позволяют нанести условное изображение материала.

**Условные графические изображения элементов зданий и санитарно-технических устройств (ГОСТ 21.107—78).** На планах и разрезах зданий, кроме оконных и дверных проемов, показывают санитарно-техническое оборудование: ванны, унитазы, умываль-

ники, душевые кабины, дымовые и вентиляционные каналы и т. п. Эти конструктивные элементы и оборудование выполняют на планах в виде условных графических изображений, наносимых в масштабе чертежа.

### 18.3. Основные требования к рабочим строительным чертежам

Рабочие чертежи выполняют в минимальном объеме, достаточном для производства строительно-монтажных работ и изготовления строительных изделий.

При разработке рабочих чертежей обеспечивают:

оптимальное использование типовых и повторно применяемых рабочих чертежей;

применение рационально ограниченной номенклатуры изделий, марок сортаментов;

выполнение, как правило, групповых и базовых рабочих чертежей изделий;

применение установленных в государственных стандартах упрощенных и условных графических изображений, а также условных обозначений;

выполнение чертежей в минимальных масштабах в зависимости от сложности изображений, но обеспечивающих четкость изготовленных с них копий;

возможность повторного использования рабочих чертежей;

возможность механизации и автоматизации обработки рабочих чертежей;

применение новых прогрессивных способов выполнения рабочих чертежей.

**Масштабы.** Масштаб на чертежах не проставляют, за исключением изделий и случаев, оговоренных в соответствующих стандартах СПДС. Их выбирают в соответствии с ГОСТ 2.302—68. Архитектурно-строительные рабочие чертежи жилых и общественных зданий выполняют в следующих масштабах:

генеральные планы — 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500;

планы этажей, подвала фундаментов и кровли, фасады зданий, монтажные планы этажей и перекрытий — 1:100, 1:200;

разрезы, планы секций, фрагменты планов и фасадов — 1:50, 1:100;

изделия и углы — 1:5, 1:10, 1:20.

**Изображения.** Изображения — виды, разрезы и сечения на рабочих чертежах — выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.305—68 ЕСКД и следующими дополнительными требованиями.

В рабочих чертежах основного комплекта направление взгляда для разрезов принимают по плану снизу вверх и справа налево.

Не допускается изображение до оси симметрии симметричных планов и фасадов зданий или сооружений, схем расположения элементов конструкций, планов и схем расположения технологического и энергетического, санитарно-технического и другого оборудования.

Расположение видов, разрезов, сечений, фрагментов и узлов на листах принимают в последовательности их нумерации слева направо и (или) сверху вниз.

**Координационные оси.** Здание или сооружение в плане расчленяется осевыми линиями на ряд элементов. Эти линии, определяющие расположение основных несущих конструкций (стен и колонн), называются *координационными осями, продольными и поперечными*.

*Координационные оси* каждого отдельного здания или сооружения (рис. 18.4) наносят на изображение тонкими штрихпунктирными линиями с длинными штрихами и *обозначают арабскими цифрами или прописными буквами русского алфавита* (без пропусков), за исключением букв з, й, о, х, ъ, ы, ь, в кружках диаметром 6—12 мм. Размеры шрифта для обозначения координационных осей в полтора-два раза больше, чем размер цифр размерных чисел в том же чертеже.

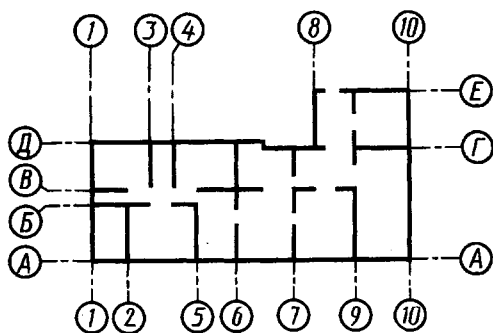


Рис. 18.4

Цифрами обозначают (см. рис. 18.4 — оси 1—10, на рис. 18.13 — оси 10, 12) координационные оси по длинной стороне здания с большим количеством координационных осей. Последовательность цифровых и буквенных обозначений координационных осей принимают по плану слева направо и снизу вверх. (Примеры буквенных обозначений координационных осей *A, Б, В* на разрезе здания см. на рис. 18.1, осей *A—E* на рис. 18.4.)

Обозначения координационных осей, как правило, наносят по левой и нижней сторонам плана здания или сооружения. При несовпадении координационных осей противоположных сторон плана обозначения указанных осей в местах расхождения дополнительно наносят по верхней и (или) правой сторонам (см. оси 3, 4, 8 и *ГЕ* на рис. 18.4).

Каждое отдельное здание или сооружение должно иметь самостоятельную систему координационных осей.

**Нанесение размеров на чертежах.** Нанесение размеров на чертежах производят по ГОСТ 2.307—68 с учетом следующих требований по ГОСТ 21.105—79.

Размерную линию на ее пересечении с выносными линиями, линиями контура или осевыми линиями ограничивают засечками в виде основных линий длиной 2—4 мм, проводимых с наклоном вправо под углом 45° к размерной линии; при этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1—3 мм (см. рис. 18.1, 18.3, 18.13).

При нанесении размера диаметра или радиуса внутри окружности, а также размера угла размерную линию ограничивают стрелками по ГОСТ 2.307—68. Стрелки применяют также при нанесении размеров радиусов наружных и внутренних скруглений.

Размеры наносят в виде замкнутой цепи. Размеры допускаются повторять.

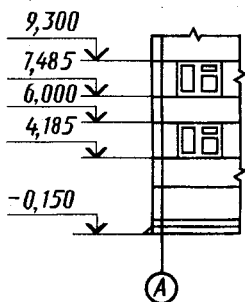


Рис. 18.5

**Отметки уровней** (высоты, глубины) элементов конструкции от отсчетного уровня (условной «нулевой» отметки) указывают в метрах с тремя десятичными знаками.

На видах (фасадах), разрезах и сечениях отметки помещают на выносных линиях или линиях контура и обозначают условным знаком ↓ (рис. 18.5); при этом стрелки выполняют тонкими линиями длиной 2—4 мм, проведенными под углом 45° к выносной линии (линии контура).

«Нулевую» отметку и отметки выше «нулевой» указывают без знака (например, 0,000, 3,600), отметки ниже «нулевой» указывают со знаком минус (например, —0,150). В качестве «нулевой» отметки для зданий принимают, как правило, уровень пола первого этажа (см. рис. 18.1, узел 13 на рис. 18.11). Отметки при необходимости сопровождают поясняющими надписями, например: Ур. ч. п. — уровень чистого пола, Ур. з. — уровень земли.

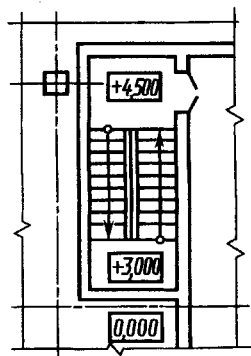


Рис. 18.6

На планах отметки наносят в прямоугольнике или на полке линии-выноски. В этих случаях отметки указывают со знаком + или — при отметках соответственно выше или ниже «нулевой» (рис. 18.6).

Направление уклона плоскостей на планах указывают стрелкой, над которой при необходимости проставляют величину уклона.

**Надписи, технические требования, таблицы.** Надписи, технические требования и таблицы наносят по ГОСТ 2.316—68 с учетом следующих требований ГОСТ 21.105—79. Основную надпись выполняют по ГОСТ 21.103—78.

Разрезам здания или сооружения присваивают общую последовательную нумерацию арабскими цифрами в пределах каждого основного комплекта рабочих чертежей. Допускается разрезы обозначать прописными буквами русского алфавита.

В названиях планов здания указывают отметку чистого пола этажа, номер этажа или обозначение соответствующей секущей плоскости, например: «План на отм. 0, 000», «План 2, 4, 6, 8 этажей», «План 2..16 этажей», «План 3—3».

В названиях разрезов, сечений, видов указывают обозначение соответствующей секущей плоскости, например: «Разрез 1—1» (см. рис. 18.1), «Вид 2—2». В названиях фасадов указывают крайние оси, между которыми расположен фасад, например: «Фасад 1—12», а в названиях фрагментов планов и фасадов — порядковые номера (арабские цифры) фрагментов, например: «Фрагмент 1».

К многослойным конструкциям выполняют выносные надписи в соответствии с рисунком 18.7, где цифрами условно обозначена последовательность расположения слоев конструкции и надписей на линиях-выносках.



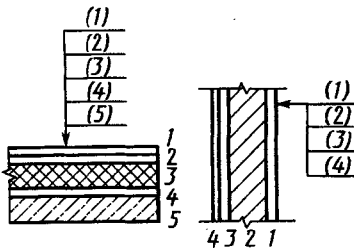


Рис. 18.7

Названия изображений располагают над изображениями. Заголовки спецификаций, ведомостей и других таблиц располагают над ними. Если на листе расположено одно изображение или одна таблица, то их названия приводят только в основной надписи чертежа.

На схемах расположения элементов конструкций наносят условные обозначения — марки элементов, присвоенные им соответствующими стандартами или рабочими чертежами.

Линии-выноски выполняют по ГОСТ 2.316—68.

Марки (позиции) элементов конструкций, санитарно-технических, технологических и других установок на чертежах наносят на полках линий-выносок. Допускается марки (позиции) элементов наносить в пределах их контуров. Размер шрифта для обозначений марок (позиций) в полтора-два раза больше размера цифр размерных чисел.

**Выносные элементы.** Выносные элементы (фрагменты фасадов, планов, узлы) выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.305—68 с учетом следующих требований.

При выполнении узлов соответствующее место отмечают на виде (фасаде), плане или разрезе замкнутой сплошной тонкой линией (например, окружностью или овалом) с указанием на полке линии-выноски порядкового номера римской или арабской цифрой или буквенного обозначения выносного элемента (рис. 18.8, а).

Узлу, являющемуся полным зеркальным отражением другого (основного) исполнения, присваивают тот же порядковый номер (буквенное обозначение), что и основному исполнению, с добавлением индекса «н», например IIIн.

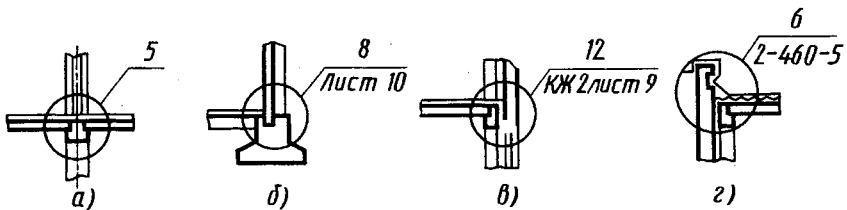


Рис. 18.8

Если узел помещен на другом листе основного комплекта рабочих чертежей, то под полкой линии-выноски указывают номер листа, на котором помещен узел (рис. 18.8, б).

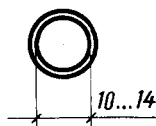


Рис. 18.9

При необходимости ссылки на узел, помещенный в другом основном комплекте рабочих чертежей, или на типовую узел указывают обозначение соответствующего основного комплекта рабочих чертежей (рис. 18.8, в) или серию рабочих чертежей типовых узлов (рис. 18.8, г).

У изображения выносного элемента в кружке указывают его порядковый номер (рис. 18.9).

Примеры нанесения ссылок на выносные элементы (узлы) и их чертежи приведены на рисунках 18.10 и 18.11 соответственно.

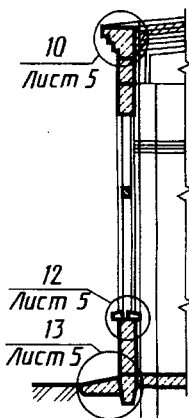


Рис. 18.10

Ссылку на узлы, которые дают в сечении, можно выполнять и так, как показано на рисунке 18.12. В месте прохождения сечения проводят короткую линию нормальной толщины ( $s$ ) и на ее продолжении — тонкую линию-выноску с полкой или без нее. Утолщенный отрезок линии проходит через все элементы, изображенные на узле.

Фрагменты на фасадах и планах зданий или сооружений отмечают фигурной скобкой (рис. 18.13).

Под фигурной скобкой, а также над соответствующим фрагментом наносят соответствующее наименование фрагмента, например: «Фрагмент 3». Если фрагмент помещен на другом листе основного комплекта рабочих чертежей, то под фигурной скобкой дают ссылку на этот лист, например: «Фрагмент 3. Лист 12».

## 18.4. Архитектурные решения, рабочие чертежи

В состав рабочих чертежей архитектурных решений включают рабочие чертежи для производства строительного-монтажных работ (основной комплект рабочих чертежей марки АР), рабочие чертежи элементов сборных конструкций, на которые приводятся ссылки в основном комплекте рабочих чертежей марки АР, и ведомость потребности в материалах.

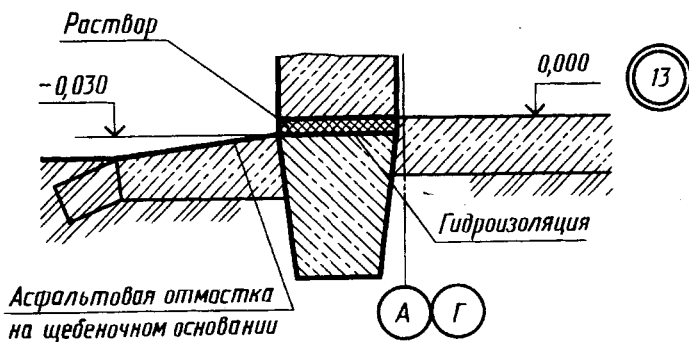
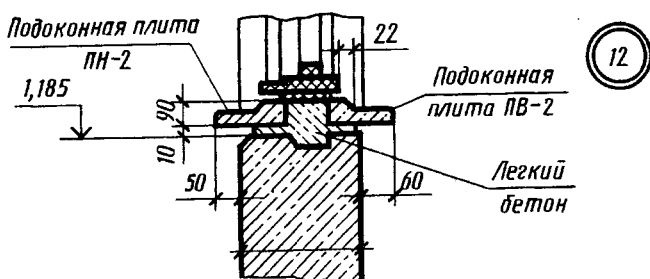
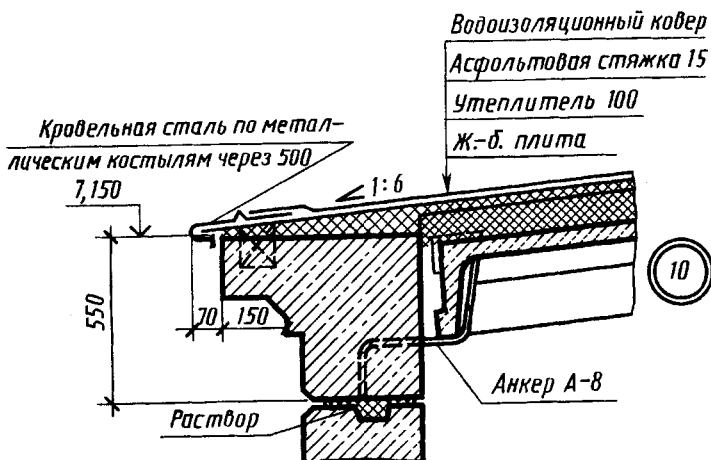


Рис. 18.11

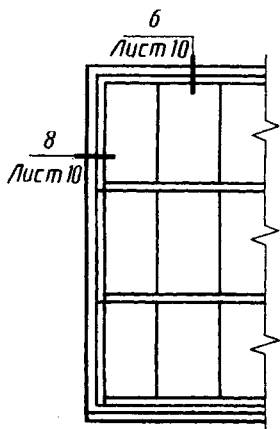


Рис. 18.12

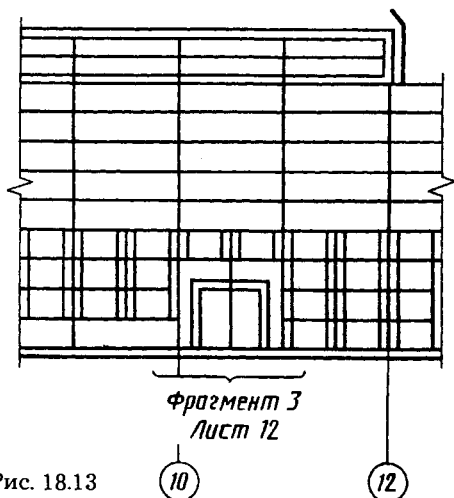


Рис. 18.13

В состав основного комплекта рабочих чертежей марки АР включают:

- общие данные по рабочим чертежам;
- планы этажей, в том числе подвала и технического подполья;
- разрезы;
- фасады;
- план кровли (крыши);
- планы полов (при необходимости);
- схемы расположения элементов сборных конструкций и элементов заполнения оконных проемов.

Масштабы изображений на чертежах принимают (основной, в скобках — допускаемый при большой насыщенности изображений): планы этажей, разрезы, фасады — 1:200, 1:500 (1:100, 1:50); планы кровли, полов, технических этажей — 1:500, 1:1000 (1:200); фрагменты планов, фасадов — 1:100 (1:50); узлы — 1:10, 1:20 (1:5).

Строительные чертежи зданий и сооружений составляют по общим правилам прямоугольного проецирования на основные плоскости проекций. Виды здания спереди, сзади, справа и слева называют фасадами. В наименованиях фасада указывают крайние координационные оси, например: «Фасад 1—10» и «Фасад 10—1» (виды спереди и сзади), «Фасад А — Д» и «Фасад Е — А» (виды слева и справа, план см. на рис. 18.4). Вид здания сверху называют планом кровли (крыши). Планом зда-

ния называют его горизонтальные разрезы. При выполнении разрезов зданий используют вертикальные мнимые секущие плоскости. Разрезы делают по наиболее важным в архитектурном отношении частям здания, по лестничной клетке, оконным и дверным проемам. Колонны, перегородки, прогоны, балки и стропила в продольном направлении всегда показывают нерассеченными. В поперечном сечении эти элементы, за исключением колонн, изображают рассеченными.

В разрезах и планах видимые линии контуров, не попадающие в плоскость сечения, выполняют сплошной тонкой линией.

**Планы зданий и этажей.** Планы зданий и сооружений располагают, как правило, длинной стороной вдоль горизонтальной стороны листа в положении, принятом на генеральном плане, или с поворотом по отношению к этому положению.

Положение плана здания на листе относительно координатных осей и отсчетный уровень, соответствующий условной «нулевой» отметке, соблюдают одинаковыми во всех комплектах рабочих чертежей.

Планы располагают на листе в порядке возрастания нумерации этажей снизу вверх или слева направо.

При выполнении плана этажа здания положение мнимой горизонтальной плоскости разреза принимают, как правило, на уровне  $1/3$  высоты изображаемого этажа или 1 м над изображаемым уровнем. В случаях, когда оконные проемы расположены выше мнимой горизонтальной плоскости разреза по периметру плана, сечения соответствующих стен располагают на уровне оконных проемов.

Встроенные помещения и другие участки здания, на которые выполняют отдельные чертежи, на планах изображают схематично тонкой штриховой линией в виде перекрещенного контура с показом опорных конструкций.

На планах этажей наносят и указывают:

координатные оси здания, расстояния между ними и крайними осями, оси у деформационных швов;

отметки участков, расположенных на разных уровнях;

направление и величину уклона полов;

толщину стен и перегородок и их привязку; все (независимо от размеров) проемы, отверстия, борозды, ниши и гнезда в стенах и перегородках с необходимыми размерами и привязками, за исключением предусмотренных в чертежах изделий или

рабочих чертежах марок КЖ, КМ и КМД. Для проемов с четвертями размеры показывают по наименьшей величине проема. Размеры дверных проемов в перегородках на планах не показывают; размеры и привязку каналов, лотков и трапов, устраиваемых в конструкции пола;

условные изображения подъемно-транспортного оборудования по ГОСТ 21.107—78 и привязку осей крановых путей к координатным осям здания;

наименование помещений или технологических участков с указанием размещенных в них производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности (категории производств);

площади помещений (приводят в правом нижнем углу плана и подчеркивают сплошной толстой линией);

тип заполнения проемов ворот и дверей (в кружках диаметром 5 мм);

тип перемычек;

марки элементов зданий (см. рис. 18.3), например лестниц;

ссылки на фрагменты и узлы, а также на чертежи элементов зданий, замаркированные на планах этажей (например, на схемы расположения сборных перегородок).

Конструкции (например, площадки, антресоли), расположенные выше секущей плоскости, изображают схематично штрихпунктирной линией с двумя точками.

Тоннели изображают схематически тонкой штриховой линией.

На чертежах планов этажей помещают: ведомость проемов ворот и дверей; ведомость перемычек; спецификацию элементов заполнения проемов; спецификацию перемычек; спецификацию гардеробного оборудования.

**Вычерчивание планов зданий.** План здания вычерчивают в такой последовательности: проводят продольные и поперечные координатные оси (рис. 18.14, *а*); вычерчивают все наружные и внутренние стены, перегородки и колонны, если они имеются (рис. 18.14, *б*); производят разбивку оконных и дверных проемов в наружных и внутренних стенах и перегородках, условно показывают открывание дверей, вычерчивают санитарно-технические устройства и наносят необходимые выносные и размерные линии (рис. 18.14, *в*); проставляют на чертеже все размеры, делают соответствующие надписи и проверяют чертеж, выполненный в тонких линиях; после исправлений и

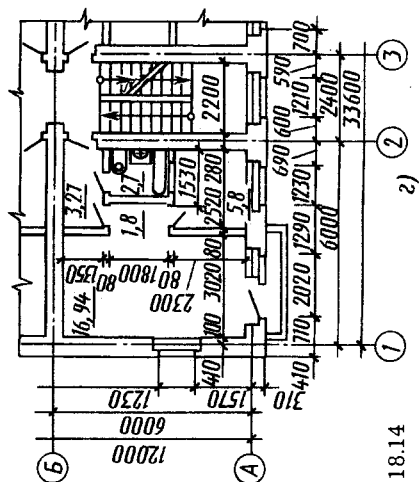
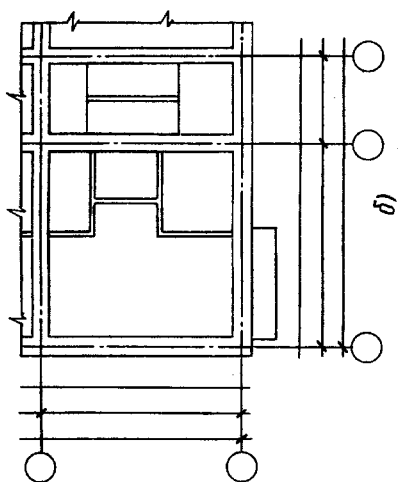
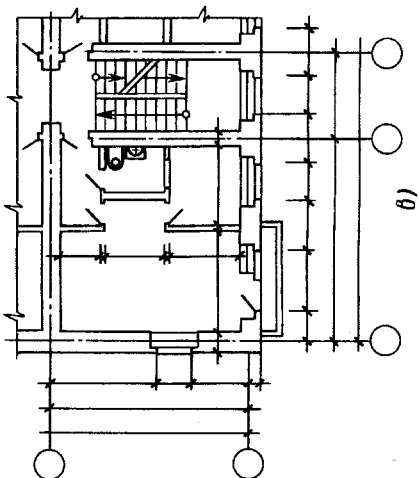
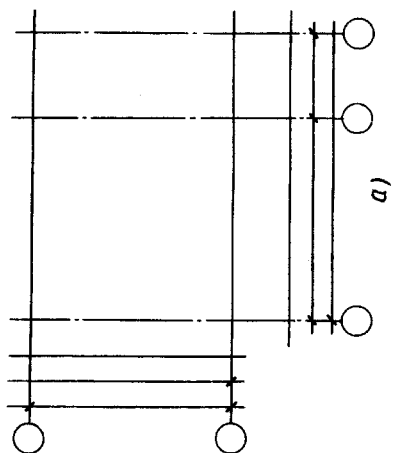


Рис. 18.14



доработки пропущенных мест приступают к окончательной обводке плана (рис. 18.14, з).

Контуры разрезов и сечений на чертежах планов зданий выполняют сплошной основной линией (толщиной 0,6...1,5 мм). Все остальные линии чертежа, не попадающие в плоскость сечения, выполняют сплошными тонкими линиями ( $s/3...s/2$ ) так же, как размерные и осевые линии. Законченный чертеж плана этажа проверяют и удаляют лишние линии.

**Чертежи разрезов зданий.** На размерах в рабочих чертежах зданий показывают конструктивные элементы (фундаменты, стропила, перекрытия и т. д.) и их сопряжения (рис. 18.15). Координационные оси А, Б, В вынесены вниз, их марки проставлены в кружках. Положение конструктивных элементов здания по высоте определено с помощью высотных отметок, которые проставлены на выносных линиях уровней соответствующих элементов слева и справа от изображения. Внутри разреза нанесены высоты этажей, дверных и оконных проемов, а также высотные отметки уровней полов и площадок лестницы.

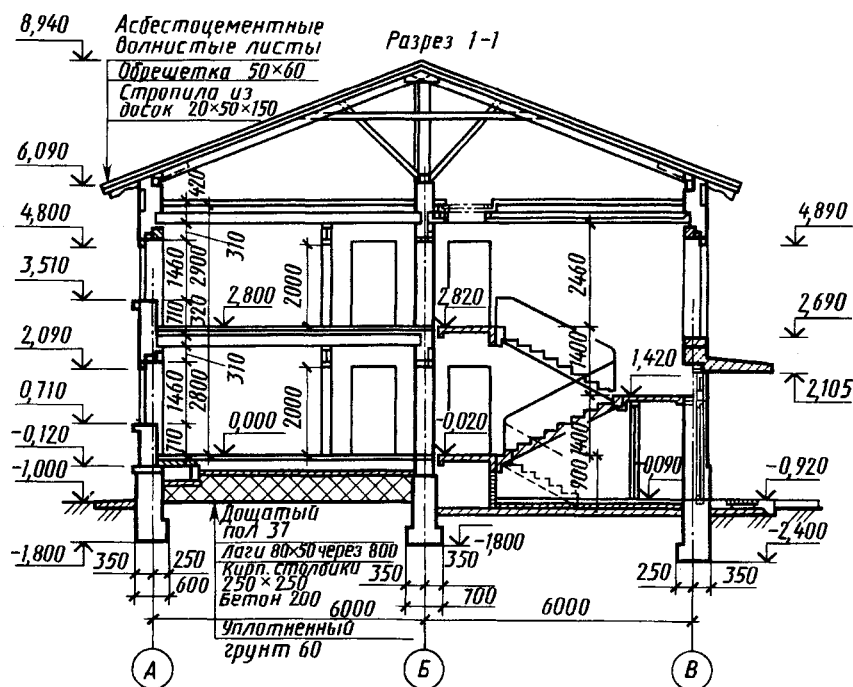


Рис. 18.15



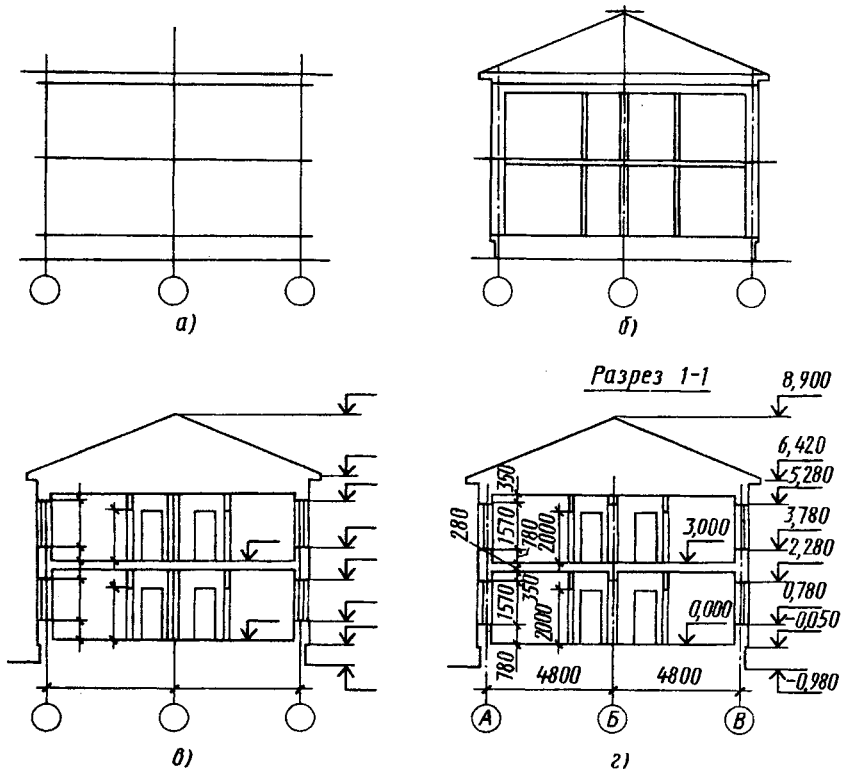


Рис. 18.16

Построение и вычерчивание разреза. При вычерчивании разреза все построения выполняют тонкими линиями в следующем порядке:

проводят вертикальные координационные оси основных несущих конструкций стен и колонн, если они имеются (рис. 18.16, а). Перпендикулярно координационным осям чертят горизонтальные линии уровней: поверхности земли (тротуара), пола всех этажей и условно верха чердачного перекрытия и карниза;

наносит тонкими линиями контуры наружных и внутренних стен, перегородок, которые входят в разрез, а также высоты междуэтажных и чердачного перекрытий и конька крыши (рис. 18.16, б); отмечают и вычерчивают выносы карниза (от стены) и цоколя, вычерчивают скаты крыши;

намечают в наружных и внутренних стенах и перегородках оконные и дверные проемы, а также видимые дверные проемы

и другие элементы, расположенные за секущей плоскостью (рис. 18.16, в);

проводят выносные и размерные линии, кружки для маркировки координационных осей и знаки для простановки высотных отметок;

окончательно обводя сечения, проставляют высотные отметки и размеры, делают поясняющие надписи и указывают наименование разреза, удаляют лишние линии (рис. 18.16, з).

Конструктивные разрезы вычерчивают в такой же последовательности.

Участки сечений заполняют изображением элементов конструкций и графическим обозначением материала.

Построение разреза по лестнице. На рисунке 18.17 дана схема построения разреза по лестничной клетке. Длина лестничной клетки 5610 мм, ширина 2200 мм. Ширина марша 1000 мм, зазор между маршами (в плане) 200 мм, высота этажей 3000 мм. При высоте ступени 150 мм в каждом марше должно быть (1500:150) десять ступеней.

Вертикальную плоскость ступени называют подступенком, а горизонтальную плоскость — проступью. Так как проступь последней ступени каждого марша совпадает с уровнем площадки и включается в нее, то в плане каждого марша число проступей будет меньше числа ступеней на одну; в марше, изображенном на рисунке 18.17, девять проступей.

После предварительных расчетов приступают к построению разреза. Проводят координационные оси, вычерчивают стены, отмечают уровни лестничных площадок (поэтажных и промежуточных) горизонтальными линиями.

Затем откладывают на какой-либо горизонтальной линии разреза от внутренней стены ширину площадки (1410 мм) и девять раз по 300 мм и через полученные точки проводят на разрезе тонкие вертикальные линии для разбивки ступеней. После этого откладывают

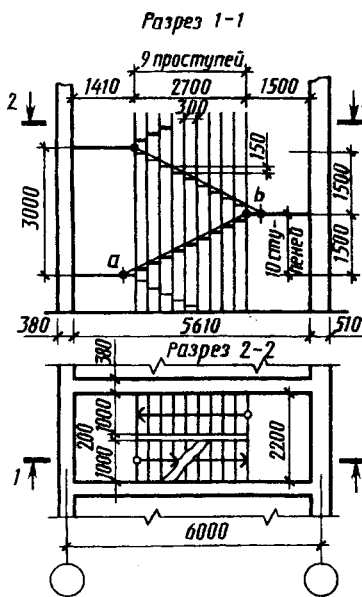


Рис. 18.17

ют ширину одной ступени (300 мм) в сторону площадки первого этажа (точка *a*) и соединяют наклонной прямой линией эту точку с крайней точкой (точка *b*) уровня вышележащей промежуточной площадки. Прямая *ab* пересекает вертикальные линии в точках, через которые и проводят горизонтальные линии (проступи) и вертикальные (подступенки). Таким же способом производят на разрезе разбивку ступеней и других маршей.

После этого вычерчивают на разрезе лестничные площадки и марши, обводят основными линиями контуры сечений всех элементов (стен, площадок, ступеней), расположенных в плоскости разреза. Плоскость разреза по лестнице всегда проводят по ближайшим к наблюдателю маршам.

**Чертежи фасадов зданий.** На чертежах фасадов зданий показывают внешний вид здания, расположение окон, дверей, балконов, наличников и т. п. В крупноблочных и панельных зданиях показывают разрезку стен на блоки и панели. На фасадах наносят координационные оси, проходящие в характерных местах: крайние, у деформационных швов, у перепадов высот, у одной из сторон каждого проема ворот и т. п. На фасадах изображают и обозначают деформационные швы (Д. ш.), пожарные лестницы (ЛМ), проставляют марки к схемам заполнения оконных проемов, фигурными скобками и ссылками обозначают участки фрагментов фасада и т. д.

Все построения, связанные с вычерчиванием фасада, производят в следующей последовательности: наносят координационные оси и чертят общий контур здания и, если имеются, контуры выступающих его частей (рис. 18.18, *a*); вычерчивают оконные и дверные проемы, балконы, плиты козырьков над входами, карниз и другие архитектурные элементы фасада (рис. 18.18, *б*); вычерчивают оконные переплеты, двери, ограждения балконов, вентиляционные и дымовые трубы на крыше, проставляют знаки высотных отметок (рис. 18.18, *в*); после проверки соответствия фасада с планом и разрезом производят окончательную обводку фасада. На фасадах панельных и крупноблочных зданий прочерчивают швы между панелями или блоками (рис. 18.18, *г*).

Видимые контуры на чертежах фасадов выполняют сплошной основной линией; линию контура земли допускается выполнять утолщенной линией, выходящей за пределы фасада. На архитектурных чертежах фасадов, выполняемых в стадии

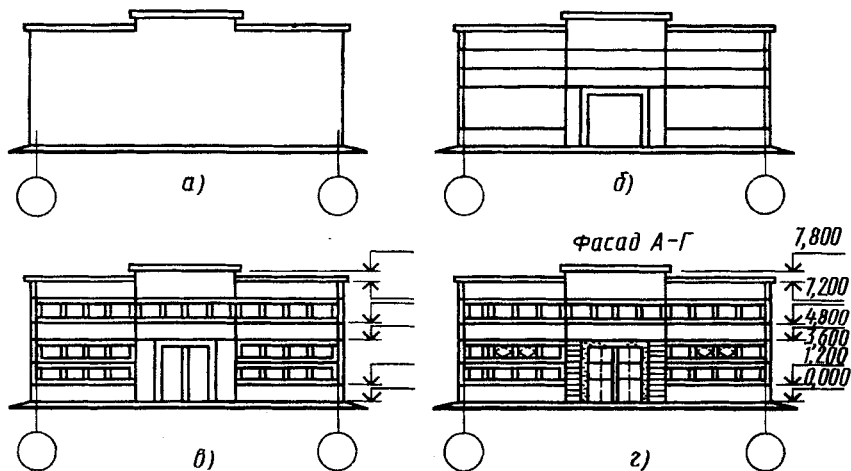


Рис. 18.18

проектного здания, а иногда и на архитектурно-строительных чертежах технического проекта показывают тени и элементы окружения здания.

### 18.5. Типовой проект

В зданиях и сооружениях в соответствии с их функциональным назначением размещается различное оборудование. Оно предназначается как непосредственно для обеспечения эксплуатации здания (тепловой пункт, водомерный узел, пожарные насосы, вентиляционные и отопительные устройства и т. п.), так и для использования здания по основному назначению (для выполнения технологических процессов, для проведения занятий, зрелищных мероприятий и для обеспечения потребностей работающих или находящихся в здании людей (столовые, бытовые помещения, санитарно-технические узлы).

Размещение оборудования на чертежах, оформление чертежа генерального плана, а также некоторых рабочих чертежей и проекта в целом рассмотрим на примере типового проекта межшкольного учебно-производственного комбината на 6 групп (180 мест).

Типовой проект оформлен в виде четырех альбомов: «Альбом 0», «Альбом I», «Альбом II» (чертежи марок ОБ, ВК), «Альбом III» (чертежи марки ЭС). Рассмотрим «Альбом 0» и «Альбом I».

## Альбом 0

Л и с т	Н а и м е н о в а н и е
1	Ведомость чертежей. Генеральный план (пример привязки). Указания по привязке
2	Ведомость примененных документов. Пояснительная записка. Указания по производству работ
АС-01	План фундаментов (пример решения)
АС-02	План фундаментов (пример привязки)
АС-03	Таблица нагрузок на фундаменты
АС-04	Сечения фундаментов 1—1÷15—15. Монтажная схема стены техподполья по оси 1
АС-05	Сечения фундаментов 16—16÷32—32
АС-06	Монтажная схема каркаса
АС-07	Кладочный план техподполья и подпольных каналов
АС-08	План перекрытия техподполья и подпольных каналов
АС-09	Крыльцо № 1
АС-010	Крыльца № 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
АС-011	План раскладки перемычек 1-го этажа
АС-012	План раскладки перемычек 2-го этажа. План раскладки перемычек 3-го этажа
АС-013	Ведомость перемычек ниже 0,000. Сечения 10—10÷11—11
АС-014, АС-015, АС-016	Ведомость перемычек выше отметки 0,000
АС-017	Сводная спецификация ниже отметки 0,000
АС-018 по АС-023	Сводная спецификация выше отметки 0,000
ОВ-11, ВК-01, ВК-02	Листы привязки
ЭЛ-01	

## Альбом I

Л и с т	Н а и м е н о в а н и е
1	Ведомость чертежей. Пояснительная записка (начало)
2	Пояснительная записка (окончание)
АС-1, АС-2, АС-3	Кладочные планы 1, 2, 3-го этажей (соответственно)
АС-4, АС-5, АС-6	Разрезы 1—1, 2—2, 3—3, 4—4
АС-7	Фасады в осях 1—23, 23—1
АС-8	Фасады в осях А—К, К—А
АС-9	Перечень заполнения оконных проемов. Звукопоглощающая конструкция
АС-10	План перекрытия 1-го этажа. План перекрытия 2-го этажа
АС-11	План перекрытия 3-го этажа
АС-12	Лестница № 1, лестница № 2. Детали
АС-13	Лестница № 3. Узлы. Детали выходов на кровлю №1, 2
АС-14	Схема установки ограждений лестницы № 3. Узлы. Лестницы № 4, 5, 6, 7
АС-14	План кровли. Раскладка парпетных плит

АС-15	Кровля. Узлы, детали
АС-17	Конструкция эстрады актового зала. Подиум
АС-18	Арматурные изделия
АС-19	Монтажные схемы закладных деталей для крепления витражей. Закладные детали
АС-20, АС-21, АС-22	План отделочных работ 1, 2, 3-го этажей (соответственно)
АС-23	Ведомость отделки помещений
АС-24	Охлаждаемая камера. Вентиляционные камеры № 1, 2
АС-25, АС-26, АС-27	Варианты перегородок из гипсобетона. План 1, 2, 3-го этажа (соответственно)
АС-28, АС-29, АС-30	Вариант перегородок из сухой штукатурки. План 1, 2, 3-го этажей (соответственно)
АС-31, АС-32, АС-33	Развертки стен по осям 4, 6, 7, 21, Е (в осях 1—4), В, Е (в осях 1—17), З, Г, Ж
АС-34, АС-35, АС-36	Интерьер вестибюля, актового зала, классной комнаты и рекреации (соответственно)
АС-37	Козырек крыльца № 1. Узлы 1,2. Узлы крепления перегородок 1, 2, 3, 4, 5
КМВ-1	Монтажные схемы витражей
КМВ-2, КМВ-3, КМВ-4, КМВ-5, КМВ-6	Узлы крепления витражей № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
КМВ-7	Детали крепления витражей
ТО-1, ТО-2, ТО-3, ТО-4	План 1-го этажа. Расстановка технологического оборудования
ТО-5, ТО-6	План 2-го этажа. Расстановка технологического оборудования
ТО-7, ТО-8	План 3-го этажа. Расстановка технологического оборудования
ТО-9	Монтажный план столовой
ТО-10, ТО-11, ТО-12	Спецификация технологического оборудования
ТО-13	

Чертеж генерального плана (пример решения) приведен на рисунке 18.19. Экспликация: 1 — межшкольной учебно-производственный комбинат на 6 групп (180 мест); 2 — хозяйственный сарай (типовой проект 224-9-96, тип А); 3 — навес; 4 — зона отдыха; 5 — площадка для мусоросборников; 6 — межшкольный подземный тип (типовой проект Б-1 600-76/121); 7 — учебный городок по гражданской обороне.

Чтение чертежа генерального плана при наличии экспликации не вызывает затруднений. При выполнении чертежей генеральных планов используют условные графические изображения и обозначения, установленные в ГОСТ 21.108—78, часть из которых приведена на рисунке 18.20. На рисунке 18.20 обозначены: 1 и 2 — зеленые насаждения общего пользования (1), специального назначения (2); 3—7 — задания (сооружения),

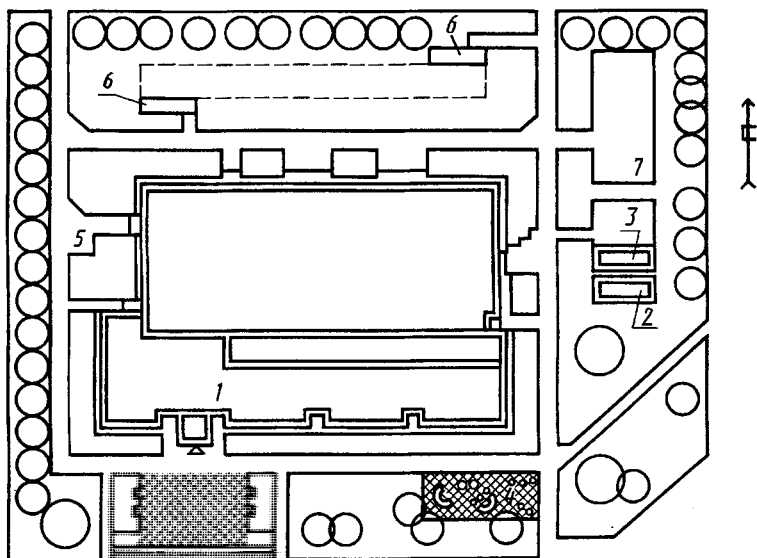


Рис. 18.19

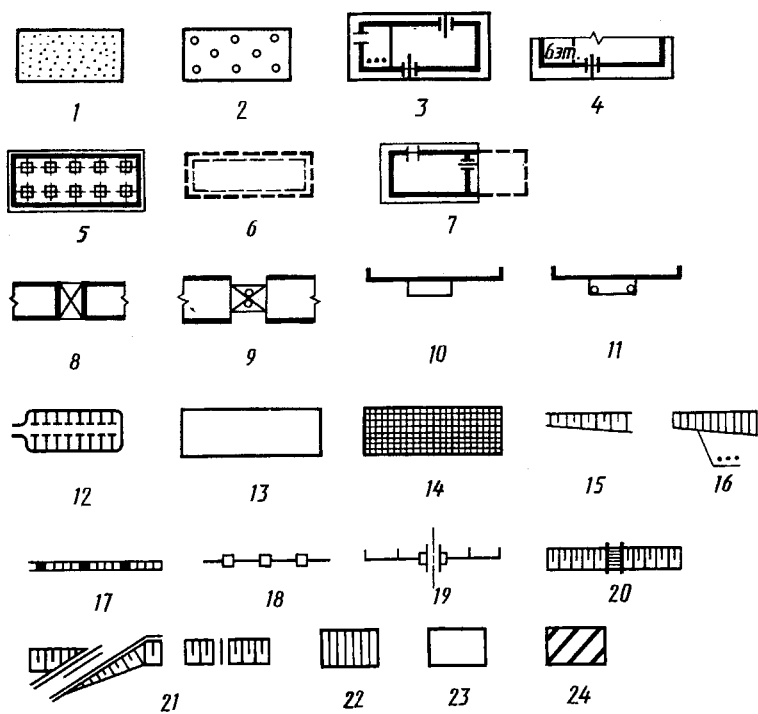


Рис. 18.20

3—4 — наземные, с указанием количества этажей от 2-х до 5-ти соответствующим количеством точек (3), более 5 этажей цифрами (4), 5 — наземное со стенами, не доходящими до уровня земли, навес, 6 — подземное, 7 — предусматриваемое к расширению; 8 — проезд, проход на уровне первого этажа здания (сооружения); 9 — переход (галерея); 10 и 11 — нависающая часть здания без опор (10), на опорах (11); 12 — автостоянка; 13 и 14 — площадка производственная, складская (открытая) без покрытия (13), с покрытием (14); 15 и 16 — откос неукрепленный (15), укрепленный (16); 17 — стенка подпорная; 18 — ограждение барьерного типа у откосов и подпорных стенок; 19 — ограждение территории с воротами; 20 — лестница; 21 — съезд; 22 — жилое здание (на первую очередь); 23 — здание общественного назначения на первую очередь; 24 — опорное здание.

В указаниях по привязке проекта отмечено, что листы данного альбома корректируются в зависимости от конкретных условий и соответствующих строительных норм и правил. Чертежи, не предусмотренные типовым проектом (сводный план сетей, вертикальная планировка земли, картограмма земляных работ, озеленение и т. д.), разрабатываются заново.

#### Основные технико-экономические показатели по проекту

Строительный объем здания (в том числе подземной части), м <sup>3</sup>	22104,8 (954)
Площадь застройки, м <sup>2</sup>	2991,6
Общая площадь, м <sup>2</sup>	5346,5
Рабочая площадь, м <sup>2</sup>	3974,0
Общая сметная стоимость (в том числе строительно-монтажных работ, оборудования), тыс. руб.	647,55 201,68
Стоимость 1 м <sup>3</sup> здания, руб.	29,29
Стоимость 1 места, руб.	3597,5

Проект разработан для условий строительства во II и III климатических регионах и в I климатическом подрайоне с расчетными зимними температурами —20, —30, —40° С нормальной зоны влажности и обычными геологическими условиями, исключая районы: сейсмические, вечной мерзлоты, с просадочными породами и над горными выработками. Класс здания — II. Степень долговечности — II. Степень огнестойкости — II.

Приведены характеристика участка, нормативный скоростной напор ветра для высоты над поверхностью земли в 10 м — 450 Н/м<sup>2</sup>, вес снегового покрова — 1000 Н/м<sup>2</sup> и другие нормативные данные.



В указаниях по производству работ приведены ссылки на требования строительных норм и правил и дополнительные указания.

**Пояснительная записка.** Объемно-планировочное решение. Здание запроектировано одно-, трехэтажным. В одноэтажной части с высотой этажа 4,2 м размещены различного назначения производственные мастерские и блок столовой. В трехэтажной части с высотой этажа 3,3 м размещены вестибюльная группа, учебные кабинеты, вспомогательные бытовые помещения; с высотой 4,2 м размещены торговый зал и цех массового пошива. Вертикальные связи осуществляются тремя лестницами, горизонтальные — системой коридоров.

**Конструктивное решение.** Здание запроектировано с несущими наружными и внутренними стенами из кирпича марки «100» на растворе марки «50» и частичным применением каркаса по серии 1.423-3 и 1-462-1 в одноэтажной части здания. Внутренние стены из обыкновенного глиняного кирпича. Конструктивное решение подземной части здания с полами по грунту, техническим подпольем под частью здания. Фундаменты ленточные из сборных железобетонных плит по серии 1.112-Б и бетонных блоков под колонны ПП-04-1. Кладка подземной части стен из сборных бетонных блоков с добетонкой отдельных мест бетоном «М-100». Вокруг здания предусматривается отмостка шириной 1,0 м по подготовке из щебня толщиной 150 мм. Крыльца из сборных железобетонных плит перекрытий, бетонных блоков, сборных бетонных ступеней. Перекрытия из сборных железобетонных плит с круглыми пустами, покрытие производственных помещений и помещений пищеблока ребристыми плитами пролетом 12 м по серии 1.465-3, выпуск с зенитными фонарями по серии 1.464-1. Перемычки сборные железобетонные по серии 1.158-10, вып. 1,2. Лестницы из сборных железобетонных маршей и площадок по сериям 1.251-3; 1-252-3; ПП-04-7. Перегородки крупнопанельные, гипсобетонные по серии 1.231-1 и кирпичные для специальных помещений. Крыша совмещенная, неветилируемая, с рулонным теплоизоляционным ковром, внутренним водостоком. Утеплитель — пенобетонные плиты с удельным весом 4000 Н/м<sup>3</sup>. Витражи из алюминиевых профилей. Приведены также указания по возведению здания в зимних условиях.

**Фасады.** Фасады здания в осях 1—23 и А—К приведены на рисунках 18.21 и 18.22. В осях 1—4, А—Ж (левая сторона трехэтажной части здания) на втором этаже размещен актовый зал.

Фасад в осях 1-23

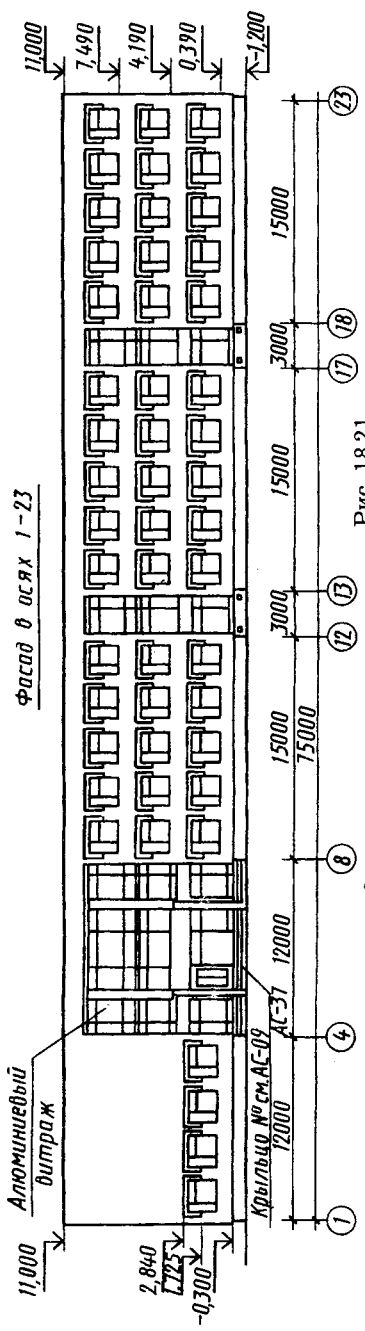


Рис. 18.21

Фасад в осях А-К

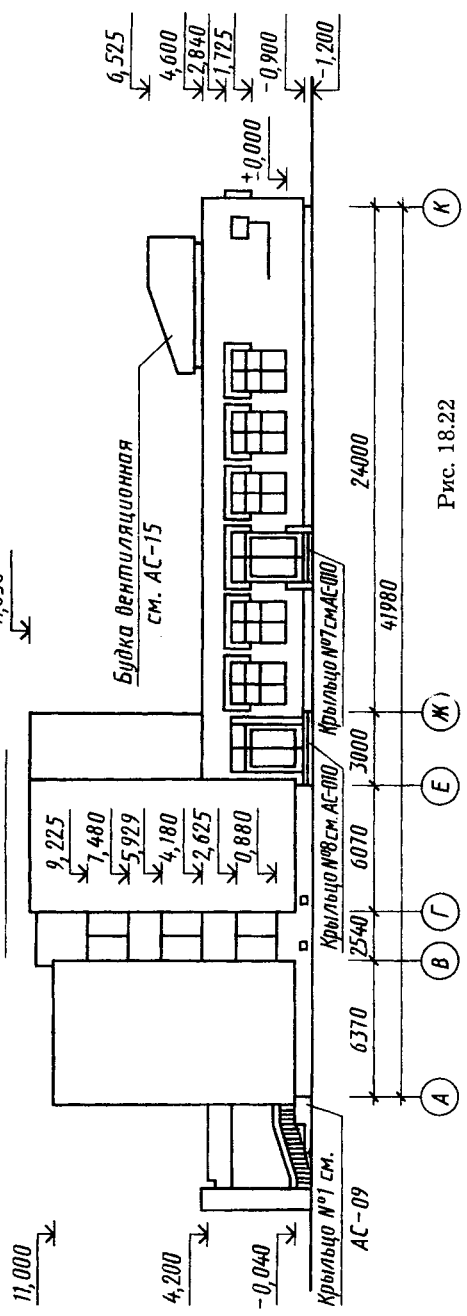
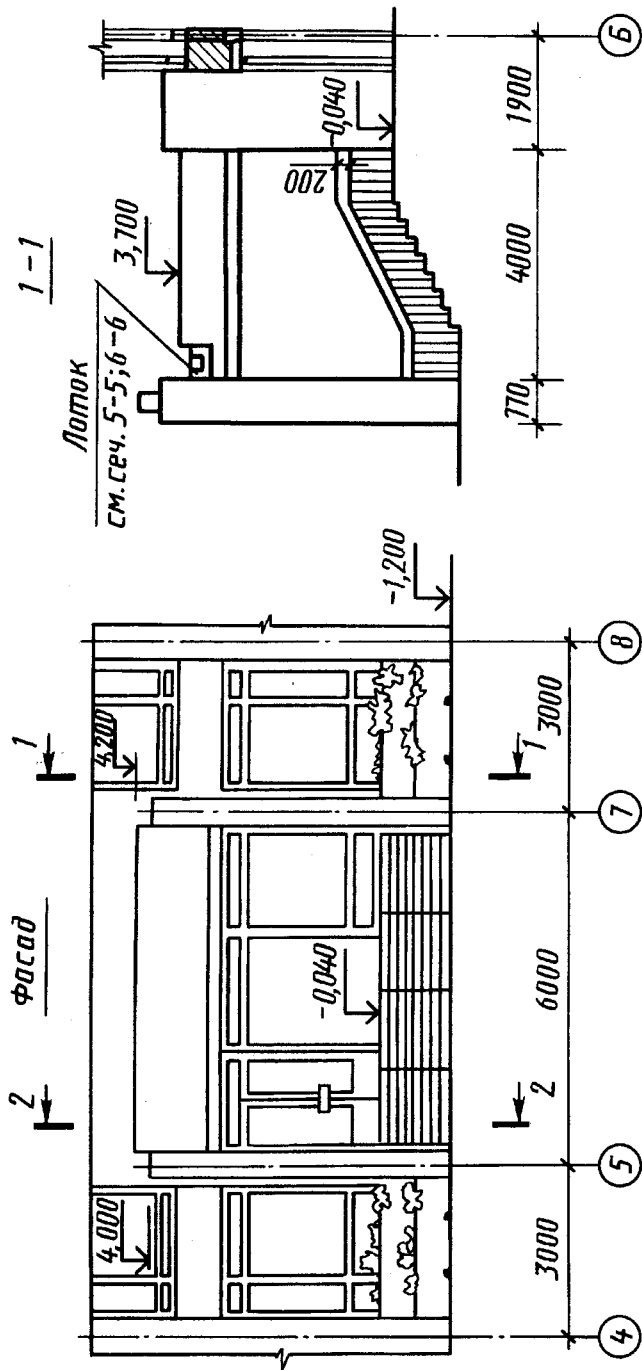


Рис. 18.22



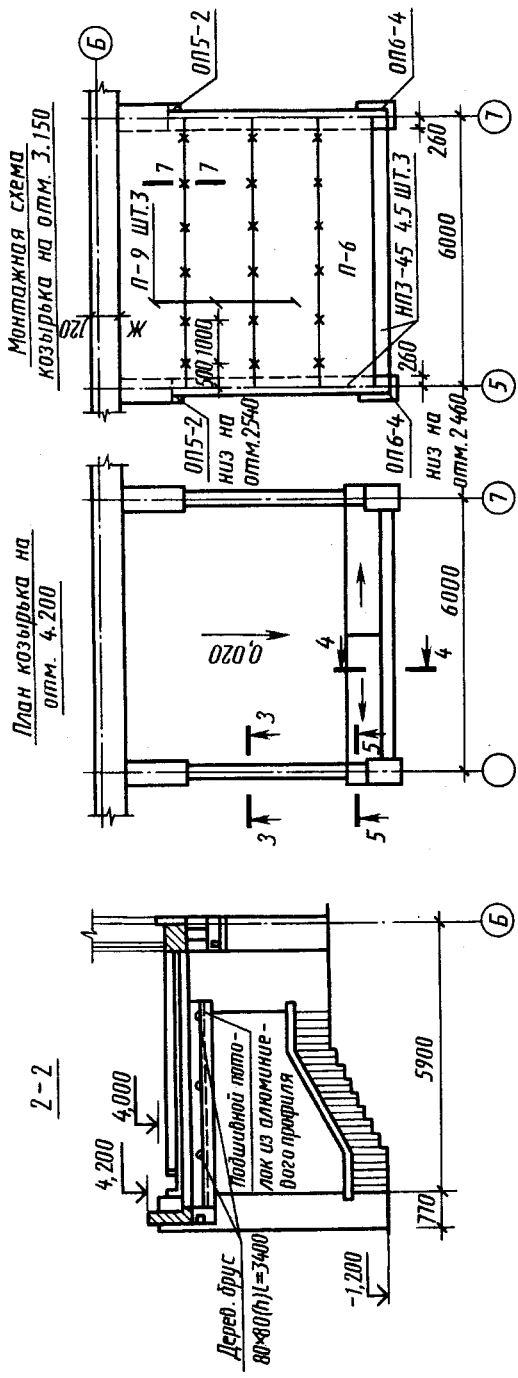


Рис. 18.23

В чертежах приведены также фасады в осях 23—1 и К—А. В ведомости отделки фасадов указано: окна и двери окрасить масляной краской (коробки — коричневой, переплеты — белой, полотна — светло-коричневой); стены — кладка из лицевого керамического кирпича с расшивкой швов (колер — светлый тон); цоколь — облицовка керамической плиткой типа «Кабанчик» (колер — коричневый, темно-коричневый).

Рассмотрим в качестве примера конструкцию козырька крыльца № 1, приведенную на чертеже АС-37 (рис. 18.23). Крыльцо с козырьком расположено в осях 5—7. На разрезе 1—1 изображен вид на крыльцо и козырек справа, указана высотная отметка 3.700 боковой стенки кровли козырька, дана ссылка на дополнительные изображения лотка (5—5, 6—6). На плане козырька на отметке 4.200 указаны направление и величина 0,020 уклонов кровли, положения секущих плоскостей местных разрезов 3—3, 4—4, 5—5.

Разрез 2—2 выявляет конструкцию козырька с потолком из алюминиевого профиля, подшиваемого к деревянному бруску. Из монтажной схемы козырька на отметке 3.150 видно, что на столбы, установленные по чертежам нулевого цикла, монтируют по два опорных блока ОП5-2 и ОП6-4 с положением низа на отметках 2.540 и 2.460 соответственно. Перепад отметок (2.540—2.460)=80 на длине 4000 (см. разрез 1—1) обеспечивает требуемый уклон 0.020. На опорные блоки укладывают балки НПЗ-45-4.5 (3 штуки) и на них плиты покрытия П-9 (3 штуки) и плиту П-6. Между плитами устанавливают прутки диаметром 20 мм (см. сечение 7—7) для закрепления на них деревянных брусков 80×80, к которым будет крепиться подшивной потолок. На разрезах 3—3 и 4—4 показаны кладка из кирпича боковых стенок козырька и устройство кровли. На разрезе 5—5, выносном элементе 6—6 даны размеры для устройства лотка, на элементы С-1 — его арматуры. В ведомости стержней на козырек крыльца № 1 приведены их размеры, количество и масса; расход бетона и алюминиевого профиля на подшивной потолок указан в тексте.

Размещение оборудования. Технологическое оборудование размещают на планах этажей с упрощенными контурными очертаниями строительных конструкций сплошной тонкой линией.

На чертежах расположения (планах и разрезах) технологического санитарно-технического и другого оборудования указывают:

оборудование — в виде упрощенных контурных очертаний или условными графическими изображениями сплошной основной линией по ГОСТ 2.303—68;

строительные конструкции — в виде упрощенных контурных очертаний сплошной тонкой линией по ГОСТ 2.303—68;

координационные оси здания или сооружения и расстояния между ними;

отметки чистых полов этажей и основных площадок;

привязку оборудования к координационным осям или элементам конструкций.

В качестве примеров рассмотрим расстановку технологического оборудования в мастерской по токарному делу.

Мастерская по токарному делу (рис. 18.24) площадью 172,6 м<sup>2</sup> расположена в пролете между осями 12—16 и Ж—И. Она имеет по два входа-выхода слева и справа. В мастерской размещены 15 токарных станков четырех моделей (поз. 79 — 6 штук, поз. 80 — 5 штук, поз. 82 — 3 штуки, поз. 83 — 1 штука), доска 1, стол 2 учебного мастера, кафедра 32, столы 28 для учащихся, инструментальные тумбочки 63 и стул 3. На плане нанесены размеры, координирующие привязку оборудо-

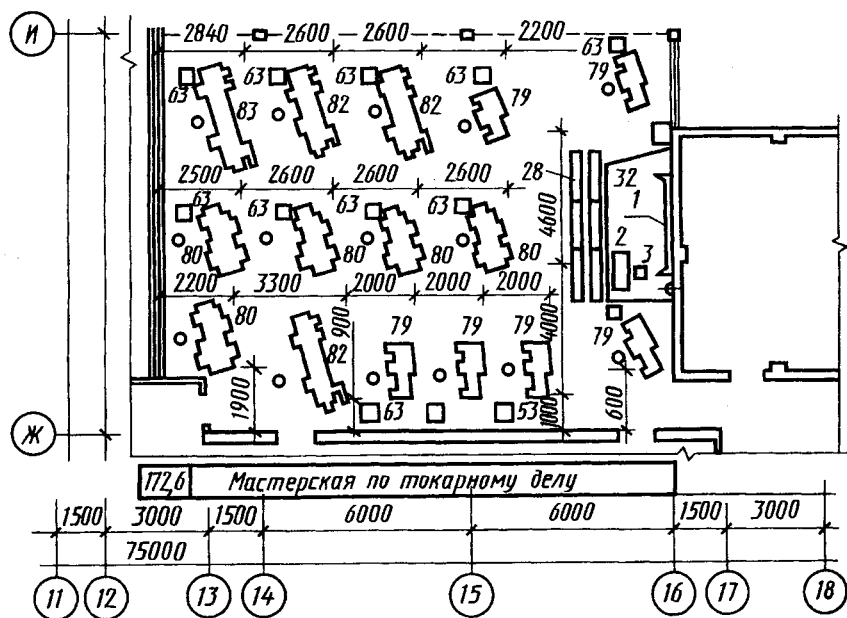


Рис. 18.24

вания к стене по оси Ж и перегородке между осями 12 и 13. Крестиками указаны места расположения учащихся.

Перед вычерчиванием планов размещения оборудования удобно проводить его размещение с помощью трафаретов. Трафареты оборудования в заданном масштабе (обычно 1:100) вырезают по габаритным размерам оборудования, размещают на миллиметровой, закрепленной на доске, и прикалывают булавками. Пробуя несколько вариантов, выбирают наилучший, после чего обводят трафареты, снимают их и оформляют чертеж.

На планах цехов предусматривают также площадки для складирования заготовок и готовых деталей и размещения транспортных устройств.

## 18.6. Чертежи санитарно-технических устройств

**Общие данные.** К санитарно-техническим устройствам жилых, общественных и промышленных зданий относятся системы холодного и горячего водоснабжения, канализации, водостоков, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и газоснабжения. Они состоят из трубопроводов (горизонтальные магистрали, стоянки и подводки к приборам), арматуры (краны, вентили, задвижки и т. п.) и различного оборудования (насосы, водонагреватели, кондиционеры, фильтры).

Согласно ГОСТ 21.601—79 и 21.602—79 в основной комплект рабочих чертежей санитарно-технических устройств включают: общие данные систем; планы и аксонометрические схемы систем; планы, разрезы и схемы установок. Чертежи санитарно-технических устройств разрабатывают на основе архитектурно-строительных чертежей: планов, разрезов зданий. Разветвленные сети систем водопровода, отопления и газоснабжения изображают в аксонометрических схемах с использованием фронтальной изометрии. На отдельных участках трубопроводов указывают диаметр, длину участка, величину и направление уклона.

На чертежах и схемах элементы санитарно-технических устройств изображают условными графическими обозначениями. Некоторые условные обозначения трубопроводов и арматуры приведены в прил. 12 и 13. Санитарно-технические системы и элементы сетей снабжают буквенно-цифровыми обозначениями (марками) по ГОСТ 21.106—78.

**Чтение чертежей систем водоснабжения и канализации (чертежи марки ВК).** Установкам систем присваивают обозначение, состоящее из номера установки в пределах системы и обозначения системы (например, 1В6, 2В6). В наименованиях вводов водопровода и выпусков канализации указывают обозначение системы и номер ввода (выпуска) в пределах системы, например: Ввод В1-1, Ввод 1-2, Выпуск К1-1, Выпуск К1-2. Стояки систем обозначают маркой «Ст» с добавлением обозначения системы и порядкового номера стояка в пределах системы, например: Ст В1-1, Ст В1-2. Обозначение диаметра трубопровода наносят на полке линии-выноски или под полкой.

Для обозначения трубопроводов в ГОСТ 21.106—78 установлены следующие буквенно-цифровые обозначения (марки) с учетом содержимого трубопроводов: водопровод, общее обозначение — ВО, хозяйственно-питьевой — В1, оборотной воды — В5 (подающая сеть), В6 — обратная сеть, противопожарный — В8, производственный — В9; канализация, общее обозначение — КО, бытовая (фекальная) — К1, дождевая (ливневая) — К2, производственная, общее обозначение — К3, механически загрязненных вод — К4, химически загрязненных вод — К7, кислых вод — К8, щелочных вод — К9; горячее водоснабжение, подающая сеть — Т3, циркуляционная сеть — Т4; газоснабжение, общее значение — РО.

Планы систем водопровода (в том числе горячего водоснабжения), как правило, совмещают с планом систем канализации. Трубопроводы, расположенные друг над другом, на планах систем условно изображают параллельными линиями. Оборудование систем (например, насосы, баки) на планах показывают в виде упрощенных графических изображений, другие элементы системы — условными графическими изображениями. На фрагментах, выполняемых в масштабе 1:50, и узлах трубопровод диаметром более 100 мм показывают двумя линиями.

В качестве примера прочитаем план, приведенный на рисунке 18.25. На плане нанесены сети хозяйственно-питьевого В1 водопровода, оборотной воды В5 и ее канализации К6, показан также трубопровод диаметром 50 мм канализации К8 кислых вод. Система В1 имеет ввод В1-1 диаметром 150 мм, расположенный между осями 17 и 18, и обеспечивает водоснабжение через трубопровод диаметром 20 мм установок 12-10, 12-11, 12-12 и через трубопровод диаметром 25 мм установок 12-16 и 12-17. К двум последним установкам трубо-





провод частично проложен под полом. Система *B5* с диаметром трубопровода 108 мм и толщиной стенки 4 мм обеспечивает водоснабжение через трубопровод диаметром 50 мм установки 14-3 и через трубопровод диаметром 25 мм установки 14-4. Все установки подключены к системе канализации *K6* со стояком *Ст K6-1* и выпуском *K6-1* диаметром 50 мм и со стояком *Ст K6-2* и выпуском *K6-2* диаметром 100 мм. На чертеже указаны размерные привязки вводов водопровода и выпусков канализации, основных трубопроводов к координационным осям.

Пример схемы системы хозяйственно-питьевого водопровода *B1* здания приведен на рисунке 18.26. Прочитаем ее. Ввод *B1-1* диаметром 100 мм расположен на отметке  $-2,350$  и соединен с водомерным узлом 1, расположенным в здании на отметке 1,000, через раструбное соединение (см. прил. 12). От водомерного узла 1 через стояк *Ст B1-1* вода подается к трубопроводу диаметром 25 мм на отметке 2,600 и трубопроводу диаметром 25 мм на отметке 6,700. Через нижний трубопровод и вентиль на нем вода поступает к крану на отметке 1,100 и к поливочному крану на отметке 1,250 (через второй вентиль). Через верхний трубопровод вода поступает к водоразборному крану, к двум смесителям и к смесителю с душевой сеткой на отметке 4,200. В связи с разрывом *a...a* указана длина 3500 мм горизонтального участка трубопровода.

Пример схемы системы *K1* бытовой канализации приведен на рисунке 18.27. Пользуясь приложением 12, нетрудно прочитать ее. К стояку *Ст K1-2* трубопроводы подсоединены на отметках 3,110 и  $-0,690$ . На схеме указаны диаметры трубопроводов, их уклоны; диаметр, уклон и длина выпуска *K1-2*.

**Чтение чертежей систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (чертежи марки ОВ).**

На планах, разрезах и аксонометрических схемах систем отопления и вентиляции здания показывают в упрощенном изображении трубопроводы, воздухопроводы, стояки, отопительные приборы и элементы отопительно-вентиляционных систем и т. п.

В прил. 13 приведены некоторые условные графические обозначения воздухопроводов и элементов отопления и вентиляции.

Системы и сети отопления и вентиляции обозначают следующими марками: общее обозначение теплопроводов — Т0; отопление и вентиляция — Т1 (подающая сеть), Т2 (обратная); горячее водоснабжение для технологических процессов — Т5

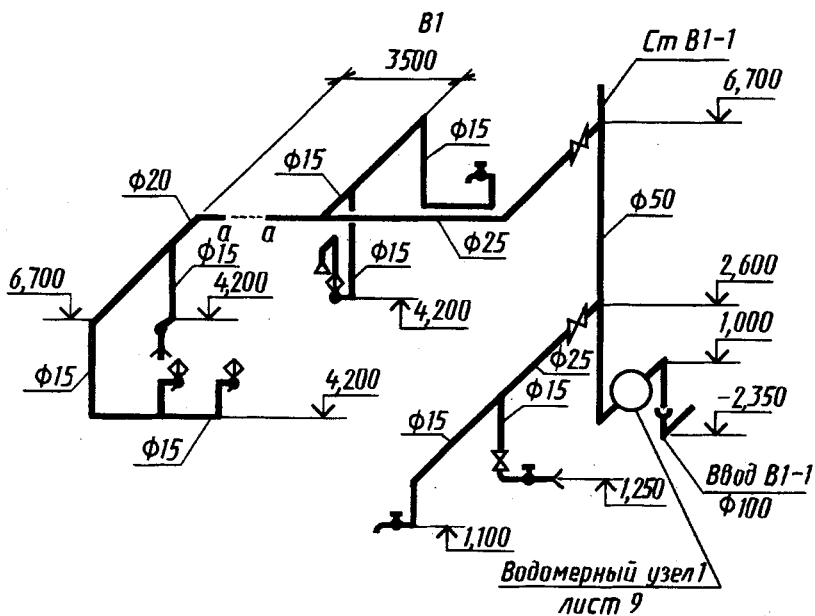


Рис. 18.26

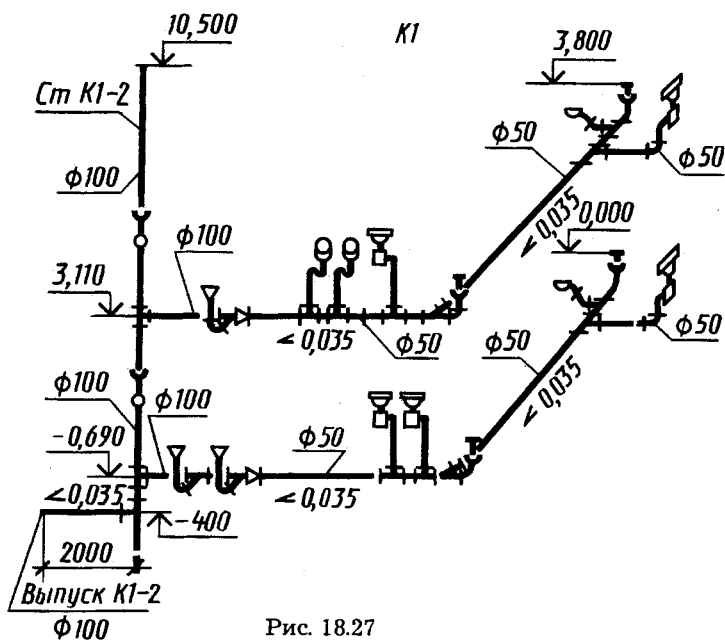


Рис. 18.27

(подающая сеть), Т6 (обратная); паропровод — Т7; конденсатопровод — Т8; воздухопровод (общее обозначение) — АО.

Планы и разрезы систем отопления промышленных зданий, как правило, совмещают с системами вентиляции. Производственные помещения оборудуют отопительно-вентиляционными системами с естественным или механическим побуждением. Системы и установки с механическим побуждением подразделяют на приточные (П), вытяжные (В), приточно-вытяжные, воздушные завесы (У), отопительные агрегаты (А). Системы с естественным побуждением подразделяют на приточные (ПЕ) и вытяжные (ВЕ). К буквенному обозначению марки добавляется порядковый номер системы, установки или элемента, например П1, В3 и т. п.

Планы систем отопления и вентиляции этажа здания изображают в виде горизонтального разреза, секущая плоскость которого проходит под перекрытием здания. Разрезы выполняют в тех случаях, когда монтаж системы по плану недостаточно ясен.

В качестве примера (рис. 18.28) прочитаем часть плана 3—3 (а) и разреза 1—1 (б) производственного здания с сетями отопления и вентиляции.

На плане (рис. 18.28, а) сплошной основной линией обозначены сети отопления помещения вентиляционной камеры (между осями 1—2) — стояки, трубопроводы и радиаторы, а также система подогрева воздуха, поступающего в вентиляционные установки. Воздуховоды вычерчены двойными линиями, поскольку их диаметр превышает 100 мм.

Две установки приточной вентиляции с подогревом воздуха (кондиционеры) обозначены марками П1 и П2, они показаны упрощенными изображениями в общей вентиляционной камере. Под выносными полками П1, П2 указаны листы 9 и 20 чертежей, где они представлены подробнее. Чистый воздух, отфильтрованный и подогретый, нагнетается вентиляторами в разветвленную сеть воздуховодов. От вентиляционной установки П1 воздух направляется сверху вниз по четырем вертикальным воздуховодам ( $d=315$ ) и через зонды распределяется в помещении. От вентиляционной установки П2 воздух через подпольный канал выводится наружу.

Разрезы выполняют по тем частям здания, где на плане устройство системы плохо выявляется. На разрезе 1—1 (рис. 18.28, б) показана конфигурация воздуховодов, проставлены диаметры,

План 3-3

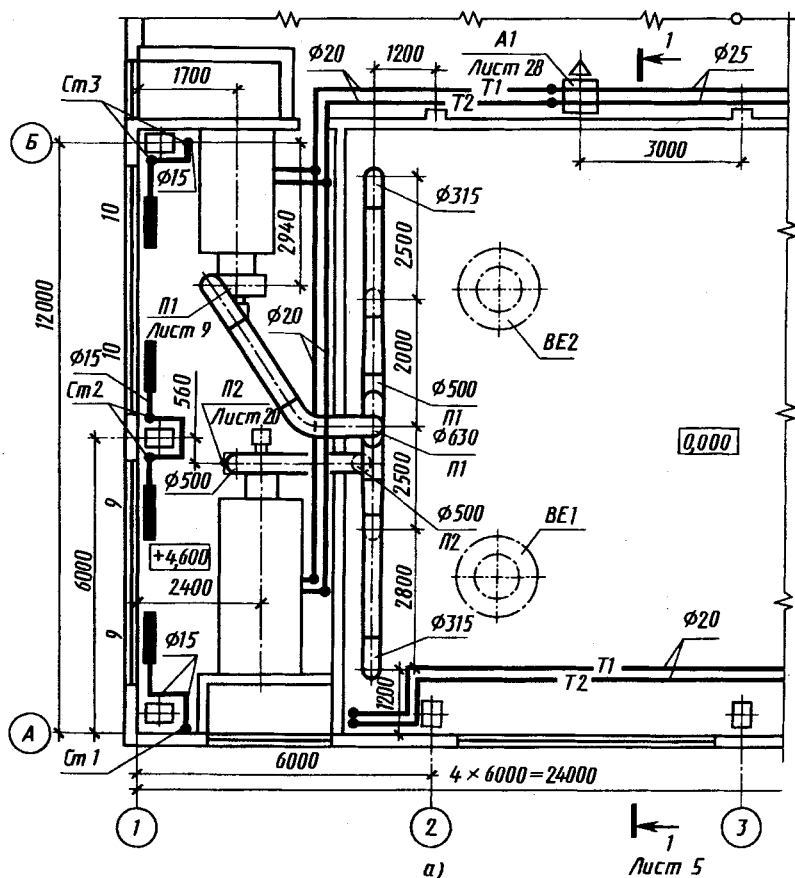


Рис. 18.28 (см. также с. 413)

отметки осей трубопроводов и концевых участков. Сплошными основными линиями с буквенно-цифровыми обозначениями  $T1$  и  $T2$  и частично представлена система трубопроводов отопления вентиляционной камеры. По трубопроводам  $T1$  подводится тепло от отопительного агрегата  $A1$  к вентиляционным установкам  $П1$  и  $П2$ . По параллельному трубопроводу  $T2$  отводится охлажденная вода (конденсат).

Помещение оборудовано естественной вытяжной вентиляцией. Вытяжные трубы естественной вентиляции ( $BE1$  и  $BE2$ ) через отверстия в перекрытии выводятся наружу.

На плане и разрезе системы отопления и вентиляции здания нанесены: координационные оси и расстояния между ними;

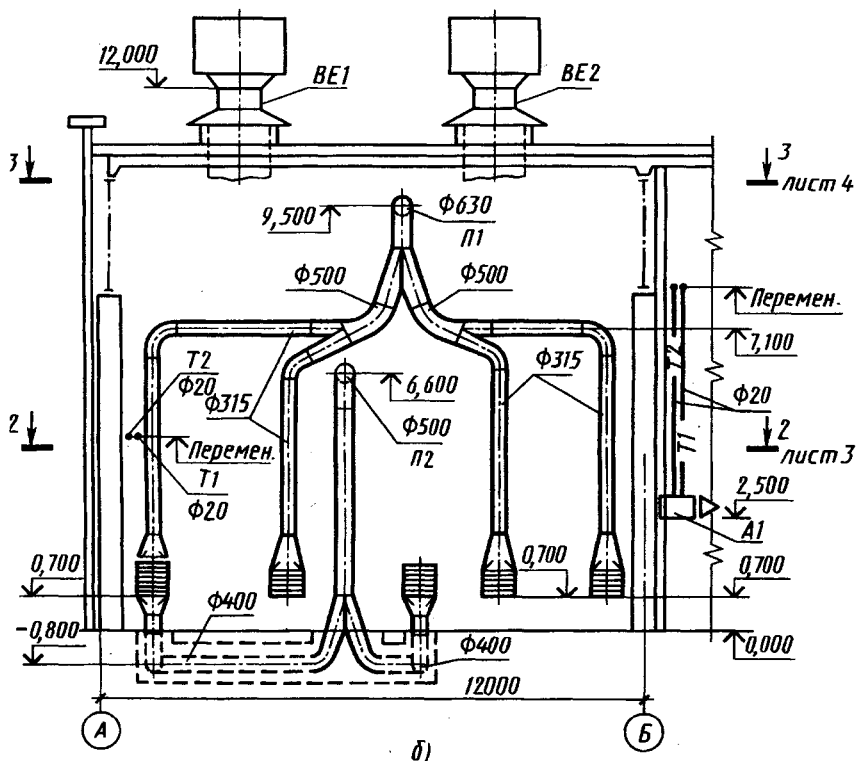


Рис. 18.28. Окончание

отметки пола вентиляционной камеры (4,600), осей горизонтальных участков и низа воздухопроводов; диаметры воздухопроводов и их привязки к координационным осям; привязка к координационным осям технологического оборудования и отопительно-вентиляционных установок.

К стоякам *Ст 1*, *Ст 2*, *Ст 3* подсоединены радиаторы 9 и 10.

Пример аксонометрической схемы системы вытяжной вентиляции *ВЗ* столярной мастерской учебно-производственного комбината приведен на рисунке 18.29. Система обеспечивает отсосы от трех станков и напольный. Пылевой вентилятор типа ЦП7-40 № 5, исполнение Б мощностью 7,5 кВт обеспечивает работу системы, выброс опилок и стружки в циклон типа Ц-800, воздуха — в атмосферу. На схеме показаны: отсосы от технологического оборудования с указанием количества про-



ходящего воздуха в  $\text{м}^3/\text{ч}$  (у стрелок в направлении потока воздуха, например 1200 у лентопильного станка), воздухопроводы  $AB$  и их размеры (диаметр или размеры сторон прямоугольного сечения), отметки низа и уровня горизонтальных участков воздухопроводов, лючки для измерения параметров воздуха ( $ЛП$  размером  $50 \times 50$  мм) и чистки воздухопроводов ( $ЛВ$ , 7 лючков).

## 18.7. Карта, план и профиль местности

*Топографическими планами (картами) называют чертежи отдельных земельных участков.* При этом допускается, что поверхность земли плоская, а не сферическая, но рельеф местности учитывается. На топографических планах с помощью условных обозначений изображают природные (реки, озера, леса, поля и т. п.) и искусственные (населенные пункты, пути сообщения, каналы, здания и т. п.) объекты. Условные обозначения искусственных объектов часто по своему размеру превышают размер изображения самого объекта, выполненного в масштабе чертежа. Условные обозначения можно разделить на две основные группы: контурные и внemasштабные.

Контурные условные обозначения применяют для вычерчивания границ территорий лесов, болот, лугов, участков, отведенных под строительство, и т. п. Границы таких территорий обводят точечными или тонкими сплошными линиями (см. рис. 18.35). Контурные условные обозначения выполняют в масштабе чертежа.

Внemasштабные условные обозначения выполняют без учета масштаба чертежа. К ним относятся обозначения искусственных сооружений, например заводов, шахт, электростанций и других зданий и сооружений, отдельных деревьев и др.

Примеры условных обозначений приведены в прил. 14.

Земную или топографическую поверхность (ее рельеф) на чертежах изображают с помощью горизонталей поверхности или ее профилей, т. е. сечений, выполненных вертикальными плоскостями.

Для построения горизонтали топографической поверхности ее мысленно рассекают рядом параллельных горизонтальных плоскостей, отстоящих друг от друга на заданном расстоянии (рис. 18.30,  $a$ ). Проекция линий, по которым плоскости пересекаются с поверхностью (т. е. горизонтали), на горизонтальной плоскости проекций изображают поверхностью в горизонталях.



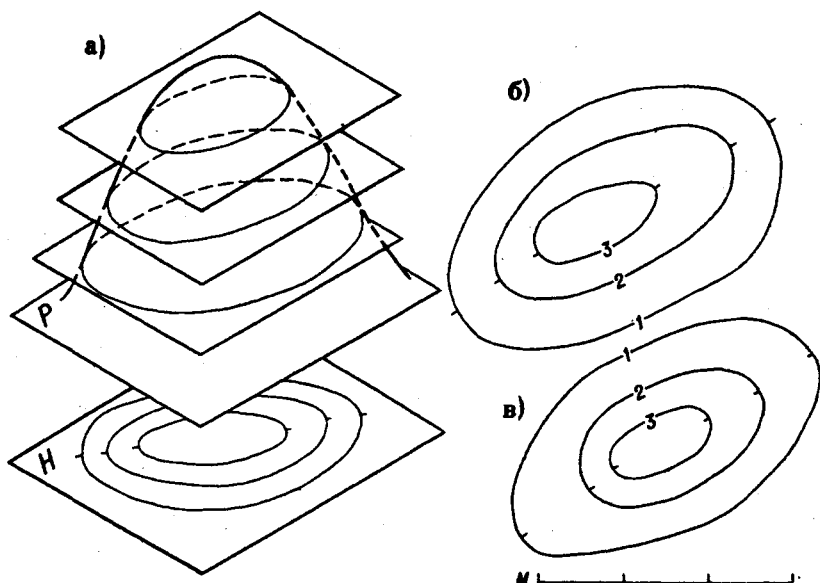


Рис. 18.30

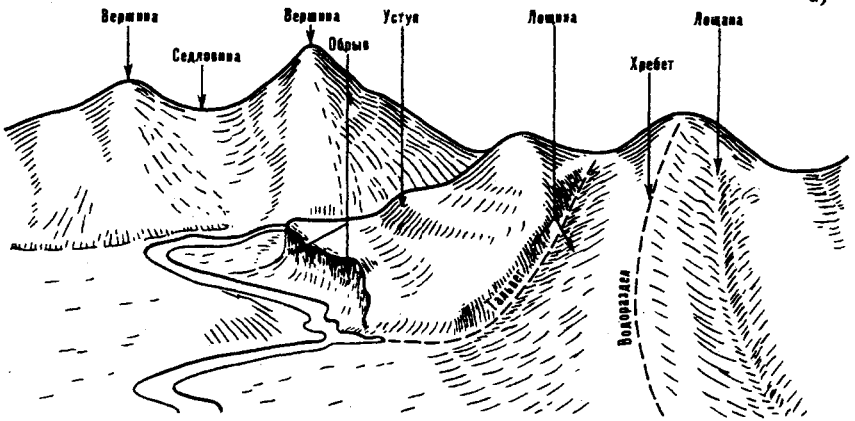
При таком способе изображения поверхности по внешнему виду горизонталей холм не будет отличаться от впадины. Отличие горизонталей выполняют или обозначением высоты горизонталей над уровнем моря, или нумерацией горизонталей с указанием расстояния между секущими плоскостями (высоты сечения), или условным обозначением понижения поверхности. Такое обозначение — черточка (бергштрих), проводимая в направлении линии ската в сторону понижения поверхности. С помощью бергштриха видно, что на рисунке 18.30, б изображен холм, а на рисунке 18.30, в показана впадина.

Положение по высоте плоскости, принимаемой за нулевую, может быть выбрано произвольным. От перемены ее положения изменятся отметки горизонталей, но это не повлияет на взаимное расположение их проекций.

При выполнении геодезических работ в России принято за нулевую принимать поверхность Финского залива Балтийского моря вблизи Кронштадта.

Пример изображения земной поверхности приведен на рисунке 18.31: а — наглядное изображение; б — план в горизонталях. Наглядное изображение топографической поверхности в аксонометрической проекции с помощью горизонталей приведено на рисунке 18.32. Если поверхность земли имеет спокой-

а)



б)

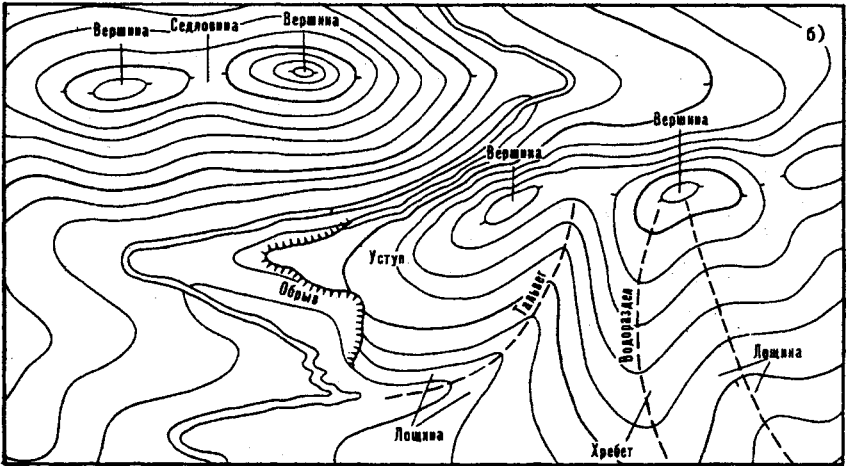


Рис. 18.31

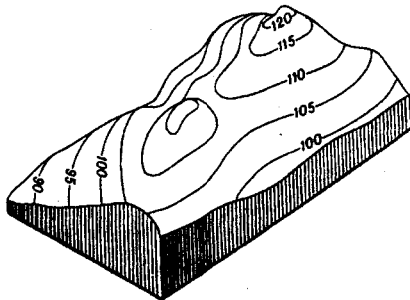


Рис. 18.32

ный рельеф, то большая наглядность этой поверхности может быть достигнута преднамеренным растяжением поверхности по высоте. На рисунке 18.33, *а* показан план местности в горизонталях. Та же поверхность изображена в аксонометрии на рисунке 18.33, *г* в одинаковом масштабе и на рисунке 18.33, *д* в соотношении масштабов 1:5 (вертикальный масштаб взят крупнее горизонтального в 5 раз).

Профиль местности (рис. 18.34) по заданному на топографическом чертеже направлению строят, например, методом перемены плоскостей проекций следующим образом. Параллельно заданной прямой *А—А* проводят вне чертежа прямую, которую называют базой профиля. Перпендикулярно базе профиля проводят прямую и на ней откладывают единицы масштаба. Через полученные точки проводят линии уровня (проекции горизонталей). Проведя перпендикуляры к базе профиля из точек на плане до пересечения линии соответствующего уровня, получают ряд точек. Соединив их плавной линией, получают кривую профиля местности в данном направлении. Примеры профиля в направлении *Б—Б* приведены выше (см. рис. 18.33): *б* — в одинаковом масштабе; *в* — масштаб по высоте в 5 раз крупнее масштаба по длине.

При чтении топографических чертежей в первую очередь стараются получить общее представление о рельефе, гидрографической сети на местности.

Топографические чертежи выполняют по результатам геодезической съемки (аэрофотосъемки) местности с помощью специальных приборов. На практике часто приходится выполнять глазомерную съемку местности. При этом используют планшет с листом бумаги, компасом и миллиметровой линейкой. Изображения выполняют карандашом. Во время съемки планшет держат горизонтально и ориентируют по магнитному меридиану. Расстояния на местности при глазомерной съемке измеряют различными инструментами или шагами. В последнем случае, кроме масштаба в метрах, указывают масштаб в шагах. Отсчитанное расстояние наносят на бумагу в соответствующем масштабе.

Различают глазомерные съемки площадей и маршрутов. В обоих случаях определяют на местности и наносят на планшет отдельные направления и расстояния между точками. Затем зарисовывают детали местности, начиная с выходной точки.

При маршрутной глазомерной съемке намечают на местности опорные точки и направления ходовых линий. Рельеф

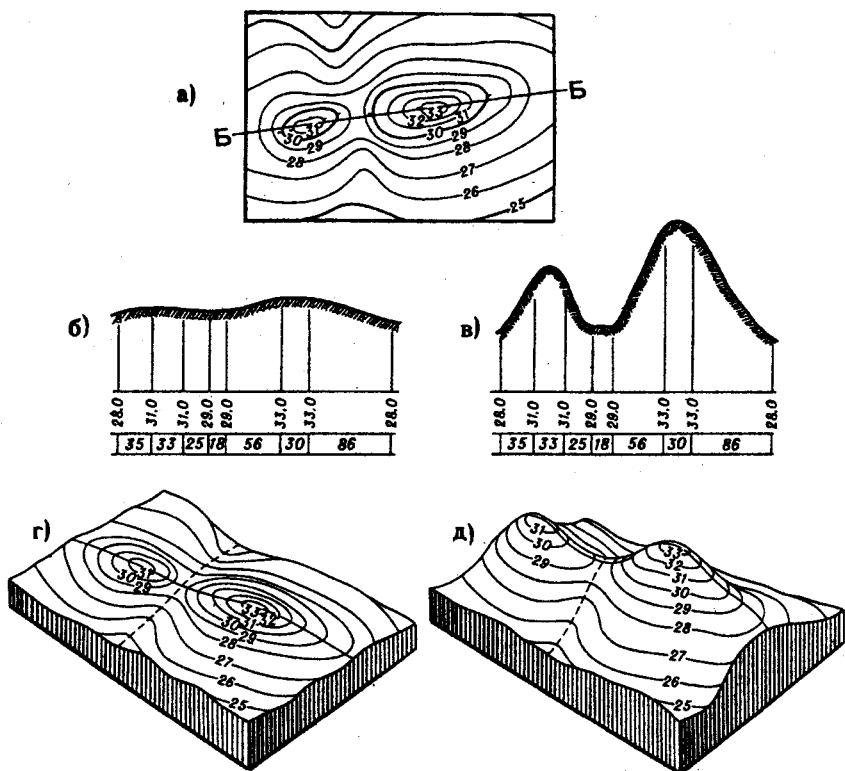


Рис. 18.33

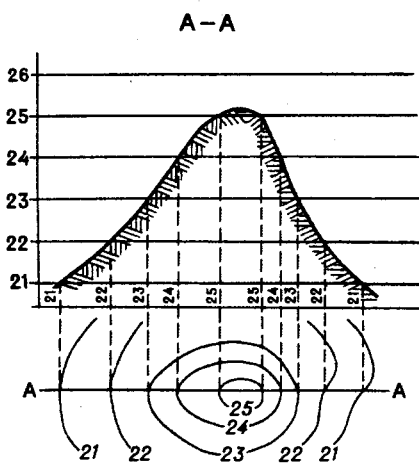


Рис. 18.34

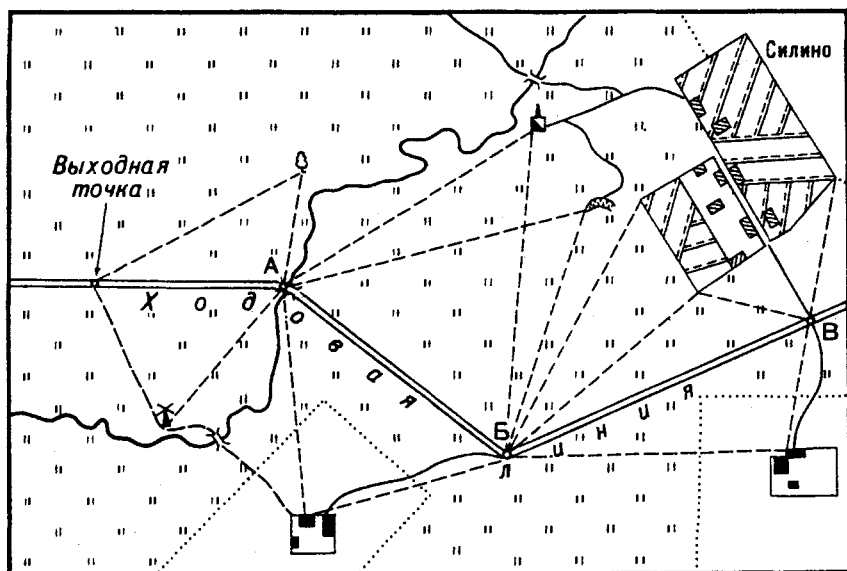


Рис. 18.35

местности изображают горизонталями. Рисуют рельеф по мере движения по ходовой линии, начиная с низшей горизонтали. Пример выполненного плана маршрутной глазомерной съемки приведен на рисунке 18.35. В качестве ходовой линии выбрано шоссе. Характерные точки *А* и *Б* выбраны в местах поворота шоссе, точка *В* — в пересечении шоссе с местной дорогой. Визируя планшет из опорных точек на местные предметы (направление визирования указано пунктирными линиями), намечают их положение на бумаге. Положение местных предметов (или их точек, например углов зданий) определяют и как положение вершины треугольника, измеряя расстояние от местного предмета до двух соседних опорных точек. На плане вначале вычерчивают дороги, реки, местные предметы (мосты, столбы и т. д.), населенные пункты, контуры угодий (лесов, болот, лугов), указывают названия населенных пунктов, рек и водоемов, горизонтали. После этого заполняют контуры угодий условными знаками (лес, кусты и т. п.). На полях планшета зарисовывают ориентиры (при необходимости) и составляют описание (легенду). Внизу плана чертят линейный масштаб, указывают фамилию исполнителя и дату съемки.

## 18.8. Чертежи сооружений в проекциях с числовыми отметками

При проектировании земляных сооружений на естественном рельефе местности: строительных площадок, автомагистралей, каналов и т. д. — применяют чертежи, выполненные в проектных горизонталях и числовых отметках. Обратимость чертежа при использовании лишь одной проекции точки, линии обеспечивают указанием третьего измерения (высоты) числовыми отметками. Числовые отметки выражают расстояние от точки, линии до условной горизонтальной плоскости, принятой за плоскость нулевого уровня (плоскость проекций). Наглядное изображение трех точек  $A$ ,  $B$  и  $C$ , их проекции на плоскости  $H$  и проекции в числовых отметках приведены на рисунке 18.36,  $a$ ,  $b$  и  $в$  соответственно.

В проекциях с числовыми отметками проекции точек принято обозначать числами (а не буквами), выражающими отметку соответствующей точки (рис. 18.36,  $в$ ). Так, отметка точки  $A$  равна нулю ( $\pm 0,00$ ), отметка точки  $B$  равна  $4,50$  единицам, принятым для данного чертежа, например метрам, отметка точки  $C$  равна  $-6,00$  единицы. Знак «минус» означает, что точка  $C$  расположена под плоскостью проекций, принятой за нулевую. Измерив расстояния  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  между проекциями на чертеже, зная числовые отметки и масштаб чертежа, можно определить расстояния между точками в натуре.

Чертеж отрезка прямой с проекциями  $a_{1,5}b_{8,5}$  концов приведен на рисунке 18.37. Точка  $A$  расположена на высоте  $1,5$  единицы, принятой для данного чертежа, точка  $B$  — на высоте  $8,5$  единицы над плоскостью  $H$ . На чертеже показано построение

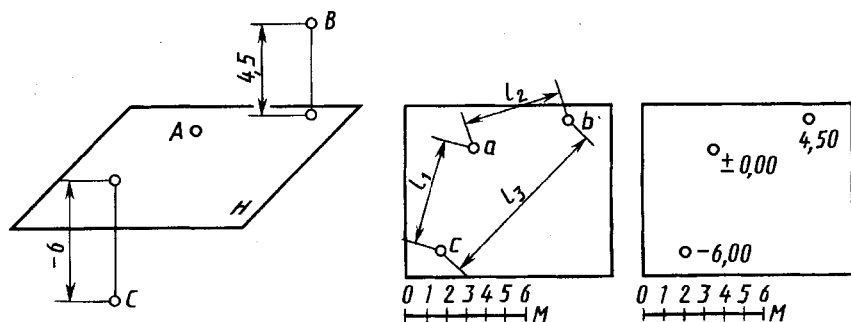


Рис. 18.36

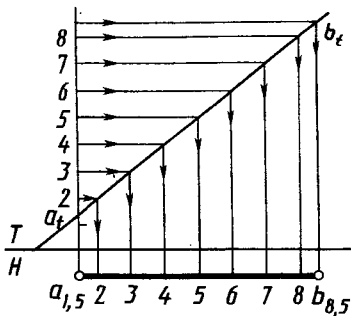


Рис. 18.37

ние проекций точек прямой, имеющих отметки 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 единиц, методом перемены плоскостей проекции (введена дополнительная плоскость проекций  $T \perp H$ ,  $T \parallel AB$ ), используя натуральную величину  $a_i b_i$  отрезка. Построение проекций точек прямой линии, отметки которых отличаются на единицу, называют градуированием прямой. Одновременно с этим получают и угол наклона прямой к плоскости  $H$ . Длину горизонтальной проекции отрезка называют заложением прямой. Отношение разности числовых отметок концов отрезка к заложению прямой называют уклоном прямой и обозначают  $i$ . Величина уклона равна тангенсу угла наклона прямой. Величину заложения, соответствующую разности числовых отметок в единицу, называют интервалом прямой. Разность отметок концов точек называют превышением одной точки над другой.

Плоскость (рис. 18.38, а) в проекциях с числовыми отметками помимо известных способов удобно изобразить масштабом уклона (рис. 18.38, б, в). Масштабом уклона называют горизонтальную проекцию линии наибольшего ската плоскости, на которой показаны отметки точек через 1 м. Масштаб уклона обозначают двойной линией и буквой с индексом  $i$  (на-

рис. 18.38, а) в проекциях с числовыми отметками помимо известных способов удобно изобразить масштабом уклона (рис. 18.38, б, в). Масштабом уклона называют горизонтальную проекцию линии наибольшего ската плоскости, на которой показаны отметки точек через 1 м. Масштаб уклона обозначают двойной линией и буквой с индексом  $i$  (на-

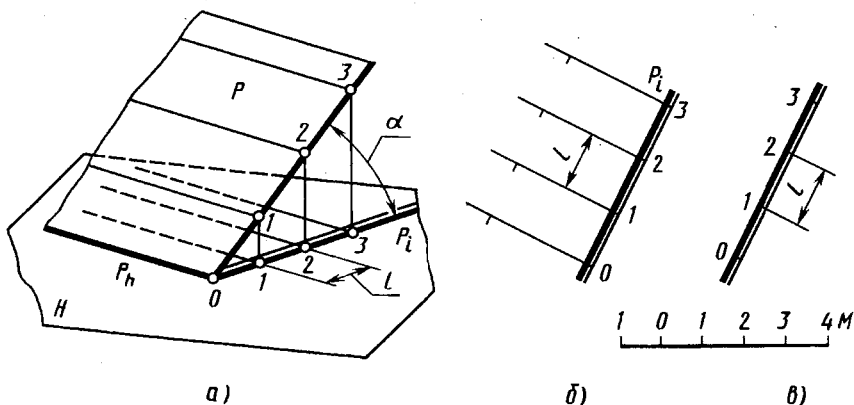


Рис. 18.38

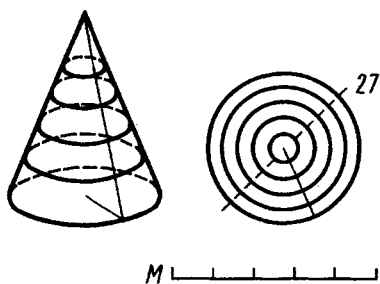


Рис. 18.39

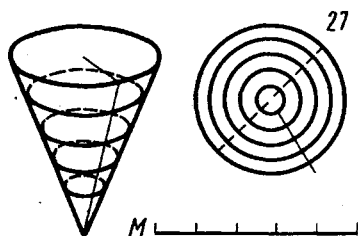


Рис. 18.40

пример,  $P_i$ ). Проекции горизонталей плоскости на плане перпендикулярны масштабу уклона, а расстояние  $l$  между соседними проекциями горизонталей является интервалом. На рисунке 18.38, б плоскость  $P$  изображена масштабом уклона  $P_i$  с горизонталями и бергштрихами, на рисунке 18.38, в — только масштабом уклона  $P_i$ .

Рассмотрим примеры изображений некоторых простых поверхностей в проекциях с числовыми отметками с помощью горизонталей. На рисунке 18.39 справа изображена поверхность прямого кругового конуса (только одна полость конической поверхности), обращенного вершиной вверх. Это концентрические окружности, расстояние между которыми равно интервалу линии ската поверхности ее образующей. Поэтому коническую поверхность можно задать вершиной и уклоном линии ската. На рисунке 18.40 справа изображена коническая поверхность, обращенная вершиной вниз. Проекции горизонталей обеих поверхностей не отличаются друг от друга. Отличие вводят нумерацией горизонталей, бергштрихами. При наличии бергштрихов наносят отметку хотя бы одной горизонтали, указывают масштаб и высоту сечения. Изображение углубления в форме четырехугольной пирамиды показано на рисунке 18.41, а, чертеж пятиугольной пирамиды — на рисунке 18.41, б (ее наглядное изображение на рисунке 18.41, в).

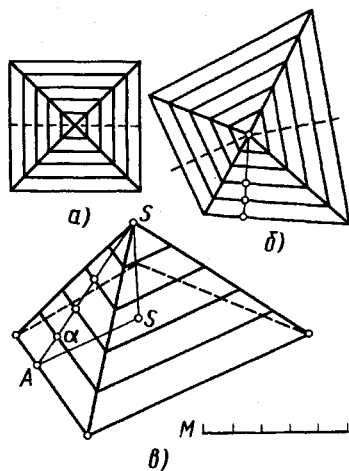


Рис. 18.41



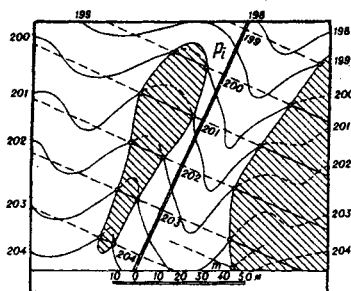
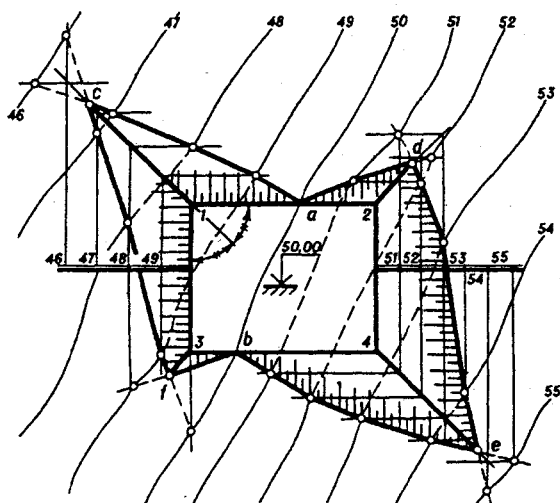


Рис. 18.42

**Пересечение топографической поверхности с плоскостью** (рис. 18.42). В плоскости  $P$ , заданной масштабом уклона  $P_i$ , проводят горизонтали, имеющие отметки 199, 200, 201, ..., 204. Отмечают точки пересечения однозначных горизонталей плоскости  $P$  и топографической поверхности и соединяют их плавными кривыми линиями. В заштрихованных контурах плоскость  $P$  проходит ниже топографической поверхности, что и определяет пределы выемок. Если имеющихся горизонталей недостаточно для более точного выявления линий пересечения плоскости с топографической поверхностью, то проводят горизонтали на промежуточных отметках. В примере это дано для точки  $m$ .

Плоскость  $P$  проходит ниже топографической поверхности, что и определяет пределы выемок. Если имеющихся горизонталей недостаточно для более точного выявления линий пересечения плоскости с топографической поверхностью, то проводят горизонтали на промежуточных отметках. В примере это дано для точки  $m$ .

**Построение границ земляных работ для строительства площадки.** На топографической поверхности требуется определить границы земляных работ для горизонтальной площадки 1—2—3—4 (рис. 18.43), имеющей отметку 50,00. Уклоны откосов: насыпи  $i_{\text{нас}} = 1:1$ , выемки  $i_{\text{выем}} = 3:2$ . Горизонталь земли с отметкой 50 пересекает площадку по линии нулевых работ с проекциями  $a$  и  $b$  граничных точек. Справа от нее будет выемка, слева — насыпь. Для вычерчивания их проекций к сторонам



ЛИНЕЙНЫЙ МАСШТАБ И  
ГРАФИК МАСШТАБОВ УКЛОНОВ

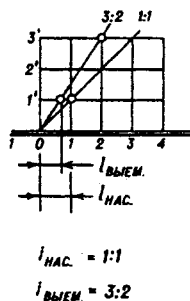


Рис. 18.43

1—3, 2—4 площадки, примерно посередине, проводят перпендикулярные линии масштабов уклона плоскостей откосов насыпи и выемки. На них отмечают заданные величины интервалов для насыпи ( $l_{\text{нас}}$ ) и выемки ( $l_{\text{выем}}$ ), взятые с графика масштаба уклонов. Проводят проекции ребра 1—с, 3—f пересекающихся откосов насыпи как биссектрисы углов между проекциями горизонталей плоскостей, имеющих одинаковый уклон. Аналогично проводят проекции 2—d и 4—l ребер откосов выемки. Через отметки интервалов на масштабах уклона проводят горизонталю откосов параллельно сторонам площадки. Соединяя точки пересечения однозначных горизонталей топографической поверхности и откосов насыпи и выемки, получают искомые границы земляных работ.

Бровку откосов оформляют штриховыми линиями.

Пример решения аналогичной задачи для круглой в плане площадки приведен на рисунке 18.44. Ее откосы будут ограничены коническими поверхностями. Величины уклонов откосов насыпи 1:1, выемки 1:2. Построив горизонталю откоса 55, 54, 53, 52 (окружности), отмечаем точки пересечения их с однозначными горизонталями местности и проводим плавную кривую линию границы откоса насыпи.

Аналогично строят изображение откоса выемки с учетом того, что интервал в 2 раза больше.

Пример выполнения чертежа пандуса (наклонной площадки) показан на рисунке 18.45, а, наглядное изображение приведено на рисунке 18.45, б. Расположим прямой круговой конус так, чтобы его вершина была в точке примыкания бровки пандуса к границе верхней площадки (точка 5). Уклон образующей конуса принимают равным уклону откоса пандусов. В этом случае плоскость откоса будет касательной к поверхности конуса, горизонталю откоса будут касательны к однозначным горизонталям конуса. Дальнейшее построение очевидно из чертежа.

Пример построения чертежа насыпи полотна дороги на скругленном участке приведен на рисунке

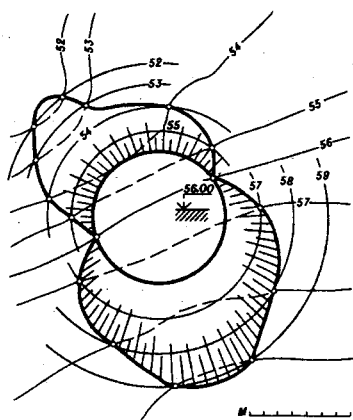


Рис. 18.44

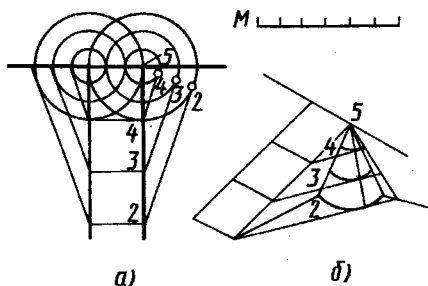


Рис. 18.45

ке 18.46: *a* — наглядное изображение насыпи; *б* — чертеж. Горизонтали откосов построены с помощью вспомогательных круговых конусов, вершины которых расположены на пространственной кривой — бровке полотна дороги. Каждая горизонталь откоса — огибающая семейства соответствующих по отметке горизонталей конусов. Поверхность откоса — поверхность одинакового ската, огибающая вспомогательные конусы. Прямолинейные образующие этой поверхности представляют собой линии наибольшего ската и имеют одинаковые углы наклона к горизонтальной плоскости.

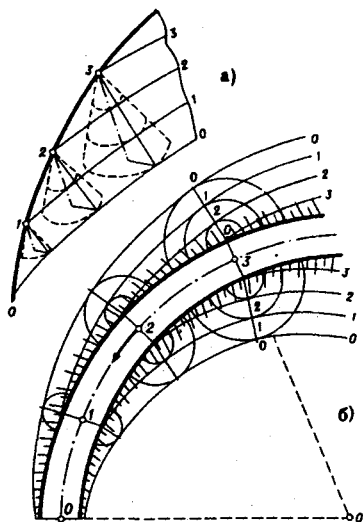


Рис. 18.46



1. Что понимают под стандартами СПДС и какой двузначный цифровой код они имеют?
2. Какие марки присваивают основным комплектам рабочих чертежей, предназначенным для производства строительно-монтажных работ?
3. Как обозначают на чертежах координатные оси?
4. Как обозначают на чертежах отметки уровней элементов конструкции? Что принимают в качестве нулевой отметки на чертежах зданий?
5. Как указывают на чертеже номер выносного элемента?
6. Как указывают на чертеже многослойные конструктивные элементы?
7. Как указывают на чертежах уклон?
8. Как указывают на чертежах границы земляных работ для строительства площадки?
9. Как указывают границы земляных работ для строительства пандуса?

# ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

## МАШИННАЯ ГРАФИКА

---

### *Глава девятнадцатая*

## **МАШИННАЯ ГРАФИКА В НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ЧЕРЧЕНИИ**

### **19.1. Общие положения**

Развитие возможностей вычислительной техники, систем программирования и технических средств отображения графической информации привело к созданию средств автоматизированного конструирования, выполнения чертежей, генерации наглядных изображений — машинной графики.

Принято считать, что машинная графика — это создание, хранение и обработка математических и графических моделей объектов и формирование их изображений с помощью ЭВМ.

При работе на дисплеях, графопостроителях и печатающих устройствах (технических средствах отображений графической информации) трехмерная графическая информация преобразуется в двумерную проекцию объекта на плоскости. При этом используются как параллельные аксонометрические и ортогональные проекции, так и центральные проекции (перспективы) с одним или двумя центрами проецирования. Математическое описание технических объектов участвует в создании программ генерации изображений. Для создания реалистических изображений учитывают оптические законы прохождения, отражения и рассеивания света и передачи цвета. Параметры геометрической и физической информации в ЭВМ обрабатываются в основном методами вычислительной математики, в том числе — вычислительной геометрии.

Развитие машинной графики позволило создать специализированные системы автоматизированного выполнения чертежей. Современные персональные ЭВМ (ПЭВМ) более просты и удобны в пользовании, обеспечивают достаточную точность, необходимое качество чертежей и легкость внесения изменений.

Для реализации процесса автоматизированного изготовления чертежей на ЭВМ конструктор создает «электронный» эквива-

лент чертежа, используя вместо карандаша и бумаги экран графического дисплея и устройство ввода. Подготовленный чертеж записывается на магнитный диск, а затем вычерчивается графопостроителем.

В двумерных графических системах плоские объекты описывают с помощью координат  $X$  и  $Y$ , а в трехмерных системах —  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ , что позволяет записывать в памяти объемные изображения и с различных направлений наблюдения воспроизводить их проекции на экране монитора.

ПЭВМ с развитой системой машинной графики позволяют создать системы, повышающие качество обучения основам начертательной геометрии и черчению. Построение одной проекции можно сопровождать автоматическим синхронным построением второй (третьей) или второй и третьей проекций и аксонометрического изображения. Можно быстро построить большое число изображений геометрических объектов при изменении размеров элементарных пересекающихся поверхностей и исследовать выявляющиеся закономерности. Применение способа вспомогательных секущих плоскостей можно показывать на примерах построения линий пересечения любых математически заданных поверхностей с любым их взаимным расположением в пространстве. При этом будут демонстрироваться различные виды кривых линий, получающихся в сечениях. Можно вызвать на экран фрагменты наглядного аксонометрического изображения для консультации (подсказки) или изображения сечения в интересующей нас зоне детали.

Возможна демонстрация кинематических способов образования поверхностей как на ортогональных проекциях, так и в аксонометрии с изменением параметров определителя поверхности. Возможна демонстрация фрагментов технологических процессов формообразования поверхностей и различных элементов деталей.

Применение цвета повышает наглядность изображений, позволяет одновременно изображать различные фрагменты деталей, слои или сечения.

*Примечание.* Индивидуальное применение различных дидактических указаний на экране в процессе обучения, а также индивидуальный контроль хода освоения материала, учет ошибок и оценка результатов обучения повышают эффективность обучения.

Возможно применение специальных упражнений игрового типа для развития пространственных представлений и активизации обучения.

Современные возможности при использовании средств машинной графики позволяют ожидать интенсификации процесса обучения основам начертательной геометрии и черчения.

Некоторые из указанных новых возможностей рассмотрены ниже на практических примерах.

## 19.2. Компьютерная графическая система и работа с ней

**Компьютерная графическая система.** Для выполнения графических работ, в том числе при изучении начертательной геометрии, используют системы с одним (рис. 19.1) или двумя дисплеями. Основными компонентами компьютерной графической системы являются: персональный компьютер (будут рассматриваться системы только на нем), программное обеспечение автоматизированного выполнения графических изображений, устройство для ввода графической информации (например, клавиатура, планшет с указкой-карандашом), кнопочное устройство («мышь»), световое перо, растровый дисплей (монитор) для представления изображения на экране и графопостроитель для получения чертежа.

При работе с одним дисплеем он выполняет функции как алфавитно-цифрового (для команд), так и графического дисплея. На его экране можно выделить (см. рис. 19.1) четыре зоны, которые характерны для большинства пакетов автоматизированного выполнения графических изображений, хотя их расположение на экране может меняться. Самая большая «зона 1» — графики в центре экрана — предназначена для вывода изображения чертежа. В нижней части расположена «зона 2» — текста из нескольких строк для вывода команд и информационных сообщений. Верхняя «зона 4» в виде строки зарезервирована для отображения состояния экрана. В этой строке указывают выбранные параметры черчения, например режим вычерчивания ортогональных проекций (*Ortho*), координаты текущего положения перекрестия на чертеже и другие данные. Зону 3 отводят под меню.

Область меню может находиться как на экране, так и на планше-



Рис. 19.1

те. Меню позволяет вводить команды и символы простым указанием желаемого пункта меню (нажатием кнопки на устройстве ввода). Программа может изменять отображаемое меню по мере того, как пользователь делает выбор.

В любой компьютерной графической системе имеется редактор чертежей. С его помощью чертежи выводятся на дисплей и используются конкретные команды для создания, изменения, просмотра и вычерчивания чертежей на графопостроителе. Новые чертежи создаются с использованием предыдущих чертежей или чертежных примитивов. Типичные чертежные примитивы — это прямые линии необходимой толщины, прямоугольники, окружности, эллипсы, дуги, кривые, текст, элементарные объемные тела и основные типовые фрагменты из других чертежей. С помощью редактора можно использовать команды по перемещению, копированию, зеркальному отображению, частичному или полному стиранию, повороту, а также растягиванию или сжатию изображения по вертикали и горизонтали различных объектов или их групп.

В процессе разработки чертежа любая его часть может быть выведена на графопостроитель или печатающее устройство.

Большинство программ автоматизированного выполнения чертежей позволяет создавать программы для обмена чертежами. Графические данные в таком виде можно легко распечатать или передать в качестве исходных данных каким-либо другим программам, например программе станков с числовым программным управлением.

**Выполнение чертежа.** Перед выполнением нового чертежа на экране графического дисплея имеется перекрестие разной величины: от очень маленького (0,2 мм) до занимающего всю зону *1*. При перемещении указателя (карандаша или «мыши») перекрестие повторяет на графическом экране его движение. Перекрестие можно также перемещать с помощью клавиши управления курсором на клавиатуре ЭВМ. Точка пересечения линий, составляющих перекрестие, есть его текущая позиция. Координаты этой точки вводятся в программу при нажатии кнопки на «мыши» или клавиши на клавиатуре.

Чертежные команды могут вводиться непосредственно с клавиатуры путем указания нужного пункта меню. Пункт меню в этом случае на экране не подсвечивается. Выбранная команда активизируется нажатием кнопки на указателе.

Точку можно задать многими способами (путем ввода с клавиатуры декартовых или полярных координат или, например, нажатием кнопки на указателе планшета или «мышь»). Простейший способ заключается в перемещении перекрестия в желаемое место экрана и вводе в ЭВМ координат этой точки. Для изображения отрезков прямых или окружностей вводят команды, например LINE и CIRCLE, после чего указывают координаты соответствующих точек.

На рисунке 19.2 показаны шаги построения прямоугольника и окружности внутри его. Укажем действия пользователя по шагам построения, обозначив «+» перемещение перекрестия в указываемую точку, буквами ВК — нажим на клавишу, с помощью которой вводят в программу координату точки.

Шаг а: LINE + В А1, ВК (появляется подсказка на экране From Point, и указываются координаты 1,0000, 0,3300 точки А1).

Шаг б: + В А2, ВК (появляется подсказка To Point, координаты 1,0000, 5,0000 точки А2).

Шаг в: + В А3, ВК (появляются координаты 6,2500, 5,0000 точки А3).

Шаг г: + В А4, ВК, С (С — команда на замыкание прямоугольника: появляются координаты 6,2500, 0,3300 точки А4 и вычерчивается прямоугольник).

Шаг д: CIRCLE (появляется подсказка 3P/2P <Center Point>), + В А5, ВК (появляются координаты 3,6250, 2,4650 центра окружности).

Шаг е: (появляется подсказка Diametr <Radius>) + В А6, ВК (появляются координаты 4,7500, 3,5000 точки А6 конца радиуса и окружность).

Пример шестиугольника с эллипсом (или окружностью) внутри, построенного с помощью персонального компьютера, приведен на рисунке 19.3. Шестиугольник вписан в габаритный прямоугольник. При работе на компьютере ввод данных осуществляется в следующем порядке: указывают длину и высоту описанного прямоугольника, углы наклона левой стороны и правых нижней и верхней сторон к оси абсцисс, длины горизонтальных правых (верхнего и нижнего) треугольников, абсциссу и ординату центра окружности (эллипса), радиус окружности и коэффициент сжатия ее для построения эллипса (для окружности он равен единице).

На рисунке 19.3, выполненном на печатающем устройстве, видны существенные условности в изображении линий



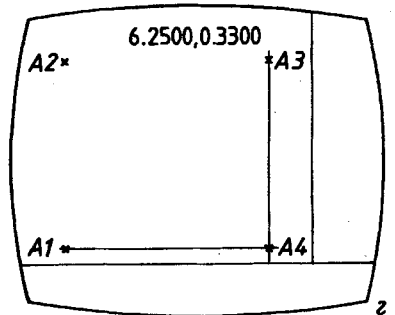
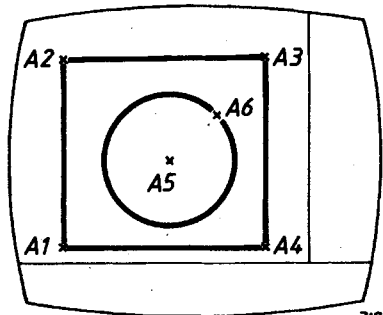
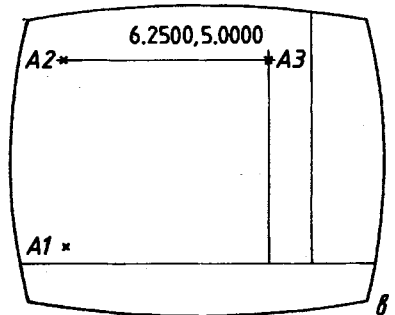
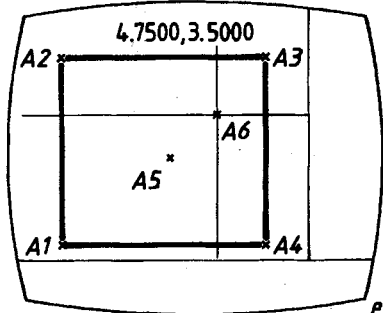
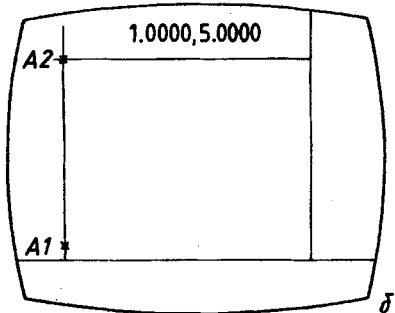
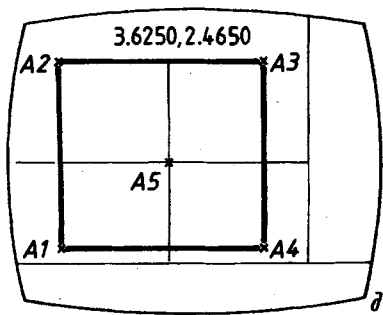
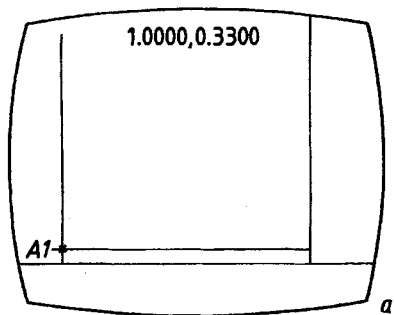


Рис. 19.2

из-за недостаточной разрешающей способности монитора. Левая наклонная линия изображена как ступенчатая из отдельных вертикальных отрезков. Заметны уступы на правой нижней наклонной линии. Заметны ступенчатость и большие горизонтальные отрезки вверху и внизу на изображении эллипса.

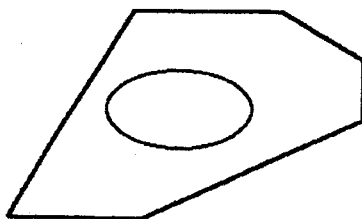


Рис. 19.3

**Синхронное построение нескольких проекций.** Одновременное построение изображений на нескольких проекциях — это принципиально новая возможность, создаваемая средствами машинной графики. Сущность такого синхронного построения показана на рисунке 19.6, последовательность его условно обозначена цифрами в кружках. В программе (редакторе) устанавливаются особые режимы: H, V, W. В каждом из этих режимов построения выполняют в одной из плоскостей частного положения, параллельной соответствующей плоскости проекций. В этом случае построение изображения пользователем на одной из проекций автоматически сопровождается практически синхронным построением проекции изображения на остальных плоскостях проекций.

Могут быть установлены и выбраны специальные режимы работы с линиями, плоскостями и поверхностями. Например, плоскость общего положения, поверхность сферы или другая. В случае выбора сферы проекции проекции точек на ее поверхности отображаются с помощью шести курсоров, в том числе два совмещаемых на одной из проекций.

В общем случае графический редактор по дисциплине «Начертательная геометрия» содержит следующие меню: режимы и подрежимы, комментарии, геометрические элементы, внутренние и внешние функции. Например, в редакторах PLANE и ESPANCE используют режимы экрана (F1, клавиша F6/F1), плоскости общего положения (F2, клавиша F7/F2), пространства — эпюра Монжа (F3, клавиша F8/F3) и подрежимы H и V — переход соответственно в горизонтальную или фронтальную плоскость проекций.

Комментарии INS обеспечивают задание алфавитно-цифровых символов (выход из этого режима осуществляется нажатием клавиши BK или клавиши перемещения курсора). Геометрические элементы задают: 1 — фиксация точки; 2 — задание отрезка после фиксации одной точки; 3 — задание плоскости после

фиксации трех точек (например, 113); L — луч (перемещение обеспечивается клавишами управления курсором); P — перпендикуляр (через указанную курсором точку проводится прямая, перпендикулярная заданной прямой); P(SHIFT P) — параллельная прямая (проводится параллельно заданной прямой через указанную точку); 4 — окружность (фиксируют точку центра 1, курсор отводят на величину радиуса и нажимают клавишу 4 только в режиме 1). Внутренние функции: F — вывод меню на экран (в нижней части экрана, перелистывание — нажатием клавиш J и Q);  $\pm$  — увеличение и уменьшение шага перемещения курсора; K — координаты курсора (в нижней левой части экрана); D — определение расстояния от последнего действия; CLS — стирание изображения на экране с сохранением первоначальной заставки (при одновременном нажатии клавиши SHIFT); TAB — стирание действий в плоскости (в режиме 2); BS — восстановление действия, начиная с последнего; HOME — повторный вывод начального изображения экрана; C — выбор цвета (пробел обеспечивает повторяемость построения, возможность проведения непрерывной линии и ставит точку). Работу с внешними устройствами — дисководом и принтером (внешние функции) обеспечивает клавиша SELECT.

Построение проекций горизонтального отрезка  $AB$  показано на рисунке 19.4: в режиме V указана фронтальная проекция  $a'$ ; в режиме H построены горизонтальные проекции  $a$  и  $b$  и автоматически фронтальная проекция отрезка  $AB$  (последовательность управления курсором отмечена цифрами в кружках, обозначение  $b'$  должно быть указано дополнительно). На рисунке 19.5 показано построение проекций фронтального отрезка  $AB$ .

На рисунке 19.6 показано построение ломаной линии в трех проекциях с аксонометрическим изображением. (В данном случае курсор имеет форму стрелки.) На рисунке 19.6,  $a$  построено исходное положение начальной точки (введен режим V). В этом режиме с помощью курсора построены фронтальные проекции вертикального отрезка, его профильная проекция и аксонометрия, затем на рисунке 19.6,  $b$  — наклонного отрезка и автоматически его горизонтальная проекция и аксонометрия. Введен режим H и построена горизонтальная проекция отрезка, перпендикулярного плоскости  $V$ , и автоматически построена его профильная проекция и аксонометрия. На рисунках текущие построения показаны тонкими линиями, ранее выполненные — толстыми. Эти графические отличия могут быть и запрограммированы.

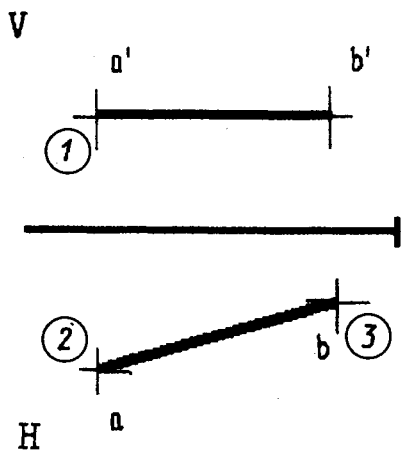


Рис. 19.4

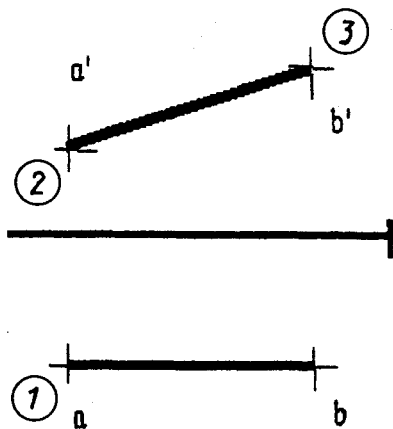


Рис. 19.5

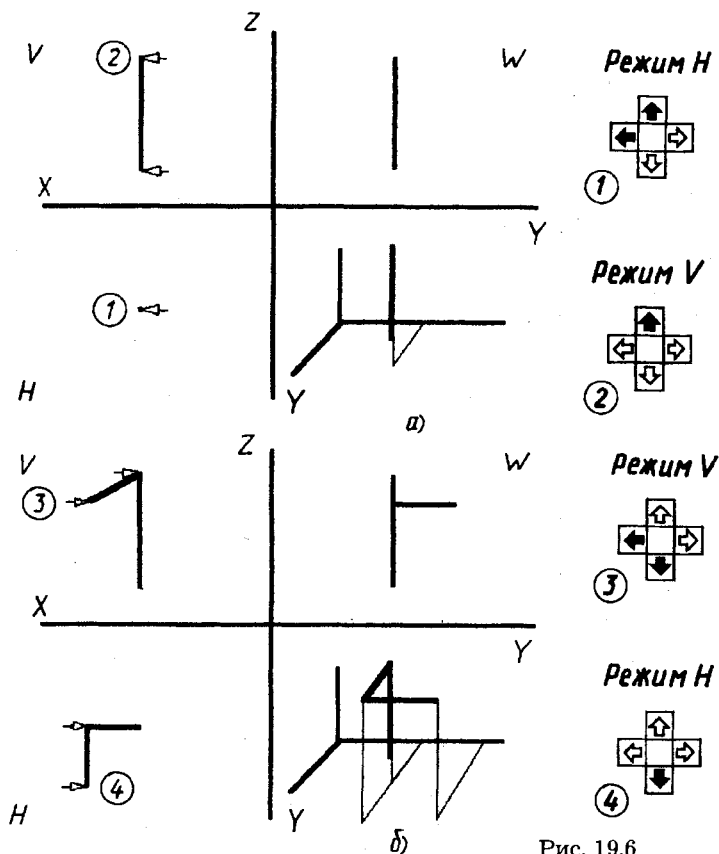


Рис. 19.6

## Примеры решения некоторых задач на компьютерной графической системе.

*Пример 1.* Построение прямой в плоскости общего положения. В режиме F3 задают положение, например, трех точек плоскости (рис. 19.7). Переходят в режим F2 плоскости общего положения нажатием клавиши F7/F2, например в вершине  $A(a', a)$ . Управляя движением курсора в плоскости, строят прямую из вершины  $A(a', a)$ , при этом курсор синхронно перемещается на обеих проекциях, оставаясь в заданной плоскости.

*Пример 2.* Построение на чертеже точки пересечения прямой и плоскости (рис. 19.8, *a* — *в*): 1 и 2 (рис. 19.8) — проекции точек пересечения вспомогательной фронтально-проецирующей плоскости, включающей прямую, со сторонами заданной плоскости; 3 (рис. 19.8, *б*) — построение проекции линии пересечения вспомогательной плоскости и исходной плоскости; 4 — указание найденной горизонтальной проекции точки пересечения прямой и плоскости; 5 — построение недостающей фронтальной проекции этой точки; 6, 7 — удаление невидимых участков прямой линии после анализа видимости, например прямой и наибольшей стороны треугольника. Следует заметить, что для автоматического удаления невидимых линий существует более десяти машинных алгоритмов, требующих большого объема вычислений.

*Пример 3.* Построение линии пересечения поверхностей. Для построения линии пересечения криволинейных поверхностей на компьютерной графической системе в качестве универсального приема целесообразно использовать построение с помощью вспомогательных секущих плоскостей, параллельных одной из плоскостей проекций (метод посредников).

В этом случае с помощью движения курсора параллельно оси  $X$  отмечают на экране одну из проекций линий пересечения вспомогательной плоскости и заданных поверхностей. По этим данным вычисляются координаты, автоматически строится вторая проекция отмеченных линий и отмечаются точки их пересечения. Повторив построения необходимое число раз, находят искомую линию пересечения поверхностей.

Такой алгоритм можно применять при построении линий пересечения различных поверхностей, например для сферических, цилиндрических и конических (полных и усеченных) поверхностей.

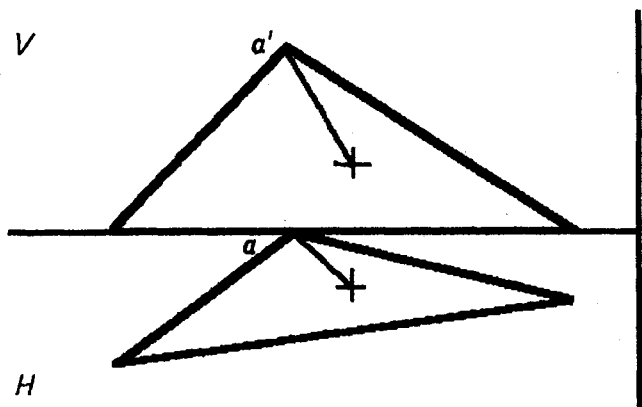


Рис. 19.7

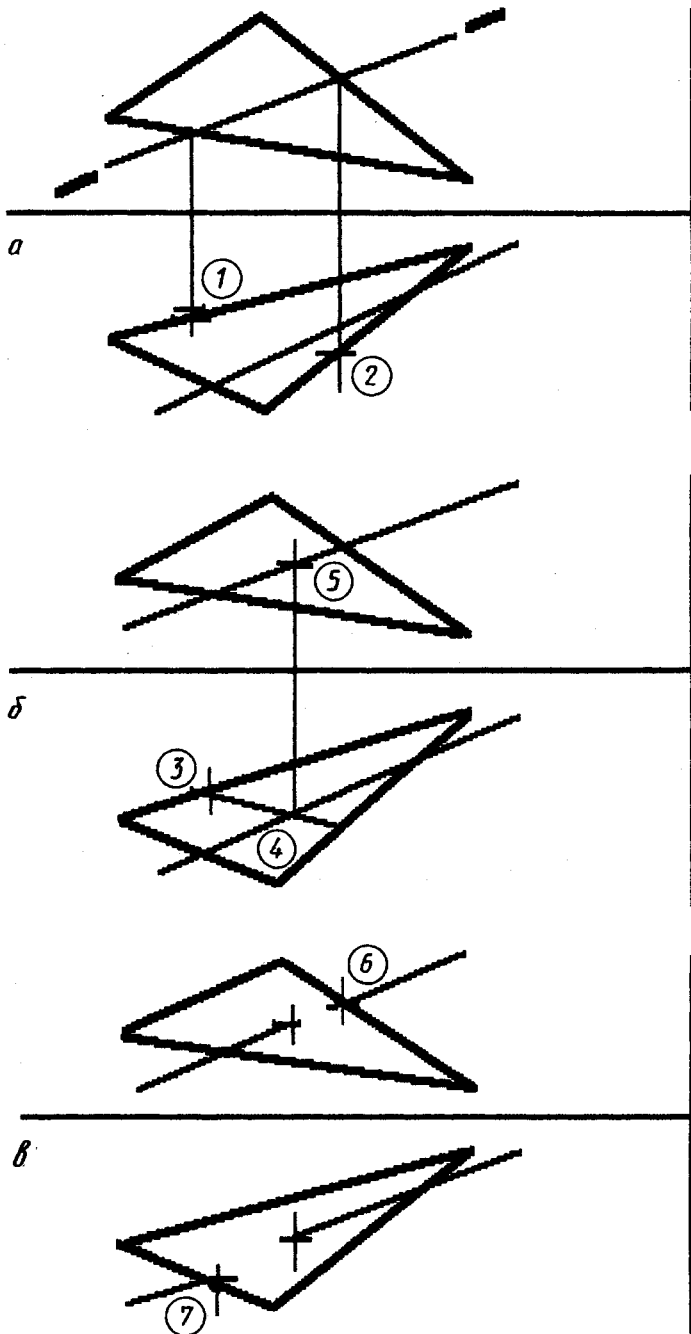
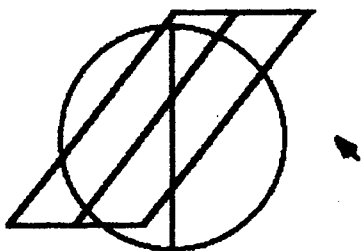
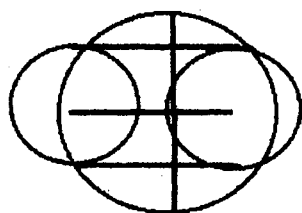


Рис. 19.8

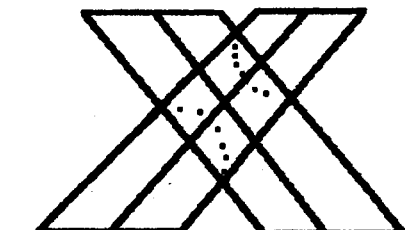


НГ и Ч  
ЛАБ 2  
КОЛ-ВО  
ПЛОСКОС-  
ТЕЙ 0



КОГДА  
КОНЧИТЕ  
ЧЕРТИТЬ,  
НАЖМИТЕ  
F3

Рис. 19.9



НГ и Ч  
ЛАБ 2  
КОЛ-ВО  
ПЛОСКОС-  
ТЕЙ 15



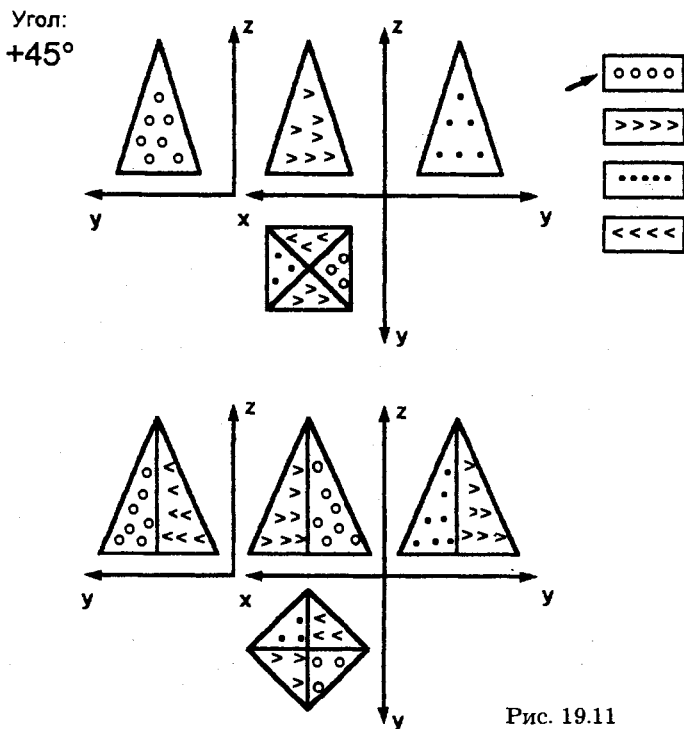
КОГДА  
КОНЧИТЕ  
ЧЕРТИТЬ,  
НАЖМИТЕ  
F3

Рис. 19.10

В качестве примера на рисунке 19.9 приведены условия конкретной задачи на экране монитора. На рисунке 19.10 приведен автоматически отпечатанный на принтере чертеж другой решенной задачи.

Построенные компьютером линии пересечения вспомогательной плоскости и заданных поверхностей высвечиваются на экране лишь несколько секунд, необходимых для осмысливания результата построения. Затем они стираются и остаются лишь построенные точки и проекции заданных фигур. Предусмотрено проведение до 25 вспомогательных плоскостей.

**Игровые упражнения для развития пространственного представления.** Многоцветные изображения на дисплее позволяют создавать разнообразные упражнения игрового типа для развития пространственных представлений — от простых до доста-



точно сложных. При этом обучающийся студент активно работает, а быстрота и правильность его действий контролируется и оценивается. Примером таких упражнений является задача с поворотом пирамиды (рис. 19.11). В нижней половине экрана приведена пирамида с окрашенными в разные цвета гранями, справа сверху — образцы цветов.

Сначала необходимо повернуть пирамиду по часовой (+) или против часовой (—) стрелки вокруг вертикальной оси на любой угол, кратный 45° или 90° (одним или несколькими нажатиями на клавишу). Затем закрасить грани пирамиды в верхней части экрана после поворота (очередность закраски устанавливается вопросительным знаком на проекции грани). Ответ на вопрос о цвете грани дается курсором. На рисунке 19.12 приведен пример такой задачи для сферы. На сфере восемь октантов окрашены по-разному. Сферу можно вращать вокруг трех осей. (Задача оказывается не из легких даже для квалифицированных людей.)

По этому принципу могут быть подготовлены самые разнообразные задачи, в том числе и для оценки знаний на зачете или экзамене.



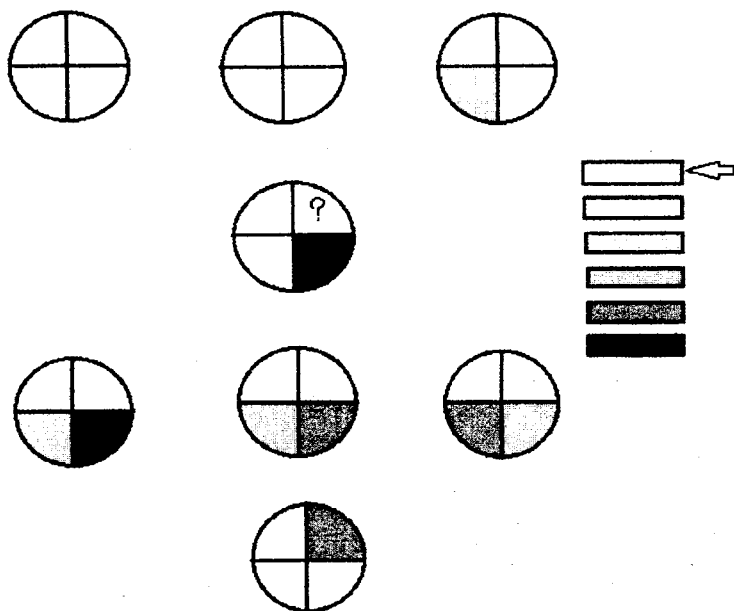


Рис. 19.12

Примеры чертежей сложных поверхностей, задаваемых точечным каркасом и выполненных на компьютерной графической системе, приведены на втором форзаце справа. На рисунке вверху изображена аксонометрическая проекция каркаса сечений части баллона цветного кинескопа со стороны электронно-оптической системы, называемой в производстве «конусом». Сечения расположены в плоскостях, проходящих через ось кинескопа и перпендикулярных ей. Линии каркаса в секущих плоскостях проходят через точки на поверхности, координаты которых заданы. На чертеже они — в узлах каркаса. На рисунке внизу — чертеж сечений плоскостями, перпендикулярными оси кинескопа.

**Примеры чертежей моделей и деталей.** В процессе обучения выполняются эскизы учебных моделей и деталей (см. §14.3, рис. 14.10, 14.16). Необходимо по выполненным эскизам с натуры оформить чертежи моделей или отдельных деталей с помощью ЭВМ. Примеры таких чертежей, выполненных на ПЭВМ типа IBM PC/AT/486, — рис. 19.13 (модель), 19.14 (деталь).

Приведенные материалы, разумеется, дают лишь предварительное представление о больших возможностях интенсифика-

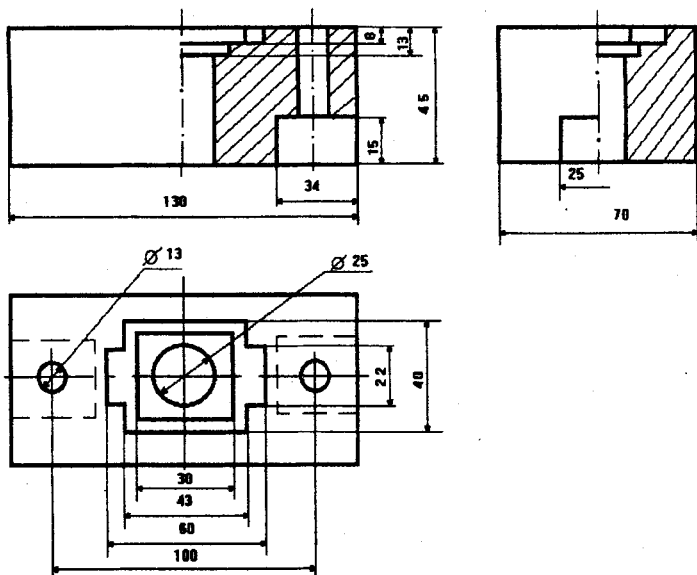


Рис. 19.13

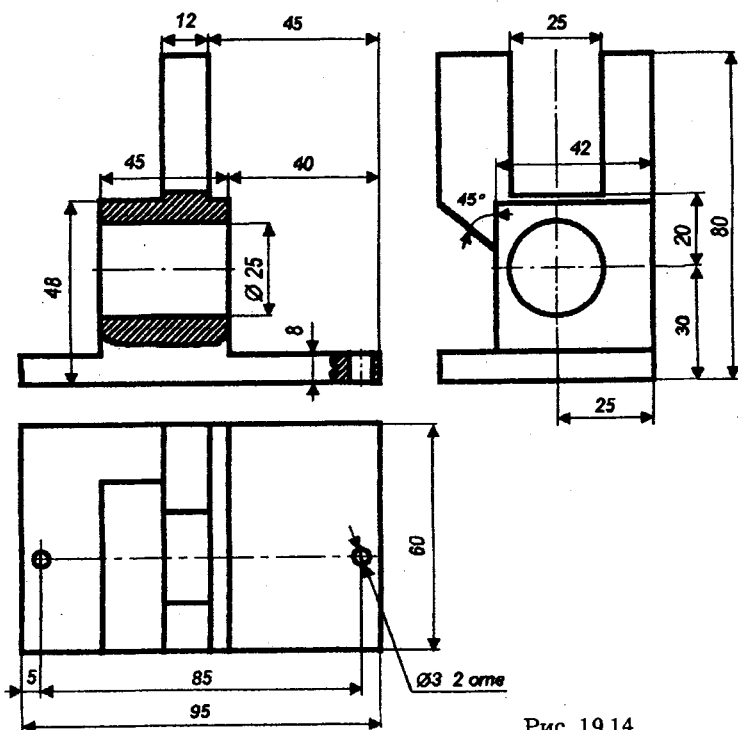


Рис. 19.14

ции процесса обучения начертательной геометрии и инженерной графике с использованием компьютерных графических систем. Описанный графический редактор PLANE позволил создать первый цикл практических занятий по основным разделам начертательной геометрии для решения задач на персональных ЭВМ с графическими мониторами. При этом решение задач максимально приближено к традиционному процессу — непосредственным графическим построениям на экране монитора.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### П1. Основные требования стандартов к графическому оформлению чертежей

**Форматы** (по ГОСТ 2.301—68). Основные форматы имеют следующие обозначения и размеры сторон:

формат А0 — 1189×841 мм;

формат А1 — 594×841 мм;

формат А2 — 594×420 мм;

формат А3 — 297×420 мм;

формат А4 — 297×210 мм.

При необходимости допускается применять формат А5 с размерами сторон 148×210 мм.

Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам.

На листе чертежной бумаги формат обводят тонкой линией.

Поле чертежа ограничивают рамкой. Рамку проводят на расстоянии 5 мм от верхней, нижней и правой стороны формата и на расстоянии 20 мм от левой стороны. Поле шириной 20 мм слева предназначено для подшивки чертежей.

**Основная надпись.** Основная надпись для конструкторских документов установлена в ГОСТ 2.104—68. В учебном процессе для чертежей целесообразно использовать основную надпись меньших размеров (рис. П1.1), подобную стандартной.

Заполнение граф основной надписи:

(1) — наименование работы; (2) — наименование материала (на чертежах и эскизах деталей); (3) — фамилия студента; (4) — подписи студента и преподавателя; (5) — дата подписи; (6) — буквенное обозначение института и цифровой шифр работы; (7) — номер группы. Содержание графы (6) в Московском институте электронного машиностроения заполняют, например, так: МИЭМ 205.318, где 205 — цифровой идентификатор кафедры, принятый в автоматизированной

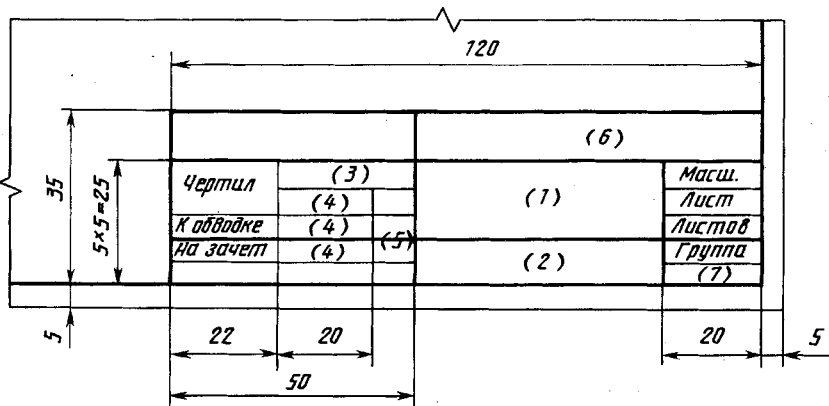


Рис. П1.1

системе; в группе цифр 318 первая цифра — порядковый номер работы по данной специальности (работа № 3) и две последние — номер варианта (вариант № 18).

Основную надпись помещают в правом нижнем углу формата. Формат А4 используют только с вертикальным расположением длинной стороны, поэтому основную надпись располагают только вдоль короткой стороны формата.

**Масштабы** (по ГОСТ 2.303—68). Масштабом чертежа называют отношение линейных размеров изображения объекта на чертеже к действительным размерам объекта.

Масштабы изображений на чертежах стандартизованы и должны выбираться из следующих рядов:

масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10 и др.,


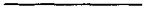
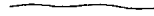

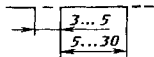
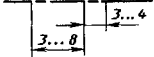

масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1 и далее  $(100 \cdot n):1$ , где  $n$  — целое число.

Предпочтителен масштаб 1:1, т. е. изображение в натуральную величину.

Масштаб записывают в соответствующей графе основной надписи по типу 1:1, 1:2 и т. д. Если какой-либо элемент на чертеже выполнен в масштабе, отличающемся от записанного в основной надписи, то этот масштаб записывают над элементом по типу М 1:1, М 2:1, М 1:2 и т. д.

**Линии** (по ГОСТ 2.303—68). Их определенное начертание и назначение стандартизовано (табл. П.1). Толщина сплошной основной линии стандартизована от 0,6 до 1,5 мм, для учебных чертежей целесообразно применять толщину 0,8—1 мм.

## Линии чертежа

Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение
Сплошная толстая основная		$s$	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
Сплошная тонкая		$s/3 \dots s/2$	Линии контура наложенного сечения Линии размерные выносные Линии штриховки Линии-выноски Полки линий-выносок и подчеркивание надписей Линии для изображения пограничных деталей («обстановка») Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода воображаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
Сплошная волнистая		$s/3 \dots s/2$	Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
Штриховая		$s/3 \dots s/2$	Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
Штрихпунктирная тонкая		$s/3 \dots s/2$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для выносных или наложенных сечений
Штрихпунктирная утолщенная		$s/2 \dots 2s/3$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)
Разомкнутая		$s \dots 3s/2$	Линии сечений

## Линии чертежа

Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение
Сплошная тонкая с изломами		$s/3 \dots s/2$	Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная с двумя точками, тонкая		$s/3 \dots s/2$	Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развертки, совмещенной с видом

Типовые примеры начертания и основного назначения некоторых линий приведены на рис. П1.2.

Шрифты чертежные (по ГОСТ 2.304—81). Размер шрифта определяется высотой прописных букв в миллиметрах: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Наклон букв и цифр к основанию строки — около  $75^\circ$ . Построение букв и цифр на сетке с ячейками, имеющими форму параллелограмма с основанием и высотой, равной  $1/7$  высоты прописных букв, приведено на рис. П1.3 и П1.4.

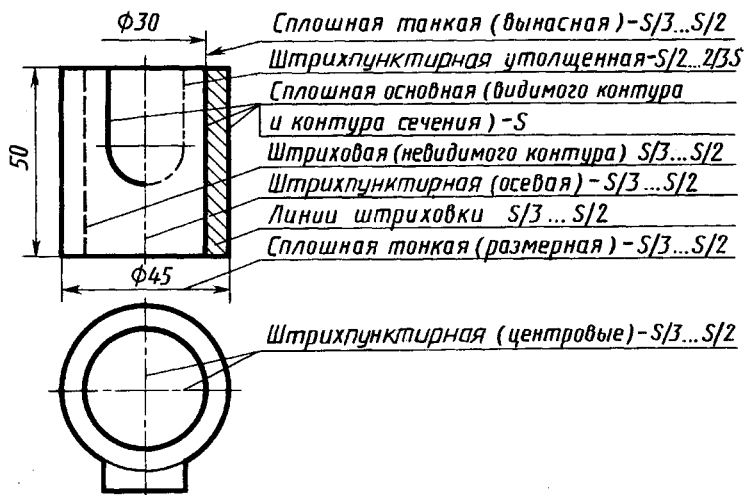


Рис. П1.2

1234567890

аббгдехзш

йкмлннопрс

тцфхщчшщ

ьыьэюя

Рис. П1.3

АБВГДЕЖЗИ

ЙКЛМНОПРС

ТЦФХЩЧШЩ

ЬЫЬЭЮЯ

РХУЗН<sup>0</sup>

Рис. П1.4



## П2. Построение сопряжений и эллипса (см. форзацы)

**Эллипс.** Построение эллипса по большой ( $2R$ ) и малой осям ( $2r$ ): проводят окружности радиусами  $r$  и  $R$  из одного центра  $O$  и произвольный радиус  $OA$ . Из точек пересечения  $1$  и  $2$  проводят прямые, параллельные осям эллипса, и в точке их пересечения отмечают точку  $M$  эллипса. Аналогично строят необходимое число точек.

**Касательная из точки ( $A$ ) к окружности.** На отрезке  $OA$  как на диаметре строят окружность радиуса  $R = 0,5[OA]$ . Точка  $1$  ее пересечения с заданной окружностью радиуса  $r$  — точка сопряжения ( $O-1-A=90^\circ$ ). Через точки  $A$  и  $2$  проводят искомую касательную.

**Касательная к двум дугам ( $R$  и  $r$ , внешнее касание).** Проводят дугу радиуса  $R-r$  из центра  $O$  дуги большего радиуса. Строят касательную  $MO_1$  к этой дуге, проходящую через центр дуги меньшего радиуса ( $\angle OMO_1 = 90^\circ$ ). На продолжении луча  $OM$  отмечают точку касания  $1$ . Из центра  $O_1$  проводят прямую  $(O_1-2) \parallel (O-1)$ . Через точки  $1$  и  $2$  проводят искомую касательную.

**Касательные к двум дугам ( $R$  и  $r$ , внутреннее касание).** Из центра  $O_1$  дуги большего радиуса проводят дугу радиуса  $R+r$ . Строят касательную к этой дуге в точке  $M$ , проходящую через центр  $O$ . Отмечают точку касания  $1$  на дуге радиуса  $R$ , строят точку касания  $2$  на дуге радиуса  $R$  ( $O-2 \perp OM$  или  $O-2 \parallel O_1M$ ). Проводят искомую касательную.

**Сопряжение двух дуг вогнутое.** Радиус сопряжения  $R$ ; центр  $(C) = (\text{circ}(r+R)) \cap (\text{circ}(r_1+R))$ .

Точки сопряжения  $(1) = (\text{circ } r) \cap [OC]$ ;

$(2) = (\text{circ } r_1) \cap [O_1C]$ .

**Сопряжение двух дуг выпуклое.** Радиус сопряжения  $R$ ; центр  $(C) = (\text{circ}(R-r)) \cap (\text{circ}(R-r))$ .

Точки сопряжения  $(1) = (\text{circ } r) \cap [CO]$ ;

$(2) = (\text{circ } r_1) \cap [CO]$ .

**Сопряжение окружности с прямой.** Центр  $C$  дуги сопряжения радиуса  $R$  строят в пересечении дуги радиуса  $(r+R)$  и прямой, параллельной заданной прямой  $AB$  на расстоянии  $[R]$ . Точки  $1$  и  $2$  — точки сопряжения.

## П3. Проецирование по методу третьего угла (метод А)

Проецирование по методу третьего угла (метод А) представляет прямоугольное проецирование на взаимно перпендикуляр-

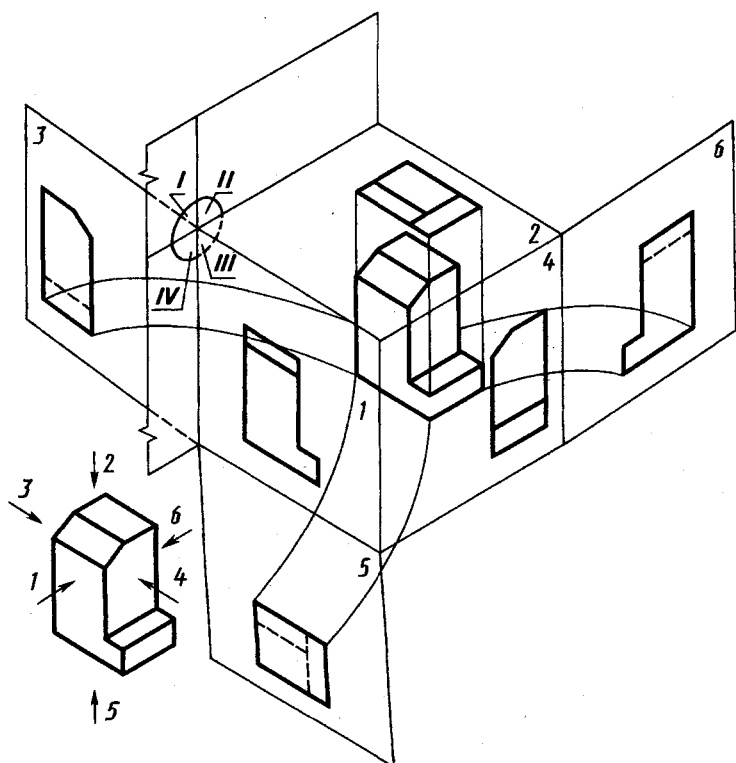


Рис. ПЗ.1

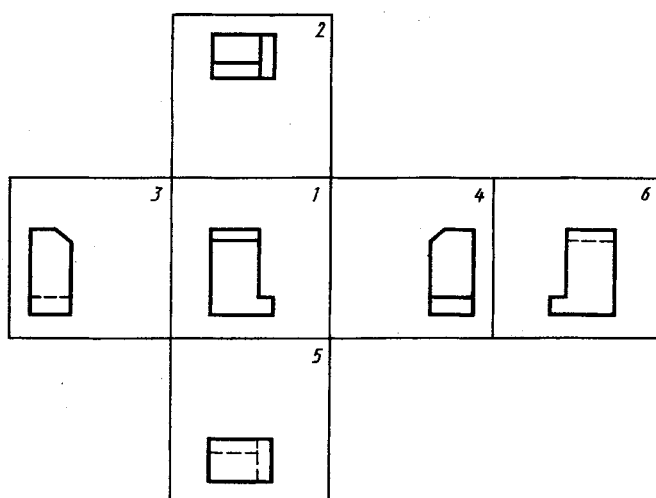


Рис. ПЗ.2

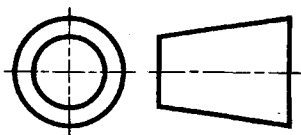


Рис. П3.3

ные плоскости проекций, при котором изображаемый предмет предполагается расположенным по отношению к наблюдателю за плоскостью проекций в третьем углу (рис. П3.1). Плоскость проекций располагается между наблюдателем и предметом. Расположение

отдельных изображений (видов) относительно основного вида (вида спереди) определяется разверткой плоскостей в одну плоскость в соответствии с рисунком П3.2. Наименование видов: 1 — вид спереди (основной вид); 2 — вид сверху; 3 — вид слева; 4 — вид справа; 5 — вид снизу; 6 — вид сзади.

Графическое обозначение проецирования по методу третьего угла (метода А) приведено на рисунке П3.3.

#### П4. Рисунки моделей для эскизирования

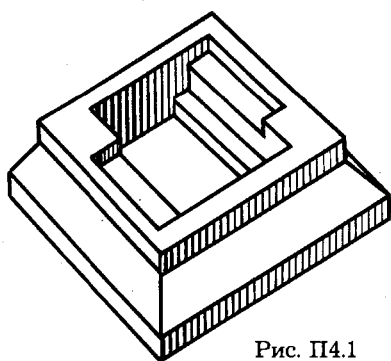


Рис. П4.1

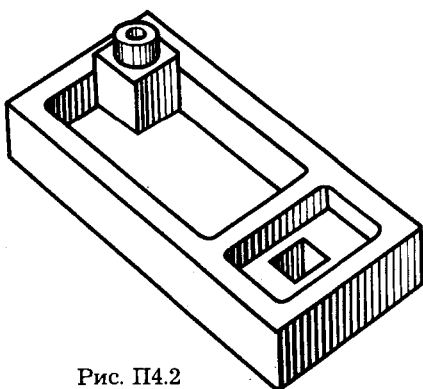


Рис. П4.2

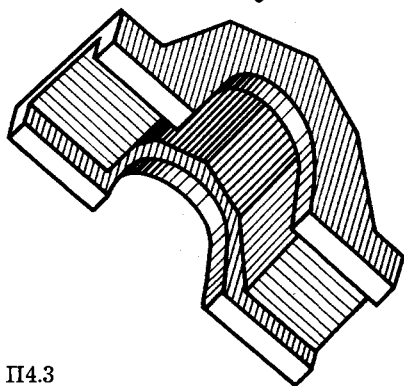
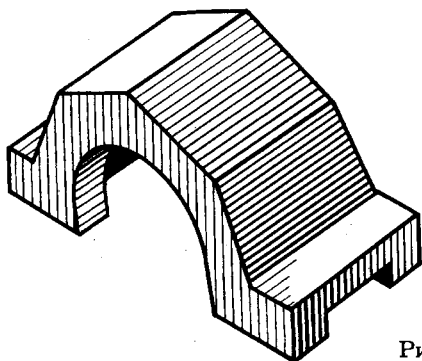


Рис. П4.3

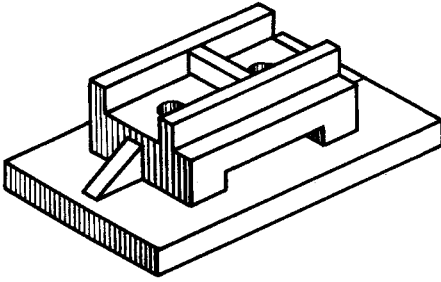


Рис. П4.4

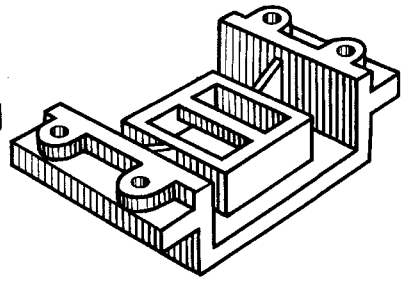


Рис. П4.5

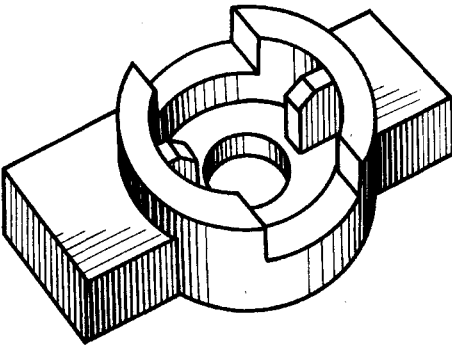


Рис. П4.6

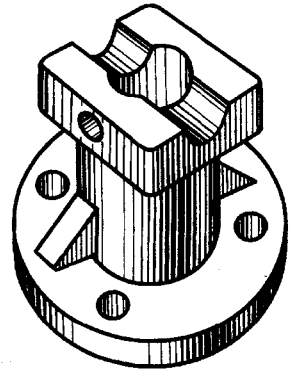


Рис. П4.7

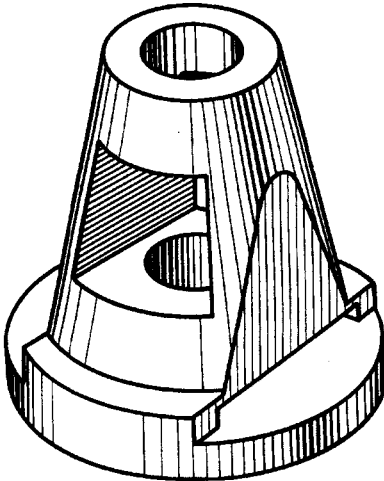


Рис. П4.8

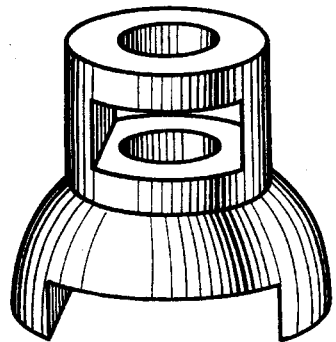
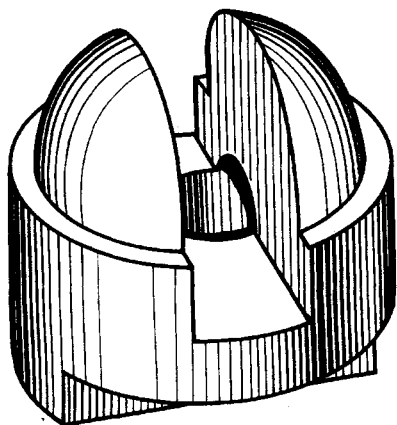
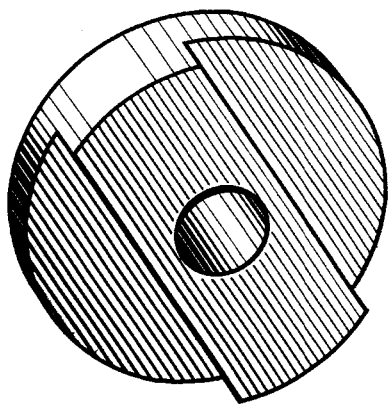


Рис. П4.9



а)



б)

Рис. П4.10

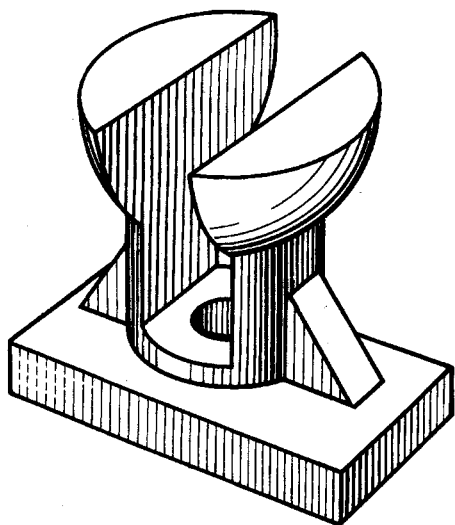


Рис. П4.11

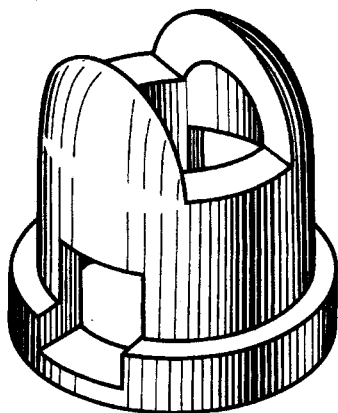


Рис. П4.12

## П5. Некоторые параметры крепежных деталей

### П5.1. Размеры проточки наружной метрической резьбы (см. рис. 13.20, а), мм

Шаг резьбы, $p$	Наружный диаметр, $d$	Диаметр, $d_1$	Проточка			
			$f_{1 \max}$		$f_{2 \max}$	
			нормальная	узкая	нормальная	узкая
1	6	$d-1,6$	2,1	1,1	3,5	2,5
1,25	8	$d-2$	2,7	1,5	4,4	3,2
1,5	10	$d-2,3$	3,2	1,8	5,2	3,8
1,75	12	$d-2,6$	3,9	2,1	6,1	4,3
2	14, 16	$d-3$	4,5	2,5	7	5
2,5	18, 20	$d-3,6$	5,6	3,2	8,7	6,3
	22					
3	24, 27	$d-4,4$	6,7	3,7	10,5	7,5
3,5	30, 33	$d-5$	7,7	4,7	12	9
4	36, 39	$d-5,7$	9	5	14	10

### П5.2 Размеры проточки и фаски наружной трубной цилиндрической резьбы (см. рис. 13.20, а), мм

Обозначение размера резьбы (дюйм)	Число ниток на 1"	Диаметр, $d_f$	Проточка				Фаска, $c$
			нормальная		узкая		
			$f_i$	$R$	$f_i$	$R$	
1/8	28	8,0	2,5	1,0	1,6	0,5	1,0
1/4	19	11,0					
3/8		14,5	4,0		2,5	1,0	1,6
1/2	14	18,0	5,0	1,6	3,0	1,0	2,0
5/8		20,8					
3/4		23,5					
7/8		27,0					
1	11	29,5	6,0	1,6	4,0	1,0	2,5
1 1/8		34,0					
1 1/8		38,0					
1 1/2		44,0					
1 3/4		50,8					
2		56,0					

**П5.3. Размеры проточки внутренней метрической резьбы**  
(см. рис. 13.20, б), мм

Шаг резьбы, $p$	Наружный диаметр резьбы, $d$	Проточка				Диаметр, $d_f$
		$f_{1\max}$		$f_{2\max}$		
		нормальная	узкая	нормальная	узкая	
1	6	4	2,5	5,2	3,7	d + 0,5
1,25	8	5	3,2	6,7	4,9	
1,5	10	6	3,8	7,8	5,6	
1,75	12	7	4,3	9,1	6,4	
2	14, 16	8	5	10,3	7,3	
2,5	18, 20, 22	10	6,3	13	9,3	
3	24, 27	12	7,5	15,2	10,7	
3,5	30, 32	14	9	17,7	12,7	
4	36, 39	16	10	20	14	

**П6. Условные графические обозначения**

**П6.1. Условные графические обозначения общего применения  
для использования в электрических, гидравлических, пневматических,  
кинематических и комбинированных схемах**  
(выдержки из ГОСТ 2.721—74)

Наименование	Обозначение
Поток электромагнитной энергии, сигнал электрический в одном направлении	
Поток жидкости в одном направлении	
Поток газа (воздуха) в одном направлении	
Движение прямолинейное одностороннее	
Движение вращательное одностороннее	
Вращение вала одностороннее	
Движение винтовое вправо	
Линии механической связи в гидравлических и пневматических схемах	
Линии механической связи в электрических схемах	
Регулирование. Общее обозначение	
Примеры обозначений регулируемых элементов: передача ременная с изменением передаточного отношения	
резистор регулируемый	

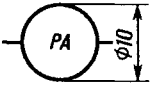
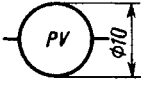
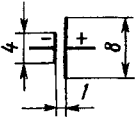
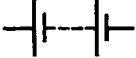
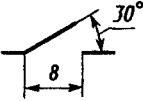
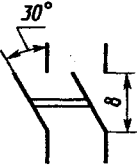
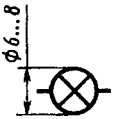
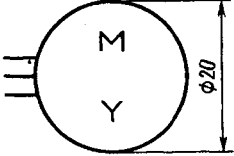
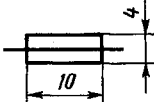
**П6.2. Условные графические обозначения элементов машин  
и механизмов (выдержки из ГОСТ 2.770—68)**

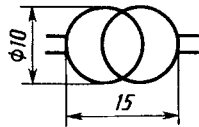
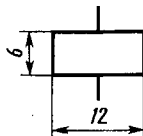
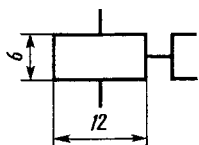
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вал, ось, стержень и т. п.		реечная (общее обозначение без уточнения типа зубьев)	
Подшипник:			
скольжения радиальный		Передача: плоским ремнем, открытая	
качения радиальный (общее обозначение)		цепью (общее обозначение без уточнения типа цепи)	
Муфта упругая (эластичное соединение двух валов)		Тормоз колодочный	
Муфта сцепления:			
кулачковая одно- сторонняя		Храповой зубчатый механизм	
предохранительная		Передача зубчатая:	
Маховичок		цилиндрическая (с прямыми зубьями)	
		коническая (с прямыми зубьями)	
		червячная с цилиндрическим червяком	
		Пружина цилиндрическая сжатия	
		Кулачки дисковые	
		Кулачки барабанные цилиндрические	



**Пб.3. Условные графические обозначения электрических элементов  
(выдержки из ГОСТ 2.723—68, ГОСТ 2.725—68, ГОСТ 2.726—68,  
ГОСТ 2.727—68, ГОСТ 2.728—68, ГОСТ 2.729—73)**




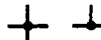
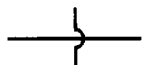
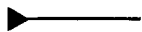
Наименование	Обозначение
Линия электрической связи: провод, кабель, ширина	
Графический излом линии электрической связи	
Графическое пересечение линий электрической связи, электрически не соединенных	
Соединение электрическое, разъемное и неразъемное. Если необходимо подчеркнуть, что электрическое соединение осуществляется разъемными соединениями: винтом, зажимом и т. п., — применяют одно из приведенных обозначений	
Линии электрической связи, электрически соединенные (с двумя ответвлениями)	
Род тока:	
постоянный	
переменный	
Полярность:	
отрицательная	
положительная	
Обмотка трехфазная:	
соединенная в звезду	
соединенная в треугольник	
Резистор (активное сопротивление)	
Конденсатор	
Катушки индуктивности; дроссель без сердечника	










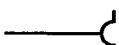


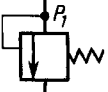
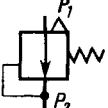
Наименование	Обозначение
Амперметр	
Вольтметр	
Элемент гальванический или аккумуляторный	
Батарея из гальванических элементов или аккумуляторов	
Выключатель; контакт выключателя замыкающий	
Выключатель многополюсный (например, двухполюсный рубильник)	
Лампа накаливания осветительная и сигнальная	
Двигатель (мотор) трехфазный	
Предохранитель плавкий	

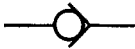







Наименование	Обозначение
Трансформатор однофазный с ферромагнитным сердечником	
Электромагнит	
Муфта электромагнитная	

**Примечания:** 1. Размеры условных обозначений на схемах не наносятся. 2. Допускается все условные графические обозначения одной схемы пропорционально увеличивать. 3. Размеры отдельных элементов можно увеличивать, если требуется подчеркнуть особое назначение этих элементов. 4. Допускается размеры элементов увеличивать при вписывании в них поясняющих знаков.

**Пб.4. Условные графические обозначения гидравлических  
и пневматических элементов**  
(выдержки из ГОСТ 2.780—68, ГОСТ 2.781—68, ГОСТ 2.782—68,  
ГОСТ 2.784—70, ГОСТ 2.785—70)

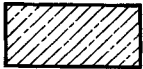
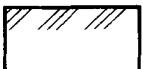
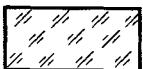

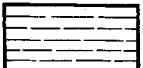

Наименование	Обозначение
Линии связи:	
всасывания, напора, слива (линии в три раза толще линий управления и дренажных)	
управления	
дренажные (отвод утечек)	
Соединение линий связи	
Перекрещивание линий связи (без соединения)	
Подвод жидкости под давлением (без указания источника питания)	

Наименование	Обозначение
Слив жидкости из системы	
Подвод воздуха (газа) под давлением (без указания источника питания)	
Выпуск воздуха (газа) в атмосферу	
Гидробак под атмосферным давлением	
Аккумулятор пневматический (ресивер, баллон, воздухо-сборник)	
Аккумулятор гидравлический (без указания принципа действия)	
Фильтр для жидкости или воздуха	
Влаго- или маслоотделитель с ручным спуском конденсата	
Фильтр-влагоотделитель с ручным спуском конденсата	
Заборник воздуха из атмосферы	
Регулирующий орган: нормально закрытый (клапан)	
нормально открытый (клапан)	
Клапан предохранительный с собственным управлением (прямого действия)	
Регулятор давления пневматический	

Наименование	Обозначение
Клапан обратный	
Насос постоянной производительности с постоянным направлением потока (независимо от конструкции)	
Компрессор	
Гидромотор. Общее обозначение	
Пневмомотор. Общее обозначение	
Цилиндр пневматический. Общее обозначение	
Насос шестеренный	
Насос ротационный лопастной (пластинчатый)	



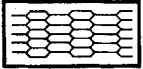
**П6.5. Графические обозначения материалов в сечениях  
(ГОСТ 2.306—68)**

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы		Древесина (от руки)	
Неметаллические материалы, в том числе волокнистые, монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже		Камень естественный	
		Керамика и силикатные материалы для кладки	

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
Бетон		Грунт естественный	
Стекло и другие светопрозрачные материалы		Сетка (от руки)	
Жидкости		Засыпка (от руки)	

**Примечания:** 1. Допускается применять и другие обозначения, поясняя их на чертеже. 2. Графическое обозначение металлов и твердых сплавов применяют в сечениях как общее обозначение материала независимо от вида материалов. 3. Композиционные материалы, содержащие металлы и неметаллические материалы, обозначают как металлы. 4. Графическое обозначение древесины следует применять, когда нет необходимости обозначать направление волокон.











### Пб.6. Графические обозначения материалов на видах (фасадах) (ГОСТ 2.306—68)

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
Металлы		Кладка из кирпича строительного и специального, клинкера, керамики, терракоты, искусственных и натуральных камней любой формы и т. д.	
Сталь рифленая			
Сталь просечная		Стекло	

## Пб.7. Условные графические обозначения элементов трубопроводов (ГОСТ 2.784—70)

Наименование	Обозначение
Трубопровод (общее назначение)	
Соединение трубопроводов	
Перекрещивание трубопроводов	
Трубопровод с вертикальным стояком	
Трубопровод в трубе (футляре)	
Изолированные участки трубопровода	
Опоры трубопровода: <i>a</i> — общее обозначение; <i>b</i> — неподвижная; <i>в</i> — скользящая	 <i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i>
Подвески: <i>a</i> — неподвижная; <i>b</i> — направляющая; <i>в</i> — упругая	 <i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i>
Соединение трубопроводов разъемное: <i>a</i> — общее обозначение; <i>b</i> — фланцевое; <i>в</i> — муфтовое резьбовое; <i>г</i> — раструбное	 <i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i> <i>г)</i>
Переход, переходной патрубков: <i>a</i> — общее обозначение; <i>b</i> — фланцевый	 <i>a)</i> <i>б)</i>
Компенсатор: <i>a</i> — общее обозначение; <i>b</i> — П-образный; <i>в</i> — лирообразный	 <i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i>
Сифоны	
Ревизия	
Типы соединений трубопроводов (тройники): <i>a</i> — фланцевое; <i>b</i> — муфтовое; <i>в</i> — раструбное	 <i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i>
Детали соединений трубопроводов: <i>a</i> — тройники; <i>b</i> — крестовины; <i>в</i> — колена, отводы	 <i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i>

**Пб.8. Некоторые условные графические обозначение воздуховодов  
и элементов отопления и вентиляции**

Наименование	Обозначение на планах и ви- дах сверху
Змеевик	
Труба отопительная ребристая, регистр, конвектор	
Радиатор, панель отопительная	
Воздуховод круглого сечения	
Воздуховод прямоугольного сечения	
Местная вытяжка (отсос, укрытие)	
Воздухонагреватель	
Воздухоохладитель	
Вентилятор центробежный	
Агрегат воздушно-отопительный	



### Пб.9. Топографические условные обозначения

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Постройки огнестойкие жилые		Мосты деревянные	
Постройки неогнестойкие жилые		Мосты каменные и железобетонные	
Заводы и фабрики с трубами		Мосты металлические	
Линии связи (телефонные, телеграфные и радиотрансляции)		Хвойные леса	
Линии электропередачи на деревянных опорах		Лиственные леса	
Линии электропередачи на металлических и железобетонных опорах		Смешанные леса	
Двухпутные железные дороги		Отдельно стоящие деревья, имеющие значение ориентиров: а — хвойные; б — лиственные	
Дороги по насыпям: а — трубы под дорогами		Кустарники	
Дороги в выемках		Луговая растительность	
Шоссе (5 — ширина проезжей части, 9 — ширина земляного полотна в метрах. Б — материал покрытия); а — километровые знаки (столбы и камни)		Камышовые и тростниковые заросли	
Улучшенные грунтовые дороги с обсадкой деревьями (а) и кустарниками (б)		Фруктовые сады	
Грунтовые проселочные дороги; а — мосты длиной от 3 до 13 метров		Огороды	
Пешеходные тропы		Пашни	
		Пески	
		Болота проходимые	

## Список литературы

Черчение: Учебник/Д.М. Борисов, Е.А. Василенко, Б.А. Ляпунов, М.Н. Макарова. — М.: Просвещение, 1987. — 352 с.

Брилинг Н.С. Строительное и топографическое черчение. — М.: Просвещение, 1980. — 192 с.

Бубенников А.В. Начертательная геометрия. — М.: Высш. шк., 1985. — 288 с.

Виноградов В.Н. Начертательная геометрия. — Минск: Вышэйш. шк., 1977. — 368 с.

Машиностроительное черчение: Учебник / Г.П. Вяткин, А.Н. Андреев, А.К. Болтухин и др.; Под ред. Г.П. Вяткина. — М.: Машиностроение, 1985. — 368 с.

Гардан И., Люка М. Машинная графика и автоматизация конструирования. — М.: Мир, 1987. — 272 с.

Гордон В.О., Иванов Ю.Б., Солнцева Т.Е. Сборник задач по курсу начертательной геометрии: Учебное пособие. — М.: Высш. шк., 1989. — 320 с.

Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии. Учебное пособие. — М.: Высш. шк., 1998. — 272 с.

Горелик А.Г. Автоматизация инженерно-графических работ с помощью ЭВМ. — Минск: Вышэйш. шк., 1980. — 205 с.

Государственные стандарты ЕСКД: ГОСТ 2.301—68 — ГОСТ 2.307—68 (пп. 1, 2); ГОСТ 2.308—79; ГОСТ 2.309—73; ГОСТ 2.310—68; ГОСТ 2.311—68; ГОСТ 2.312—72; ГОСТ 2.313—82; ГОСТ 2.316—68; ГОСТ 2.317—69 и частично ГОСТ 2.101—68 — ГОСТ 2.105—69; ГОСТ 2.109—73; ГОСТ 2.410—68; ГОСТ 2.420—69.

Государственные стандарты системы проектной документации для строительства (СПДС): ГОСТ 21.001—77 (общие положения); ГОСТ 21.101—79 (основные требования к рабочим чертежам); ГОСТ 21.102—79 (общие данные по рабочим чертежам); ГОСТ 21.103—78 (основные надписи); ГОСТ 21.104—79 (спецификации); ГОСТ 21.105—79 (нанесение на чертежах размеров, надписей, тех-

нических требований и таблиц); условные изображения и обозначения: ГОСТ 21.106—78 (трубопроводов); ГОСТ 21.107—78 (элементов зданий); ГОСТ 21.108—78 (на генеральных планах); ГОСТ 21.501—80 (архитектурные решения, рабочие чертежи); ГОСТ 21.601—79 (водоснабжение и канализация); ГОСТ 21.602—79 (отопление и вентиляция).

Иванов Ю.Б. Атлас чертежей общих видов для детализования. — М.: Машиностроение, 1971. — 105 с.

Левицкий В.С. Машиностроительное черчение. — М.: Высш. шк., 1994. — 352 с.

Локтев О.В. Краткий курс начертательной геометрии. — М.: Высш. шк., 1998. — 192 с.

Тевлин А.М. и др. Курс начертательной геометрии (на базе ЭВМ): Учебное пособие/А.М. Тевлин, Г.С. Иванов, Л.Г. Нартова, В.И. Якунин, В.С. Полозов. — М.: Высш. шк., 1983. — 374 с.

Фролов С.А. Начертательная геометрия. — М.: Машиностроение, 1983. — 240 с.

Фролов С.А., Войнов А.В., Феоктистова Е.Д. Машиностроительное черчение. — М.: Машиностроение, 1981. — 304 с.

Фоли Дж., А. вэн Дэм. Основы интерактивной машинной графики: В 2 кн. — М.: Мир, 1985.

Чекмарев А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. — М.: Высш. шк., 1994. — 672 с.

# Оглавление

<b>Введение</b> .....	3
<i>Часть первая</i>	
<b>Начертательная геометрия</b> .....	5
<i>Глава 1. Метод проекций</i> .....	5
1.1. Центральные проекции и их основные свойства .....	5
1.2. Параллельные проекции и их основные свойства .....	8
1.3. Прямоугольное (ортогональное) проецирование .....	10
1.4. Проецирование на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций .....	11
1.5. Проецирование на три взаимно перпендикулярные плоскости проекций .....	14
1.6. Проекции с числовыми отметками и векториальные .....	17
<i>Глава 2. Проецирование отрезка прямой линии</i> .....	19
2.1. Проецирование отрезка и деление его в данном отношении .....	19
2.2. Положение прямой линии относительно плоскостей проекции и особые случаи положения прямой .....	20
2.3. Определение натуральной величины отрезка прямой общего положения и углов его наклона к плоскостям проекции .....	23
2.4. Взаимное положение прямых .....	24
<i>Глава 3. Плоскость</i> .....	30
3.1. Способы задания плоскости на чертеже .....	30
3.2. Положение плоскости относительно плоскостей проекции .....	30
3.3. Прямая и точка в плоскости .....	33
3.4. Прямые особого положения в плоскости — главные линии плоскости .....	35
<i>Глава 4. Взаимное положение прямой линии         и плоскости, двух плоскостей</i> .....	38
4.1. Пересечение прямой линии с проецирующей плоскостью .....	38
4.2. Пересечение двух плоскостей .....	40
4.3. Пересечение прямой линии общего положения с плоскостью общего положения .....	43

4.4. Построение линии пересечения двух плоскостей по точкам пересечения прямых линий с плоскостью .....	45
4.5. Построение взаимно параллельных прямой линии и плоскости и двух плоскостей .....	46
4.6. Построение взаимно перпендикулярных прямой и плоскости, двух плоскостей и двух прямых .....	48
4.7. Угол между прямой и плоскостью .....	50
4.8. Примеры комплексных задач .....	51
<b>Глава 5. Способы преобразования чертежа</b> .....	57
5.1. Общая характеристика способов преобразования чертежа .....	57
5.2. Способ перемены плоскостей проекций .....	57
5.3. Способ вращения .....	61
5.4. Гомотетия и подобие, центральная и зеркальная симметрии .....	68
<b>Глава 6. Изображение многогранников</b> .....	72
6.1. Применение многогранников в технике .....	72
6.2. Чертежи призмы и пирамиды .....	73
6.3. Пример определения высоты пирамиды и угла между ее гранями .....	76
6.4. Пересечение многогранников плоскостью .....	77
6.5. Построение точек пересечения прямой с поверхностью многогранника .....	80
6.6. Взаимное пересечение многогранников .....	80
6.7. Развертка гранных поверхностей .....	83
<b>Глава 7. Кривые линии</b> .....	87
7.1. Общие сведения о кривых линиях и их проецировании .....	87
7.2. Построение проекций окружности .....	88
7.3. Построение проекций цилиндрической винтовой линии .....	90
<b>Глава 8. Поверхности</b> .....	93
8.1. Общие сведения о поверхностях и их изображении на чертежах .....	93
8.2. Винтовые поверхности .....	97
8.3. Поверхности и тела вращения .....	100
8.4. Пример построения проекций тела вращения с наклонной осью .....	106
<b>Глава 9. Пересечение поверхностей плоскостью и прямой линией, развертки</b> .....	108
9.1. Общие приемы построения линии пересечения поверхности плоскостью и построения разверток .....	108

9.2. Пересечение цилиндрической поверхности плоскостью. Построение развертки .....	109
9.3. Пересечение конической поверхности плоскостью. Построение развертки .....	112
9.4. Пересечение сферы и тора плоскостью. Пример построения линии среза на поверхности тела вращения сложной формы .....	117
9.5. Пересечение прямой линии с поверхностью .....	122
<b>Глава 10. Пересечение поверхностей</b> .....	128
10.1. Общие сведения о пересечении поверхностей .....	128
10.2. Применение вспомогательных секущих плоскостей .....	129
10.3. Применение вспомогательных сфер с постоянным центром .....	131
10.4. Применение вспомогательных сфер с переменным центром .....	135
10.5. Некоторые особые случаи пересечения поверхностей .....	138
<b>Глава 11. Аксонометрические проекции</b> .....	143
 <i>Часть вторая</i>	
<b>Черчение</b> .....	155
<b>Глава 12. Изображение предметов — виды, разрезы, сечения</b> .....	155
12.1. Основные положения .....	155
12.2. Виды .....	161
12.3. Разрезы .....	163
12.4. Сечения .....	167
12.5. Технические рисунки .....	170
12.6. Выносные элементы .....	177
12.7. Условности и упрощения .....	178
12.8. Примеры построения изображений — видов, разрезов, сечений .....	181
<b>Глава 13. Изображение соединений деталей, типовых элементов деталей</b> .....	192
13.1. Общие сведения .....	192
13.2. Изображение резьбы и резьбовых соединений .....	195
13.3. Изображение шпоночных и шлицевых соединений, цилиндрических зубчатых передач .....	222
13.4. Изображения неразъемных соединений сваркой, пайкой, склеиванием .....	226
13.5. Изображение, обозначение типовых элементов деталей и нанесение размеров на их чертежах .....	230

<b>Глава 14. Чертежи и эскизы деталей</b> .....	235
14.1. Правила выполнения чертежей деталей .....	235
14.2. Выбор изображений и планировка эскиза или чертежа .....	237
14.3. Съёмка эскизов деталей .....	241
14.4. Определение размеров деталей с натуры .....	254
14.5. Нанесение размеров на эскизах и чертежах деталей .....	261
14.6. Надписи и обозначения на чертежах .....	280
<b>Глава 15. Разработка чертежа общего вида изделия</b> .....	294
15.1. Общие положения .....	294
15.2. Объем, содержание и последовательность разработки чертежа общего вида .....	296
15.3. Выполнение эскизов деталей для чертежа общего вида ...	298
15.4. Разработка чертежа общего вида .....	307
15.5. Упрощения, допускаемые при выполнении чертежей общего вида .....	318
<b>Глава 16. Деталирование</b> .....	320
16.1. Общие положения .....	320
16.2. Последовательность выполнения задания .....	321
16.3. Пример деталирования сборочной единицы .....	324
16.4. Выполнение основного комплекта конструкторских документов изделия .....	338
<b>Глава 17. Схемы</b> .....	349
17.1. Виды и типы схем, общие требования к выполнению .....	349
17.2. Кинематические схемы .....	355
17.3. Электрические схемы .....	359
17.4. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем .....	368
<b>Глава 18. Основы строительного черчения</b> .....	372
18.1. Система проектной документации для строительства и виды строительных чертежей .....	372
18.2. Конструктивные элементы зданий, условные обозначения и изображения на строительных чертежах .....	375
18.3. Основные требования к рабочим строительным чертежам .....	380
18.4. Архитектурные решения, рабочие чертежи .....	385
18.5. Типовой проект .....	395
18.6. Чертежи санитарно-технических устройств .....	406

18.7. Карта, план и профиль местности .....	415
18.8. Чертежи сооружений в проекциях с числовыми отметками .....	421
<i>Часть третья</i>	
<b>Машинная графика</b> .....	427
<i>Глава 19. Машинная графика в начертательной геометрии и черчении</i> .....	
19.1. Общие положения .....	427
19.2. Компьютерная графическая система и работа с ней .....	429
Приложения .....	443
Список литературы .....	465



*Учебное издание*

**Чекмарев Альберт Анатольевич**

**НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ  
И ЧЕРЧЕНИЕ**

*Учебник для студентов высших учебных заведений*

*2-е издание, переработанное и дополненное*

Зав. редакцией *А.Н. Соколов*

Редактор *В.И. Якунин*

Зав. художественной редакцией *И.А. Пшеничников*

Художник обложки *Ю.В. Токарев*

Компьютерная верстка *Б.В. Колосов*

Корректор *Н.В. Белозерова*

Отпечатано с диапозитивов, изготовленных  
ЗАО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС».

Лицензия ИД № 03185 от 10.11.2000.

Гигиеническое заключение

№ 77.99.2.953.П.13882.8.00 от 23.08.2000.

Сдано в набор 07.08.98. Подписано в печать 21.04.99.

Формат 60×90/16. Печать офсетная. Бумага газетная.

Усл. печ. л. 29,5. Доп. тираж 30 000 экз.

(1-й завод 1–7 500 экз.). Заказ №1340

«Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС».

117571, Москва, просп. Вернадского, 88,

Московский педагогический государственный университет.

Тел. 437-11-11, 437-25-52, 437-99-98; тел./факс 932-56-19.

E-mail: [vlados@dol.ru](mailto:vlados@dol.ru)

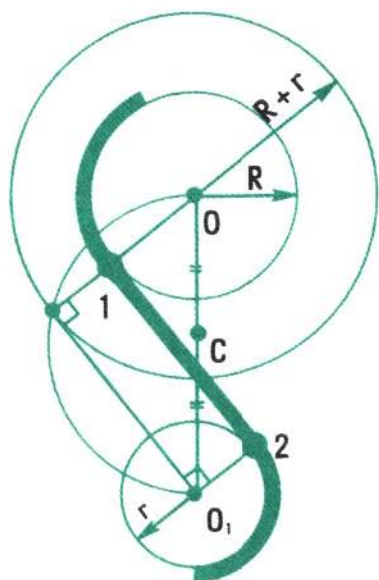
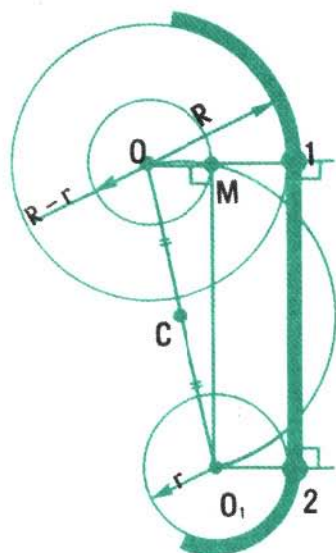
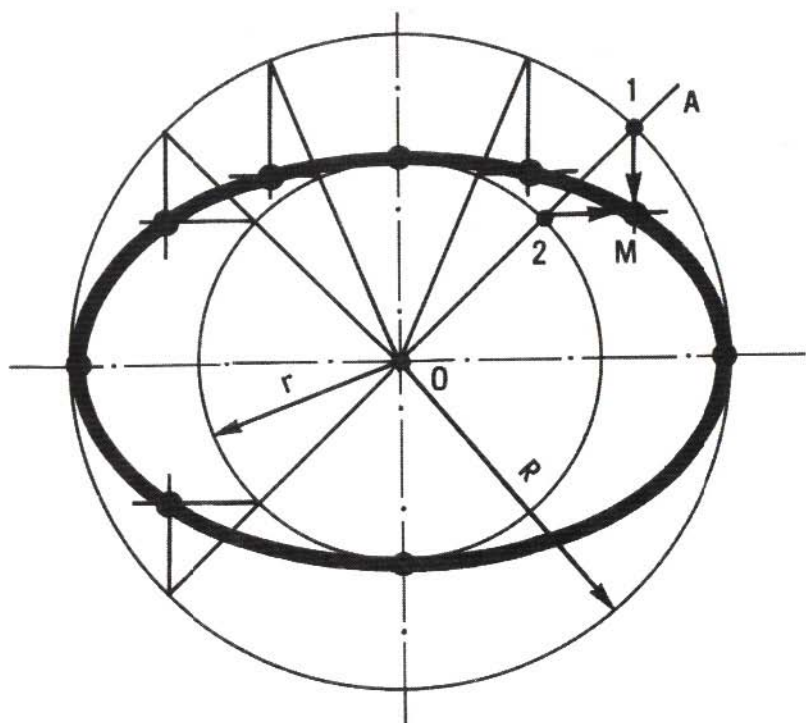
<http://www.vlados.ru>

---

ООО «Полиграфист».

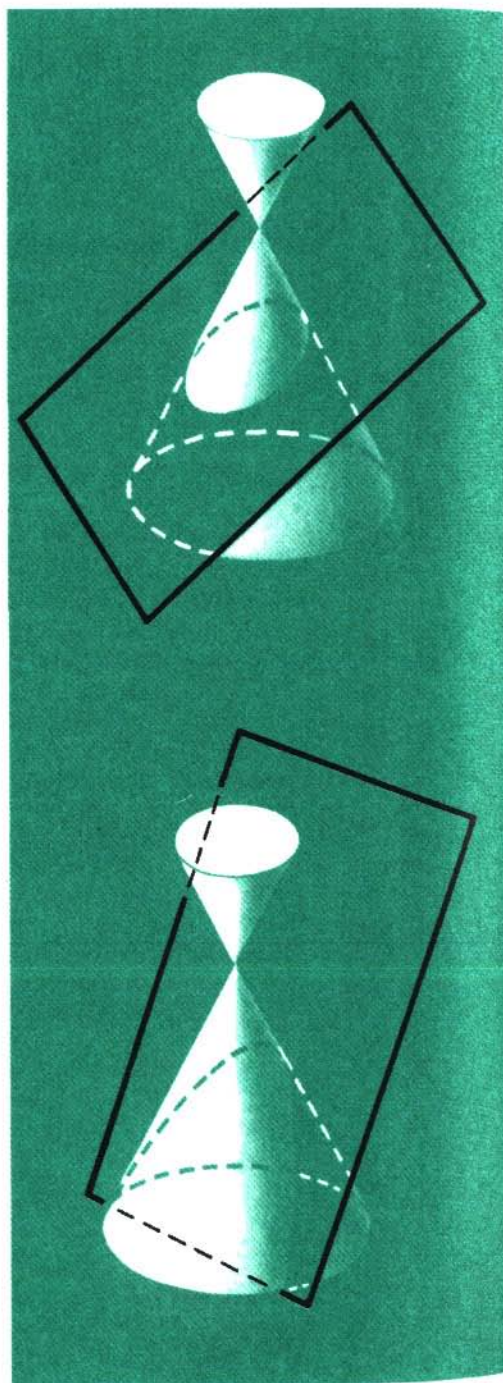
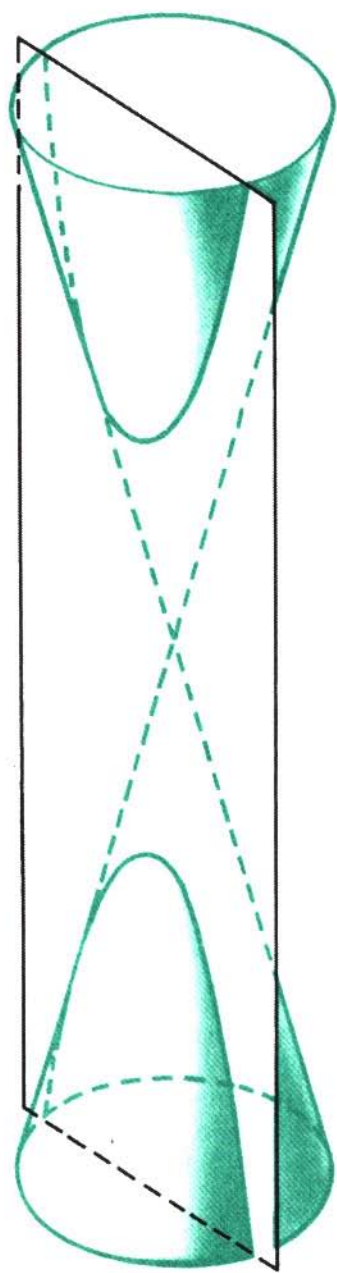
160001, Россия, г. Вологда, ул. Челюскинцев, 3.

# ПОСТРОЕНИЕ ЭЛЛИП





# КОНИЧЕСКИЕ СЕЧЕНИЯ





**ЧЕРТЕЖИ КИНЕСКОПА,  
ВЫПОЛНЕННЫЕ НА ГРАФОПОСТРОИТЕЛЕ  
В АКСОНОМЕТРИЧЕСКОЙ  
И ОРТОГОНАЛЬНОЙ ПРОЕКЦИЯХ**

