

А.А.Чекмарев

Инженерная ГРАФИКА

Издание шестое, стереотипное

Рекомендовано Министерством образования
Российской Федерации
в качестве учебника для студентов
немашиностроительных специальностей
высших учебных заведений



Москва
«Высшая школа»
2004

УДК 744
ББК 30.119
Ч 37

Рецензент: доцент М.Ю. Лайко (Российская экономическая академия
им. Г.В. Плеханова)

Чекмарев, А. А.

Ч 37 Инженерная графика: Учеб. для немаш. спец. вузов/
А. А. Чекмарев. — 6-е изд., стер. — М.: Высш. шк.,
2004. — 365 с.: ил.

ISBN 5-06-003727-4

В учебнике в соответствии с программой изложены метод проецирования, позволяющий строить изображения пространственных геометрических образов на плоскости, способы решения основных задач на чертеже, правила изображения на чертежах деталей и собираемых из них изделий.

Даны основы использования персональных ЭВМ для решения графических задач. Широко использован производственный опыт. Приведены сведения по смежным вопросам конструирования, технологии, измерений. Рассмотрены примеры и даны предложения, облегчающие выполнение самостоятельных графических работ студентами.

Для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений.

УДК 744
ББК 30.119

ISBN 5-06-003727-4

© ФГУП «Издательство «Высшая школа», 2004

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа», и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещается.

ПРЕДИСЛОВИЕ

При подготовке учебника использован опыт преподавания инженерной графики студентам, специализирующимся по автоматике и телемеханике, по конструированию и производству радиоаппаратуры и аппаратуры вычислительной техники, электронным приборам, физической аппаратуры.

Материал книги расположен последовательно: вначале изложены элементы начертательной геометрии с включением элементов черчения, затем — элементы технического черчения, в конце изложен опыт применения ЭВМ. При изучении гранных поверхностей и поверхностей вращения, являющихся элементами формы технических деталей, целесообразно предварительное эскизирование учебных моделей; это учтено в изложении курса.

Правила нанесения размеров на эскизах и чертежах рассмотрены в связи с технологией изготовления и особенностями конструкции изделия. Рассмотрены также некоторые особенности элементарных измерений деталей.

Для улучшения усвоения теоретического материала и закрепления умений и навыков студентов приведено большое количество практических примеров.

Содержание глав по элементам начертательной геометрии согласовано с задачником [5].

Автор приносит глубокую благодарность *Т.Е. Солнцевой, Ю.Б. Иванову, В.И. Куркину, В.А. Герверу, С.М. Демьяновой, В.М. Щавелину, Г.П. Вяткину, И.Г. Винницкому, М.П. Титовой, В.С. Левицкому, А.В. Верховскому, М.Ф. Киселеву, А.А. Пузикову, Е.Д. Ивановой, Е.И. Федорову, Л.В. Швецевой и М.Ю. Лайко* за помощь в работе.

Автор

В обучении специалистов широкого профиля предусматривается углубление теоретической базы, овладение фундаментальными основами инженерной и управленческой деятельности, существенное улучшение практической подготовки. Инженерная графика относится к базовым общеинженерным дисциплинам, хорошее освоение которой — необходимое условие углубленного овладения фундаментальными инженерными дисциплинами и эффективного использования компьютерно-графических систем для автоматизации изготовления чертежей.

Инженерная графика включает в себя элементы начертательной геометрии (теоретические основы построения чертежей геометрических фигур), технического черчения (составление чертежей изделий) и машинной графики.

Предметом изучения являются чертежи деталей и сборочных единиц различных видов аппаратуры и технологического оснащения, теоретические основы и технологические средства их выполнения, соответствующая система конструкторской документации.

Целью курса является базовая общеинженерная подготовка: развитие пространственного представления и воображения, конструктивно-геометрического мышления на основе графических моделей пространственных форм, выработка знаний и навыков, необходимых для выполнения и чтения чертежей деталей и сборочных единиц, выполнения эскизов, составления конструкторской документации для производства, начальная подготовка в качестве пользователей графических пакетов прикладных программ машинной графики.

В результате изучения инженерной графики студент должен:

- усвоить теоретические основы построения изображений точек, прямых, плоскостей и отдельных видов пространственных линий и поверхностей на плоскости;
- ознакомиться с решением задач (частные случаи) на взаимную принадлежность и взаимное пересечение геометрических фигур, а также на определение натуральной величины плоских геометрических фигур;
- изучить способы построения изображений простых предметов и относящиеся к ним условности — см. стандарты «Единой системы конструкторской документации» (ЕСКД);

- уметь определить геометрические формы простых деталей по их изображениям и уметь выполнить эти изображения с натуры и по чертежу изделия или его элементов;

- наносить размеры на рабочих чертежах и эскизах деталей и сборочных единиц;

- ознакомиться с изображением двух-трех видов соединений деталей и уметь читать чертежи технических устройств, состоящих из 10...14 простых деталей, а также выполнять эти чертежи с учетом требований стандартов;

- знать структуру стандартов ЕСКД и уметь пользоваться изученными стандартами этой системы;

- работать с графическими редакторами на персональных ЭВМ, выполняя геометрическое моделирование и пользуясь основами автоматизированного выполнения чертежей деталей.

Занятия по инженерной графике развивают способность к пространственному представлению.

Умение представить мысленно форму предметов и их взаимное расположение в пространстве особенно важно для эффективного использования современных технических средств на базе вычислительной техники при машинном проектировании технических устройств и технологии их изготовления.

В процессе изучения инженерной графики студенты осваивают основные положения ЕСКД, в которых установлены взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения к конструкторской документации, которые обязательны для всех организаций и предприятий России.

Установленные в ЕСКД единые правила обеспечивают:

- возможность взаимообмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления;

- стабилизацию комплектности, исключая 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;

- улучшение условий технической подготовки производства;

- улучшение условий эксплуатации промышленных изделий;

- 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;
- цифровых кодов, шифрующих данные, содержащиеся в конструкторских документах;
- стандартных программ для статистической обработки информации, содержащейся в конструкторских документах и их классификационных обозначениях;
- систем регистрации конструкторских документов на машинных носителях, обеспечивающих ускоренную выдачу требуемой информации и ее обработку с использованием ЭВМ.

В основе правил построения изображений, рассматриваемых в начертательной геометрии и применяемых в техническом черчении, лежит метод проекции. Изучение начинают с построения проекций точки, так как при построении изображения любой пространственной формы рассматривается ряд точек, принадлежащих этой форме.

В книге приняты следующие обозначения:

1. Точки в пространстве — заглавными буквами латинского алфавита до буквы *O*: *A, B, C, ... N, O*, а также цифрами.

2. Последовательность точек (и других элементов) — подстрочными индексами: $A_1, A_2, A_3, \dots$

3. Линии в пространстве — по точкам, определяющим линию.

4. Углы — строчными буквами греческого алфавита.

5. Плоскости — строчными буквами греческого алфавита: $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \eta, \dots$

6. Поверхности — строчными буквами греческого алфавита: δ, ϵ, ρ и т. д.

7. Плоскости проекций: произвольная плоскость — π , горизонтальная — π_1 , фронтальная — π_2 , профильная — π_3 , дополнительные — π_4, π_5 . Центр проецирования — буквой *S*.

8. Оси проекций — строчными буквами *x, y, z* или (при введении дополнительных плоскостей) $\pi_2/\pi_1, \pi_2/\pi_3, \pi_2/\pi_4, \pi_1/\pi_4$. Начало координат — заглавной буквой *O*.

9. Проекции точек: на произвольную плоскость π — $A^\circ, B^\circ, C^\circ$, ... на горизонтальную плоскость — $A', B', C', \dots$, на фронтальную плоскость — $A'', B'', C'', \dots$, на профильную плоскость — $A''', B''', C''', \dots$, на дополнительную плоскость $A^{IV}, B^{IV}, C^{IV}, \dots$

10. Проекции линии — по проекциям точек, определяющим линию.

11. Для проецирующих плоскостей проекция плоскости: β' — горизонтально проецирующая плоскость, β'' — фронтально проецирующая плоскость, β''' — профильно проецирующая плоскость. Точки схода следов плоскости — обозначением плоскости с индексом обозначения соответствующей оси.

От латинского *projectio* — бросание вперед, вдаль (от *projicere* — бросить, выставить вперед).

12. При образовании чертежа вращением (или совмещением) в новом положении точки — $\bar{A}$, $\bar{B}$, $\bar{C}$,... плоскости, следов плоскости — $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$, $\bar{\gamma}$,... После второго вращения соответственно $\bar{A}$, $\bar{B}$, $\bar{C}$,..., $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$, $\bar{\gamma}$,...

1.1. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ И ИХ ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

При **центральной проекции** — построении центральных проекций — задают плоскость проекций и центр проецирования — точку, не лежащую в плоскости проекций. На рис. 1.1 плоскость π — плоскость проекций, точка S — центр проецирования.

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

На рис. 1.1 центральной проекцией точки A является точка A° пересечения прямой SA с плоскостью π . Также построены центральные проекции B° , C° , D° точек B , C , D на плоскости π .

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

Центральные проекции B° и C° 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

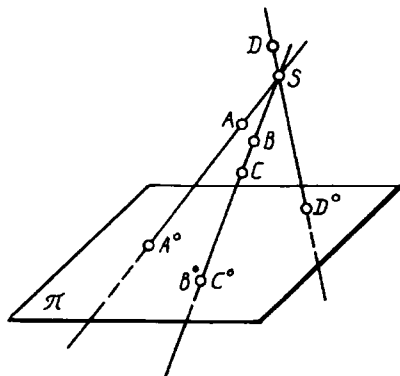


Рис. 1.1

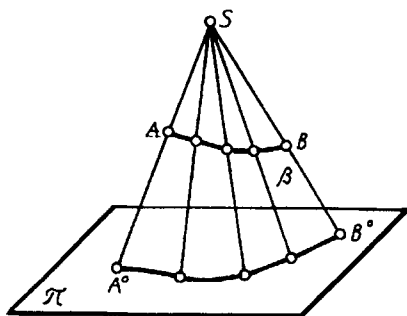


Рис. 1.2

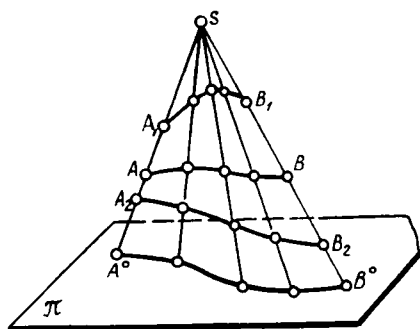


Рис. 1.3

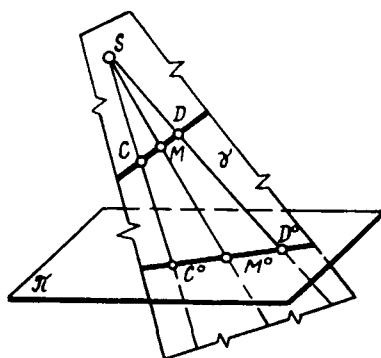


Рис. 1.4

однозначно определить положение точки в пространстве, т. е. нет обратимости чертежа.

Для обеспечения обратимости чертежа, т. е. однозначного определения положения точки в пространстве по ее проекции, нужны дополнительные условия, например можно задать второй центр проецирования. Центральным проецированием может быть построена проекция любой линии или поверхности как множество проекций всех ее точек. 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 как, например, в случае, показанном на рис. 1.4.

Проекция кривой линии представляет собой линию пересечения проецирующей конической поверхности с плоскостью проекций. Так, на рис. 1.2 проецирующая коническая поверхность β пересекается с плоскостью проекций π по кривой $A^\circ B^\circ$, 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. 1.3).

При проецировании прямой линии, не проходящей через центр проецирования, проецирующей поверхностью служит плоскость. Так, на рис. 1.4 проецирующая плоскость γ , образуемая проецирующими прямыми SC и SD , проходящими через точки C и D прямой, пересекает плоскость проекций π по прямой $C^\circ D^\circ$, которая и является проекцией прямой CD . Соответственно проекция M° точки M прямой CD принадлежит и проекции $C^\circ D^\circ$.

Для построения проекций линий, поверхностей или тел часто достаточно построить проекции лишь некоторых характерных точек. Например, при построении на плоскости проекций π проекции

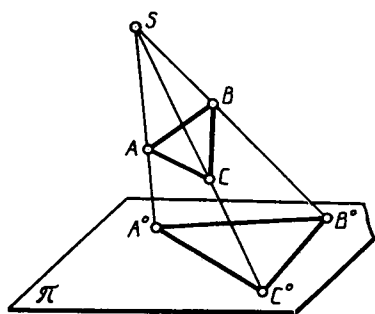


Рис. 1.5

треугольника ABC (рис. 1.5) достаточно построить проекции A° , B° , C° трех его точек — вершин A , B , C .

Обобщая, отметим следующие свойства центрального проектирования.

1. При центральном проектировании:

а) точка проектируется точкой;

б) прямая, не проходящая через центр проектирования, проектируется прямой (проецирующая прямая — точкой);

в) плоская (двумерная) фигура, не принадлежащая проектирующей плоскости, проектируется двумерной фигурой (фигуры, принадлежащей проектирующей плоскости, проектируются 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 проектирования фигуры на параллельных плоскостях подобны.

4. Центральное проектирование 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.

1.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ И ИХ ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

Параллельное проектирование (рис. 1.6) можно рассматривать как частный случай центрального проектирования, при котором центр проектирования удален в бесконечность (S_∞). При параллельном проектировании применяют параллельные проектирующие прямые, проведенные в заданном направлении относительно плоскости проекций.

Если направление проектирования перпендикулярно плоскости проекций, то проекции называются прямоугольными или ортогональными, в остальных случаях — косоугольными (на рис. 1.6 на-

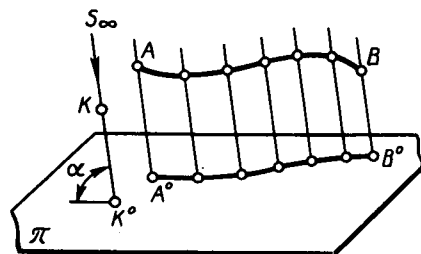


Рис. 1.6

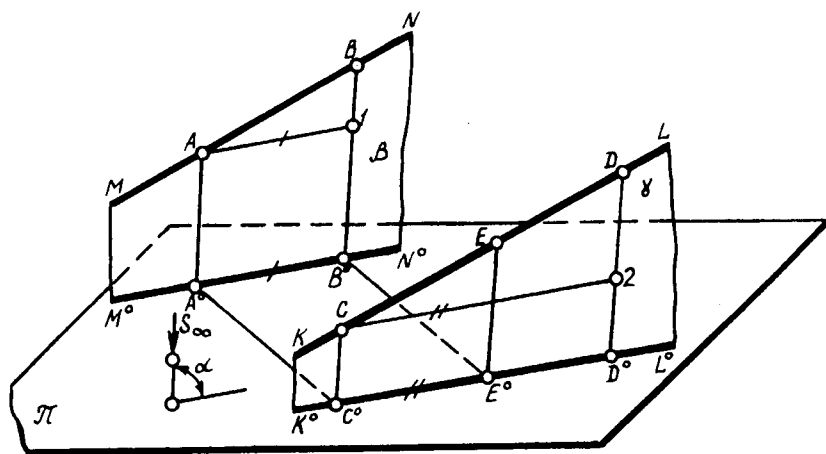


Рис. 1.7

правление проецирования указано стрелкой под углом $\alpha \neq 90^\circ$ к плоскости проекций π).

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 β и γ параллельны, так как пересекающиеся прямые в этих плоскостях взаимно параллельны: $MN \parallel KL$ — по условию, $AA^\circ \parallel CC^\circ \parallel S_\infty$. Следовательно, проекции $M^\circ N^\circ$ и $K^\circ L^\circ$ параллельны как линии пересечения параллельных плоскостей β и γ с плоскостью π .

Отметим на прямой MN произвольный отрезок AB и на прямой KL произвольный отрезок CD . Проведем в плоскости β через точку A прямую $A-1 \parallel A^\circ B^\circ$ и в плоскости γ через точку C прямую $C-2 \parallel C^\circ D^\circ$. Отрезки $[A-1] \equiv [A^\circ B^\circ]$, $[C-2] \equiv [C^\circ D^\circ]$ как отрезки параллельных между параллельными. Отрезки $C-2 \parallel C^\circ D^\circ \parallel A^\circ B^\circ$ и, следовательно, $C-2 \parallel A-1$. 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:

$$|AB| : |CD| = |A-1| : |C-2| = |A^\circ B^\circ| : |C^\circ D^\circ|.$$

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):

$$|AK| : |KB| = |A^\circ K^\circ| : |K^\circ B^\circ|;$$

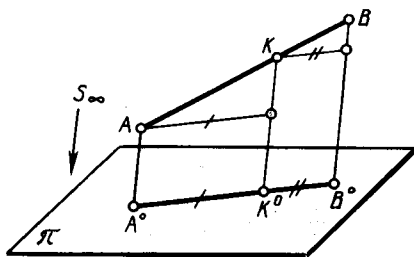


Рис. 1.8

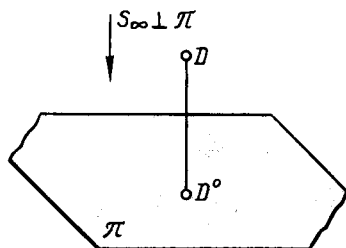


Рис. 1.9

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 $|A^\circ B^\circ| = |C^\circ D^\circ|$. Поэтому при косоугольном проецировании в общем случае параллелограмм, ромб, прямоугольник, квадрат проецируются в параллелограмм.

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

3. Параллельный перенос фигуры в пространстве или плоскости проекций не изменяет вида и размеров проекции фигуры.

Параллельные проекции, как и центральные при одном центре проецирования, также не обеспечивают обратимости чертежа.

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

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

1.3. ПРЯМОУГОЛЬНОЕ (ОРТОГОНАЛЬНОЕ) ПРОЕЦИРОВАНИЕ

Частный случай параллельного проецирования, при котором направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций, называют **прямоугольным** или **ортогональным проецированием**. Прямоугольной (ортогональной) проекцией точки называют основание перпендикуляра, проведенного из точки на плоскость проекций. Прямоугольная проекция D° точки D показана на рис. 1.9.

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

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

На рис. 1.10 $\angle ABC = 90^\circ$; $(AB) \parallel \pi$; $(CB) \not\parallel \pi$. Докажем, что $A^\circ B^\circ C^\circ = 90^\circ$.

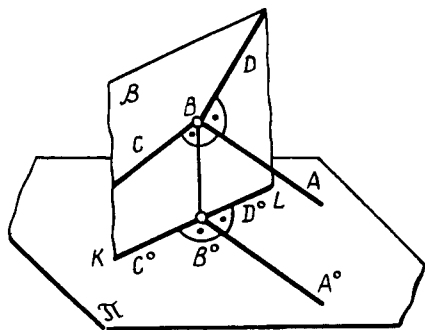


Рис. 1.10

Проецирующая прямая BB° перпендикулярна плоскости проекций π , проекции $B^\circ A^\circ$ и прямой BA . Плоскость β ($\beta \supset BB^\circ$; $\beta \supset BC$) перпендикулярна прямой BA , так как она перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости (BA ($AB = 90^\circ$ — по условию, а $AB \perp BB^\circ = 90^\circ$ по построению). Проекция $B^\circ A^\circ$ перпендикулярна плоскости β , так как $(B^\circ A^\circ) \parallel (BA)$. Следовательно, проекция плоскости β на плоскости π — прямая KL перпендикулярна проекции $B^\circ A^\circ$, а с прямой KL совпадает проекция $B^\circ C^\circ$, т. е. $A^\circ B^\circ C^\circ = 90^\circ$, что и требовалось доказать.

Соответственно при $\angle DBA = 90^\circ$, $(DB) \not\parallel \pi$ и $(AB) \parallel \pi$ имеем $D^\circ B^\circ A^\circ = 90^\circ$.

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. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НА ДВЕ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ

Обратимость чертежа, т. е. однозначное определение положения точки в пространстве по ее проекциям, может быть обеспечена проектированием на две непараллельные плоскости проекций.

Для удобства проектирования 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, параллельно плоскости чертежа. Такую 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, или полу.

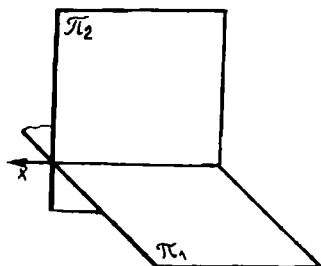


Рис. 1.11

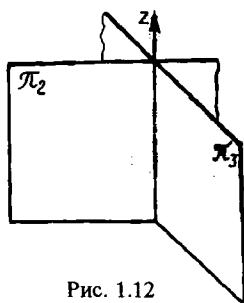


Рис. 1.12

Обозначим плоскости проекций: π_2 — фронтальную, π_1 — горизонтальную, ось проекций — буквой x или в виде дроби π_2/π_1 . Плоскости проекций π_2 и π_1 образуют систему π_2, π_1 .

Плоскости проекций, пересекаясь, образуют четыре двугранных угла, из которых приведенный на рис. 1.11 (с обозначениями граней π_2, π_1) 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 π_2 , а перпендикулярную ей и обозначаемую π_3 , 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 π_2, π_1 показано на рис. 1.13. Горизонтальную проекцию, обозначенную A' , находят как пересечение перпендикуляра, проведенного из точки A к плоскости π_1 , с этой плоскостью. Фронтальную проекцию, обозначенную A'' , находят как пересечение перпендикуляра, проведенного из точки A к плоскости π_2 , с этой плоскостью.

Проецирующие прямые AA'' и AA' , перпендикулярные к плоскостям π_2 и π_1 , принадлежат плоскости α . Она перпендикулярна плоскостям проекций и пересекает ось проекций в точке A_x . Три

* Наряду с указанными обозначениями плоскостей проекций в литературе применяют и другие обозначения, например буквами V, H, W .

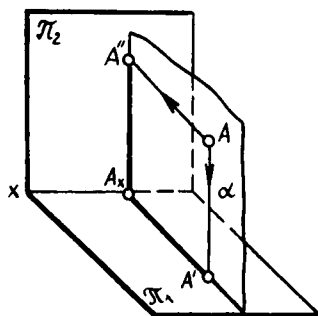


Рис. 1.13

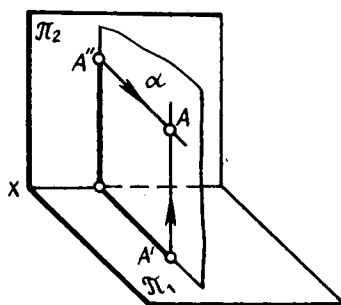


Рис. 1.14

взаимно перпендикулярные плоскости α , π_2 и π_1 пересекаются по взаимно перпендикулярным прямым, т. е. прямые $A''A_x$, $A'A_x$ и ось x взаимно перпендикулярны.

Построение некоторой точки A в пространстве по двум заданным ее проекциям — фронтальной A'' и горизонтальной A' — показано на рис. 1.14. Точку A находят в пересечении перпендикуляров, проведенных из проекции A'' к плоскости π_2 и из проекции A' к плоскости π_1 . Проведенные перпендикуляры принадлежат одной плоскости α , перпендикулярной плоскостям π_2 и π_1 , 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.

Рассмотренное наглядное изображение точки в системе π_2 , π_1 для целей черчения неудобно ввиду сложности. 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 π_1 на угол 90° вниз. При этом отрезки $A_x A''$ и $A_x A'$ образуют один отрезок $A''A'$, расположенный на одном перпендикуляре к оси проекции — на линии связи. В результате указанного совмещения плоскостей π_2 и π_1 получается чертеж — рис. 1.16, известный под названием эпюр или эпюр Монжа. Это чертеж в системе π_2 , π_1 (или в системе двух прямоугольных проекций). Без обозначения плоскостей π_2 и π_1 этот чертеж приведен на рис. 1.17.

Гаспар Монж (1746—1818) — французский ученый, общественный и государственный деятель в период французской революции 1789—1794 гг. и правления Наполеона I [7]. Накапливавшиеся с древних времен сведения и приемы изображения

* Епюре (франц.) — чертеж, проект.

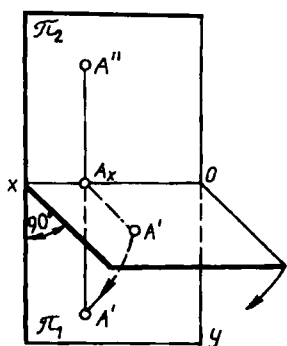


Рис. 1.15

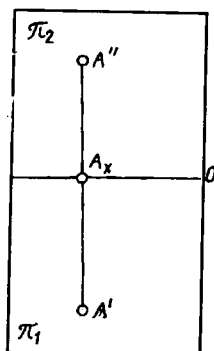


Рис. 1.16

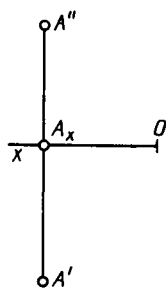


Рис. 1.17

пространственных форм на плоскости были приведены в систему и развиты в труде Г. Монжа, изданном в 1799 г. под названием *Géométrie descriptive* (русский перевод [13]).

Начертательную геометрию в России начали преподавать с 1810 г. Первые труды по ней опубликованы К.И. Потье (1816) и Я.А. Севастьяновым (1821). Большой вклад в развитие начертательной геометрии внесли многие русские и советские ученые (более подробные сведения приведены в книгах [4], [2], [17] и др.).

1.5. ПРОЕКЦИРОВАНИЕ НА ТРИ ВЗАИМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫЕ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ

В зависимости от сложности для полного выявления наружных и внутренних форм деталей и их соединений и для решения ряда задач бывают необходимы три и более изображений. Поэтому вводят три и более плоскостей проекций.

Введем в систему π_2 , π_1 третью вертикальную плоскость проекций (рис. 1.18), перпендикулярную оси x и соответственно фронт-

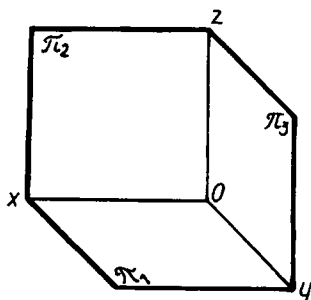


Рис. 1.18

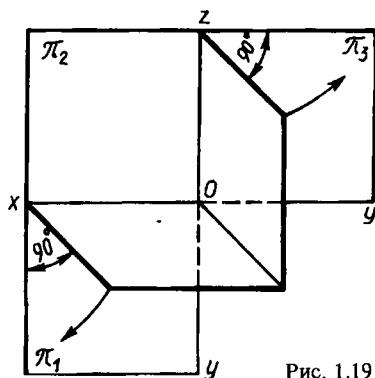


Рис. 1.19

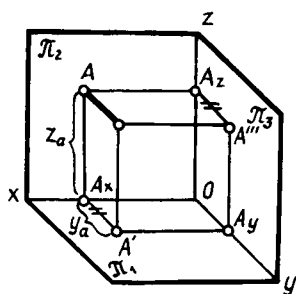


Рис. 1.20

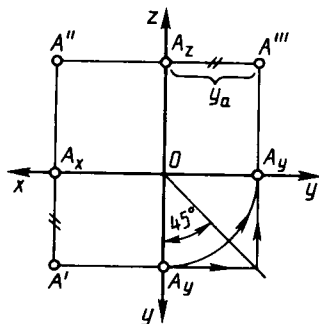


Рис. 1.21

тальной и горизонтальной плоскостям проекций. Ее называют **профильной плоскостью проекций** и обозначают π_3 (см. также рис. 1.12). Такую систему плоскостей проекций называют системой π_2, π_1, π_3 . 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 рис. 1.19. При этом ось y занимает два положения.

Наглядное изображение некоторой точки A , ее проекций A'', A', A''' в системе π_2, π_1, π_3 , а также их координат приведены на рис. 1.20, ее чертеж — на рис. 1.21.

Профильной проекцией точки называется прямоугольная проекция точки на профильной плоскости проекций (например, проекция A''' на рис. 1.21).

Фронтальная и профильная проекции 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 оси z , и от оси z отмечают координату y_a (отрезок $A'A_x$).

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

ПРОЕКЦИРОВАНИЕ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ ЛИНИИ

2.1. ПРОЕКЦИРОВАНИЕ ОТРЕЗКА И ДЕЛЕНИЕ ЕГО
В ДАННОМ ОТНОШЕНИИ

Наглядное изображение отрезка AB прямой и его ортогонального проектирования на плоскость π показано на рис. 2.1. Рассмотрим ортогональное проектирование отрезка AB с учетом свойств параллельного проектирования (§ 1.2). Параллельные проектирующие прямые AA° и BB° , проведенные из точек A и B прямой, образуют проектирующую плоскость β , пересекающуюся с плоскостью проекций π . Линия пересечения плоскостей π и β проходит через проекции A° и B° точек A и B на плоскости проекций π . Эта линия и является единственной проекцией прямой на плоскости проекций π .

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

Наглядное изображение проектирования отрезка AB прямой на две плоскости проекций в системе π_2, π_1 показано на рис. 2.2, чертеж — на рис. 2.3.

Отметим, что если какая-либо точка принадлежит прямой, то ее проекция принадлежит проекции прямой. Например, точка D

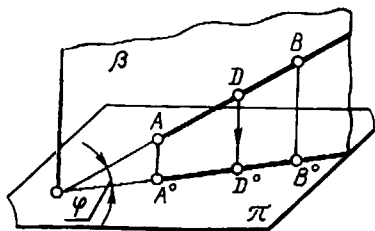


Рис. 2.1

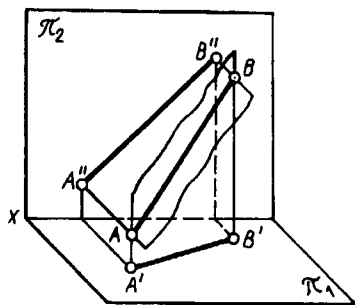


Рис. 2.2

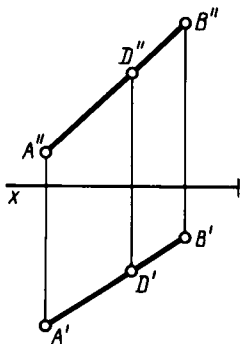


Рис. 2.3

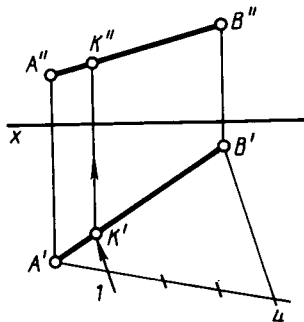


Рис. 2.4

(см. рис. 2.1) принадлежит прямой AB , ее проекция D° — проекции $A^\circ B^\circ$. На рис. 2.3 точка с проекциями D'' и D' принадлежит прямой с проекциями $A''B''$, $A'B'$.

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 рис. 2.1 отношение $|AD|/|DB| = |A^\circ D^\circ|/|D^\circ B^\circ|$. Для рис. 2.3 — отношения $|A''D''|/|D''B''|$ и $|A'D'|/|D'B'|$ равны отношению $|AD|/|DB|$.

Пример построения на чертеже проекций K'' и K' точки K , делящей отрезок с проекциями $A''B''$, $A'B'$ в отношении 1:3, показан на рис. 2.4.

2.2. ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ И ОСОБЫЙ СЛУЧАЙ ПОЛОЖЕНИЯ ПРЯМОЙ

Относительно плоскостей проекций прямая может занимать различные положения:

- не параллельное ни одной из плоскостей проекций π_2 , π_1 , π_3 ;
- параллельное одной из плоскостей проекций (прямая может и принадлежать этой плоскости);
- параллельные двум плоскостям проекций, т. е. перпендикулярное 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 рис. 2.5 приведены наглядные изображения и чертежи отрезков прямых частного положения:

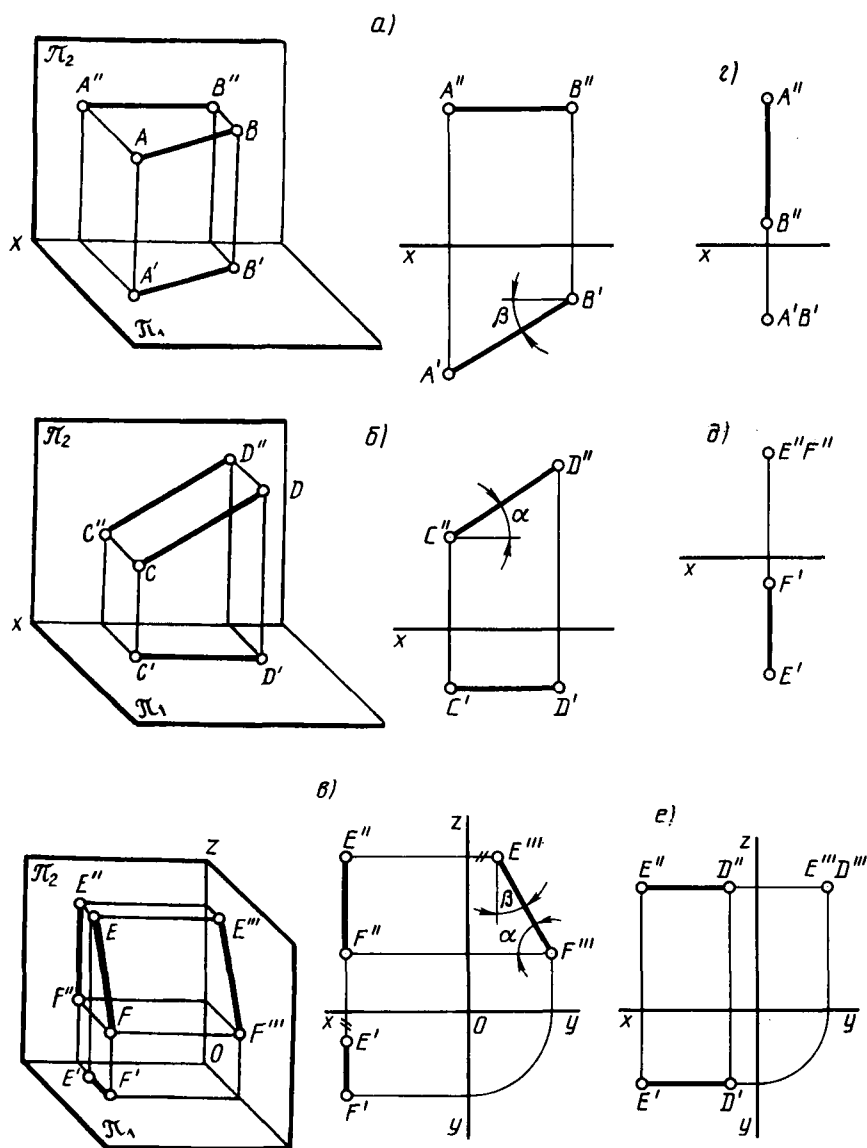


Рис. 2.5

а) прямая AB параллельна плоскости π_1 (ее называют **горизонтальной прямой**); фронтальная проекция $A''B''$ параллельна оси x ; длина горизонтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка ($|A'B'| = |AB|$); угол β , образованный горизонтальной проекцией и осью проекций, равен углу наклона прямой к фронтальной плоскости проекций;

б) прямая CD параллельна плоскости π_2 (ее называют **фронтальной прямой**); горизонтальная проекция $C'D'$ параллельна оси x ; длина фронтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка ($|C''D''| \cong |CD|$); угол α , образованный фронтальной проекцией и осью проекций, равен углу наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций;

в) прямая EF параллельна плоскости π_3 (ее называют **профильной прямой**); $(E''F'') \parallel (O_z)$ и $(E'F') \parallel (O_y)$; длина профильной проекции отрезка равна длине самого отрезка ($|E'''F'''| \cong |EF|$), углы β и α , образованные профильной проекцией с осями z и y , равны углам наклона прямой к фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций соответственно;

г) прямая перпендикулярна плоскости π_1 , ее проекция $A''B''$ перпендикулярна оси x , проекции A' и B' совпадают;

д) прямая перпендикулярна плоскости π_2 , ее проекция $E'F'$ перпендикулярна оси x , проекции E'' и F'' совпадают;

е) прямая перпендикулярна плоскости π_3 , ее проекции $E''D''$, $E'D'$ параллельны оси x , проекции E''' и D''' совпадают.

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 π_2, π_1 , то точка принадлежит прямой, — справедливо для проекций

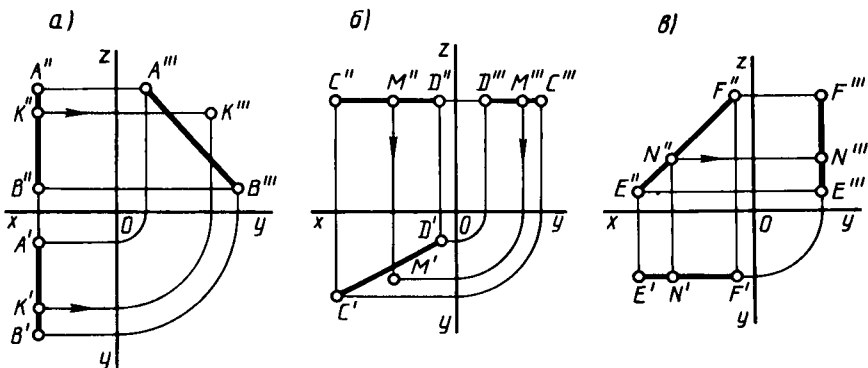


Рис. 2.6

всех прямых, кроме профильной. Для профильных прямых обратное положение справедливо только в системе трех плоскостей проекций.

Это положение наглядно иллюстрируется на рис. 2.6:

- а) $(AB) \parallel \pi_3 \nparallel \pi_2 \nparallel \pi_1$; $K'' \in (A''B'')$; $K' \in (A'B')$, но $K''' \notin A'''B'''$, $\Rightarrow K \notin (AB)$;
 б) $CD \parallel \pi_1 \nparallel \pi_2 \nparallel \pi_3$; $M'' \in (C''D'')$; $M''' \in (C'''D''')$, но $M' \notin (C'D')$ $\Rightarrow M \notin (CD)$;
 в) $(EF) \parallel \pi_2 \nparallel \pi_1 \nparallel \pi_3$; $N'' \in (E''F'')$; $N' \in (E'F') \Rightarrow N \in (EF)$ и соответственно $N''' \in (E'''F''')$.

2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТУРАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ И УГЛОВ НАКЛОНА ЕГО К ПЛОСКОСТЯМ ПРОЕКЦИЙ

На рис. 2.7 видно, что натуральная величина отрезка BC прямой общего положения является гипотенузой прямоугольного треугольника $BC - I$. В этом треугольнике один катет $B - I$ параллелен плоскости π_1 и равен по длине горизонтальной проекции отрезка BC ($|B - I| \cong |B'C'|$), а величина второго катета равна разности расстояний точек C и B до плоскости проекций π_1 ($|C - I| = z_c - z_b = \Delta z$).

Построения на чертеже для определения натуральной величины отрезка BC прямой общего положения приведены на рис. 2.8. В качестве одного катета принята горизонтальная проекция $B'C'$, длина другого катета $|C'\bar{C}| = |C''I''| = \Delta z$. Длина гипотенузы $B'C$ 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 π_2 ($|\bar{B}B''| = y_b - y_c = \Delta y$). Длина гипотенузы $\bar{B}C''$ равна длине отрезка BC ($|\bar{B}C''| = |BC|$).

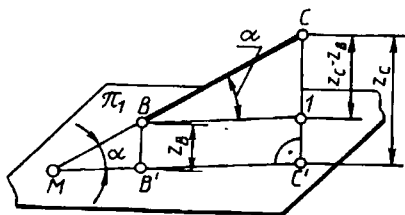


Рис. 2.7

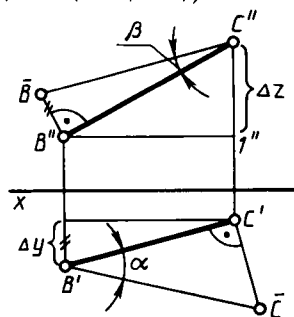


Рис. 2.8

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.

Угол между прямой линией и плоскостью проекций определяется как угол между прямой и ее проекцией на эту плоскость. На рис. 2.7 таким углом между прямой BC и плоскостью π_1 является угол $\alpha (\angle BMB')$. Угол α равен углу $CB - l$, так как одна сторона MC — общая, а две другие $B - l$ и MC — параллельны.

Величину угла α определяют из того же треугольника $CB - l$, что и натуральную величину отрезка BC . На рис. 2.8 показано, что $\angle \alpha \cong \angle C'B'\bar{C}$. Угол β 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

Пересекающиеся прямые. Наглядное изображение двух прямых AB и CD , пересекающихся в точке K , приведено на рис. 2.9, их чертеж в системе π_2, π_1 — на рис. 2.10.

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

Для прямых, кроме профильных, в системе π_2, π_1 , справедливо и обратное утверждение:

если в системе π_2, π_1 точки пересечения одноименных проекций прямых, кроме профильных, лежат на одной линии связи, то прямые пересекаются.

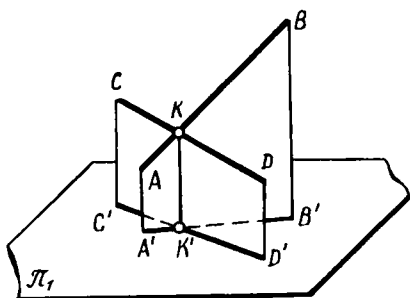


Рис. 2.9

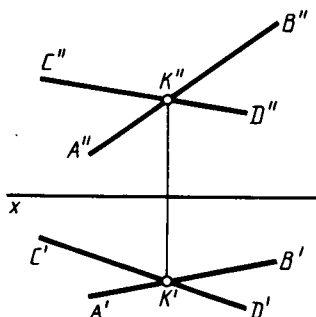


Рис. 2.10

Если в системе π_2, π_1 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 $A''B''$, $A'B'$, $A'''B'''$ — профильная, показаны на рис. 2.11 и 2.12.

На рис. 2.11 все три проекции K'' , K' , K''' точки K прямой CD принадлежат и трем одноименным проекциям $A''B''$, $A'B'$ и $A'''B'''$ прямой AB , т. е. прямые пересекаются.

На рис. 2.12 профильная проекция L'' точки L прямой CD не принадлежит профильной проекции $A'''B'''$, следовательно, прямые AB и CD не пересекаются (см. также рис. 2.6, а).

На рис. 2.13 показаны прямые, две проекции которых пересекаются в одной точке, а две другие проекции сливаются в одну линию.

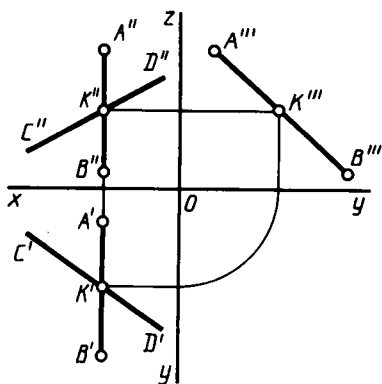


Рис. 2.11

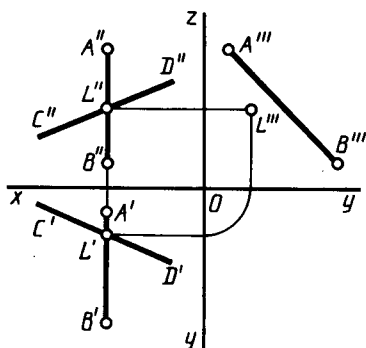


Рис. 2.12

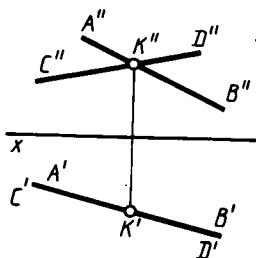


Рис. 2.13

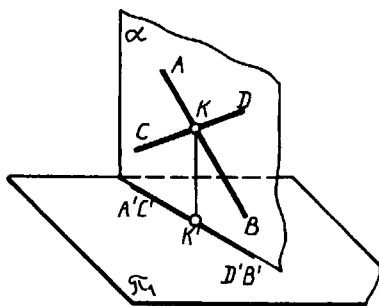


Рис. 2.14

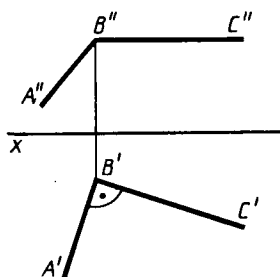


Рис. 2.15

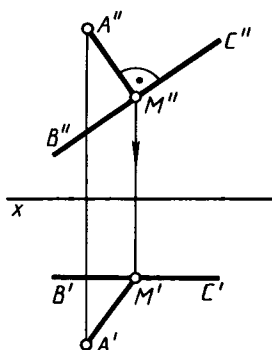


Рис. 2.16

Это означает, что обе прямые принадлежат плоскости α , перпендикулярной плоскости π_1 (рис. 2.14).

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).

Чертеж прямого угла ABC со стороной BC , параллельной плоскости π_1 , приведен на рис. 2.15. Горизонтальная проекция $B'A'$ стороны BA перпендикулярна горизонтальной проекции $B'C'$ 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 $B''C''$, $B'C'$, параллельной плоскости π_2 (рис. 2.16). Для этого из точки A'' проводим перпендикуляр $A''M''$ к $B''C''$. Построив проекцию M' , проводим горизонтальную проекцию $A'M'$ 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, а 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. 2.17), проецирующие плоскости α и β , проведенные через параллельные прямые AB и CD , параллельны между собой. С плоскостью проекций π_1 они пересекаются по параллельным прямым $A'B'$ и $C'D'$ — проекциям прямых AB и CD на плоскости π_1 .

Чертежи двух параллельных прямых приведены на рис. 2.18:

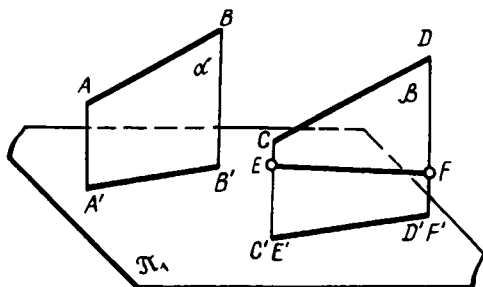


Рис. 2.17

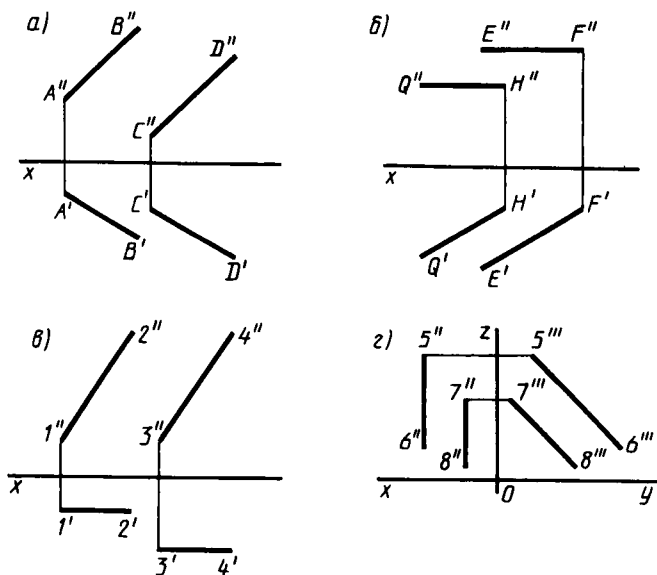


Рис. 2.18

а) прямых общего положения с проекциями $A''B''$, $A'B'$ и $C''D''$, $C'D'$;

б) горизонтальных прямых с проекциями $E''F''$, $E'F'$ и $Q''H''$, $Q'H'$;

в) фронтальных прямых с проекциями $1''2''$, $1'2'$ и $3''4''$, $3'4'$;

г) профильных прямых с проекциями $5''6''$, $5'''6'''$ и $7''8''$, $7'''8'''$.

В то же время о параллельности прямых в пространстве по параллельности их одноименных проекций можно судить только при определенных условиях — на рис. 2.17: $(EF \subset \beta)$, $(E'F') \parallel (A'B')$, но $(EF) \nparallel (AB)$.

Для прямых общего положения эти условия следующие:

если одноименные проекции прямых общего положения параллельны в системе двух плоскостей проекций, то прямые параллельны (рис. 2.18, а).

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 рис. 2.18 заключаем:

а) горизонтальные прямые EF и QH параллельны, так как параллельны их горизонтальные проекции $E'F'$ и $Q'H'$;

б) фронтальные прямые 1—2 и 3—4 параллельны, так как параллельны их фронтальные проекции $1''2''$ и $3''4''$;

в) профильные прямые 5—6 и 7—8 параллельны, так как параллельны их профильные проекции $5'''6'''$ и $7'''8'''$.

Скрещивающиеся прямые. Наглядное изображение двух скрещивающихся прямых AB и CD общего положения дано на рис. 2.19. Их чертеж — рис. 2.20. С точкой пересечения одноименных проекций $A'B'$ и $C'D'$ (рис. 2.19) 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. 2.20).

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 рис. 2.19 видно, что при взгляде сверху по указанной стрелке точка L на прямой AB закрывает точку K (проекция точки K на плоскости π_1 показана поэтому в скобках). Соответственно и на

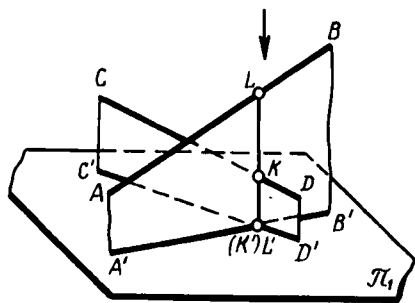


Рис. 2.19

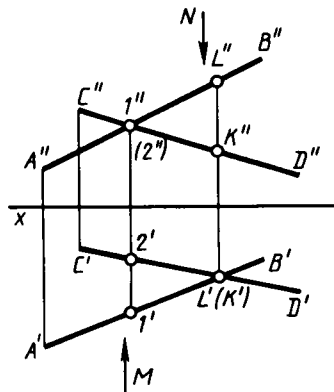


Рис. 2.20

чертеже, приведенном на рис. 2.20, видно, что фронтальная проекция L'' выше фронтальной проекции K'' и при взгляде сверху по стрелке N при проецировании на плоскость π_1 точка L закрывает точку K (горизонтальная проекция K' показана в скобках). На плоскости π_2 совпадают фронтальные проекции $1''$ и $2''$ точек прямых AB и CD . При взгляде спереди по стрелке M видно, что точка 1 прямой AB находится ближе к наблюдателю и при проецировании на плоскость π_2 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*.

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 (*а*), прямой и точки, взятой вне прямой (*б*), двух пересекающихся прямых (*в*), двух параллельных прямых (*г*). Проекции любой плоской фигуры также могут служить заданием плоскости на чертеже; например, см. на рис. 3.10 изображение плоскости проекциями треугольника.

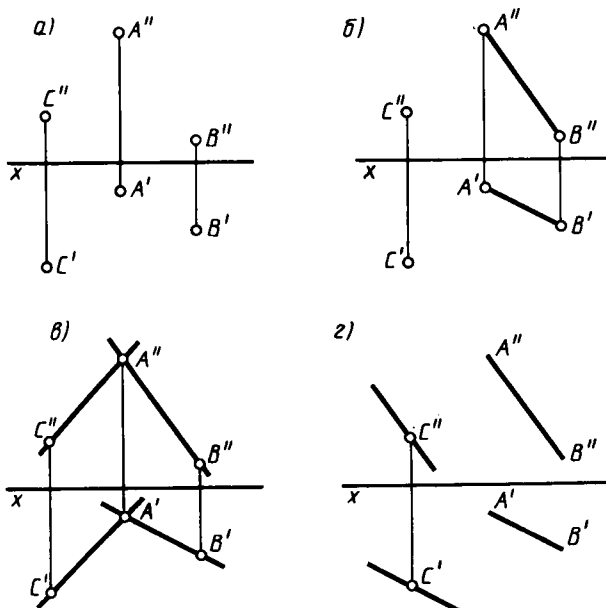


Рис. 3.1

3.2. ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ

Плоскость относительно плоскостей проекций может занимать следующие положения: 1) не перпендикулярно к плоскостям проекций, 2) перпендикулярно к одной плоскости проекций, 3) перпендикулярно к двум плоскостям проекций.

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

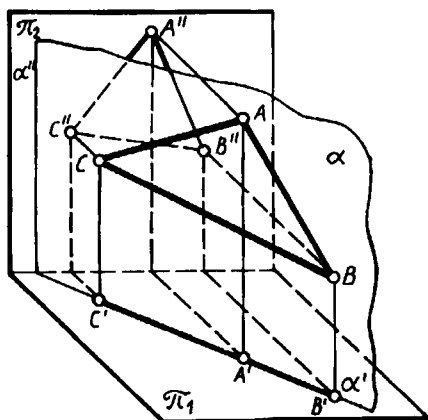


Рис. 3.2

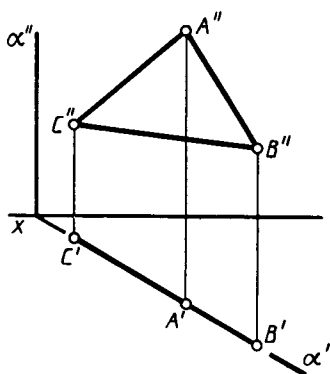


Рис. 3.3

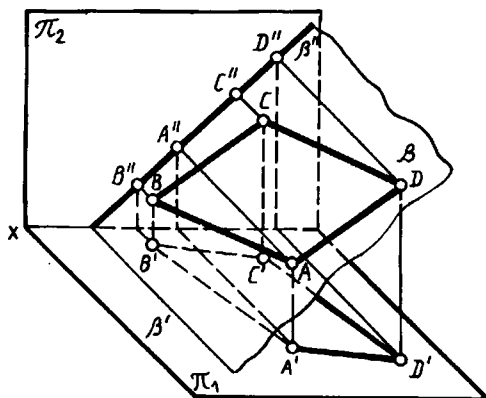


Рис. 3.4

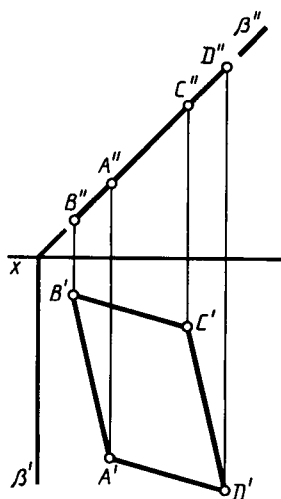


Рис. 3.5

Второе и третье положения плоскостей являются частными случаями. Плоскости в этих положениях называют проецирующими плоскостями.

Плоскость, перпендикулярная одной плоскости проекций. Наглядное изображение плоскости α , заданной треугольником ABC и перпендикулярной плоскости π_1 , приведено на рис. 3.2, ее чертеж — на рис. 3.3. Такую плоскость называют **горизонтально проецирующей**.

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

Чертеж плоскости в виде треугольника с проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$, $A'''B'''C'''$, перпендикулярной профильной плоскости проекций, показан на рис. 3.6. Такую плоскость называют **профильно проецирующей**.

Следы плоскостей. Линию пересечения плоскости с плоскостью проекций называют **следом**. Линию пересечения некоторой плоскости α , заданной треугольником ABC , с плоскостью π_1 обозначена α' , а с плоскостью π_2 — α'' (см. рис. 3.2).

Линию пересечения плоскости с плоскостью π_1 называют горизонтальным следом, с плоскостью π_2 — фронтальным следом, с плоскостью π_3 — профильным следом.

Для плоскости α , перпендикулярной плоскости π_1 , горизонтальный след α' (см. рис. 3.2, 3.3) располагается под углом к оси x , соответствующем углу наклона этой плоскости к фронтальной плоскости проекций, а фронтальный след α'' — перпендикулярно оси x .

Аналогично для некоторой плоскости β , перпендикулярной плоскости π_2 (см. рис. 3.4, 3.5), фронтальный след β'' располагается под углом к оси x , соответствующем углу наклона этой плоскости к плоскости π_1 , а горизонтальный след β' — перпендикулярно оси x .

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

Свойство проекций геометрических элементов, лежа-

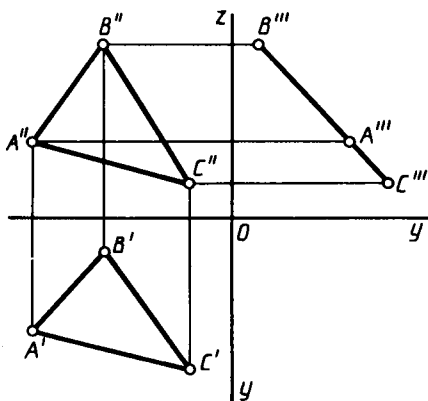


Рис. 3.6

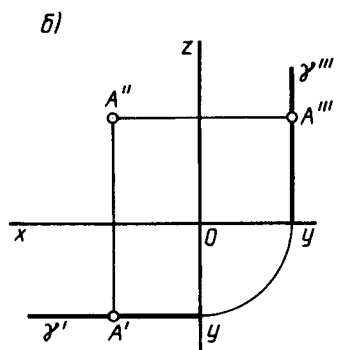
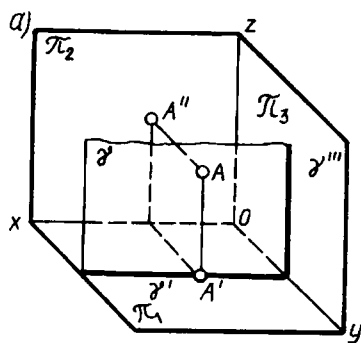


Рис. 3.7

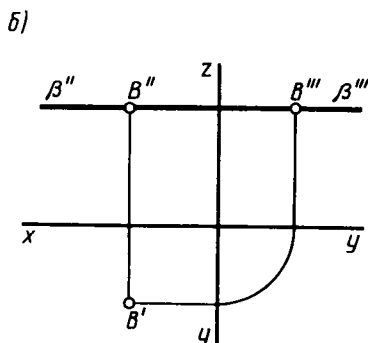
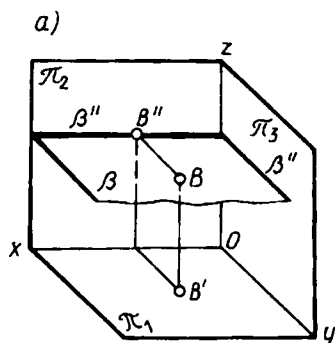


Рис. 3.8

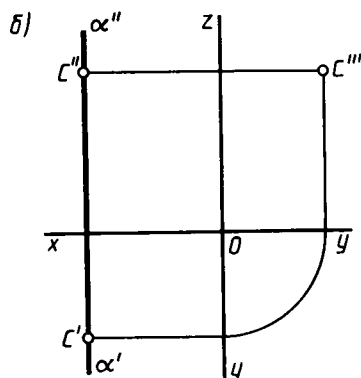
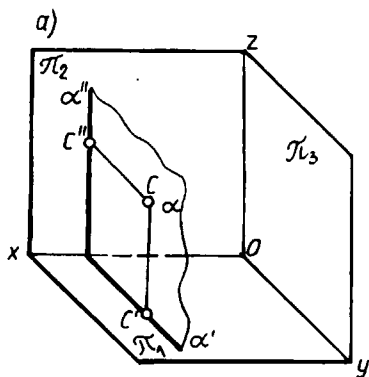


Рис. 3.9

щих 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 замкнутая геометрическая фигура, лежащая в проецирующей плоскости, проецируется на эту плоскость проекций в отрезок прямой линии.

Плоскости, перпендикулярные двум плоскостям проекций. Если плоскость перпендикулярна двум плоскостям проекций, то она параллельна третьей плоскости проекций. Такую плоскость называют горизонтальной (параллельная плоскости π_1), фронтальной (параллельная плоскости π_2) и профильной (параллельная плоскости π_3).

Примеры их наглядных изображений и чертежей приведены на рис. 3.7, *а, б* (фронтальная плоскость γ и принадлежащая ей точка *A*), на рис. 3.8, *а, б* (горизонтальная плоскость β и принадлежащая ей точка *B*), на рис. 3.9, *а, б* (профильная плоскость α 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 плоскости 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 точек, например, A'' , A' и $1''$, $1'$ и через них провести $A''1''$, $A'1'$ проекции прямой $A-1$. На рис. 3.11 проекции $B''1''$, $B'1'$ прямой проведены параллельно проекциям $A''C''$, $A'C'$ стороны AC треугольника, заданного проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$. Прямая $B-1$ принадлежит плоскости треугольника ABC .

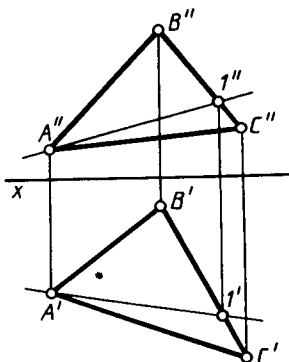


Рис. 3.10

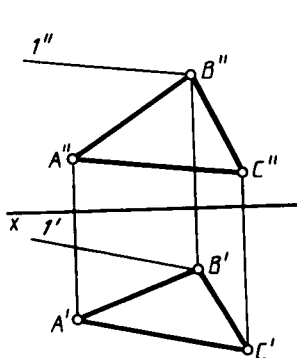


Рис. 3.11

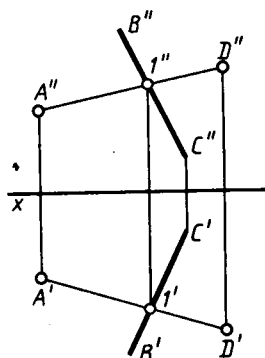


Рис. 3.12

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 и $B''C''$, $B'C'$ прямой, проведены проекции $A''1''$, $A'1'$ вспомогательной прямой, принадлежащей плоскости. На ней отмечены проекции D'' , D' точки D , принадлежащей плоскости.

Построение недостающей проекции точки. На рис. 3.13 плоскость задана проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$ 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

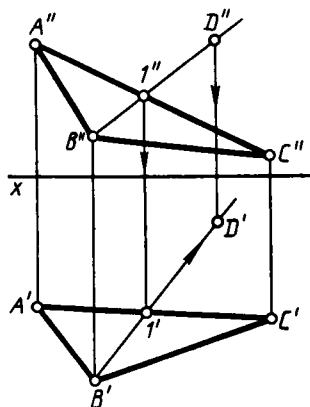


Рис. 3.13

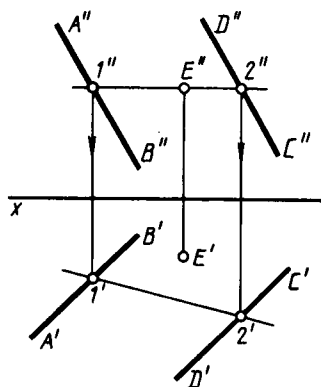


Рис. 3.14

через точку D . Для этого проводят, например, фронтальную проекцию $B''1''D''$ прямой, строят ее горизонтальную проекцию $B'1'$ и на ней отмечают горизонтальную проекцию D' точки.

Проверка принадлежности точки плоскости. Для проверки принадлежности точки плоскости используют вспомогательную прямую, принадлежащую плоскости. Так, на рис. 3.14 плоскость задана проекциями $A''B''$, $A'B'$ и $C''D''$, $C'D'$ 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 горизонтальная проекция E' точки не принадлежит ей. Следовательно, точка E не принадлежит плоскости.

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 π_1 . На рис. 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 π_2 . На рис. 3.16 проекции фронтالي проведены через проекции $1''$, $1'$ и $2''$, $2'$ точек 1 и 2 проекций $A''B''$, $A'B'$, $C''D''$, $C'D'$ параллельных прямых AB и CD заданной плоскости. Горизонтальная проекция $1'2'$ фронтالي параллельна оси x .

Из трех линий наибольшего наклона к плоскостям проекций отметим линию наибольшего наклона к плоскости π_1 . Эту линию называют линией ската. **Линия ската** — прямая, лежащая в плоскости и перпендикулярная ее горизонталям. На рис. 3.17 проекции $A''2''$, $A'2'$ линии ската A — 2

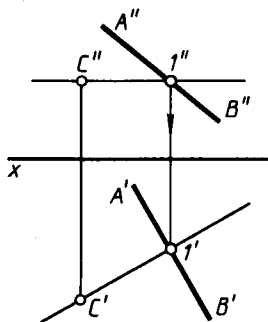


Рис. 3.15

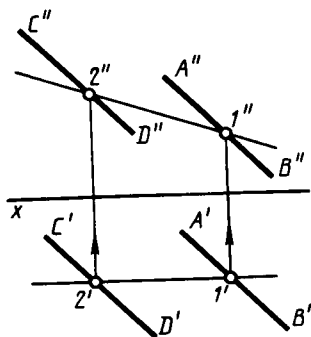


Рис. 3.16

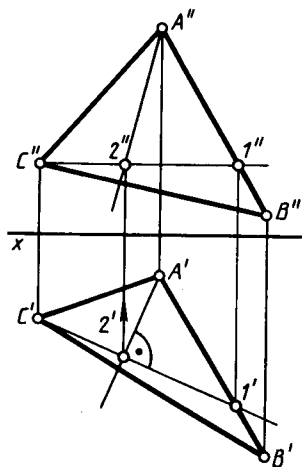


Рис. 3.17

в плоскости треугольника с проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$ проведены перпендикулярно горизонтали с проекциями $C''1''$, $C'1'$.

Вначале на горизонтальной проекции из 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.

Угол между линией ската и ее горизонтальной проекцией является линейным углом между плоскостью, которой принадлежит линия ската, и плоскостью проекций π_1 .

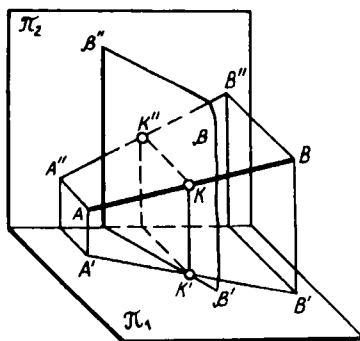
ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ И ПЛОСКОСТИ, ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ

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 рис. 4.1, б горизонтально проецирующая плоскость β задана следами β'' и β' (наглядное изображение — на рис. 4.1, а), прямая AB — общего положения. Точка их пересечения одновременно принадлежит прямой AB и плоскости β . Следовательно, ее горизонтальная проекция K' принадлежит одновременно горизонтальному следу β' 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. Из горизонтальной проекции видно, что правее проекции K' проекция $K'B'$ находится между осью x и

а)



б)

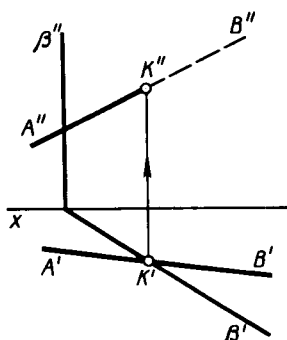


Рис. 4.1

следом β' , т. е. плоскость β 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 точек на скрещивающихся прямых (см. § 2.4, рис. 2.19, 2.20).

Пример построения точки пересечения прямой общего положения с проекциями $E''F''$, $E'F'$ с горизонтально проецирующей плоскостью в виде треугольника с проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$ показан на рис. 4.2.

Фронтальная проекция M'' точки пересечения M построена по ее горизонтальной проекции M' , которая является точкой пересечения горизонтальных проекций $E'F'$ прямой и $A'C'B'$ 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 плоскости треугольника $A''C''$.

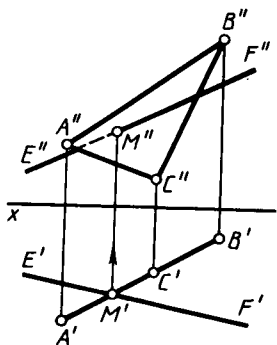


Рис. 4.2

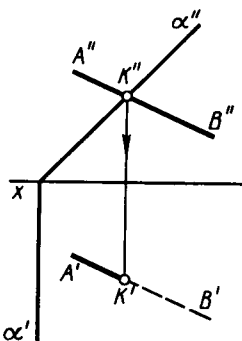


Рис. 4.3

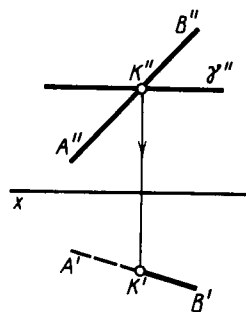


Рис. 4.4

Построение на чертеже точки пересечения фронтально проецирующей плоскости, заданной следами α'' , α' и прямой с проекциями $A''B''$, $A'B'$, показано на рис. 4.3.

Фронтальная проекция K'' точки пересечения является точкой пересечения фронтального следа α'' и фронтальной проекции $A''B''$ прямой. Горизонтальную проекцию K' находят на горизонтальной проекции $A'B'$ прямой на линии связи. Справа от точки K прямая AB (луч KB) закрывается сверху плоскостью α , поэтому на горизонтальной проекции справа от точки K' проекция $K'B'$ прямой показана невидимой.

Аналогичное построение приведено на рис. 4.4 для точки пересечения прямой AB с горизонтальной плоскостью γ (γ''). Фронтальная проекция K'' точки пересечения является точкой пересечения следа γ'' и проекции $A''B''$. Горизонтальная проекция K' построена на горизонтальной проекции $A'B'$ с помощью линии связи. На фронтальной проекции видно, что слева от точки K'' проекция $K''B''$ находится под проекцией γ'' , т. е. слева от точки K прямая AB (луч KA) находится под плоскостью γ . На горизонтальной проекции слева от точки K' проекция $K'A'$ 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 рис. 4.5 показано наглядное изображение линии пересечения K_1K_2 двух плоскостей α и β .

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

Аналогично строят вторую точку линии пересечения.

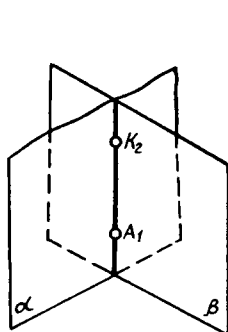


Рис. 4.5

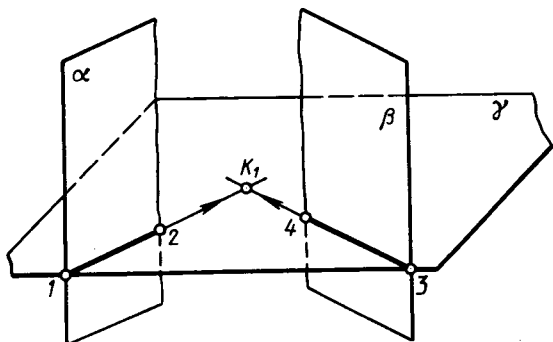


Рис. 4.6

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 рис. 4.7 показано построение проекций $M''N''$, $M'N'$ линии пересечения MN фронтально проецирующей плоскости α с плоскостью треугольника ABC .

На фронтальной проекции в пересечении проекций $A''B''$ и $A''C''$ со следом α'' находим фронтальные проекции M'' и N'' двух

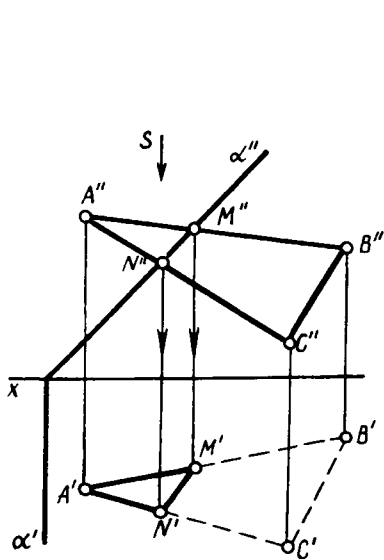


Рис. 4.7

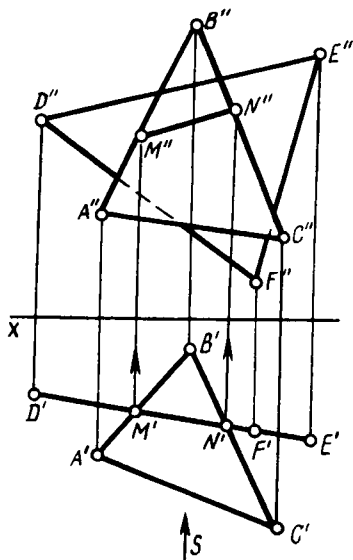


Рис. 4.8

общих точек заданных плоскостей. По ним построены горизонтальные проекции M' и N' на горизонтальных проекциях $A'B'$ и $A'C'$ 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 α , т. е. видима, остальная часть — под плоскостью α , т. е. невидима (участок $M'B'C'N'$ 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. На горизонтальной проекции в пересечении горизонтальных проекций $A'B'$ и $B'C'$ сторон $\triangle ABC$ с проекцией $D'E'F'$ 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 видимы (т. е. видима фронтальная проекция четырехугольника $A''C''N''M''$).

На рис. 4.9 приведено построение проекций $M''N''$, $M'N'$ линии пересечения двух плоскостей, одна из которых задана проекциями $A''B''$, $B''C''$, $A'B'$, $B'C'$ двух пересекающихся прямых, другая —

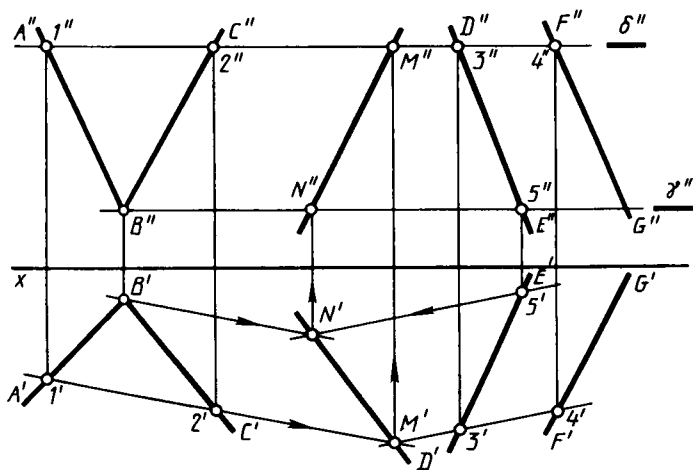


Рис. 4.9

проекциями — $D''E''$, $F''G''$, $D'E'$, $F'G'$ двух параллельных прямых.

В качестве вспомогательных плоскостей взяты две горизонтальные плоскости, заданные следами γ'' и δ'' .

Плоскость δ 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 $A'B'$, $B'C'$, $D'E'$, $F'G'$ прямых. Через них проводим горизонтальные проекции $1'2'$ и $3'4'$ линий пересечения. Отмечаем точку M' — горизонтальную проекцию общей точки M трех плоскостей — двух заданных и вспомогательной δ . По ней определяем фронтальную проекцию M'' на фронтальном следе δ'' вспомогательной плоскости.

Вспомогательные плоскости γ и δ параллельны. Линии их пересечения с заданными плоскостями попарно параллельны. Поэтому горизонтальные проекции линий пересечения плоскости γ с заданными плоскостями проведены через проекцию B' параллельно проекциям $1'2'$ и через проекцию $5'$ параллельно проекциям $3'4'$. В их пересечении найдена горизонтальная проекция N' второй общей точки трех плоскостей, т. е. линии пересечения двух заданных плоскостей. По ней на фронтальном следе γ'' вспомогательной плоскости построена фронтальная проекция N'' . Через построенные проекции M'' , N'' и M' , N' проводим фронтальную и горизонтальную проекции искомой линии пересечения.

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 γ ;

б) строят линию пересечения 1—2 вспомогательной плоскости γ и заданной плоскости β ;

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

На рис. 4.11 дано построение на чертеже проекций точки пересечения прямой с проекциями $D''E''$, $D'E'$ с плоскостью общего положения, заданной проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$ треугольной пластины. Проекции точки пересечения строят в следующем порядке:

— через прямую DE проводят вспомогательную плоскость, например фронтальную проецирующую α (на рис. 4.11, б показан только след α'');

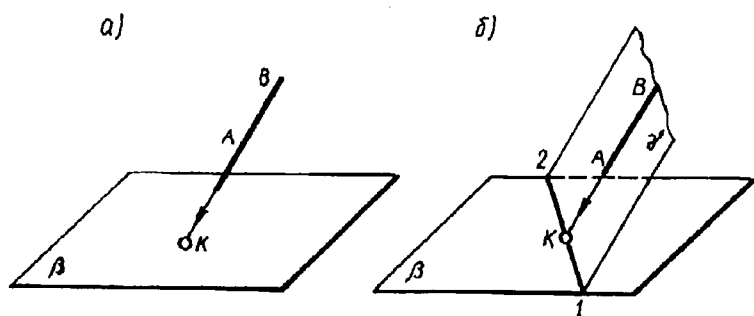


Рис. 4.10

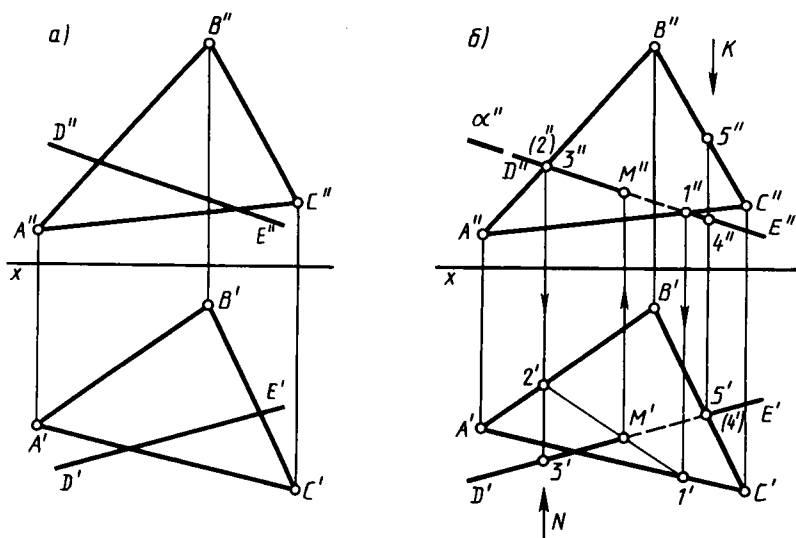


Рис. 4.11

— строят проекции $1''2''$, $1'2'$ линии пересечения этой плоскости с плоскостью треугольника, заданной проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$; 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 $D'E'$ 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 α ;

— 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 $D''E''$, $D'E'$ и $A''B''$, $A'B'$ 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 $B''C''$, $B'C'$ и $D''E''$, $D'E'$. 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 видима (участок с проекцией $D'M'$).

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 β 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.

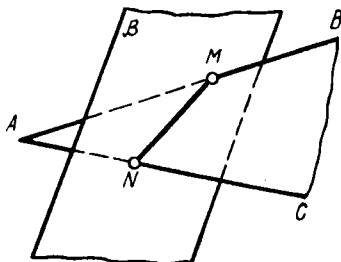


Рис. 4.12

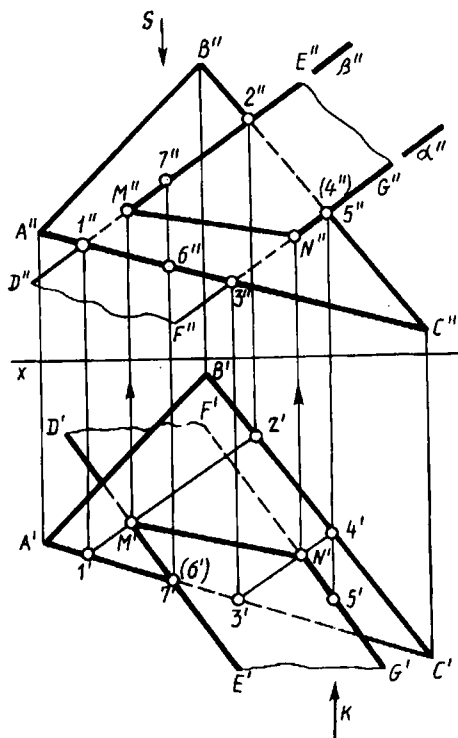


Рис. 4.13

Пример такого построения на чертеже приведен на рис. 4.13. Одна из плоскостей задана треугольником с проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$. Вторая — параллельными прямыми с проекциями $D''E''$, $D'E'$ и $F''G''$, $F'G'$. Для построения проекций линии пересечения определены проекции M'' , M' и N'' , N' двух ее точек пересечения прямых с проекциями $D''E''$, $D'E'$ и $F''G''$, $F'G'$ с плоскостью треугольника. Проекции M'' , M' и N'' , N' точек пересечения построены с помощью фронтально проецирующих плоскостей, заданных следами β'' и α'' . Плоскость β проходит через прямую DE и пересекает плоскость треугольника по линии с проекциями $1''2''$, $1'2'$. Пересечение горизонтальных проекций $1'2'$ и $D'E'$ является горизонтальной проекцией M' искомой точки. По ней построена фронтальная проекция M'' на фронтальной проекции $D''E''$.

Аналогично с помощью плоскости α (α'') построены проекции N'' , N' второй точки. Через построенные проекции M'' , N'' и M' , N' проведены проекции $M''N''$, $M'N'$ отрезка, по которому пересекаются заданные пластины.

Анализ видимости пластин на фронтальной проекции выполнен с помощью точек с проекциями $4''$, $4'$ и $5''$, $5'$, лежащих на скрещивающихся прямых с проекциями $B''C''$, $B'C'$ и $G''F''$, $G'F'$. Их фронтальные проекции $4''$ и $5''$ совпадают. На горизонтальной проекции видно, что при взгляде по стрелке K точка 5 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 $A''C''$, $A'C'$ и $D''E''$, $D'E'$.

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 рис. 4.15 показано построение проекций прямой линии, проходящей через точку с проекциями K'' , K' , параллельной плоскости треугольника с проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$ и параллельной плоскости π_2 — дополнительное требование. В плоскости треугольника проведена фронталь с проекциями $A''I''$, $A'I'$. Проекции искомой прямой проведены через проекции K'' , K' точки параллельно проекциям фронтали: $K''L'' \parallel A''I''$, $K'L' \parallel A'I'$.

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.

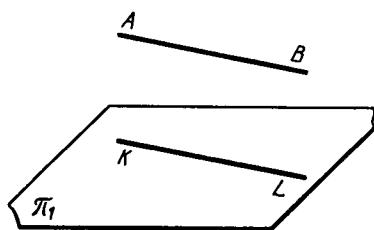


Рис. 4.14

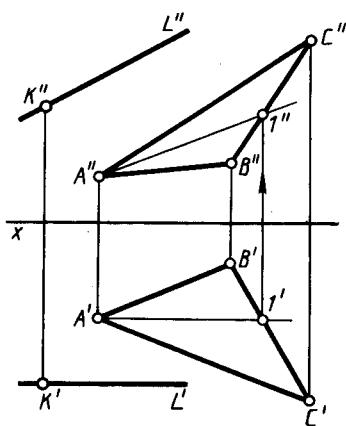


Рис. 4.15

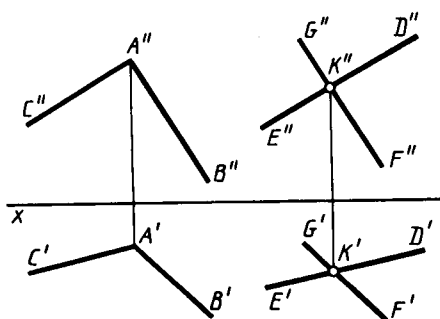


Рис. 4.16

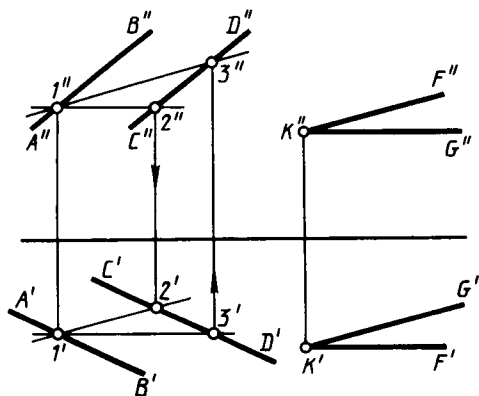


Рис. 4.17

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 рис. 4.16 построена плоскость, проходящая через точку с проекциями K'' , K' , параллельная плоскости, заданной проекциями $A''B''$, $A'B'$ и $A''C''$, $A'C'$ пересекающихся прямых. Для этого через фронтальную проекцию K'' проведены фронтальные проекции $D''K'' \parallel A''C''$, $F''K'' \parallel A''B''$ и через горизонтальную проекцию K' — горизонтальные проекции $D'K' \parallel A'C'$, $F'K' \parallel A'B'$. Построенная плоскость, определяемая проекциями $K''D''$, $K''F''$ и $K'D'$, $K'F'$, параллельна заданной плоскости.

Построение параллельных плоскостей на чертеже удобно выполнять с помощью главных линий плоскости — горизонталей и фронталей. На рис. 4.17 проекции плоскости α заданы проекциями $A''B''$, $C''D''$ и $A'B'$, $C'D'$ параллельных прямых. Параллельная ей плоскость γ должна проходить через точку с проекциями K'' , K' . Проекция плоскости γ построены с помощью фронтальных проекций $K''F''$ фронталей и $K''G''$ горизонталей и горизонтальных проекций $K'G'$ горизонталей и $K'F'$ фронталей. При этом $K''F'' \parallel I''3''$, $K'G' \parallel I'2'$.

Проверку параллельности двух плоскостей на чертеже удобно выполнять путем проверки параллельности фронтальных проекций фронталей и горизонтальных проекций горизонталей этих плоскостей.

4.6. ПОСТРОЕНИЕ ВЗАИМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ, ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ И ДВУХ ПРЯМЫХ

Важное практическое значение при решении задач имеют **построения прямой линии, перпендикулярной плоскости**, или плоскости, перпендикулярной прямой линии, и двух взаимно перпендикулярных плоскостей.

Перпендикуляр к плоскости перпендикулярен любой прямой, проведенной в этой плоскости — на рис. 4.18 $(AB) \perp \alpha$, $(AB) \perp (DC)$, $(AB) \perp (EF)$. Из множества этих прямых при построении перпендикуляра к плоскости на чертеже выбирают фронталь и горизонталь плоскости. В этом случае на чертеже фронтальную проекцию перпендикуляра проводят под углом 90° к фронтальной проекции фронталей, а горизонтальную проекцию перпендикуляра — под углом 90° к горизонтальной проекции горизонталей (см. § 1.3).

Пример построения проекций $A''M''$, $A'M'$ прямой, перпендикулярной плоскости треугольника с проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$, приведен на рис. 4.19. Фронтальная проекция $A''M''$ прямой построена перпендикулярно фронтальной проекции $A''2''$

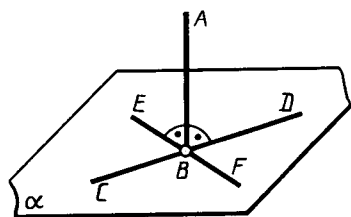


Рис. 4.18

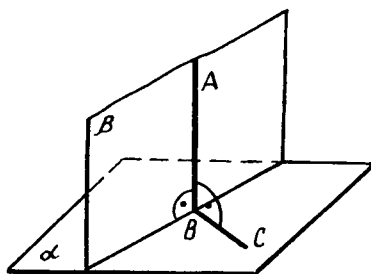


Рис. 4.21

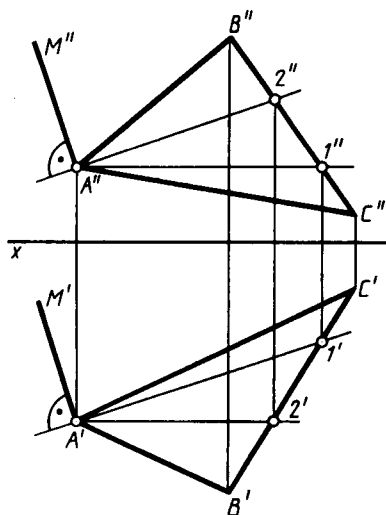


Рис. 4.19

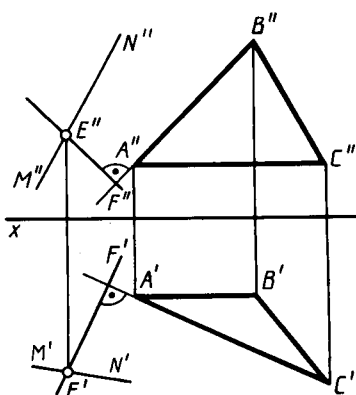


Рис. 4.22

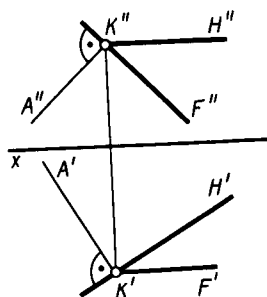


Рис. 4.20

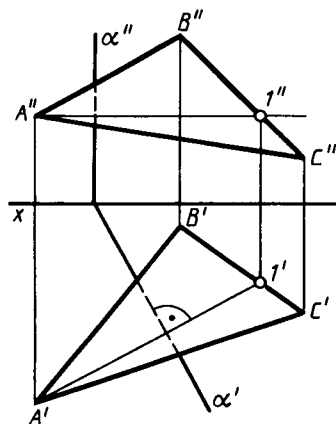


Рис. 4.23

фронталей, горизонтальная проекция $A'M'$ — перпендикулярно горизонтальной проекции $A'I'$ горизонтали треугольника.

Пример построения на чертеже плоскости, перпендикулярной заданной прямой, приведен на рис. 4.20. Из проекций K'' , K' точки прямой построены проекции $K''F'' \perp A''K''$, $K'F' \parallel x$ фронталей и проекции $K'H' \perp A'K'$, $K''H'' \parallel x$ горизонталей. Они и определяют положение плоскости.

Построение двух взаимно перпендикулярных плоскостей. Как известно, плоскости перпендикулярны, если прямая, принадлежащая одной плоскости, перпендикулярна другой плоскости (рис. 4.21, $(AB) \subset \beta$, $(AB) \perp \text{пл. } \alpha$; $\text{пл. } \beta \perp \text{пл. } \alpha$). Построение проекций плоскости α , проходящей через прямую с проекциями $M''N''$, $M'N'$ и перпендикулярную плоскости, заданной проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$ треугольника, показано на рис. 4.22. Для построения на чертеже плоскости через проекции E'' , E' точки прямой проведены проекции $E''F''$, $E'F'$ перпендикуляра к плоскости треугольника. Две пересекающиеся прямые определяют положение искомой плоскости, перпендикулярной заданной. Заметим, что построение проекций $E''F''$ и $E'F'$ перпендикуляра к заданной плоскости облегчено тем, что стороны треугольника с проекциями $A''B''$, $A'B'$ — фронталь, $A''C''$, $A'C'$ — горизонталь.

На рис. 4.23 показано построение плоскости α , перпендикулярной плоскости треугольника с проекциями $A''B''C''$, $A'B'C'$. Плоскость α , заданная следами α'' , α' , построена перпендикулярно горизонтали с проекциями $A''I''$, $A'I'$ треугольника ($\alpha' \perp A'I'$). В этом случае плоскость α перпендикулярна и плоскости $\pi_1(\alpha \perp x)$, так как горизонталь с проекциями $A''I''$, $A'I'$ параллельна ей.

Построение двух перпендикулярных прямых общего положения выполняют с помощью плоскости, перпендикулярной одной из них. Через точку пересечения прямой и перпендикулярной ей плоскости проводят в плоскости любую прямую, которая и будет перпендикулярна 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 φ на рис.

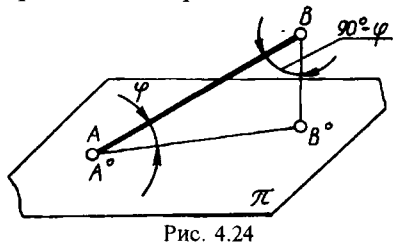


Рис. 4.24

4.24). 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; полу-

ченные точки пересечения прямой и перпендикуляра с плоскостью соединить прямой линией. Угол между прямой и построенной линией будет искомым.

Для определения величины угла φ между прямой и плоскостью на практике поступают так. Определяют угол между прямой и перпендикуляром из точки прямой к плоскости (рис. 4.24). Искомый угол определяют вычитанием из 90° угла между прямой и перпендикуляром к плоскости:

$$\angle BAB^\circ = 90^\circ - \angle ABB^\circ$$

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) рассматриваемых ниже некоторых из основных 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 относительно них 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 плоскостей проекций.

В первом случае преобразование чертежа называют способом перемены плоскостей проекций, во втором — способом вращения. В курсе инженерной графики обычно рассматривают способ вращения вокруг проецирующей прямой. 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 π_2 , π_1 дополняется плоскостями, образующими с π_2 или π_1 или между собой системы двух взаимно перпендикулярных плоскостей, принимаемых за плоскости проекций.

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

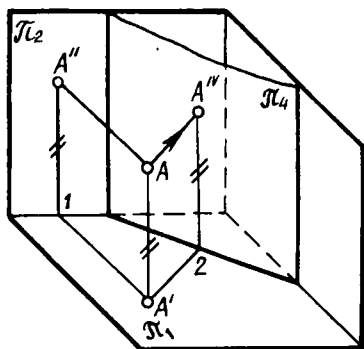


Рис. 5.1

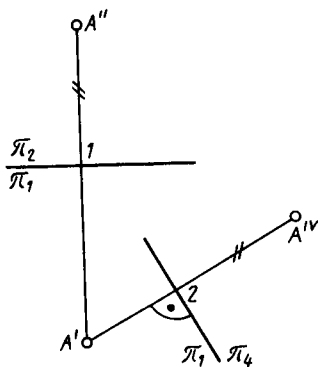


Рис. 5.2

На рис. 5.1 показано преобразование проекций точки A из системы π_2, π_1 в систему π_4, π_1 , в которой вместо плоскости π_2 введена новая плоскость π_4 , а плоскость π_1 осталась неизменной. При этом $\pi_4 \perp \pi_1$. В системе π_4, π_1 горизонтальная проекция A' точки A осталась неизменной. Проекция A^{IV} точки A на плоскости π_4 находится от плоскости π_1 на том же расстоянии, что и проекция A'' точки на плоскости π_2 . Это условие позволяет легко строить проекцию точки на чертеже (рис. 5.2) на новой плоскости проекций. Для этого в новой системе (π_1, π_4) из проекции точки (A') на сохраняющейся плоскости проекций проводят линию связи, перпендикулярную новой оси проекций $\left(\frac{\pi_4}{\pi_1}\right)$. На этой линии связи отмечают расстояние

от оси $\frac{\pi_4}{\pi_1}$ до проекции A^{IV} точки на новой плоскости проекций π_4 , равное расстоянию от преобразуемой проекции A'' точки до оси $\frac{\pi_2}{\pi_1}$ проекций в системе π_2, π_1 ($|A^{IV}2| = |A''1|$).

При введении новой плоскости проекций, перпендикулярной фронтальной плоскости проекций (например, плоскости π_4 на рис. 5.3), расстояние от проекции (B^{IV}) до новой оси проекций $\left(\frac{\pi_4}{\pi_2}\right)$ равно расстоянию от горизонтальной проекции (B') до оси $\frac{\pi_2}{\pi_1}$ ($|B^{IV}1| = |B'2|$).

В дальнейшем при введении новой плоскости проекций ось проекций можно обозначать в виде дроби, черта которой лежит на оси; каждую букву при этом пишут как бы на «своей» плоскости.

Перемену плоскостей проекций можно производить несколько раз.

Рассмотрим некоторые примеры.

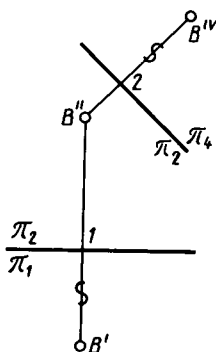


Рис. 5.3

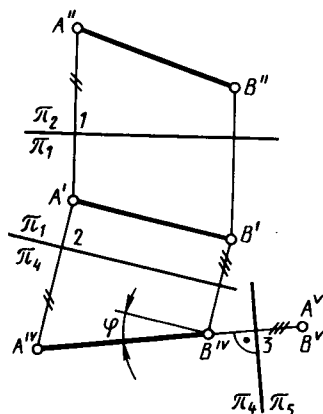


Рис. 5.4

Определение длины отрезка AB общего положения показано на рис. 5.4. Для этого плоскость π_2 заменена на новую плоскость проекций π_4 , параллельную отрезку (ось π_1/π_4 параллельна проекции $A'B'$). Расстояния от оси $\left(\frac{\pi_1}{\pi_4}\right)$ до A^{IV} и B^{IV} равны расстояниям от A'' и B'' до оси π_2/π_1 соответственно ($|A^{IV}2| = |A''1|$). Одновременно с определением натуральной величины отрезка определена величина φ угла наклона отрезка AB к плоскости π_1 .

Приведение отрезка прямой общего положения в проецирующее положение. На рис. 5.4 новая система плоскостей проекций π_4/π_1 относительно отрезка AB находится в частном положении (пл.

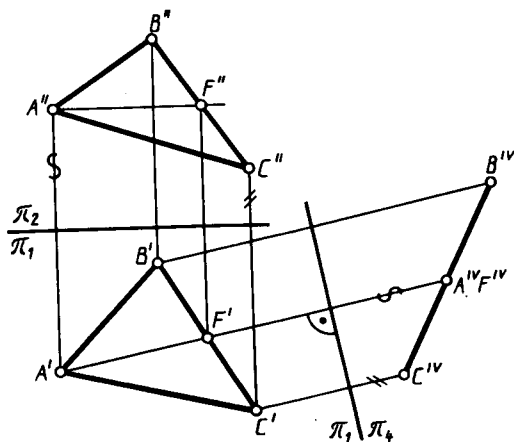


Рис. 5.5

$\pi_4 \parallel AB$). Введем еще одну новую плоскость проекций π_5 , перпендикулярную плоскости проекций π_4 и отрезку AB (ось проекций π_4/π_5 перпендикулярна проекции $A^{IV}B^{IV}$). Относительно этой плоскости проекций π_5 отрезок AB занимает проецирующее положение (проекция A^V и B^V совпадают, $|A'2| = |A^V3|$).

Заметим, что для преобразования проекций отрезка общего положения на чертеже в проецирующее положение требуется введение двух новых плоскостей проекций последовательно, первой — параллельно отрезку, второй — перпендикулярно ему; при этом должны выполняться рассмотренные условия перпендикулярности между исходными и новыми плоскостями проекций.

Приведение плоской фигуры общего положения в проецирующее положение. Построение выполняют с помощью одной из линий частного положения, например, горизонтали с проекциями $A''F''$, $A'F'$ (рис. 5.5). Новая плоскость проекций π_4 в этом случае выбрана перпендикулярно горизонтали AF (ось π_1/π_4 перпендикулярна проекции $A'F'$) и соответственно перпендикулярно плоскости π_1 .

Определение натурального вида плоской фигуры, расположенной в проецирующем положении (рис. 5.6). Построение выполнено путем введения новой плоскости проекций π_4 , перпендикулярной плоскости π_2 и параллельной плоскости четырехугольника с проекциями $A''B''C''D''$, $A'B'C'D'$ (ось $\frac{\pi_4}{\pi_2}$ параллельна проекции $A''B''C''D''$). Проекция $A^{IV}B^{IV}C^{IV}D^{IV}$ является натуральным видом заданного четырехугольника.

Следовательно, последовательным введением двух новых плоскостей проекций может быть определен натуральный вид плоской фигуры, принадлежащей плоскости общего положения.

Определение расстояния между двумя скрещивающимися прямыми. Это расстояние выражается длиной общего перпендикуляра MN к заданным прямым AB и CD (рис. 5.7, а). Для определения его длины удобно, чтобы одна из прямых располагалась перпендикулярно плоскости проекций. Для этого надо последовательно ввести две новые плоскости проекций (рис. 5.7, б), например:

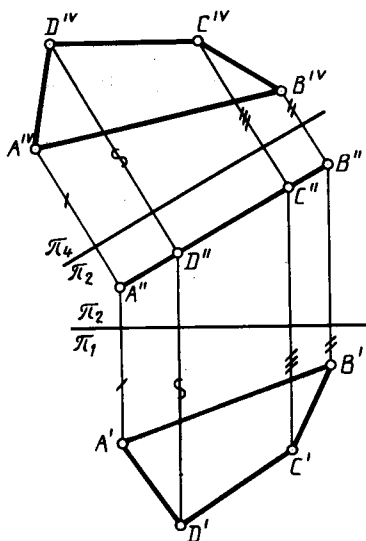


Рис. 5.6

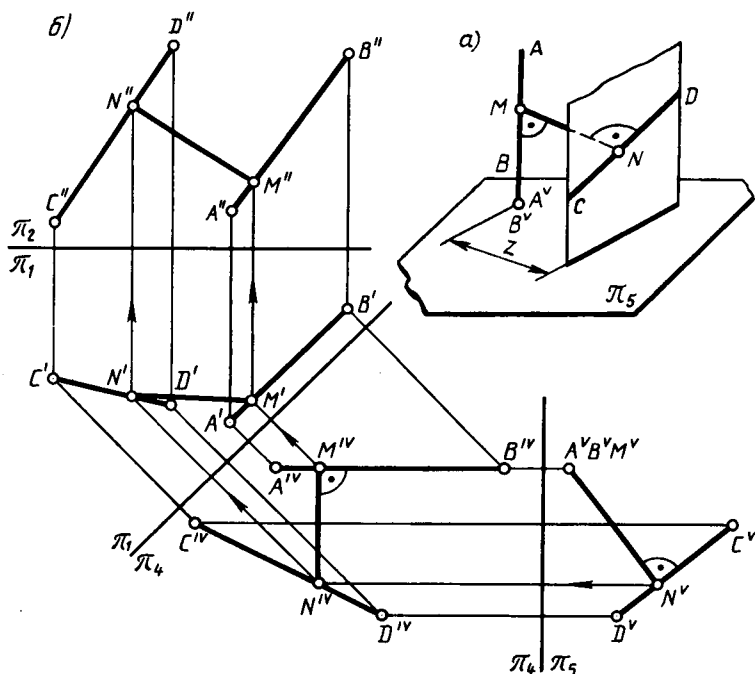


Рис. 5.7

пл. $\pi_4 \parallel (AB)$, $\perp$ пл. π_1 ; ось $\frac{\pi_1}{\pi_4} \parallel (A'B')$;

пл. $\pi_5 \perp (AB)$, $\perp$ пл. π_4 ; ось $\frac{\pi_4}{\pi_5} \perp (A'IVB'IV)$.

На плоскость π_5 прямая AB проецируется в точку $A^V = B^V$. Проведя перпендикуляр из точки $A^V = B^V$ на проекцию C^VD^V , находим проекцию N^V точки N пересечения его с прямой CD . Отметим проекцию M^V точки M , совпадающую с проекциями точек A^V , B^V . Искомое расстояние определено — M^VN^V . На чертеже стрелками указано построение проекций $M'N'$ и $M''N''$ общего перпендикуляра к двум скрещивающимся прямым в системе π_2, π_1 .

5.3. СПОСОБ ВРАЩЕНИЯ

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

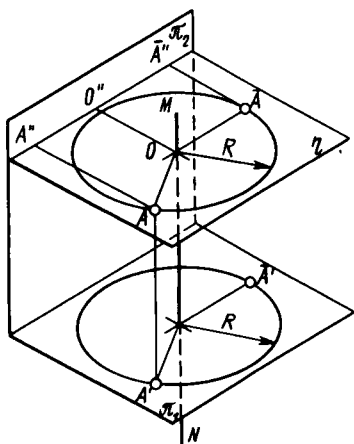


Рис. 5.8

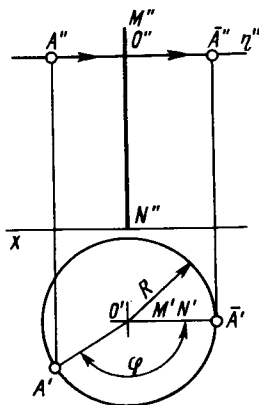


Рис. 5.9

ось вращения (MN);

плоскость вращения точки (пл. $\eta \perp (MN)$);

центр вращения (O ; пл. $\eta \cap (MN) = 0$);

радиус вращения (R ; $R = |OA|$).

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

Вращение точки A на чертеже относительно оси MN , перпендикулярной плоскости η , показано на рис. 5.9. Плоскость вращения η параллельна плоскости π_1 и на фронтальной проекции изображена следом η'' . Горизонтальная проекция O' центра вращения O совпадает с проекцией $M'N'$ оси, а горизонтальная проекция $O'A'$ радиуса вращения OA является его натуральной величиной. Поворот точки A на рис. 5.9 произведен на угол φ против часовой стрелки так, чтобы в новом положении точки с проекциями $\bar{A}''$, $\bar{A}'$ радиус вращения был параллелен плоскости π_2 . При вращении точки вокруг вертикальной оси ее горизонтальная проекция перемещается по окружности, а фронтальная проекция — параллельно оси x .

Если точку вращать вокруг оси, перпендикулярной плоскости π_2 , то ее фронтальная проекция будет перемещаться по окружности, а горизонтальная — параллельно оси x .

Вращение точки вокруг проецирующей прямой применяют при решении некоторых задач, например при определении натуральной величины отрезка прямой. Для этого (рис. 5.10) достаточно ось

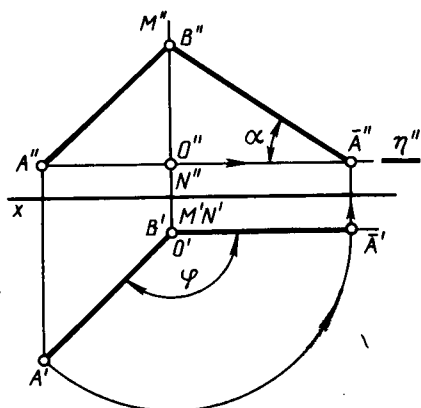


Рис. 5.10

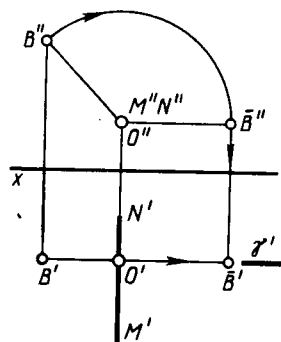


Рис. 5.11

вращения с проекциями $M''N''$, $M'N'$ выбрать так, чтобы она проходила через одну из крайних точек отрезка, например точку с проекциями B'' , B' . Тогда при повороте точки A на угол φ в положение $\bar{A}$ ($O\bar{A} \parallel \text{пл. } \pi_2$, $O'\bar{A}' \parallel \text{оси } x$) отрезок AB перемещается в положение $\bar{A}\bar{B}$, параллельное плоскости π_2 и, следовательно, проецируется на нее в натуральную величину ($|B''\bar{A}''| \cong |AB|$). Одновременно в натуральную величину будет проецироваться угол α наклона отрезка AB к плоскости π_1 .

Поворот (вращение) точки с проекциями B'' , B' относительно оси с проекциями $M''N''$, $M'N'$, перпендикулярной плоскости π_2 , показан на рис. 5.11. При вращении точка B перемещена в плоскости вращения $\gamma(\gamma')$ в положение с проекциями $\bar{B}''$, $\bar{B}'$ так, что радиус вращения OB стал параллелен плоскости π_1 ($O''\bar{B}'' \parallel \text{оси } x$).

ИЗОБРАЖЕНИЕ МНОГОГРАННИКОВ

6.1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОГРАННИКОВ

Технические применения многогранников весьма широки (рис. 6.1). Использование оптических свойств стеклянной трехгранной призмы для изменения направления хода луча света показано на рис. 6.1, *а*. Трехгранная призма — клин (рис. 6.1, *б*) — используется 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 рис. 6.1, *г*, *д* показаны волноводы для передачи электромагнитной энергии сверхвысоких частот (сантиметровый диапазон). Сотовую конструкцию из шестигранных призм (рис. 6.1, *е*) применяют в качестве сеток, управляющих электронными потоками в электровакuumных приборах. Такие сетки имеют большую прозрачность (в связи с тонкими перемычками) при хорошей механической прочности и высокой теплопроводности. На рис. 6.1, *з* показано применение призматических поверхностей в качестве направляющих прямолинейного движения с одной степенью свободы. Такие направляющие широко используются в различных видах технологического оборудования, особенно в металлорежущих станках.

Модульный принцип конструирования блоков радиоэлектронной аппаратуры иллюстрируется на рис. 6.1, *ж*. Минимальный призматический прямоугольный блок-модуль показан в правом верхнем углу. Остальные отсеки стойки аппаратуры выбирают кратными высоте и ширине модуля.

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.

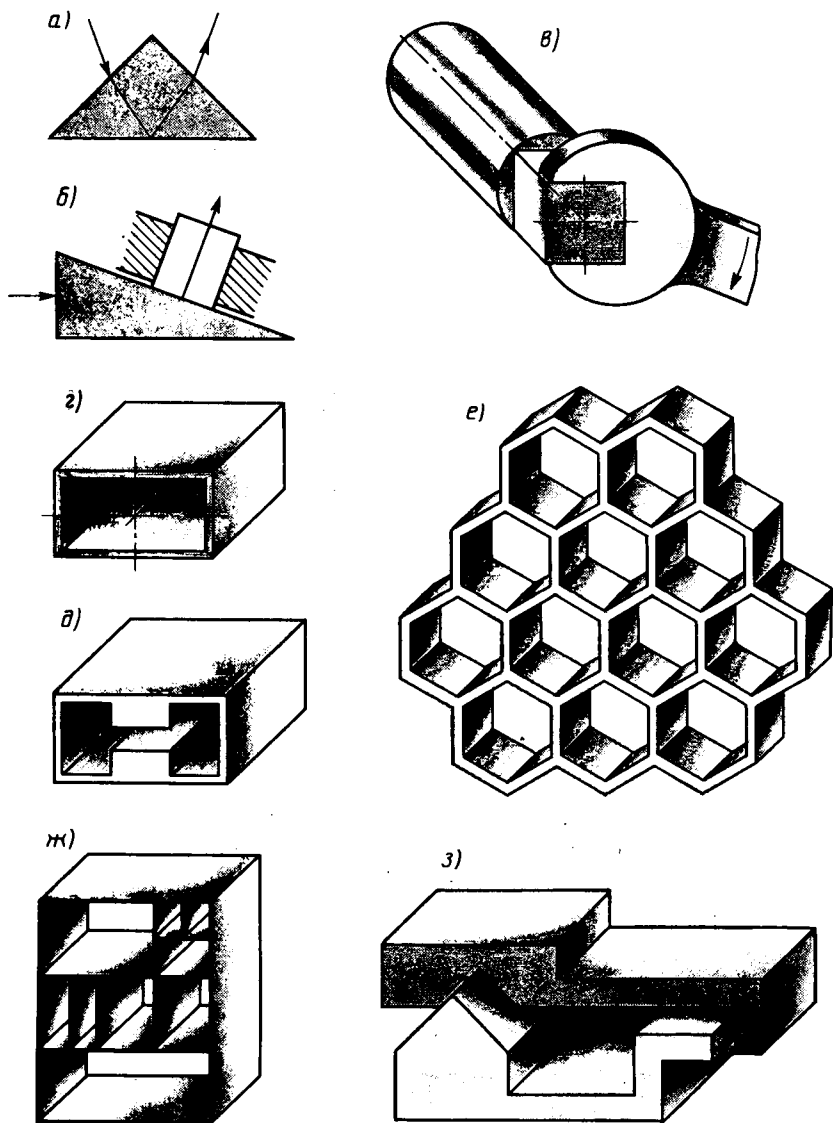


Рис. 6.1

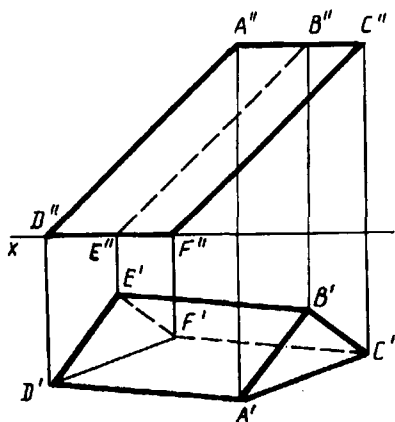


Рис. 6.2

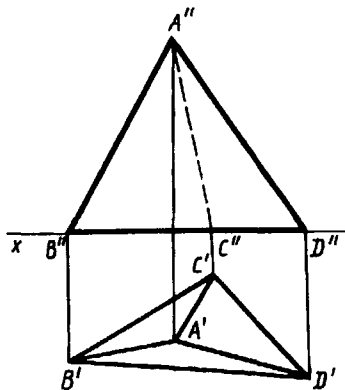


Рис. 6.3

Призматическая поверхность неограниченной длины 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 оснований $A''B''C''$, $A'B'C'$ и $D''E''F''$, $D'E'F'$, параллельных плоскости π_1 , приведен на рис. 6.2. Одноименные проекции ребер призмы параллельны между собой.

Для изображения поверхности пирамиды на чертеже используют фигуру сечения боковых граней пирамиды плоскостью и точку из пересечения — вершину. На чертеже пирамиду задают проекциями ее основания, ребер и вершины, усеченную пирамиду — проекциями обоих оснований и ребер.

Изображая пирамиду, удобно ее основание располагать параллельно плоскости проекций. На рис. 6.3 приведен чертеж неправильной треугольной пирамиды с проекциями A'' , A' вершины и основанием, проекции которого $D''B''C''$ и $D'B'C'$, лежащим в плоскости проекций π_1 .

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 рис. 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, а, б — точки. Профильные проекции ребер оснований

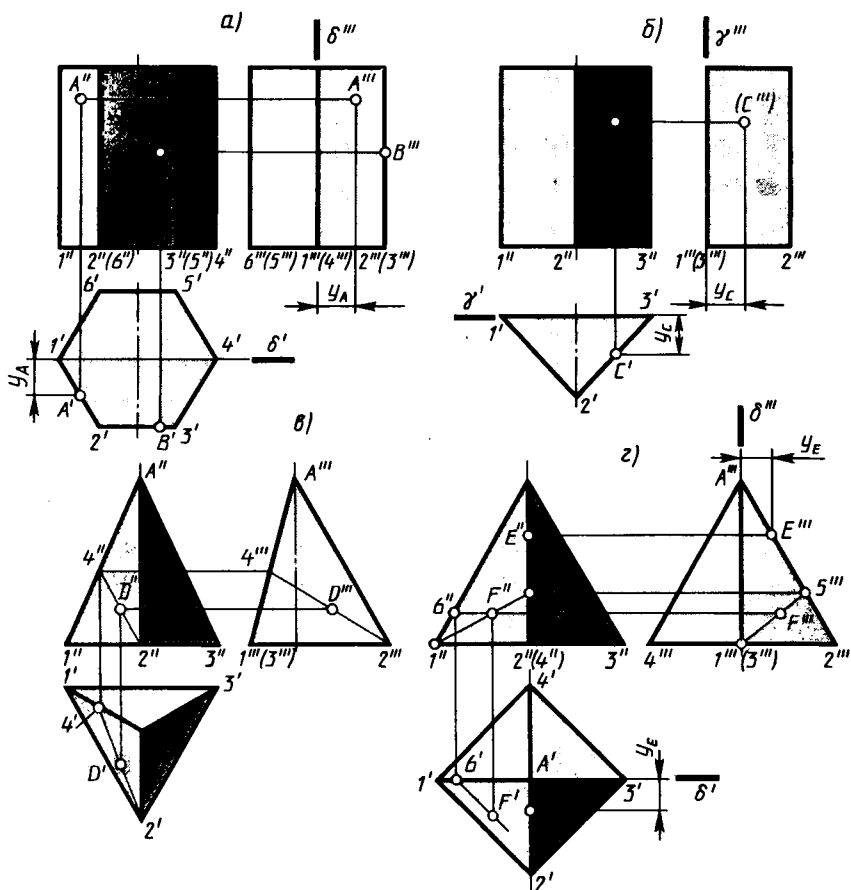


Рис. 6.4

призм — точки 2'' (3'''), (5'''), 6''' на рис. 6.4, а, точка 1''', (3''') на рис. 6.4, б, в.

Грани призм, пирамид, которые перпендикулярны плоскостям проекций, проецируются на них в виде отрезков прямых линий. Так, например, боковые грани призм (рис. 6.4, а, 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 рис. 6.4, а, задняя грань призмы и пирамиды на рис. 6.4, б, в. Основания изображенных тел проецируются в отрезок прямой линии на фронтальную и профильную плоскости проекций.

Построение недостающих проекций точек на поверхности призм и пирамид по заданным фронтальным проекциям на рис. 6.4 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 $A-1-2$ пирамиды (рис. 6.4, в) построены с помощью проекций $2'4'$, $2'''4'''$ отрезка прямой на этой грани. Аналогично, с помощью профильной проекции $1'''5'''$ отрезка на грани $A-1-2$ пирамиды (рис. 6.4, г) построена профильная проекция F''' . Горизонтальная проекция F' построена с помощью горизонтали той же грани, проходящей через проекцию b' на проекции ребра $A'1'$. Горизонтальная проекция E' построена с помощью координаты y_E , определенной по профильной проекции E''' .

В рассмотренных примерах координаты y_A , y_E заданы относительно плоскостей $\delta(\delta', \delta''')$, y_C — относительно плоскости $\gamma(\gamma', \gamma''')$.

6.3. ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ПИРАМИДЫ И УГЛА МЕЖДУ ЕЕ ГРАНЯМИ

В представленной на рис. 6.5 пирамиде, основание и грани которой являются плоскостями общего положения, требуется определить высоту (расстояние от вершины с проекциями G'' , G' до основания с проекциями $A''B''C''D''$, $A'B'C'D'$) и угол между гранями с проекциями $A''B''G''$, $A'B'G'$ и $A''D''G''$, $A'D'G'$.

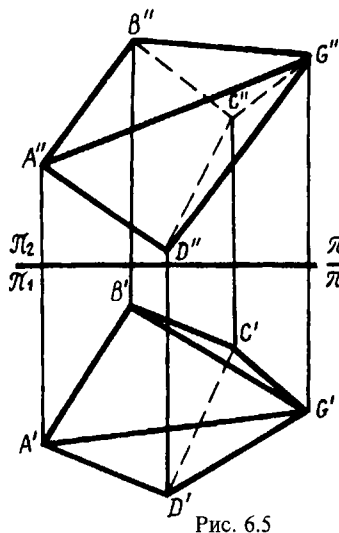


Рис. 6.5

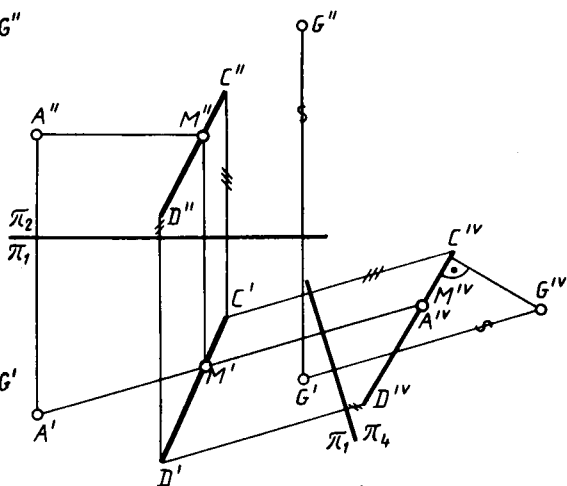


Рис. 6.6

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

Определение расстояния от вершины до основания выполнено на рис. 6.6. При этом плоскость основания $ABCD$ задана проекциями A'' , A' точки и $D''C''$, $D'C'$ отрезка. Новая плоскость проекций $\pi_4 (\pi_4 \perp \pi_1)$ выбрана перпендикулярной горизонтали с проекциями $A''M''$, $A'M'$ основания (ось $\pi_1 \perp A'M'$) и соответственно плоскости основания. На плоскость проекций π_4 основание пирамиды проецируется в отрезок $D^{IV}C^{IV}$, расстояние от которого до проекции G^{IV} вершины и соответствует искомой высоте пирамиды.

Определение угла между гранями. Двугранный угол измеряют линейным углом, полученным в пересечении граней двугранного угла плоскостью, перпендикулярной обеим граням двугранного

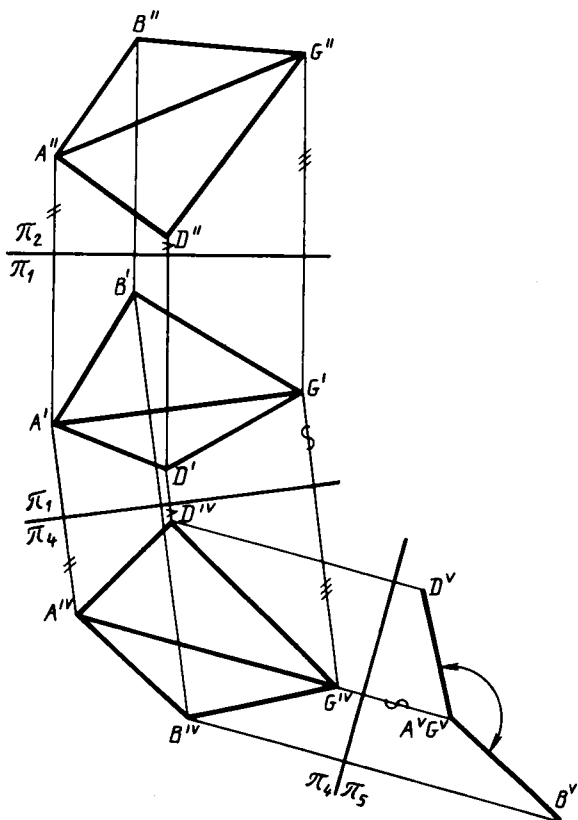


Рис. 6.7

угла, а следовательно, и линии их пересечения, т. е. ребру двугранного угла. Определение угла между гранями пирамиды выполнено на рис. 6.7, где двумя переменными плоскостей проекций ребро с проекциями $A''G''$, $A'G'$ двугранного угла, являющееся отрезком общего положения, переведено в проецирующее положение относительно плоскости проекций π_5 . Полученная на плоскости проекций π_5 проекция $D^V G^V \equiv A^V B^V$ двугранного угла выражает его линейный угол.

При преобразовании система плоскостей проекций π_2, π_1 заменена вначале системой $\pi_1, \pi_4 (\pi_4 \perp \pi_1)$, в которой плоскость π_4 выбрана параллельной ребру AG (ось $\frac{\pi_1}{\pi_4} \parallel A'G'$). Затем система плоскостей проекций π_1, π_4 заменена на систему $\pi_4, \pi_5 (\pi_5 \perp \pi_4)$, в которой плоскость проекций π_5 выбрана перпендикулярной ребру AG (ось $\frac{\pi_4}{\pi_5} \perp A^{IV}G^{IV}$).

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 рис. 6.8. В этом случае деталь — волновод изготавливают, отрезая часть заготовки по плоскости $\delta(\delta'')$. Другой пример конструирования устойчивой подставки в виде усеченной пирамиды показан на рис. 6.9. Наклонная площадка $ABCD$ образована срезом верхней части пирамиды фронтально проецирующей плоскостью $\eta(\eta'')$. Фронтальные проекции A'', B'', C'', D'' точек находятся на фронтальном следе η'' плоскости, а фронтальная проекция площадки $ABCD$ совпадает со следом η'' . Профильная $A'''B'''C'''D'''$ и горизонтальная $A'B'C'D'$ проекции площадки построены по проекциям указанных точек на проекциях соответствующих ребер.

Построение натурального вида фигуры сечения пирамиды плоскостью. Во многих случаях

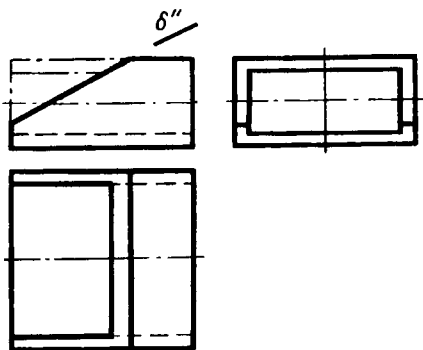


Рис. 6.8

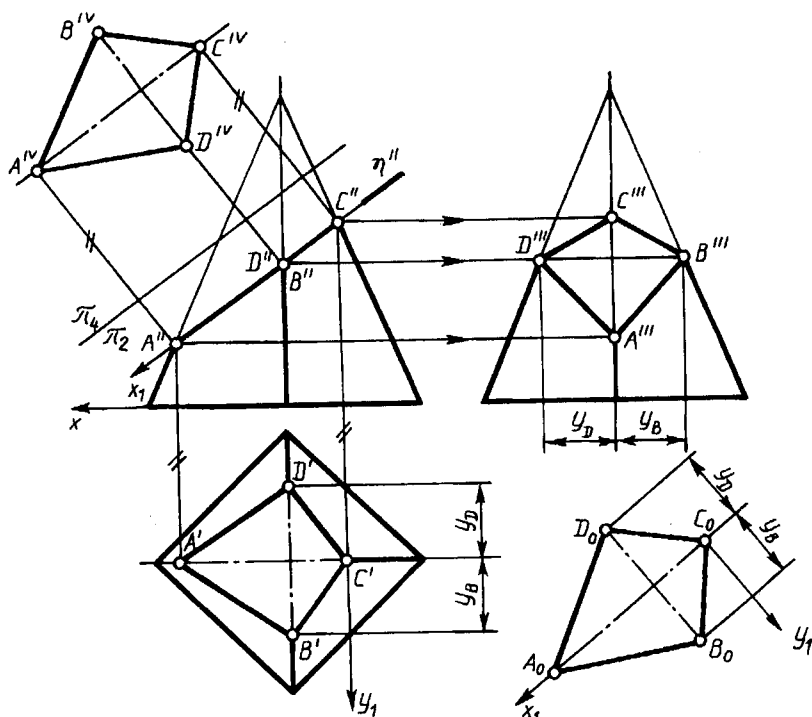


Рис. 6.9

требуется построить натуральный или истинный вид фигуры сечения тела плоскостью. На рис. 6.9 для этой цели вверху слева применен способ перемены плоскостей проекций. В качестве дополнительной плоскости принята плоскость π_4 , параллельная плоскости η и перпендикулярная плоскости π_2 . Натуральный вид площадки — фигура сечения $A''B''C''D''$. Другой вариант построения натурального вида наклонной площадки $ABCD$ показан на рис. 6.9 справа внизу — $A_0B_0C_0D_0$. Для построения использованы новые координатные оси x_1 и y_1 , лежащие в плоскости η . Ось x_1 параллельна плоскости π_2 , ось y_1 — перпендикулярна плоскости π_2 .

Координаты по 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'' по оси x_1 равны нулю. Координаты y_B, y_D 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 $ABCD$.

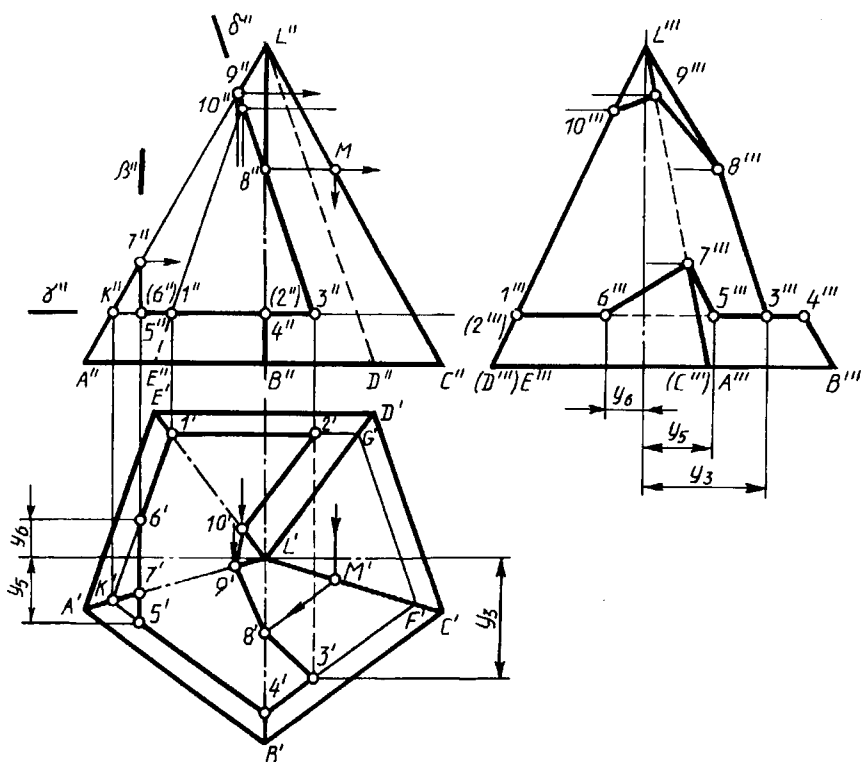


Рис. 6.10

Пирамида с вырезом. В качестве примера построения сечений несколькими плоскостями рассмотрим (рис. 6.10) построение пирамиды с вырезом, который образован тремя плоскостями — горизонтальной $\gamma(\gamma'')$, фронтально проецирующей $\delta(\delta'')$ и профильной $\beta(\beta')$. Горизонтальная плоскость $\gamma(\gamma')$ пересекает боковую поверхность пирамиды по пятиугольнику с горизонтальной проекцией $K'I'G'F'4'K'$, стороны которого параллельны проекциям сторон основания пирамиды. Фронтально проецирующая плоскость $\delta(\delta'')$ 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 $\beta(\beta')$ пересекает в пределах выреза боковую поверхность пирамиды по ломаной с 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 рис. 6.11 приведено построение проекций E'' , E' и F'' , F' точек пересечения прямой с проекциями $M''N''$, $M'N'$ с боковыми гранями пирамиды. Пирамида задана проекциями G'' , G' вершины и $A''B''C''$, $A'B'C'$ основания. Прямая MN заключена во вспомогательную фронтальную проецирующую плоскость $\gamma(\gamma'')$. Горизонтальные проекции E' и F' искомых точек построены в пересечении проекции $M'N'$ с горизонтальными проекциями $1'3'$ и $2'3'$ отрезков, по которым плоскость γ 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 рис. 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

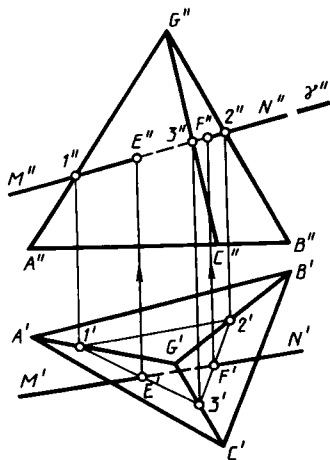


Рис. 6.11

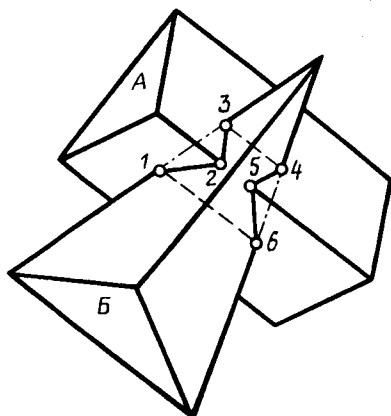


Рис. 6.12

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 проводят 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.

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 π_2 , основания пирамиды параллельны плоскости π_1 . Нижняя грань призмы и ее основания перпендикулярны плоскости π_1 .

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 рис. 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 $\beta(\beta')$, $\alpha(\alpha')$, $\gamma(\gamma')$. Они пересекают левые боковые грани пирамиды по фронталям — прямым линиям, параллельным левому ребру пирамиды. Положение их фронтальных проекций определено по горизонтальным проекциям $21'$, $22'$, и $24'$ точек пересечения горизонтальных проекций β' , α' и γ' плоскостей β , α , γ с горизонтальной проекцией основания пирамиды. В пересечении фронталь-

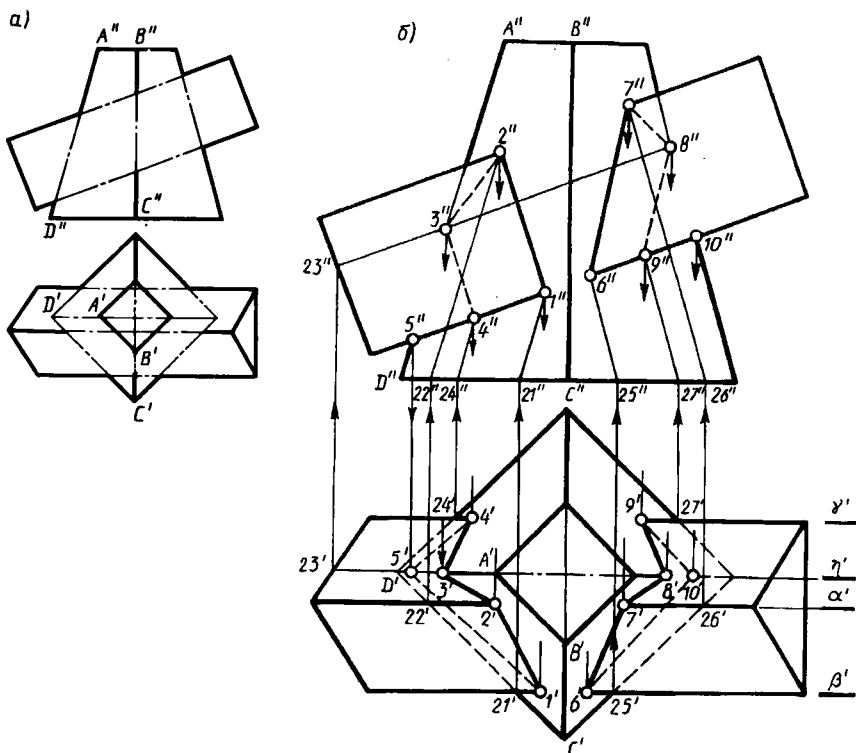


Рис. 6.13

ных 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 ребер AD пирамиды с верхней задней гранью призмы найдены с помощью вспомогательной фронтальной плоскости $\eta(\eta')$, которая проведена через это ребро. Плоскость η 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 π_2 , ребро AD пересекается в точке с фронтальной проекцией $5''$. В проекционной связи на проекции $A'D'$ 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.

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

После построения проекций линий пересечения многогранников обводят проекции оставшихся частей ребер многогранников.

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 целями, 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 такой последовательности:

- 1) определить длину ребер и сторон основания пирамиды;
- 2) выполнить чертеж развертки последовательным построением треугольников — граней пирамиды.

Пример построения развертки поверхности треугольной пирамиды $GABC$ приведен на рис. 6.14. Для удобства построения боковые ребра пирамиды продолжены до пересечения с плоскостью π_1 . Это позволило определить на горизонтальной проекции длину отрезков $1'2'$, $2'3'$, $3'1'$ нового основания пирамиды. Длина боковых ребер $G—1$, $G—2$, $G—3$ найдена вращением их вокруг

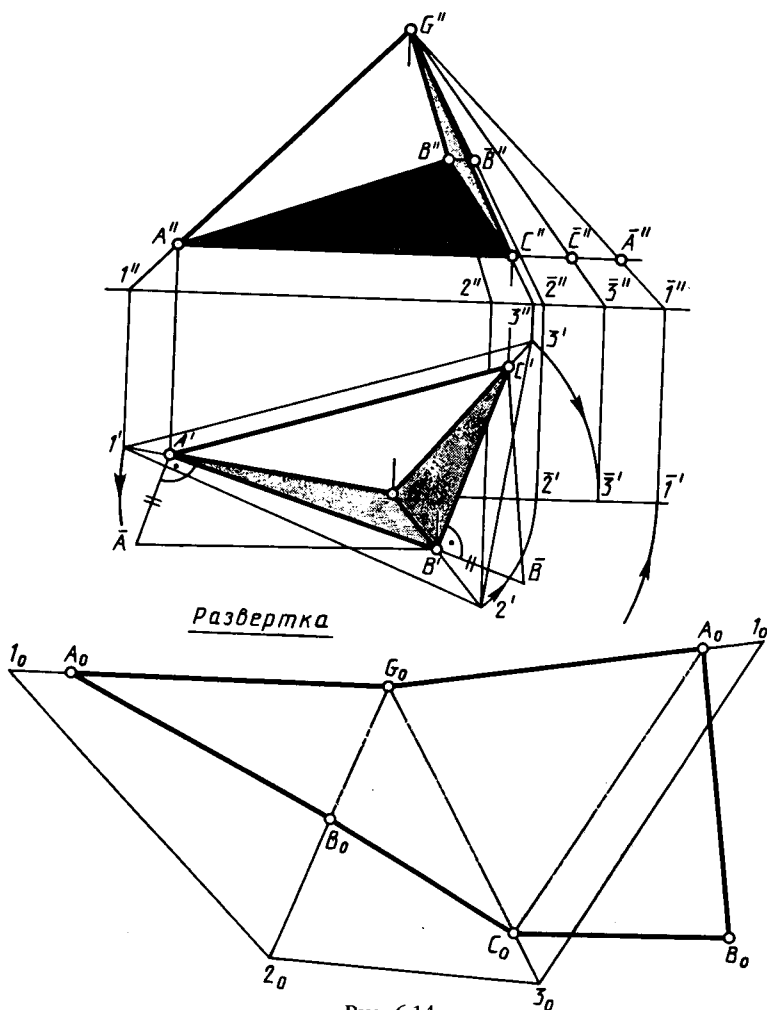


Рис. 6.14

вертикальной оси — отрезки $G''\bar{1}''$, $G''\bar{2}''$, $G''\bar{3}''$. На них найдены отрезки $G''\bar{A}''$, $G''\bar{B}''$, $G''\bar{C}''$. По найденным отрезкам построена развертка боковой поверхности $G_0I_02_03_0I_0$ и затем $G_0A_0B_0C_0$. 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. 2.8).

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

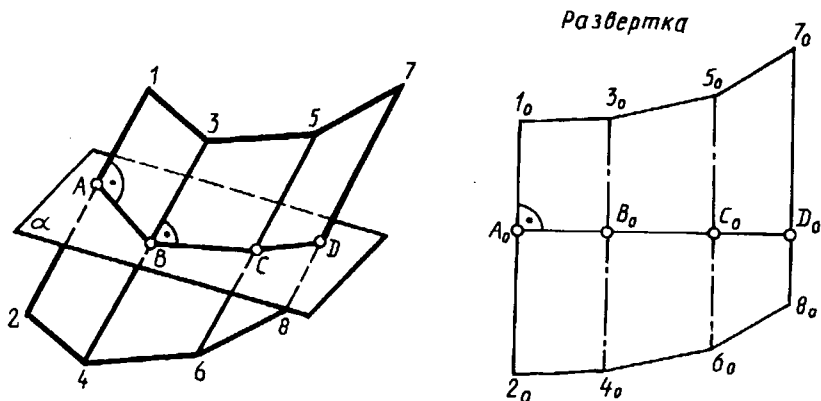


Рис. 6.15

При способе нормального сечения построение развертки призматической поверхности целесообразно выполнять в следующем порядке (рис. 6.15):

- пересечь призматическую поверхность вспомогательной плоскостью, перпендикулярной ее ребрам $\alpha \perp 1-2$ ($ABCD$ — 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_0I_0 , A_02_0 , B_03_0 , B_04_0 , C_05_0 , C_06_0 , D_07_0 , D_08_0) и соединить их концы отрезками прямых.

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.

7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КРИВЫХ ЛИНИЯХ И ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

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 кривых поверхностей или кривой 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.

Один из вариантов построения эллипса по большой ($2R$) и малой ($2r$) осям приведен на рис. 7.1. При построении 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. Вариант построения овала, близкого к эллипсу, приведен на рис. 11.9.

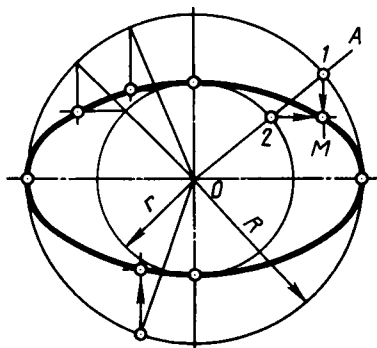


Рис. 7.1

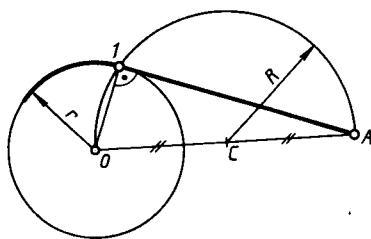


Рис. 7.2

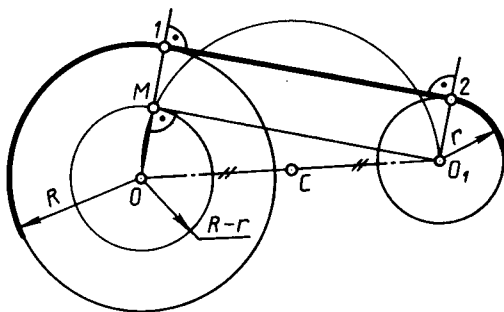


Рис. 7.3

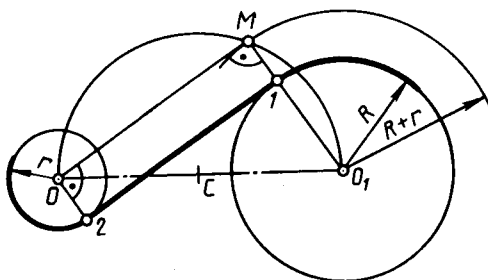


Рис. 7.4

Построение сопряжений. Касательная из точки (A) к окружности (рис. 7.2). На отрезке OA как на диаметре строят окружность радиуса $R = 0,5[OA]$. Точка I ее пересечения с заданной окружностью радиуса r — точка сопряжения ($O\hat{I}A = 90^\circ$). Через точки A и I проводят искомую касательную.

Касательная к двум дугам (R и r , рис. 7.3, 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 ($OMO_1 = 90^\circ$). На продолжении луча OM отмечают точку касания 1 . Из центра O_1 проводят прямую ($O_1 - 2$) || ($O - 1$), через точки 1 и 2 — искомую касательную.

Касательные к двум дугам (R и r , рис. 7.4, 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 (см. рис. 7.2). Отмечают точку касания 1 на дуге радиуса R , строят точку касания 2 на дуге

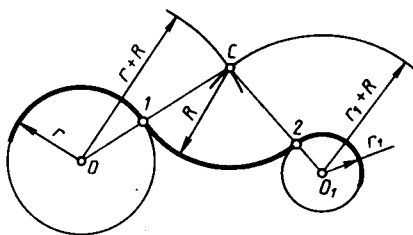


Рис. 7.5

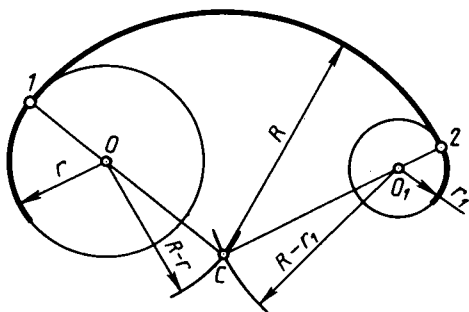


Рис. 7.6

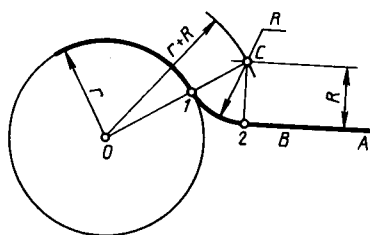


Рис. 7.7

радиуса $R(O - 2 \perp OM)$ или $O - 2 \parallel O_1M$. Проводят искомую касательную.

Сопряжение двух дуг вогнутое (рис. 7.5). Радиус сопряжения R ; центр $(C) = (circ(r + R)) \cap (circ(r_1 + R))$.

Точки сопряжения $(1) = (circ r) \cap [OC]$; $(2) = (circ r_1) \cap [O_1C]$.

Сопряжение двух дуг выпуклое (рис. 7.6). Радиус сопряжения R ; центр $(C) = (circ(R - r)) \cap (circ(R - r_1))$.

Точки сопряжения $(1) = (circ r) \cap (CO)$; $(2) = (circ r_1) \cap (CO_1)$.

Сопряжение окружности с прямой (рис. 7.7). 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.

Построение овалов. Овал — это фигура, состоящая из двух опорных окружностей, внутренне сопряженных дугами. Построение

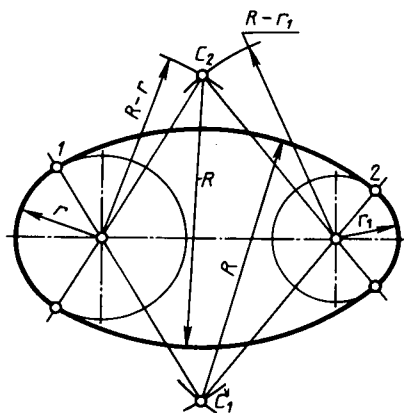


Рис. 7.8

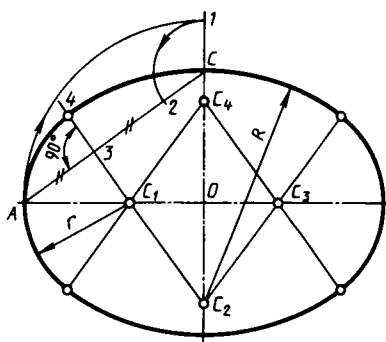


Рис. 7.9

Circ — условная запись слов «окружность» или «дуга окружности».

овала с опорными окружностями разных диаметров (рис. 7.8) сводится к построению выпуклого сопряжения двух дуг (см. рис. 7.6) двумя дугами одинакового радиуса из центров C_1 и C_2 . Такой овал имеет одну ось симметрии. Если опорные окружности одинакового диаметра, то овал имеет две оси симметрии.

Построение овала по двум заданным осям (рис. 7.9). Широко применяется, например, следующее построение. На продолжении малой оси отмечают точку I ($[OA]=[O—I]$) и на отрезке AC дугой радиуса $C—I$ отмечают точку 2. Через середину 3 отрезка $A—2$ проводят перпендикуляр и находят центры C_1 опорной окружности радиуса r и C_2 сопрягающей дуги R . Точка сопряжения $(4)=(\text{circ } r) \cap (C_1 C_2)$. Центры C_3 и C_4 находят как симметричные. Заметим, что по двум осям может быть построено бесконечно большое число овалов.

Построение спирали Архимеда. Траектория точки, равномерно передвигающейся по равномерно вращающемуся радиусу вокруг неподвижного центра, представляет собой плоскую кривую, называемую спиралью Архимеда. Расстояние между точками, лежащими на одном радиусе, называют шагом спирали. На это расстояние точка удаляется от центра при повороте на 360° . Спираль Архимеда имеет две ветви, одна из них образуется при вращении радиуса по часовой стрелке, вторая — против часовой. Построение спирали Архимеда при заданном шаге R показано на рис. 7.10. Окружность радиуса R и шаг спирали делят на одинаковое количество равных частей (например, на 12). Пересечение концентрических дуг, про-

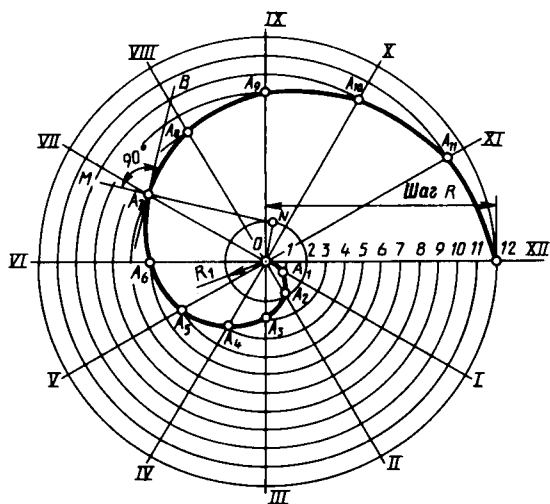


Рис. 7.10

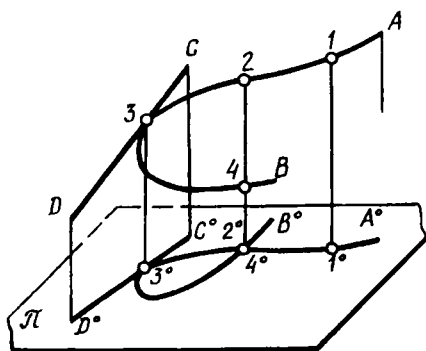


Рис. 7.11

веденных радиусами $O1, O2, O3, \dots$ с лучами $OI, OII, OIII, \dots$, определяет точки $A_1, A_2, A_3, \dots$ спирали. Для построения касательной и нормали к любой точке используют окружность радиуса R_1 , длина которой равна шагу R спирали. Касательная к окружности радиуса R_1 является нормалью к спирали в точке их пересечения, например нормаль MN в точке A_7 спирали. Касательная A_7 в точке A_7 перпендикулярна нормали MN .

Для построения проекций кривых линий строят проекции ряда принадлежащих ей точек (рис. 7.11).

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. 7.13) или, в частном случае, в окружность; проекция параболы — парабола, гиперболы — гипербола. Техника построения плоских кривых и их проекций подробно рассмотрена в справочниках.

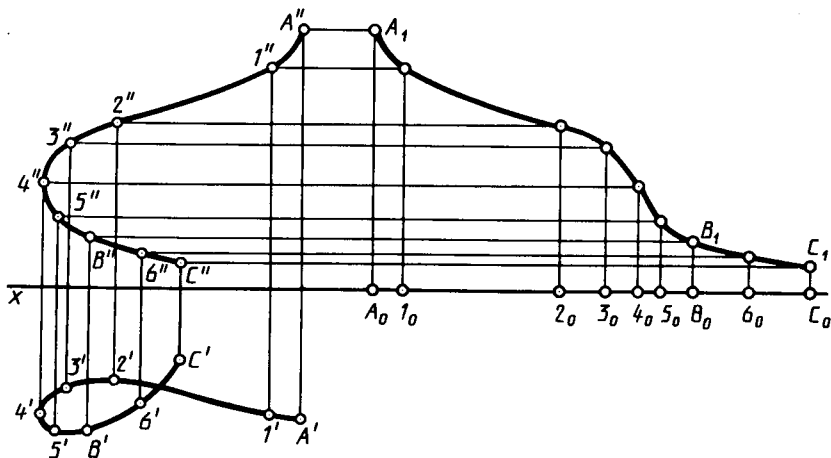


Рис. 7.12

Касательная к кривой проецируется в общем случае в виде касательной к проекции этой кривой. Например, на рис. 7.11 касательная DC в точке 3 к кривой AB проецируется на плоскость π в виде касательной D^0C^0 в точке 3^0 к проекции A^0B^0 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 нерационально определить расчетом). Для уменьшения ошибки отрезки ломаной берут мало отличающимися по длине от дуг кривой, хордами которых являются эти отрезки. Пример определения длины кривой ABC приведен на рис. 7.12; горизонтальная проекция — кривая $A'B'C'$ — разбита на малые части и «развернута» в прямую на оси x так, что отрезки A_0I_0 , I_02_0 и т. д. соответственно равны хордам $A'I'$, $I'2'$ и т. д.; в точках A_0 , I_0 , 2_0 и т. д. проведены перпендикуляры к оси x и на них отложены аппликаты точек кривой. Длина построенной линии $A_1B_1C_1$ 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 рис. 7.13 окружность расположена в пространстве в плоскости β . В этом

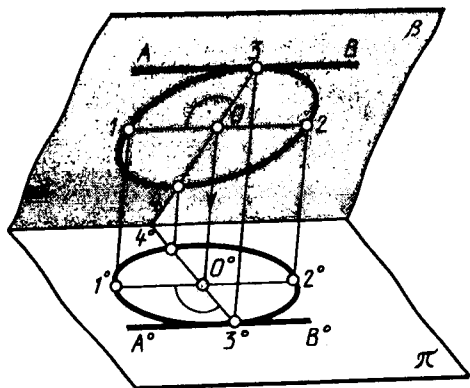


Рис. 7.13

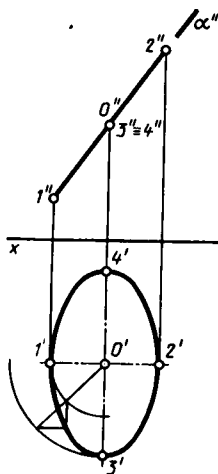


Рис. 7.14

случае окружность проецируется в эллипс, а любая пара ее взаимно перпендикулярных диаметров проецируется парой сопряженных диаметров эллипса. Диаметр $(1-2)$ окружности, параллельной плоскости проекций, проецируется без искажения и является для эллипса-проекции большой осью (отрезок $1^0 2^0$). Остальные диаметры проецируются отрезками меньшей длины. Диаметр $3-4$, перпендикулярный диаметру $1-2$, проецируется как малая ось $3^0 4^0$ эллипса: $(1-2) \perp (3-4)$, $(1-2) \parallel \pi$, следовательно, $(3^0 4^0) \perp (1^0 2^0)$.

Пример построения горизонтальной проекции окружности, расположенной во фронтально проецирующей плоскости, приведен на рис. 7.14. Фронтальная проекция $1'' O'' 2''$ окружности совпадает с фронтальной проекцией α'' фронтально проецирующей плоскости. Фронтальная проекция $3'' \equiv 4''$ диаметра окружности, перпендикулярного плоскости проекции π_2 , 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 рис. 7.15. Плоскость

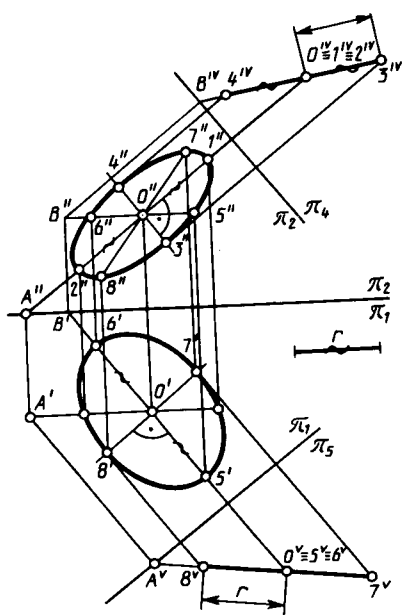


Рис. 7.15

задана проекциями $A'' O''$ и $A' O'$ фронтали и $B'' O''$ и $B' O'$ 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. 7.14). Заменив систему π_2, π_1 на систему плоскостей проекций π_2, π_4 , где $\pi_4 \perp \pi_2$, можно построить фронтальный эллипс-проекцию с большой осью $|1'' 2''| = 2r$ и малой $3'' 4''$, которая построена по проекции $|3^{IV} 4^{IV}| = 2r$ диаметра окружности. Построение проекций $\pi_1 |3^{IV} 4^{IV}| = 2r$ систему π_2, π_1 на систему плос-

костей проекций π_1, π_3 , где $\pi_3 \perp \pi_1$, можно построить горизонтальный эллипс-проекцию с большой осью $5'—6'$ и малой $7'—8'$, которая построена по проекции $|7^V 8^V| = 2r$ диаметра окружности на плоскости проекций π_3 . Заметим, что угол наклона оси $7—8$ к плоскости π_1 , как перпендикуляра к горизонтали $5—6$ ($5''6''$), выражает величину угла наклона плоскости, в которой расположена окружность, к горизонтальной плоскости проекций.

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 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 рис. 7.16. 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 рис. 7.17. Каждую

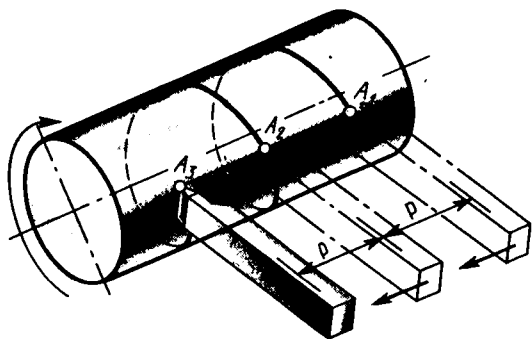


Рис. 7.16

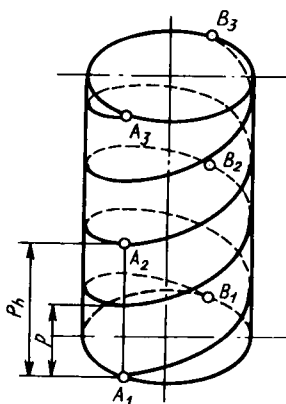


Рис. 7.17

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 P_h винтовой линии. С числом заходов n и шагом P ход P_h связан выражением: $P_h = n P$.

Построение на чертеже цилиндрической винтовой линии показано на рис. 7.18. Для построения шаг (фронтальную проекцию $O''O'_1$ отрезка 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 60° 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 рис. 7.18 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-

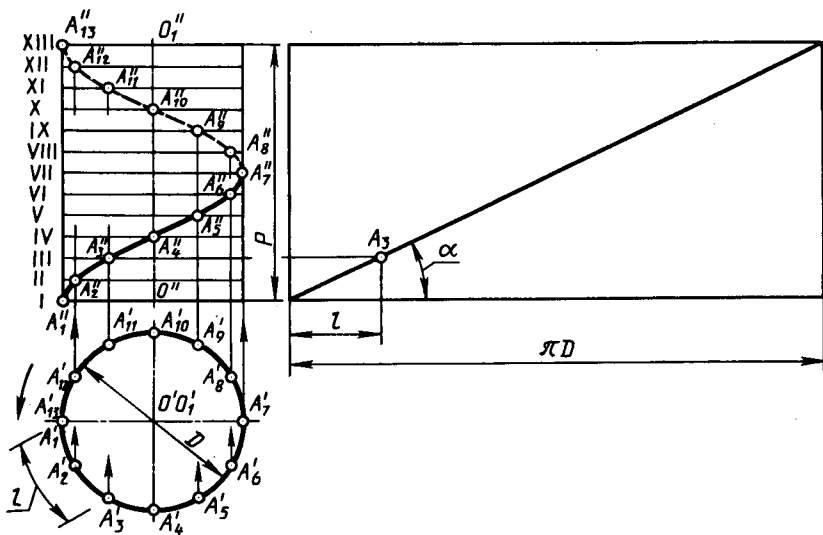


Рис. 7.18

вверх-направо, то такую линию называют **правой** (см. рис. 7.18). Если движение справа-вверх-налево, то винтовая линия **левая**.

Развертка винтовой линии — прямая линия показана на рис. 7.18, справа. Угол подъема винтовой линии — α . Значение его определяется по формуле

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

Угол α характеризует крутизну подъема винтовой линии.

КРИВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КРИВЫХ 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. Кривые образующие 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 возможных положений образующей. На рис. 8.1 показана поверхность образующей AB . При своем движении образующая остается параллельной направлению MN и одновременно пересекает некоторую кривую линию CDE . Таким образом, движение образующей AB направляется в пространстве линией CDE .

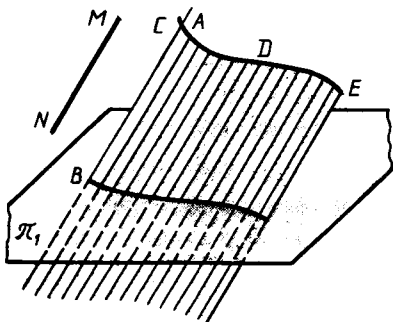


Рис. 8.1

Линию или линии, пересечение с которыми является обязательным условием движения образующей при образовании поверхности, называют направляющей или направляющими.

На рис. 8.2 показана поверхность, образованная движением прямой AB по двум направляющим — прямой O_1O_2 ($AB \perp O_1O_2$) и пространственной кривой FGL , не пересекающей прямую O_1O_2 .

Иногда в качестве направляющей используют линию, по кото-

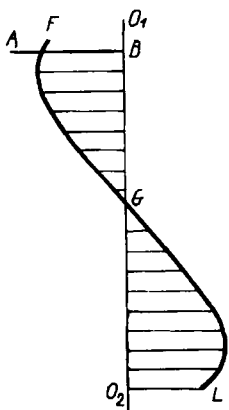


Рис. 8.2

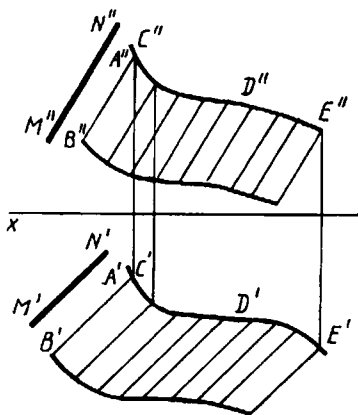


Рис. 8.3

рой 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 ней.

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 прямой линией, 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 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 рис. 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 — рис. 8.4, проекции вершины G'' , G' , направляющей $C''D''E''$, $C'D'E'$. 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 рис. 8.5 является плоскость π_1 , направляющие — кривая с проекциями $E''G''F''$, $E'G'F'$, прямая с проекциями

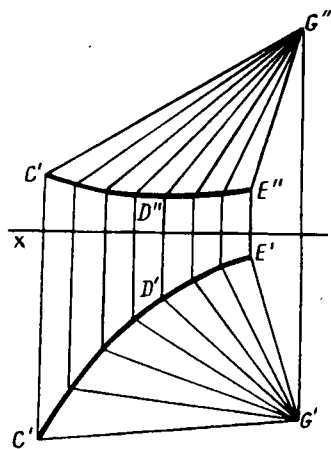


Рис. 8.4

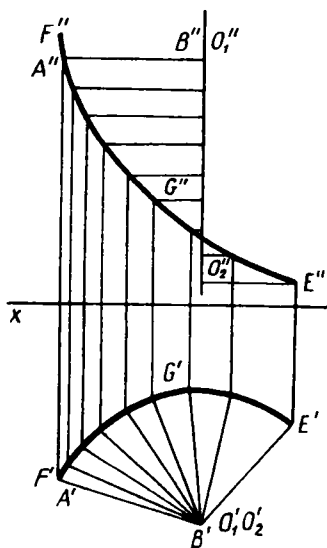


Рис. 8.5

O''_1, O''_2, O'_1, O'_2 . В частном случае, если криволинейная направляющая — цилиндрическая винтовая линия с осью, совпадающей с прямолинейной направляющей, образуемая поверхность — винтовой коноид, рассматриваемый ниже. Чертеж гиперболического параболоида, называемого косой плоскостью, приведен на рис. 8.6. Образование этой поверхности можно рассматривать как результат перемещения прямолинейной образующей по двум направляющим — скрещивающимся прямым параллельно некоторой плоскости параллелизма. На рис. 8.6 плоскость параллелизма — плоскость проекции π_1 , направляющие — прямые с проекциями $M''N''$; $M'N'$ и $F''G''$; $F'G'$.

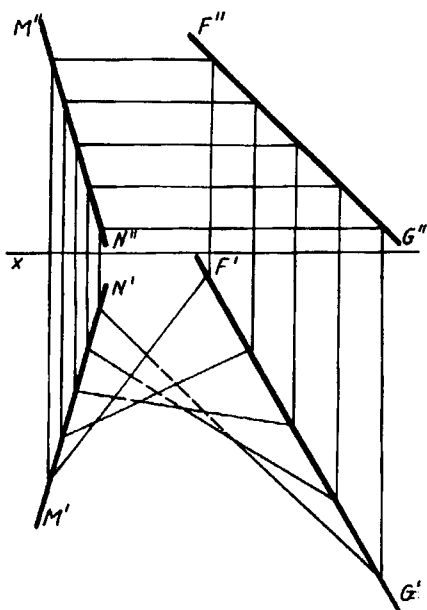


Рис. 8.6

Нелинейчатые поверхности

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

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

Поверхности с переменной образующей подразделяют на поверхности второго порядка, циклические с переменной образующей, каркасные. Чертеж поверхности второго порядка — эллипсоида приведен на рис. 8.7. Образующая эллипсоида — деформирующийся эллипс. Две направляющие — два пересекающихся эллипса, плоскости которых ортогональны и одна ось — общая. Образующая пересекает направляющие в крайних точках своих осей. Плоскость образующего эллипса при перемещении остается параллельной плоскости, образованной двумя пересекающимися осями направляющих эллипсов. Циклические поверхности с переменной образующей имеют образующую — окружность переменного радиуса, направляющую — кривую, по которой перемещается центр образующей, плоскость образующей перпендикулярна направляющей. Каркасную поверхность задают не движущейся образующей, а некоторым количеством линий на поверхности. Обычно такие

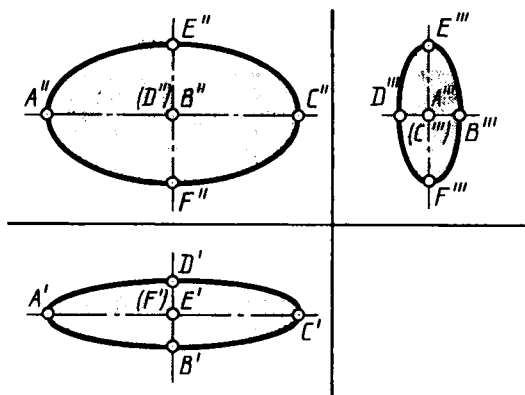


Рис. 8.7

линии — плоские кривые, плоскости которых параллельны между собой. Две группы таких линий пересекают друг друга и образуют точечный 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.

Из указанных поверхностей рассмотрим более подробно винтовую.

8.2. ВИНТОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Винтовые поверхности весьма широко используют в технике для формообразования деталей различного назначения: крепежных изделий — винтов, болтов, шпилек, шурупов и сопрягаемых с ними деталей; специальных винтов, преобразующих вращательное движение в поступательное, и т.д.

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° . Это винтовой коноид или прямой геликоид. Чертеж прямой винтовой поверхности приведен на рис. 8.8. Перемещаясь в направлении, как указано стрелкой на горизонтальной проекции, отрезок AB движется вдоль оси вверх и образует правую винтовую поверхность. Проекции $A_5''B_5''$, $A_6''B_6''$, $A_7''B_7''$, $A_8''B_8''$, $A_9''B_9''$ условно показаны двумя линиями (они «удаляются» от наблюдателя).

В сечении прямой винтовой поверхности (рис. 8.9) плоскостями, перпендикулярными оси или проходящими через ось, получаются

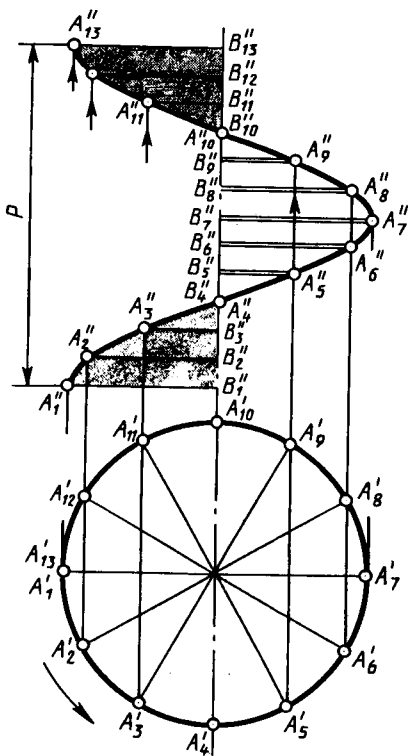


Рис. 8.8

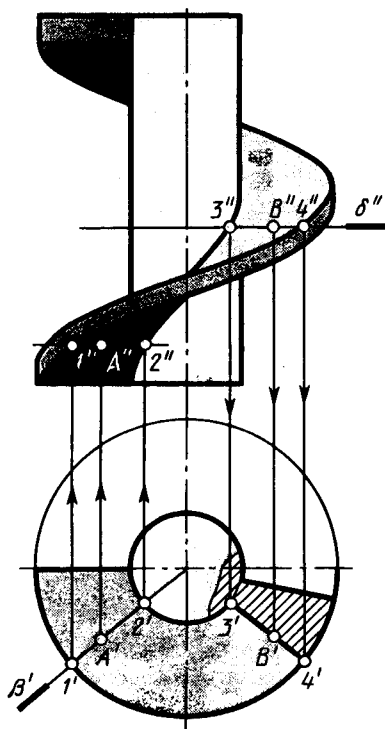


Рис. 8.9

отрезки прямолинейной образующей. Используя их, можно построить точки на винтовой поверхности. Так, на рис. 8.9 по горизонтальной проекции A' точки A построена ее фронтальная проекция A'' на фронтальной проекции образующей $1''2''$ в секущей плоскости $\beta(\beta')$. По фронтальной проекции B'' точки B построена ее горизонтальная проекция B' на горизонтальной проекции образующей $3'4'$ в секущей плоскости $\delta(\delta')$.

Прямую винтовую поверхность используют в специальных винтах для преобразования вращательного движения в поступательное в точных винтовых передачах или винтовых передачах с большими осевыми усилиями, например в прессах.

Косая винтовая поверхность. Если у винтовой поверхности угол между образующей и осью не равен 90° , то ее называют косой винтовой поверхностью. Изображение косой винтовой поверхности приведено на рис. 8.10, а. Проекции 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

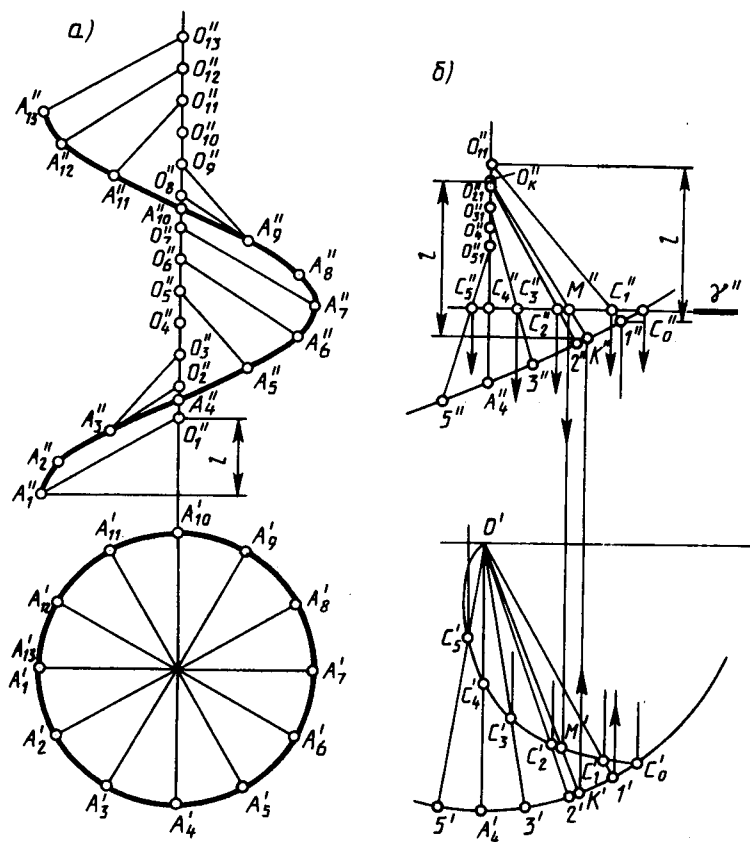


Рис. 8.10

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 рис. 8.10, б. Такая плоскость пересекает поверхность по кривой линии — спирали Архимеда. Построение сечения выполняют по точкам C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 пересечения секущей плоскости $\gamma(\gamma'')$ с образующей винтовой поверхности в ряде последовательных положений $1-O_{11}, 2-O_{21}, 3-O_{31}, 4-O_4, 5-O_{51}$, 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 $O'1', O'2', O'3', O'4', O'5'$. В проекционной связи на фронтальной проекции винтовой линии отмечают фронтальные проекции

$1'', 2'', 3'', 4'', 5''$ точек. Через них, учитывая, что величина проекции образующей на ось винтовой поверхности постоянная (ее значение l отмечено на чертеже для построения точки O_{11}''), строят фронтальные проекции образующих $O_{11}''1'', O_{21}''2'', O_{31}''3'', O_{41}''4'', O_{51}''5''$. В пересечении этих фронтальных проекций с фронтальным следом γ'' , 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 рис. 8.10, б. Если задана горизонтальная проекция точки (M'), то через нее проводят горизонтальную проекцию $O'K'$ образующей, строят фронтальную проекцию $O_K''K''$ по проекции K'' и величине l — проекция образующей на ось винтовой поверхности. На построенной проекции $O_K''K''$ образующей отмечают фронтальную проекцию M'' точки M .

8.3. ПОВЕРХНОСТИ И ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

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

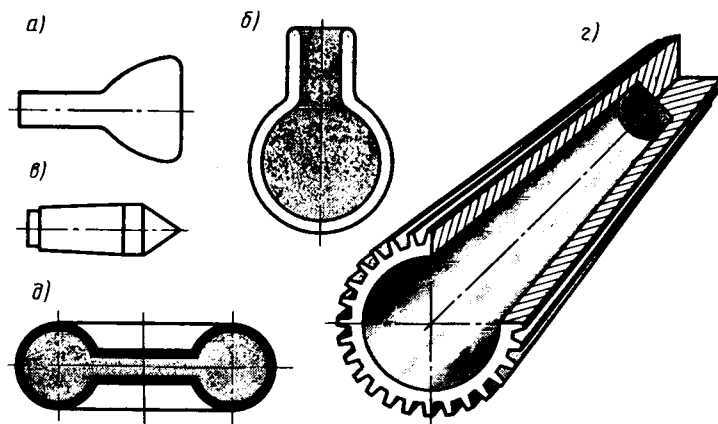


Рис. 8.11

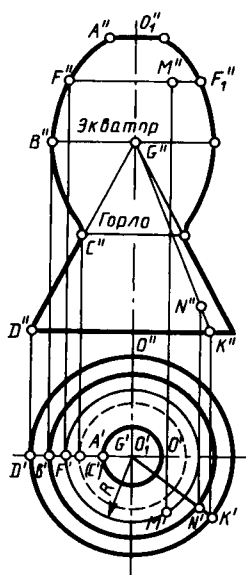


Рис. 8.12

В зависимости от вида образующей поверхности вращения могут быть линейчатыми, нелинейчатыми 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 рис. 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 π_1 . 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, 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 меридианальной, 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 π_2 , то главный меридиан проецируется на плоскость π_2 без искажений. Если ось поверхности вращения перпендикулярна плоскости π_1 , то горизонтальная проекция поверхности имеет очерк в виде окружности.

Наиболее удобным для выполнения изображений поверхностей вращения являются случаи, когда их оси перпендикулярны плоскости π_1 , плоскости π_2 или плоскости π_3 .

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 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 сфера проецируется в круги.

Тор. При вращении окружности (или ее дуги) вокруг оси, лежащей в плоскости этой окружности, но не проходящей через ее центр, получается поверхность, называемая тором. На рис. 8.13 приведены: *а* — открытый тор или круговое кольцо, *б* — закрытый тор, *в*, *г* — самопересекающийся тор. Тор вида *г* называют также лимоновидным. На рис. 8.13 они изображены в положении, когда ось тора перпендикулярна плоскости проекций π_1 . 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 его оси, и в плоскостях, проходящих через ось тора. При этом в плоскостях, перпендикулярных оси тора, в свою очередь имеются два семейства

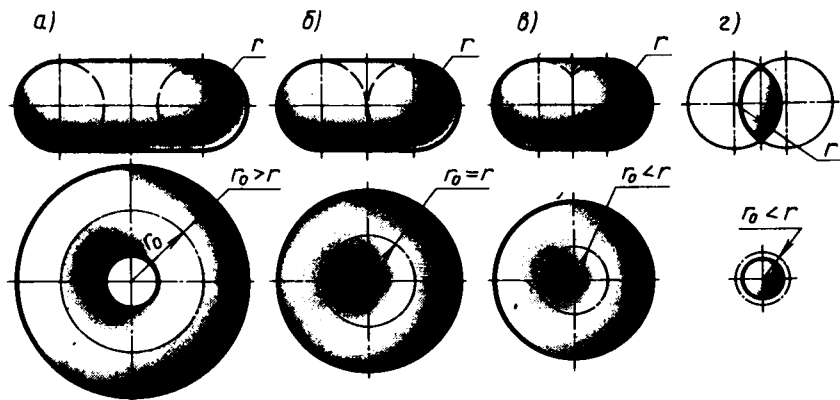


Рис. 8.13

окружностей — линий пересечения плоскостей с наружной поверхностью тора и линий пересечения плоскостей с внутренней поверхностью тора. У лимбовидного тора (рис. 8.13, 2) имеется только первое семейство окружностей.

Точки на поверхности вращения. Положение точки на поверхности вращения определяют 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 рис. 8.12. Если дана проекция M'' , то проводят фронтальную проекцию $F''F_1''$ параллели, а затем радиусом $R = O_1'F'$ проводят окружность — горизонтальную проекцию параллели — и на ней находят проекцию M' . Если бы была задана горизонтальная проекция M' , то следовало бы провести радиусом $R = O_1'M'$ окружность, по точке F' построить F'' и провести $F''F_1''$ — фронтальную проекцию параллели и на ней в проекционной связи отметить точку M'' . Если дана проекция N'' на линейчатом (коническом) участке поверхности вращения, то проводят фронтальную проекцию $D''G''$ очерковой образующей и через проекцию N'' фронтальную проекцию $G''K''$ образующей на поверхности конуса. Затем на горизонтальной проекции $G'K'$ этой образующей строят проекцию N' . Если бы была задана горизонтальная проекция N' , то следовало бы провести через нее горизонтальную проекцию $G'K'$ образующей, по проекциям K'' и G'' (построение ее было рассмот-

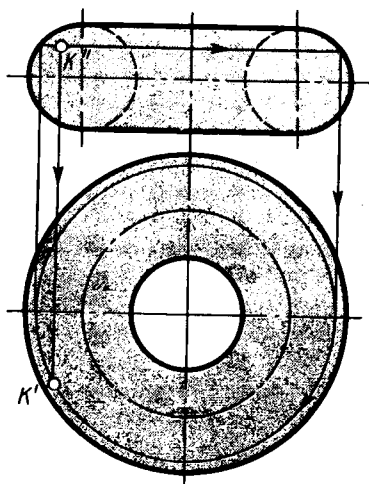


Рис. 8.14

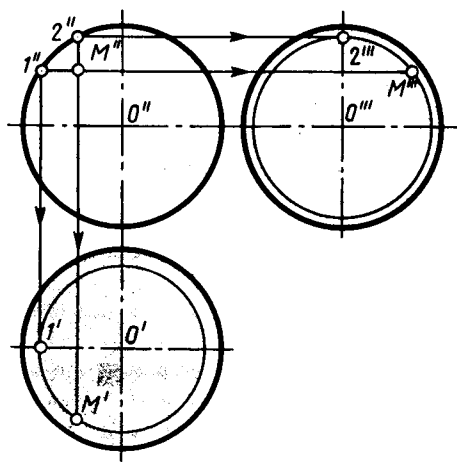


Рис. 8.15

рено выше) построить фронтальную проекцию $G''K''$ и на ней в проекционной связи отметить проекцию N'' .

На рис. 8.14 показано построение проекций точки K , принадлежащей поверхности тора. Стрелками указано построение горизонтальной проекции K' по заданной фронтальной проекции K'' . Если задана горизонтальная проекция, то построение выполнят в обратном порядке.

На рис. 8.15 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 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 поверхностях вращения может быть выполнено также с помощью окружностей — параллелей, проходящих через точки, принадлежащие этой линии.

На рис. 8.16 показано построение горизонтальной проекции $A'B'$ 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 $6''$ и $5''$ крайних точек. Горизонтальные проекции $6'$, $1'$, $3'$, $4'$, $5'$ построены с помощью линий связи. Проекция 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, $3'8'A'4'$ — части гиперболы, $1'2'7'3'$ — кривой четвертого порядка (проекция кривой на поверхности тора).

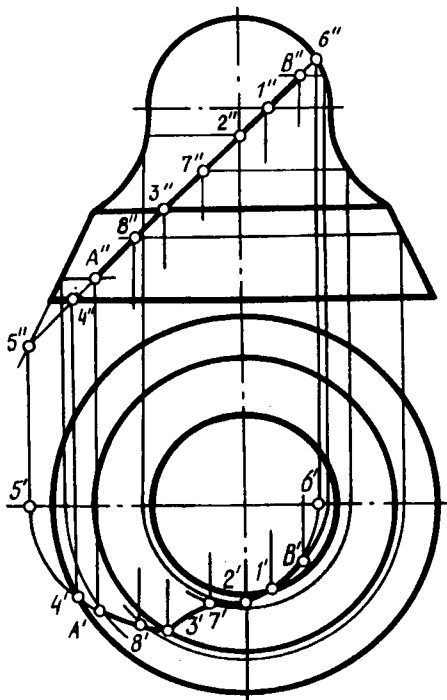


Рис. 8.16

ПЕРЕСЕЧЕНИЕ КРИВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ И ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ, РАЗВЕРТКИ

9.1. ОБЩИЕ ПРИЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ КРИВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛОСКОСТЬЮ И ПОСТРОЕНИЯ РАЗВЕРТОК

Технические детали часто конструируют срезом или вырезом части материала плоскостями из исходных тел — заготовок, ограниченных криволинейными поверхностями. При этом возникает необходимость **построения на чертеже линии пересечения кривой поверхности плоскостью**. Такие же линии строят на чертежах деталей, поверхности которых ограничены пересекающимися между собой участками плоскости и кривой поверхности (например, см. рис. 14.23).

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

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

Для построения линии пересечения линейчатой кривой поверхности с плоскостью в общем случае применяют вспомогательные 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 рис. 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 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 плоскими. Это равносильно принятию цилиндрической поверхности за вписанную в нее призматическую, конической — за вписанную в нее поверхность пирамиды. Способы же развертки этих гранных поверхностей (способ треугольников и способ нормального сечения) рассмотрены выше (см. рис. 6.14, 6.15). Примеры применения указанных способов при развертке кривых поверхностей рассматриваются ниже (см. рис. 9.5, 9.8).

9.2. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛОСКОСТЬЮ. ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТКИ

Для построения кривой линии, получаемой при пересечении цилиндрической поверхности плоскостью, в общем случае находят точки пересечения образующих с секущей плоскостью, как это сказано в § 9.1 в отношении любых линейчатых поверхностей. При необходимости не исключается применение и вспомогательных плоскостей, пересекающих поверхность и плоскость.

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

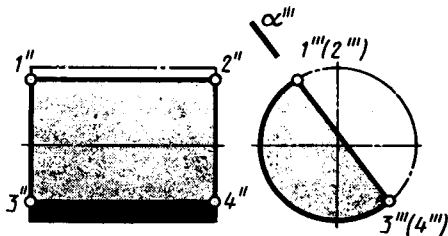


Рис. 9.1

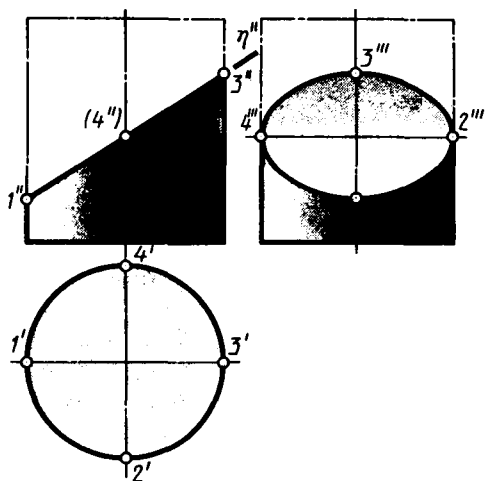


Рис. 9.2

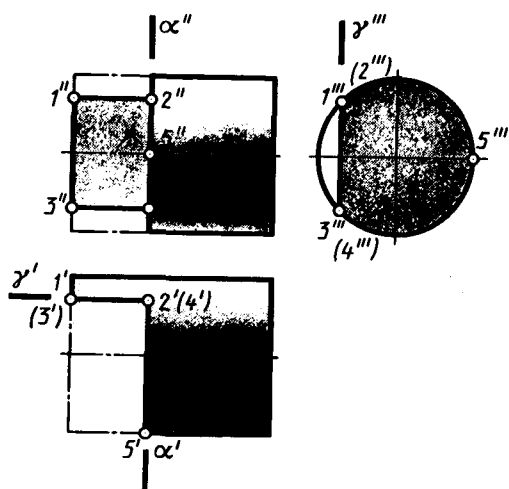


Рис. 9.3

Вид линии пересечения широко применяемого в технике прямого кругового цилиндра плоскостью 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 α''');

— эллипс ($1-2-3-4$ на рис. 9.2), если плоскость расположена под углом к оси.

Образование выреза на цилиндре двумя плоскостями $\alpha (\alpha'') \parallel \pi_3$ и $\gamma (\gamma''') \perp \pi_2$ показано на рис. 9.3.

Цилиндр с наклонным срезом. Рассмотрим построение чертежа цилиндра со срезом проецирующей плоскостью под некоторым углом к его оси (не равным 0° и 90°), натурального вида среза и развертки цилиндра (рис. 9.4, 9.5).

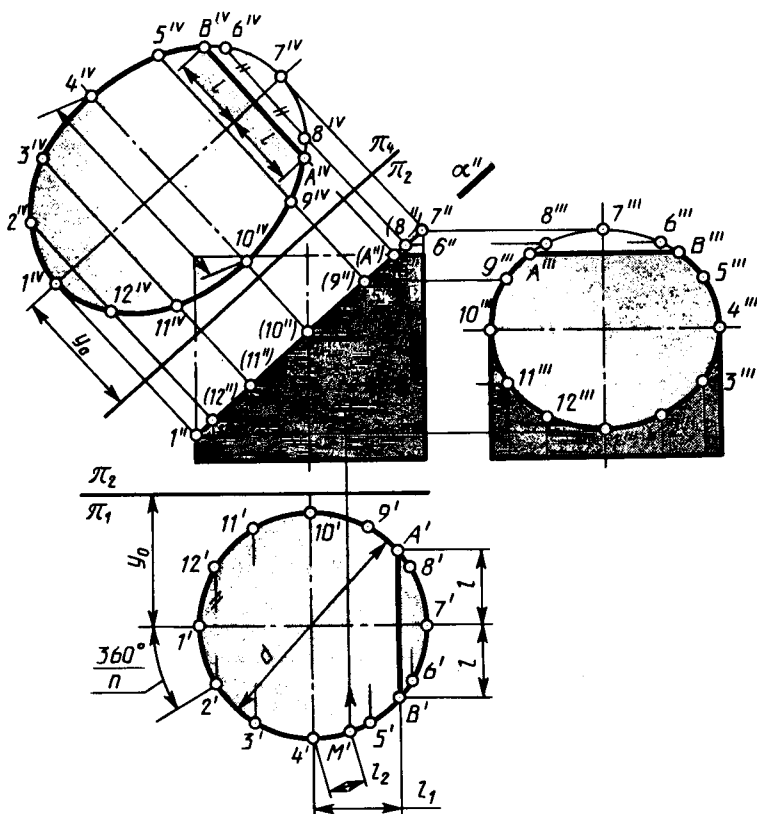


Рис. 9.4

Ось цилиндра и вся цилиндрическая поверхность перпендикулярны плоскости π_1 . Следовательно, все точки цилиндрической поверхности, в том числе и линия пересечения ее с плоскостью $\alpha(\alpha'')$, проецируются на плоскость π_1 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 α'' 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 — $1-7$.

Если расположить на рис. 9.4 плоскость α под углом 45° к оси, то профильная проекция эллипса фигуры сечения будет окружностью.

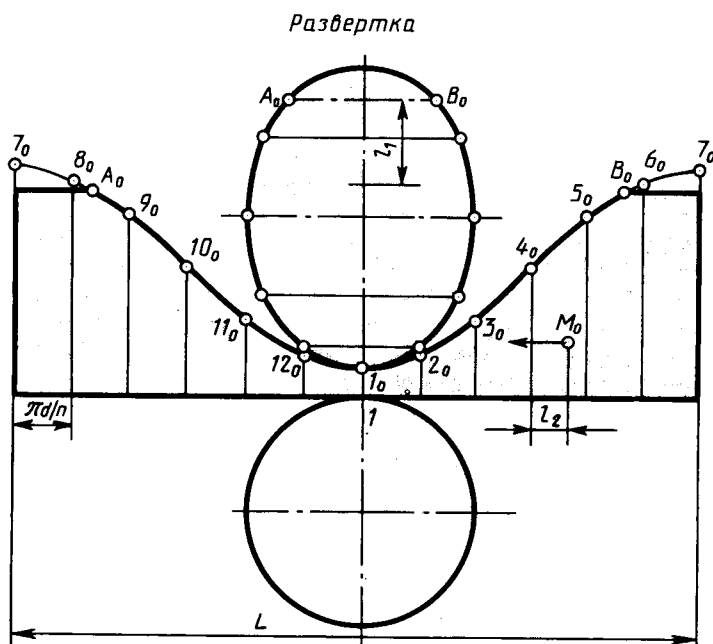


Рис. 9.5

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

Натуральный вид фигуры сечения цилиндра плоскостью α построен способом перемены плоскостей проекций на плоскости π_4 , перпендикулярной плоскости π_2 . Большая ось эллипса — отрезок $1^{IV}7^{IV} \cong 1''7''$, малая — отрезок $4^{IV}10^{IV} = d$.

Построение развертки (рис.9.5). Полная развертка состоит из четырех частей: развертки боковой поверхности, ограниченной пятью отрезками прямой линии и кривой $A_0l_0B_0$ — синусоидой; натурального вида фигуры сечения; круга основания цилиндра; сегмента, полученного на верхнем основании.

Полная развертка боковой поверхности цилиндра — прямоугольник с высотой, равной цилиндру, и 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 линии среза. Проводят через точки деления образующие и 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 ($1^{IV}2^{IV}3^{IV}...12^{IV}$) и его по координатам строят на развертке.

Построим на чертеже цилиндра проекции точки, 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' (см. рис. 9.4) и по известной высоте ее расположения найдем ее фронтальную проекцию M'' .

9.3. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛОСКОСТЬЮ. ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТКИ

При пересечении конической поверхности вращения плоскостью получаются 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 $\alpha(\alpha'')$ проходит через вершину (рис. 9.6, а), то пересечение плоскости с конической поверхностью в зависимости от угла φ наклона плоскости к оси поверхности образует:

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

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

при $0 \leq \hat{\varphi} < \hat{\psi}$ — 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 $\hat{\varphi} = 90^\circ$ — окружность (плоскость, перпендикулярная оси, окружность AMB ($A''M''B''$) в пересечении с плоскостью α (α'') — рис. 9.6, б);

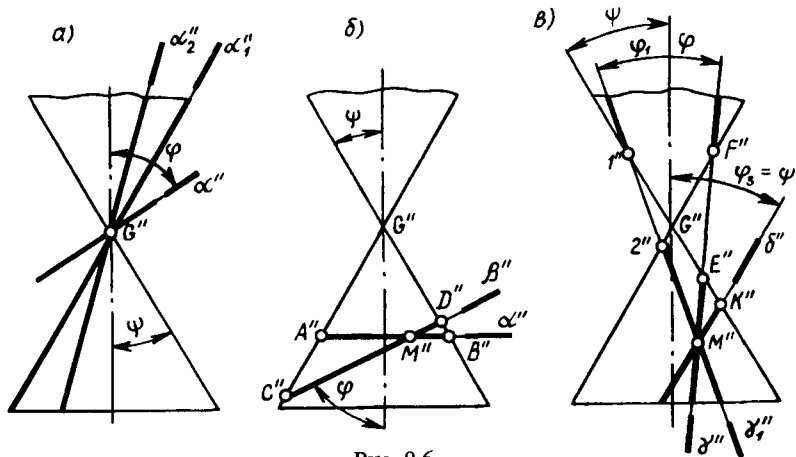


Рис. 9.6

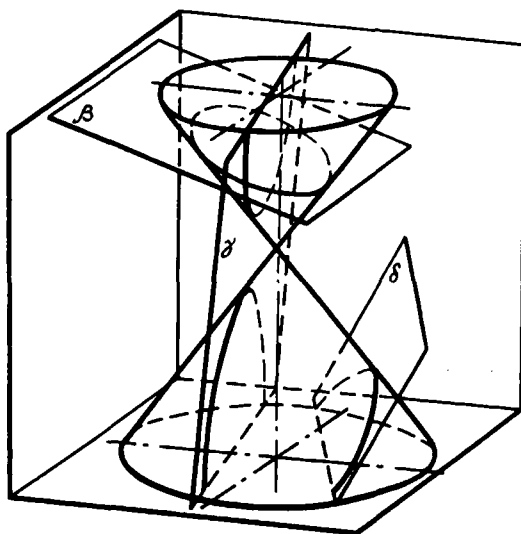


Рис. 9.7

при $\hat{\psi} < \hat{\phi} < (180^\circ - \hat{\phi})$ — эллипс (эллипс CMD ($C''M''D''$) в пересечении с плоскостью β (β'') — рис. 9.6, б — плоскость пересекает все образующие конической поверхности);

при $0 \leq \hat{\phi} < \hat{\psi}$ — гипербола (плоскость параллельна двум образующим и пересекает коническую поверхность по обе стороны от вершины, например гиперболы с вершинами $E(E'')$ и $F(F'')$ в пересечении с плоскостью γ (γ'') или с вершинами $1(1'')$ и $2(2'')$ в пересечении с плоскостью $\gamma_1(\gamma_1'')$, рис. 9.6, в);

при $\hat{\phi} = \hat{\psi}$ — парабола (плоскость параллельна одной из образующих, например, парабола с вершиной $K(K'')$ в пересечении с плоскостью δ (δ''), рис. 9.6, в).

Наглядное изображение кривых — эллипса, гиперболы, параболы, получающихся при пересечении конической поверхности плоскостями β , γ , δ , приведено на рис. 9.7.

Пересечение конуса с плоскостью. Для построения кривой линии, получаемой при пересечении конической поверхности плоскостью, в общем случае находят точки пересечения образующих конической поверхности с секущей плоскостью. Соответствующий пример в случае пересечения фронтально проецирующей плоскостью α (α'') конуса с вершиной G приведен на рис. 9.8. Построение линии пересечения плоскости с конической поверхностью обычно выполняют в следующем порядке. Основание конуса делят на равное число частей, обычно 12, проводят горизонтальные проекции $G'1'$, $G'2'$, ..., $G'12'$ образующих и строят их фронтальные проекции. На фронтальной проекции отмечают фронтальные проекции точек пересечения построенных образующих на видимой поверхности конуса с секущей плоскостью α (α''): $C''D''$, F'' , I'' , а также крайних точек A'' и B'' . Горизонтальные проекции строят в проекционной связи на соответствующих проекциях образующих — точки A' , C' , D' , F' , I' , B' на проекциях образующих $G'1'$, $G'2'$, $G'3'$, $G'5'$, $G'6'$, $G'7'$, а также симметричные им точки на проекциях образующих $G'12'$, $G'11'$, $G'9'$, $G'8'$. Горизонтальную проекцию E' точки E на образующей $G'4'$ и симметричной точки на образующей $G'10'$ 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: $[AB] \equiv [A''B'']$. Малая ось MN эллипса перпендикулярна большой и проецируется в точку $M''(N'')$ в середине фронтальной проекции $A''B''$ большой оси.

Построение горизонтальной проекции малой оси эллипса выполнено с помощью параллели с проекциями $M''14''$ и $M'14'N'$. Горизонтальная проекция $M'N'$ малой оси эллипса построена в

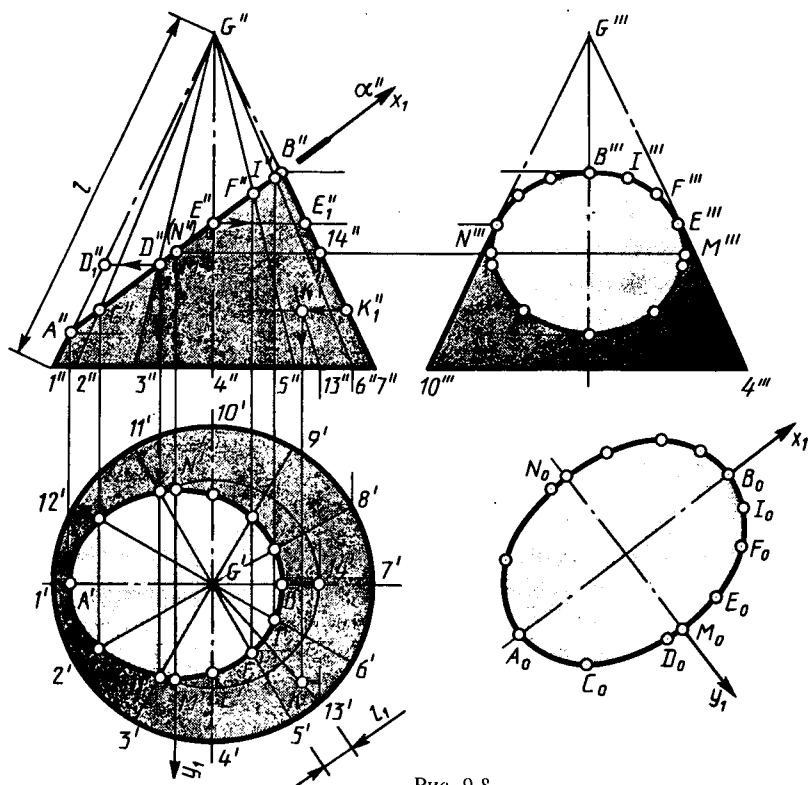


Рис. 9.8

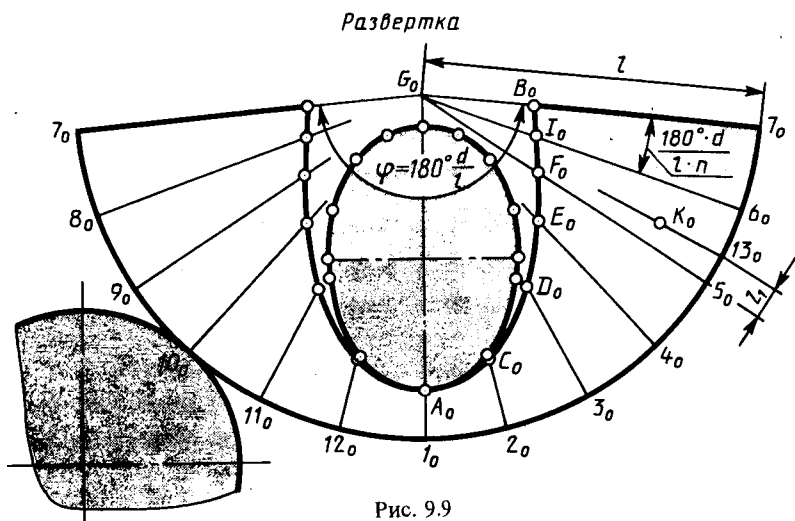


Рис. 9.9

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 $G'''4'''$ и $G'''10'''$ 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 пример приведен на рис. 7.1.

Развертка боковой поверхности прямого кругового конуса представляет собой круговой сектор с углом $\varphi = \frac{d}{l} \cdot 180^\circ$ 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 G_0A_0 и G_0B_0 соответствуют фронтальным проекциям $G'A''$, $C'B''$. 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 $G'D_1$ — натуральной величины образующей от вершины G до точки D , точки E_0 — при помощи отрезка $G'E_1$ (или $G'''E'''$).

Полная развертка поверхности усеченного конуса состоит из трех частей: 1) развертки боковой поверхности, ограниченной дугой окружности радиуса l , кривой $B_0I_0F_0E_0D_0C_0A_0$ и симметричной ей; 2) круга основания; 3) натурального вида фигуры сечения.

На рис. 9.8 показано построение фронтальной и горизонтальной проекций точки K по изображению K_0 этой точки на развертке (рис. 9.9). Для построения проведена образующая G_0I_0 через точку K_0 на развертке. С помощью отрезка l_1 построена горизонтальная проекция I_3' . Через нее проведены горизонтальная $G'I_3''$ и фронтальная $G''I_3$ проекции образующей $G—I_3$. Отрезок $G_0K_0 \cong G''K_1$ отмечен на проекции образующей $G''7$. Обратным вращением

построена фронтальная проекция K'' точки K на фронтальной проекции образующей $G''13''$. 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

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 проекций. Так, на рис. 9.10 изображены проекции линий пересечения сферы и плоскостей горизонтальной α (α'') и фронтальной η (η'). Они пересекают сферу по окружностям с центрами $C(C'', C', C''')$ и $C_1(C_1'', C_1', C_1''')$ с проекциями в виде окружности и отрезка прямой. В примере, приведенном на рис. 9.11, горизонтальная и профильная проекции линии пересечения сферы фронтально-проецирующей плоскостью — эллипсы, длины больших осей которых $C'D'$ и $C'''D'''$ равны величине диаметра окружности ($A''B''$). Малые оси эллипсов $A'B'$ и $A'''B'''$ получают проецированием. На рис. 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.

Кривую линию пересечения тора плоскостью в общем случае строят с помощью 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.

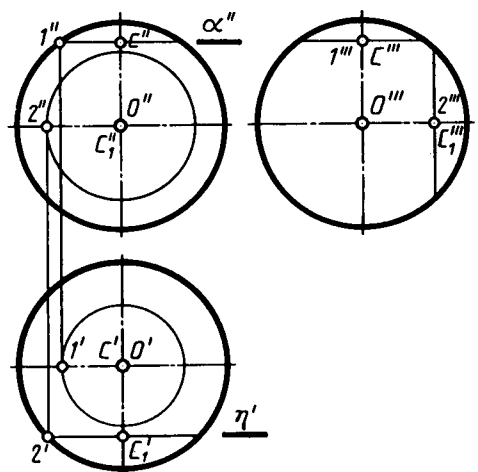


Рис. 9.10

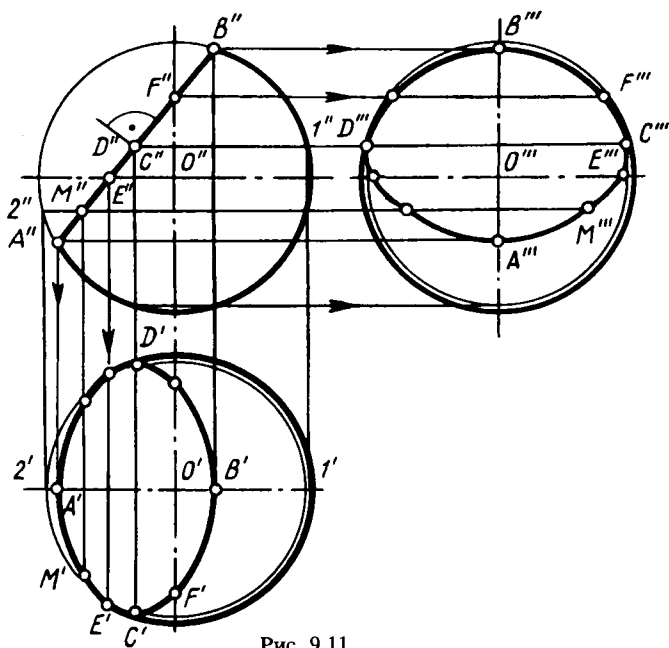


Рис. 9.11

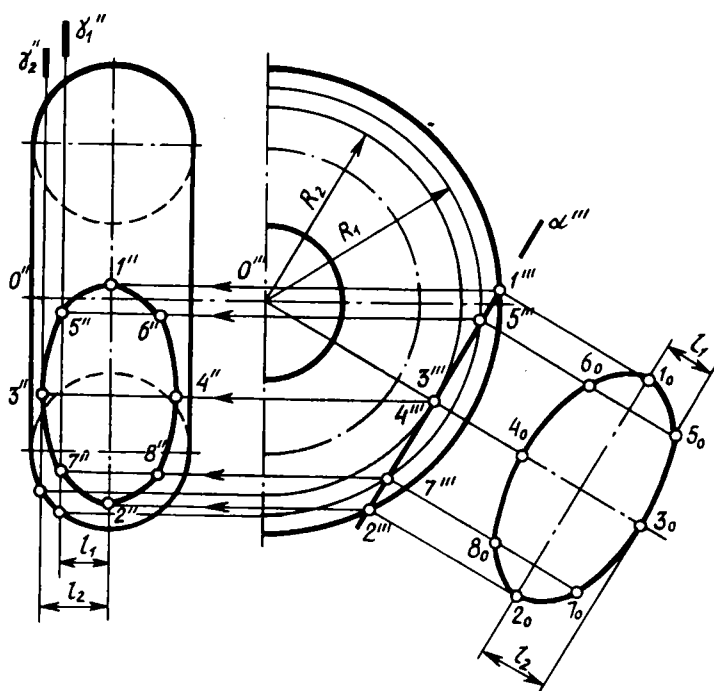


Рис. 9.12

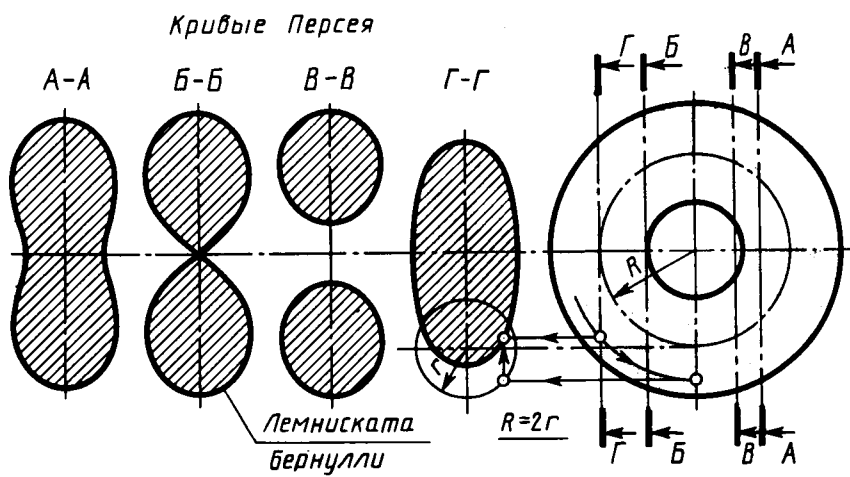


Рис. 9.13

В примере на рис. 9.12 показано применение вспомогательных плоскостей $\gamma_1(\gamma_1'')$ и $\gamma_2(\gamma_2'')$, перпендикулярных оси тора, для построения линии пересечения и натурального вида фигуры сечения поверхности тора плоскостью $\alpha(\alpha''')$. Тор на рис. 9.12 имеет два изображения — фронтальную проекцию и половину профильной проекции. Полуокружность радиуса R_2 (профильная проекция линии пересечения тора вспомогательной плоскостью γ_2) касается проекции плоскости α (следа α'''). Тем самым определяются профильная проекция $3'''$ и по ней фронтальная проекция $3''$ одной из точек проекции искомой линии пересечения. Полуокружность радиуса R_1 — профильная проекция линии пересечения тора вспомогательной плоскостью γ_1 . Она пересекает профильную проекцию плоскости α (след α''') в двух точках $5'''$ и $7'''$ — профильных проекциях точек линии пересечения. Проводя аналогичные построения, можно получить необходимое количество проекций точек для искомой линии пересечения. Используем найденные точки для построения натурального вида фигуры 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 рис. 9.13. Они имеют общее название — кривые Персея (*Персей* — геометр Древней Греции). Это кривые четвертого порядка. Вид кривых зависит от величины расстояния от секущей плоскости до оси тора.

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 такого тела с построенными линиями среза приведен на рис. 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

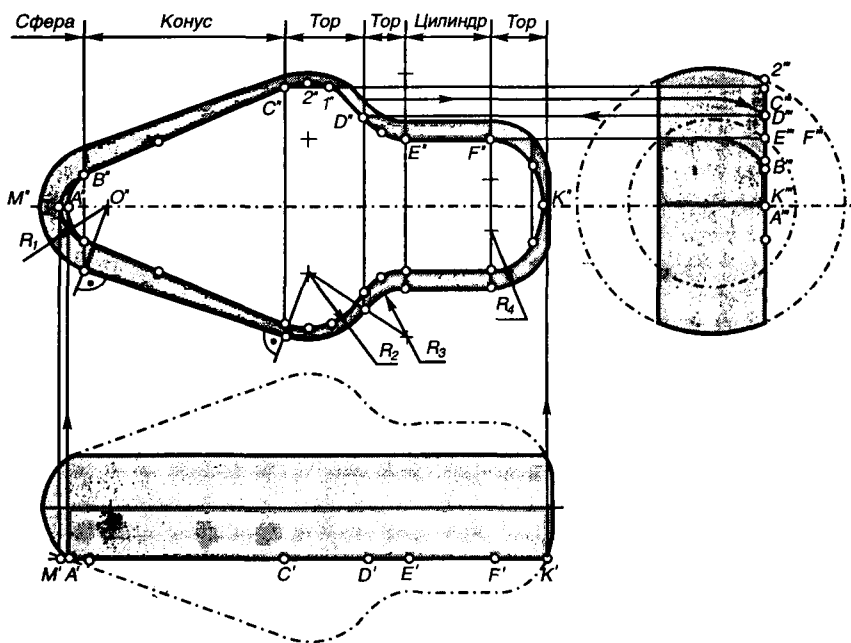


Рис. 9.14

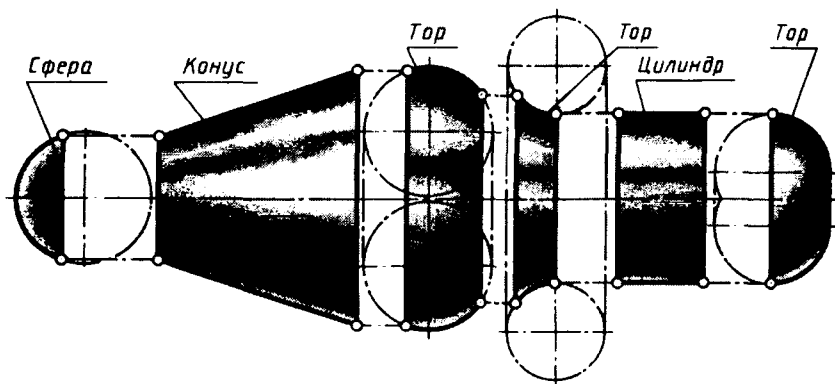


Рис. 9.15

дополнить участки поверхностей, как показано на рис. 9.15. На рисунке все поверхности для наглядности раздвинуты вдоль оси вращения.

Разграничение участков элементарных поверхностей позволяет определить характер отдельных участков линий среза и правильно выбрать количество и 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 оси вращения, проводят через проекции точек сопряжения или пересечения образующих. Так, на рис. 9.14 граница между сферой и конусом проведена через точку сопряжения дуги радиусом 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 радиуса 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. Они проходят и через центры дуг.

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 рис. 9.14. По положению проекций B''' , C''' , E''' , F''' строят фронтальные проекции B'' , C'' , E'' , 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 состоят 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_d — 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 количества промежуточных точек. В данном примере на рис. 9.14 показано построение проекций «промежуточной» точки на участке $K''F''$, а также построенные проекции «промежуточных» точек на участках $B''C''$, $C''D''$, $D''E''$. Следует отметить, что точка $1''$ симметрична точке C'' , а точка $2''$ наиболее удаленная от оси.

9.5. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ С КРИВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

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

— заключают прямую линию во вспомогательную плоскость, например плоскость γ ;

— строят линию пересечения (CD) вспомогательной плоскости с заданной кривой поверхностью;

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

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

Вспомогательную плоскость, проводимую через прямую при построении точек пересечения прямой с кривой поверхностью, стремятся выбрать так, чтобы она пересекала кривую 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.

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

— прямая AB заключена во вспомогательную плоскость, парал-

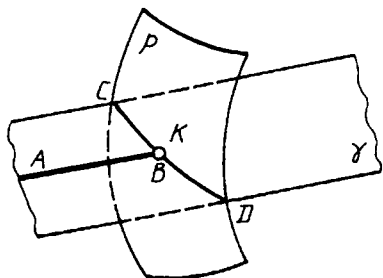


Рис. 9.16

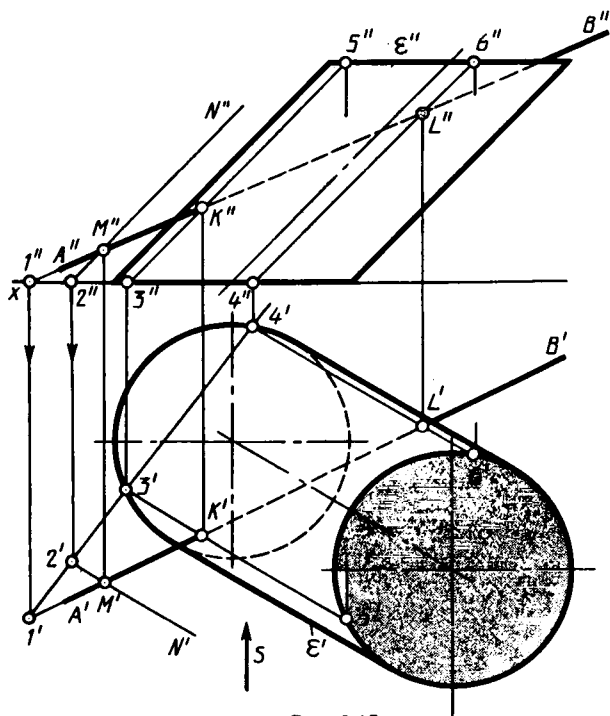


Рис. 9.17

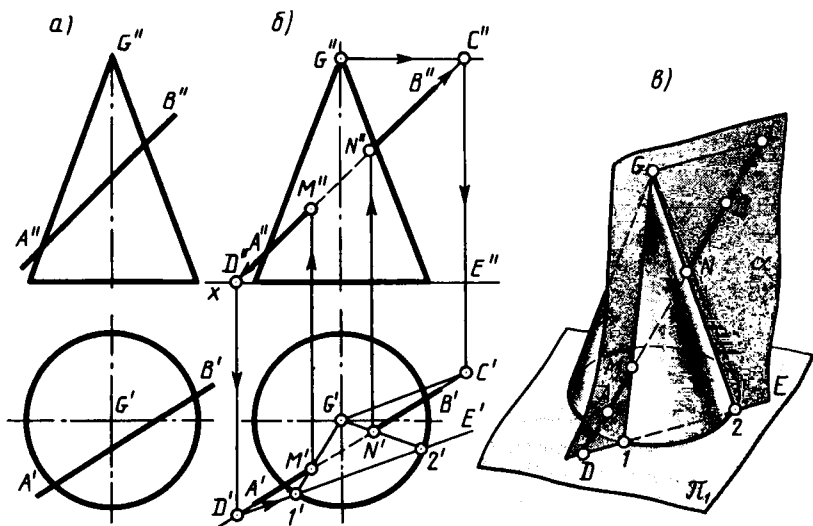


Рис. 9.18

лельную оси цилиндра, для чего через проекции M'' , M' произвольной точки M на прямой AB проведены проекции $M''N''$, $M'N'$ прямой MN , параллельной оси цилиндра. Проекции пересекающихся прямых AB и MN задают на чертеже вспомогательную плоскость:

— построены проекции $3''5''$, $3'5'$ и $4''6''$, $4'6'$ линий пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью цилиндра на его проекциях. Для этого построена горизонтальная проекция линии пересечения вспомогательной плоскости с плоскостью основания цилиндра — плоскостью π_1 , 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 $A'B'$;

— 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 соответствующая $3-5$ 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 $K'L$.

Построение точек пересечения прямой линии с конусом (рис. 9.18). Чертеж конуса с проекциями вершины G'' , G' и прямой с проекциями $A''B''$, $A'B'$ приведен на рис. 9.18, *а*. Для построения точек пересечения прямой и конуса используют вспомогательную плоскость. Плоскость, проходящая через вершину конуса и заданную прямую (плоскость α на рис. 9.18, *в*), пересекает конус по образующим. Плоскость α пересекает плоскость основания конуса по прямой DE . Образующие, по которым плоскость α пересекает конус, определяются вершиной G и точками 1 и 2 . На этих образующих и получают точки M и N , в которых прямая пересекает поверхность конуса.

На рис. 9.18, *б* плоскость α задана проекциями $A''B''$, $A'B'$ прямой AB и проекциями $G''C''$, $G'C'$ прямой, проведенной через вершину G , пересекающей прямую AB в точке C и параллельной плоскости основания конуса. Плоскость α пересекает плоскость основания конуса по прямой DE , параллельной GC . Построив проекции D'' и

D' , проводим $D'E' \parallel G'C'$. Образующие, по которым плоскость α пересекает поверхность конуса, изображены лишь горизонтальными проекциями $G''1''$ и $G'2'$. В пересечении их с горизонтальной проекцией $A'B'$ найдены горизонтальные проекции M' и N' точек пересечения, а по ним проекции M'' и N'' . На горизонтальной проекции отрезок прямой между точками M и N закрыт поверхностью конуса. На фронтальной проекции образующие $G2$ и $G3$ 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

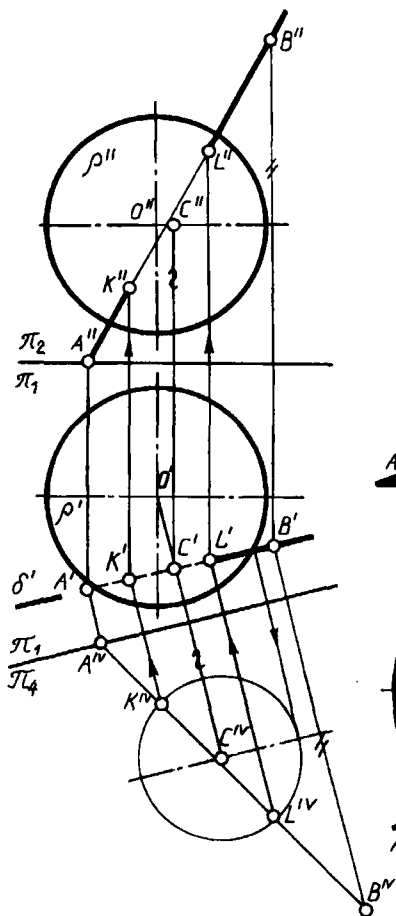


Рис. 9.19

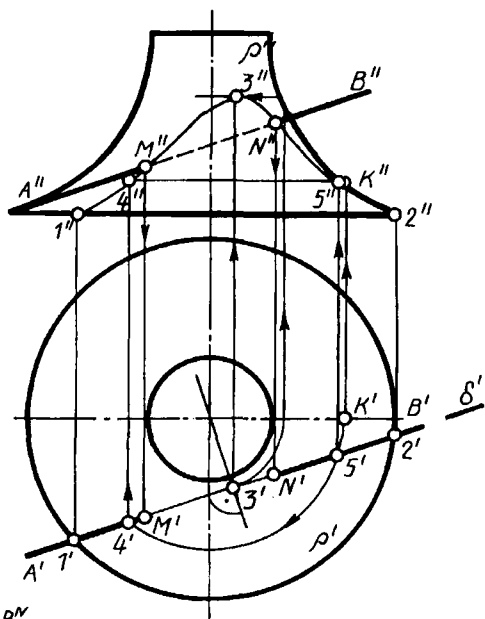


Рис. 9.20

L получаются при пересечении этой окружности с прямой линией. На рис. 9.19 построения выполнены способом перемены плоскостей проекций. Дополнительную плоскость проекций π_4 выбирают параллельной вспомогательной, например, горизонтально проецирующей плоскости $\delta(\delta')$. В этом случае линия пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью сферы ρ (ρ'' , ρ') проецируется на плоскость π_4 в окружность с центром S^{IV} , с которой проекция $A^{IV}B^{IV}$ прямой линии пересекается в точках K^{IV} и L^{IV} . По ним строят горизонтальные K' и L' и 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 и проекции лучей $A''K''$ и $L''B''$ прямой. Между точками K'' и L'' сфера закрывает прямую. На горизонтальной проекции видим луч $L'B'$ 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 δ (δ'). Построение проекции линии пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью тора ρ (ρ'' , ρ') начинают обычно с построения проекций характерных* точек: $1''$, $1'$ — крайней левой и $2''$, $2'$ — крайней правой на основании тора и $3''$, $3'$ — высшей точки. Для построения проекции $3''$ проводят горизонтальную проекцию параллели тора, касательной к плоскости δ , и на ее фронтальной проекции находят проекцию $3''$. Проекцию 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 искомых 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.

* **Характерные точки** — это высшие и низшие точки по отношению к плоскости π_1 , ближайшие и наиболее удаленные по отношению к плоскости π_2 , точки, проекции которых отделяют видимую часть проекции линии пересечения от невидимой, крайние слева и справа на проекциях линии пересечения.

ПЕРЕСЕЧЕНИЕ КРИВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕРЕСЕЧЕНИИ КРИВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Общие сведения. Форма большинства наиболее сложных и ответственных оригинальных 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 элементарных 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 кривых поверхностей между собой. В общем случае линию пересечения двух кривых поверхностей между собой строят по точкам, которые находят с помощью вспомогательных секущих поверхностей.

Две криволинейные поверхности ρ_1 и ρ_2 (рис. 10.1) пересекаются третьей секущей вспомогательной поверхностью ρ_3 . Находят линии пересечения KL и MN вспомогательной поверхности с каждой из заданных. Точка A пересечения построенных линий пересечения KL и MN принадлежит линии пересечения заданных поверхностей.

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

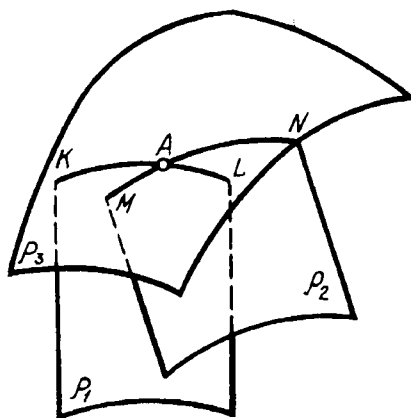


Рис. 10.1

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.

В качестве вспомогательных поверхностей выбирают такие, линии пересечения которых с заданными поверхностями проецируются на чертеж 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. Проекция $1''$ высшей и $2''$ низшей точек являются точками пересечения фронтальных проекций очерков, так как центр сферы и ось конуса лежат в плоскости, параллельной плоскости π_2 . Горизонтальные $1'$, $2'$ и профильные $1'''$, $2'''$ проекции находят в проекционной связи. Проекции $3''$, $3'$, $3'''$ и $4''$, $4'$, $4'''$ точек, лежащих на экваторе сферы, находят с помощью горизонтальной плоскости β (β''), проходящей через центр сферы O (O''). Она пересекает сферу по экватору и конус по окружности радиуса r_ϕ , 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. Про-

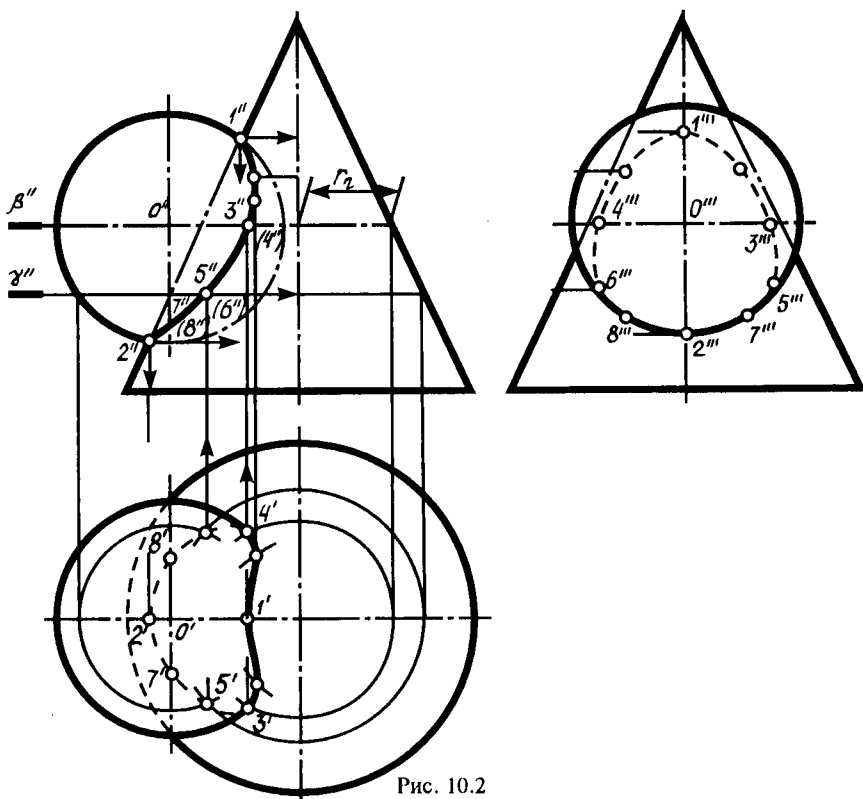


Рис. 10.2

екции промежуточных точек, например $5''$, $5'$, $5'''$ и $6''$, $6'$, $6'''$, находят с помощью вспомогательной горизонтальной плоскости γ (γ''). 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 рассмотрено на рис. 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

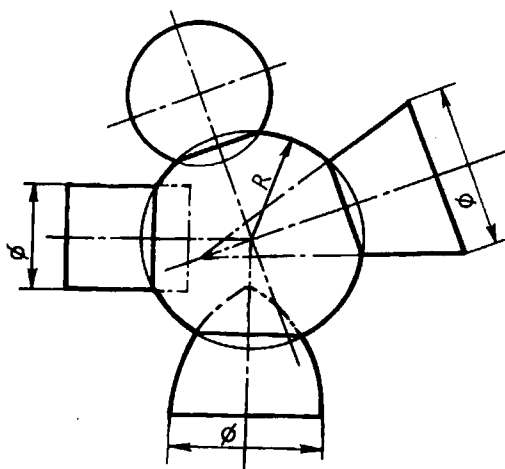


Рис. 10.3

проецируется в отрезок прямой линии. На рис. 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 π_2 . Окружности, по которым пересекаются указанные поверхности вращения с поверхностью сферы, проецируются на плоскость в виде отрезков прямых. Это свойство используют для построения линии взаим-

ного 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.

Пример (рис. 10.4). Способ вспомогательных сфер с постоянным центром 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 π_2 (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

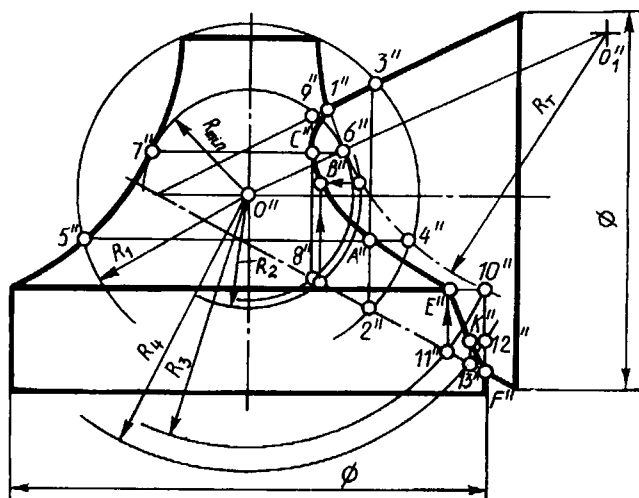


Рис. 10.4

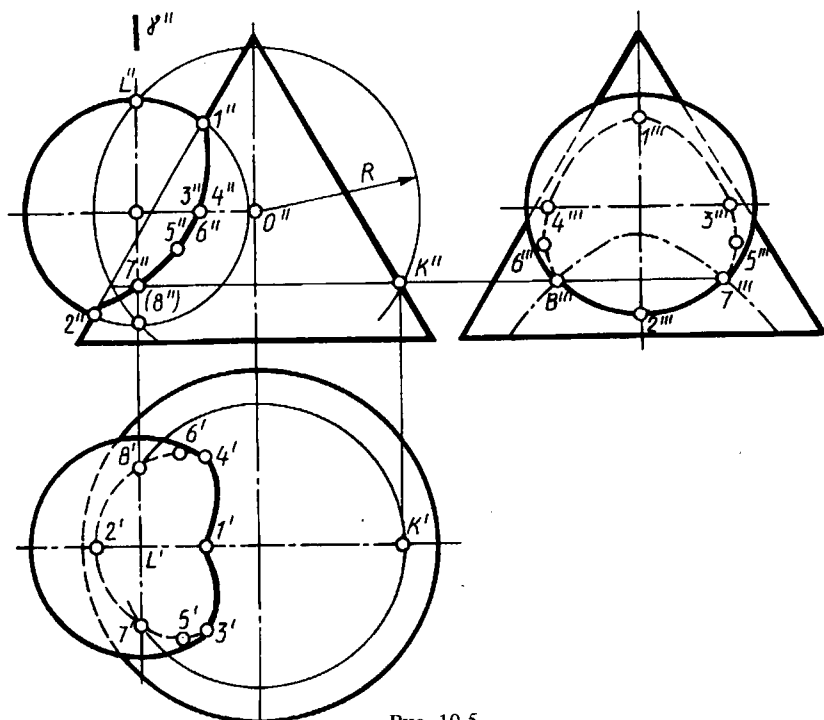


Рис. 10.5

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 по окружности, проецирующейся в отрезок прямой, проходящей через проекцию $10''$ перпендикулярно 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 $6''$, в которой проекция образующей окружности R_1 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 проекции 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 высшие с проекцией E'' и низшая с проекцией F'' — точка 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 $12''$ и $13''$.

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 γ (γ'')), применение вспомогательных сфер может существенно упростить построения. Для построения проекций точек 7 и 8 удобно применить сферу радиуса R с центром с проекцией O'' в точке пересечения оси конической поверхности и одной из осей сферы, перпендикулярной плоскости π_3 . 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 линии 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 рис. 10.6, $a—г$. С приближением значения диаметра d_1 вертикального цилиндра к диаметру d_2 горизонтального цилиндра (b) линия пересечения все больше прогибается вниз (точка B опускается). При равенстве диаметров (c), т.е. касании цилиндров одной сферы на линии пересечения в точке B возникает перелом, а плавная линия пересечения превращается в две плоские эллиптические кривые, которые проецируются в два прямолинейных отрезка и плоскости которых пересекаются между собой под прямым углом. При дальнейшем увеличении ($г$) 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 (b), на 90° .

Изменение проекции линии пересечения прямых круговых конуса и цилиндра в зависимости от угла при вершине конуса показано на рис. 10.7, $a—г$. В случаях (a) и (b) пересечение конуса с цилиндром происходит по линии 4-го порядка. Она проецируется на плоскость проекцией, 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 ($в$) конус и цилиндр касаются одной сферы и пересекаются по двум плоским пересекающимся между собой эллиптическим кривым 2-го порядка, проецирующимся в отрезки прямых.

В случае ($г$) линии их пересечения разделяют цилиндр на две части (цилиндр «врезается» в конус).

В случаях (a) и (b) в цилиндре может быть обработано коническое отверстие. В случае ($г$) в конусе может быть выполнено цилиндрическое отверстие. В случае ($в$) обработка отверстий в цилиндре конического или в конусе цилиндрического невозможна, так как тело в таком случае распадается на две части.

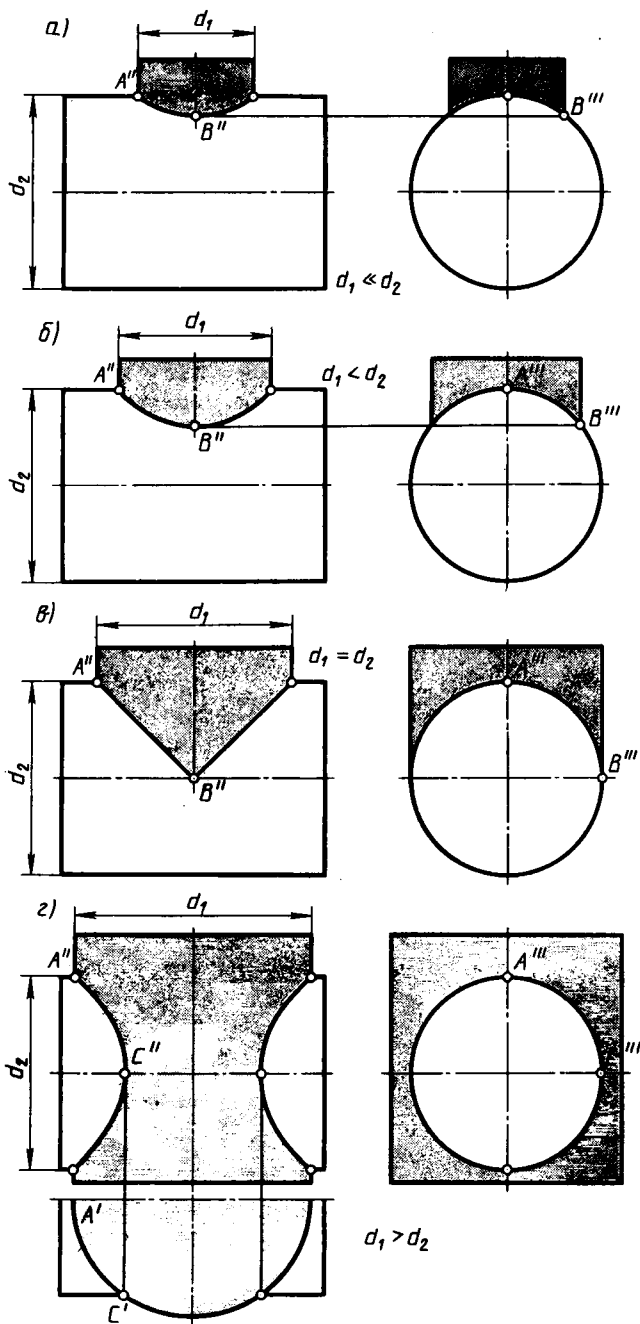


Рис. 10.6

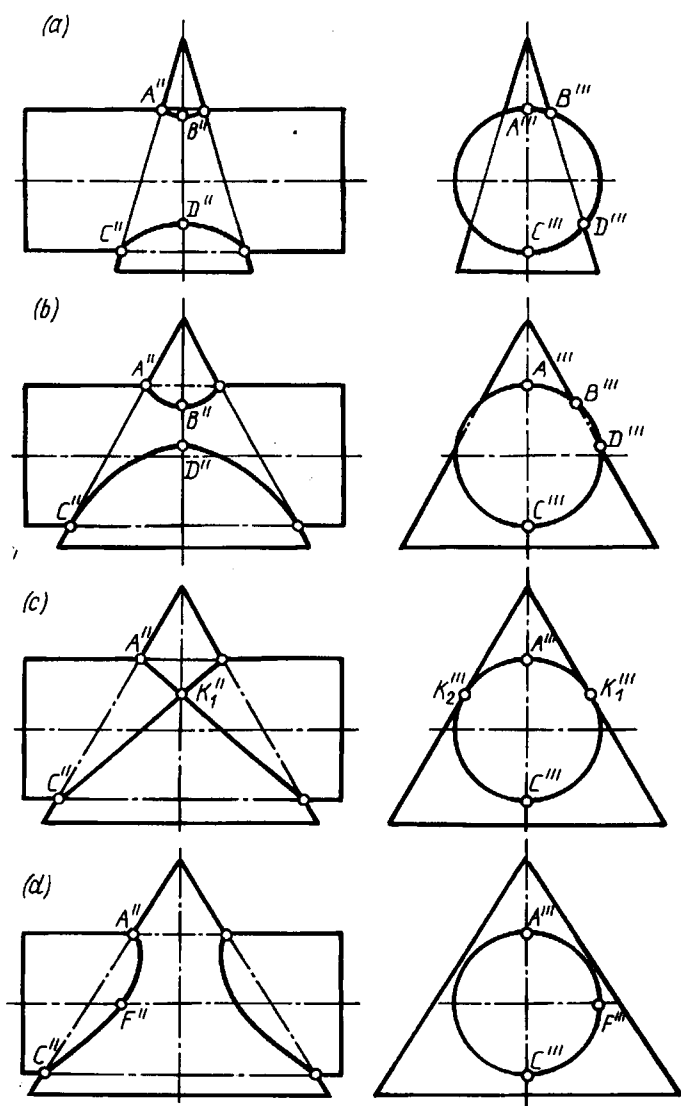


Рис. 10.7

10.4. ПРИМЕНЕНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СФЕР С ПЕРЕМЕННЫМ ЦЕНТРОМ

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

а) одна из пересекающихся поверхностей — поверхность вращения, другая поверхность имеет круговые сечения;

б) обе поверхности имеют общую плоскость симметрии (т.е. ось поверхности вращения и центры круговых сечений второй поверхности принадлежат одной плоскости — плоскости их симметрии), к которой перпендикулярны плоскости круговых сечений;

в) плоскость симметрии параллельна плоскости проекций (это условие при необходимости может быть обеспечено преобразованием чертежа).

Рассмотрим некоторые примеры применения этого способа.

Построение линии пересечения прямого кругового конуса и наклонного кругового цилиндра (рис. 10.8), оси которых пересекаются. Пересекающиеся поверхности имеют общую плоскость симметрии, параллельную плоскости π_2 и проходящую через их оси. Относительно этой плоскости симметрична и линия пересечения поверхностей. В дальнейшем изложении будут указываться построения проекций только видимых точек линии пересечения. Из характерных точек можно отметить четыре с проекциями A'' , C'' , K'' , N'' . Они являются точками пересечения проекций очерков.

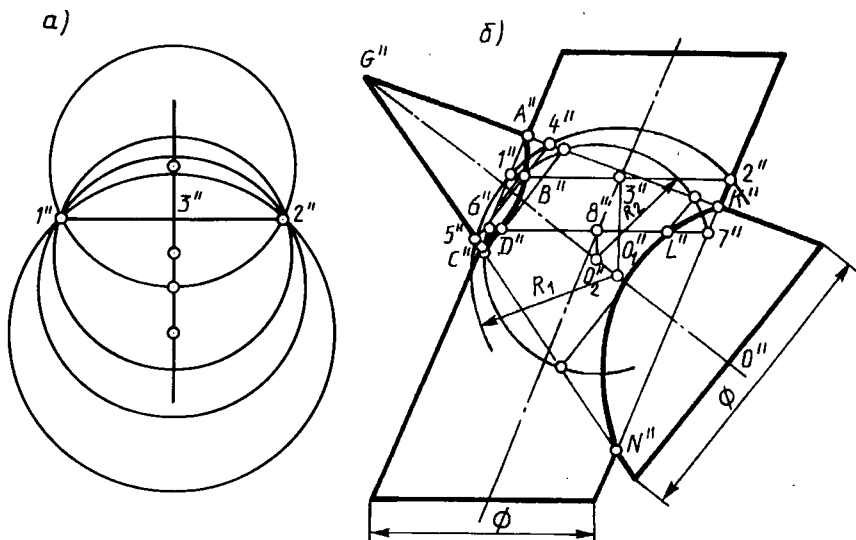


Рис. 10.8

Для построения проекций промежуточных точек, например B'' , находят центр и радиус вспомогательной сферы. Для этого на цилиндре проводят окружность, фронтальная проекция которой изображается отрезком $1''2''$. Эту окружность можно рассматривать (рис. 10.8, а) как параллель множества сфер, центры 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 GO ($G''O''$). 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. Проекции последующих точек строят аналогично. Точка с проекцией D'' построена с помощью вспомогательной сферы радиуса R_2 . Проекция O_2'' центра ее 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 в проекции 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 π_2 , ось тора перпендикулярна плоскости π_2 , окружность центров осевых круговых сечений

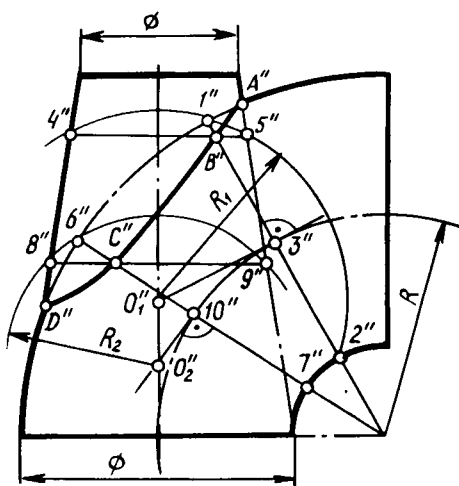


Рис. 10.9

тора и ось конуса лежат в одной плоскости, параллельной плоскости π_2 .

Две характерные очевидные точки — высшая с проекцией A'' и низшая D'' — являются точками 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. Её 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.

Изображение пересечения цилиндров с параллельными образующими приведено на рис. 10.10, слева, конусов с общей вершиной — справа.

Соосные поверхности вращения. Изображение пересечений соосно расположенных различных поверхностей вращения приведено на рис. 10.11. Конус, пересекающийся с двумя цилиндрами разного диаметра (*а*), часто используют при конструировании как переход от одного диаметра к другому. Конус, сопряженный со сферой, с переходом на цилиндры (*б*) широко используют в качестве деталей механизмов управления — рукояток.

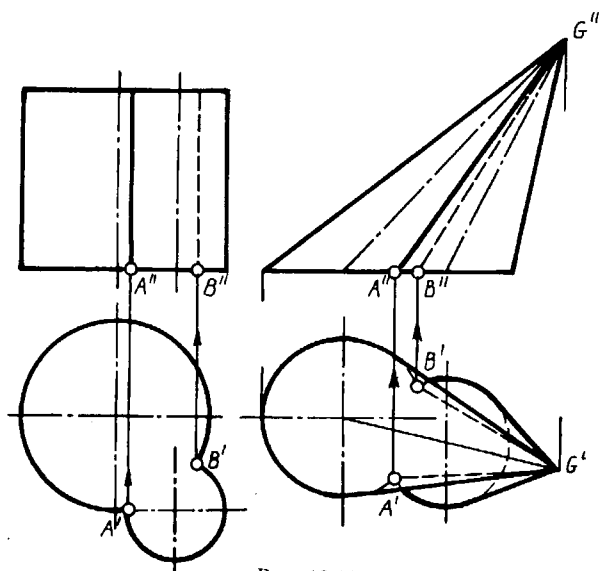


Рис. 10.10

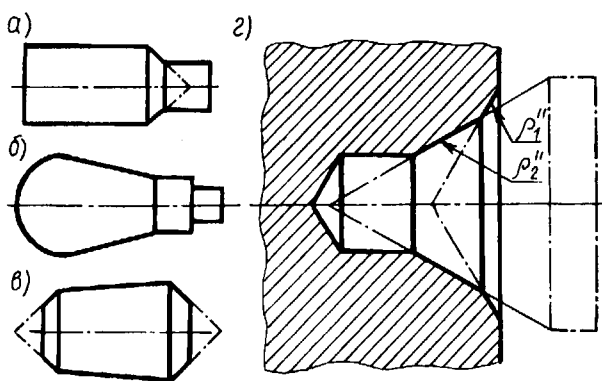


Рис. 10.11

Комбинацию из трех соосных пересекающихся конусов (а) применяют при конструировании деталей, называемых штифтами или роликами. Крайние конические поверхности, называемые фасками, служат для упрочнения кромки детали и предохранения тем самым от основной рабочей конической поверхности. Комбинация из пересекающихся двух соосных конусов образует центровое гнездо (б) для обработки деталей в центрах. Наружный конус ρ_1 служит для

предохранения от повреждений рабочей конической поверхности ρ_2 при соприкосновении (ударах) с другими деталями.

Пересечение поверхностей, описанных вокруг одной сферы (рис. 10.12). В этом случае линиями пересечения поверхностей второго порядка являются две плоские кривые второго порядка, изображаемые на плоскости, параллельной осям поверхностей, в виде прямолинейных отрезков. Выше уже приведены некоторые примеры таких пересечений — см. рис. 10.6, *в*, 10.7, *в*.

Другие примеры изображения линии пересечения поверхностей вращения, описанных вокруг одной сферы, рассмотрены на рис. 10.12. В случаях (*а*), (*б*) поверхности двух цилиндров, конуса и цилиндра пересекаются по двум эллипсам с проекциями $1''2''$ и $3''4''$. В случае (*в*) пересечения конусов с проекциями ρ'_1 и ρ'_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 второго порядка, описанные около третьей поверхности второго порядка (или в нее вписанные), пересекаются между собой по двум кривым второго 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 рис. 10.13 горизонтальная проекция линии пересечения прямого кругового цилиндра и сферы совпадает с горизонтальной проекцией цилиндра. Фронтальная и профильная проекции линии построены по 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 $O''_1O'_1$, 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 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 про-

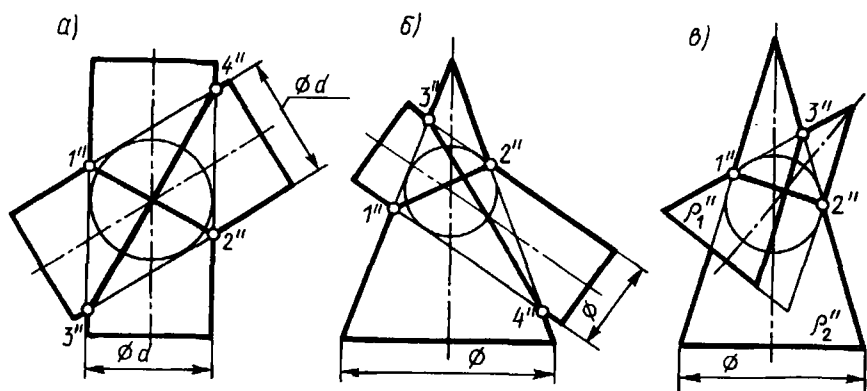


Рис. 10.12

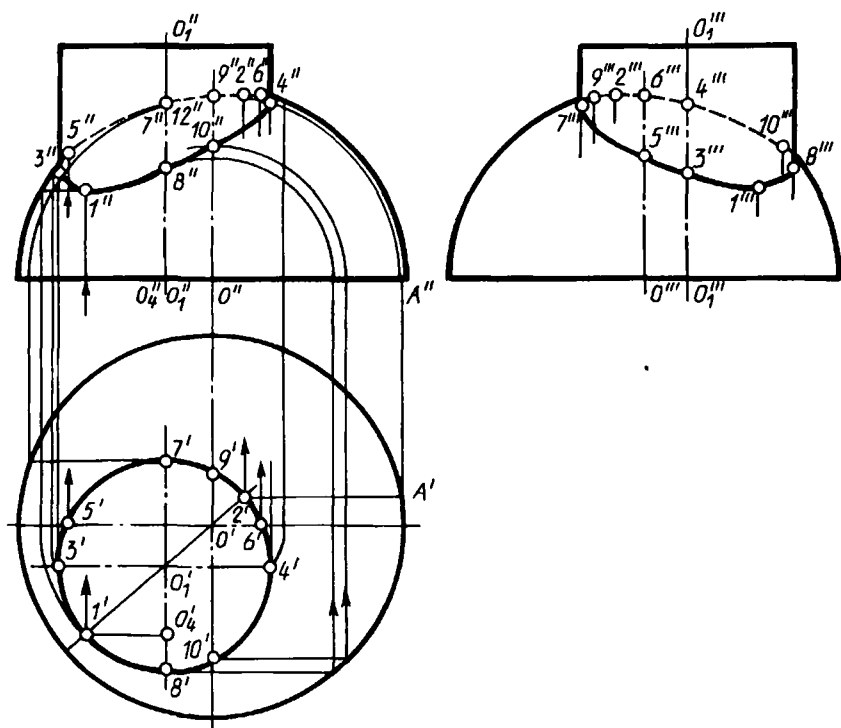


Рис. 10.13

екции $3'''$, $4'''$ — 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 π_2 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 $O'A$ на поверхности сферы, плоскость которой параллельна плоскости π_2 . Аналогичные построения остальных проекций точек линии пересечения ясны из чертежа.

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

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

При изложении настоящего курса для наглядного изображения расположенных в пространстве относительно выбранных плоскостей проекций точки, линии, плоскости, многогранников, сечений конической поверхности плоскостями использовались проекции, называемые **аксонометрическими** или **аксонометрией** — см. рис. 1.1...1.8, 2.1, 2.2, 2.7, 2.9, 2.14, 2.17, 2.19, 3.2, 3.4, 4.10, 4.18, 5.3, 5.10, 6.3, 7.13, 9.7 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, параллельно проецируется на некоторую плоскость, принятую за плоскость аксонометрических проекций (эту плоскость называют также картинной плоскостью).

При параллельном проецировании, если направление проецирования перпендикулярно аксонометрической плоскости проекций, аксонометрическую проекцию называют прямоугольной, если направление проецирования не перпендикулярно плоскости проекций, аксонометрическую проекцию называют косоугольной. 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 параллелепипеда (а) с осями x и y вокруг оси z по стрелке A на 45° получаем его изображение (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° получаем изображение (в) с осями z_1 , x''_2 , y''_2 , расположенными под некоторыми углами к картинной плоскости π (π'''). Параллельная проекция

* Аксонометрия от древнегреческого «аксон» — ось, «метрио» — измеряю.

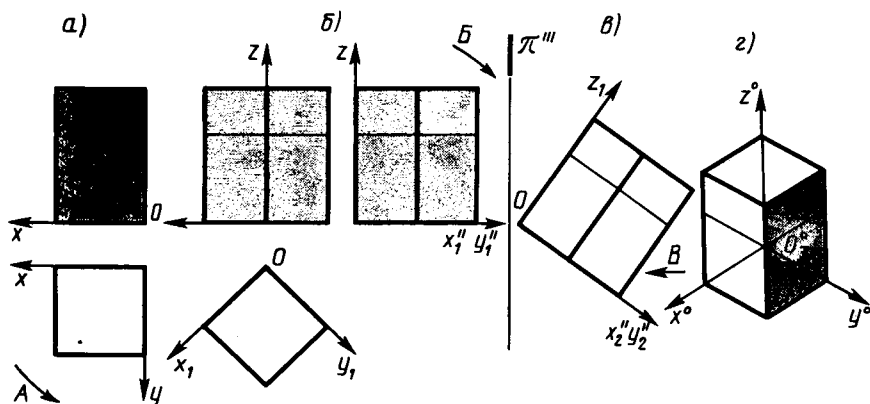


Рис. 11.1

(г) по стрелке B на плоскости π и является аксонометрической проекцией параллелепипеда с осями на плоскости π . Аксонометрическую плоскость при этом не обозначают (ею является плоскость бумаги).

Проекции осей координат x^0 , y^0 , z^0 на плоскости аксонометрических проекций называют аксонометрическими осями (в дальнейшем индекс «0» 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 масштабов 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.

Коэффициенты искажения. На рис. 11.2 изображена пространственная система ортогональных координат Ox , Oy , Oz , единичные отрезки e на осях координат и их проекция в направлении $\vec{s}$ на

Доказательство этой теоремы см. в кн.: Глазунов Е.А., Четверухин Н.Ф. Аксонометрия. М., 1953, с. 32... 35; Глаголев Н.А. Начертательная геометрия. М., 1953.

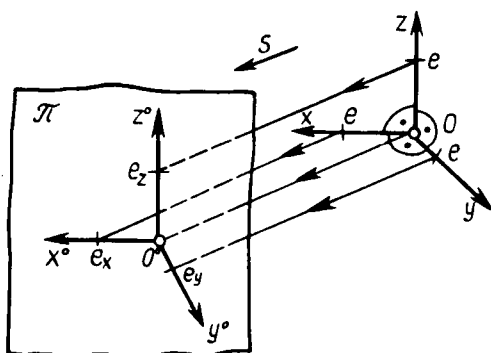


Рис. 11.2

некоторую плоскость π , являющуюся аксонометрической плоскостью проекций. Проекции e_x, e_y, e_z отрезка e на соответствующих аксонометрических осях O^0X^0, O^0Y^0, O^0Z^0 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

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

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 π на рис. 11.3 изображена так, что она пересекает все три координатные оси O_x, O_y, O_z в точках x, y, z соответ-

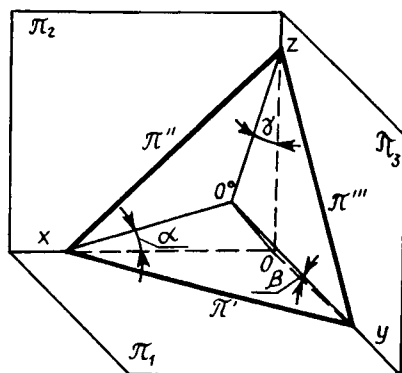


Рис. 11.3

ственно. Рассмотрим прямоугольную аксонометрию. В этом случае отрезок OO^0 перпендикулярен плоскости π . Отрезки O^0x , O^0y , O^0z являются аксонометрическими проекциями отрезков O_x , O_y , O_z и представляют собой катеты прямоугольных треугольников гипотенузы которых — отрезки Ox , Oy , Oz . Обозначим углы между осями координат и их проекциями на плоскости π через α , β , γ .

Тогда

$$\frac{O^0x}{Ox} = \cos \alpha, \quad \frac{O^0y}{Oy} = \cos \beta; \quad \frac{O^0z}{Oz} = \cos \gamma.$$

Эти отношения являются коэффициентами искажения, т.е.

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

Известно, что для отрезка $OO^0 \perp \pi$ сумма квадратов направляющих косинусов равна единице:

$$\cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) + \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) + \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \gamma\right) = 1.$$

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, выполня-

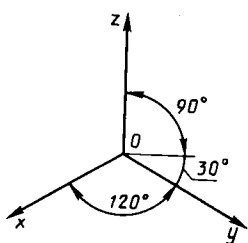


Рис. 11.4

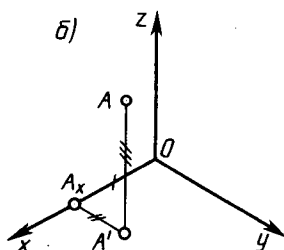
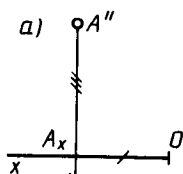


Рис. 11.5

ют без уменьшения размеров (искажения) по осям x , y , z , т.е. коэффициент искажения принимают равным 1. Получаемое при этом изображение предмета в изометрической проекции имеет несколько большие 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.

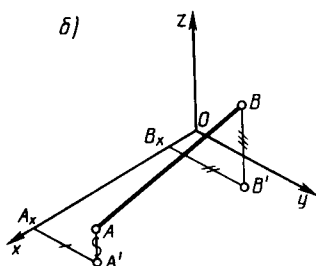
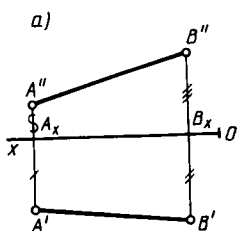


Рис. 11.6

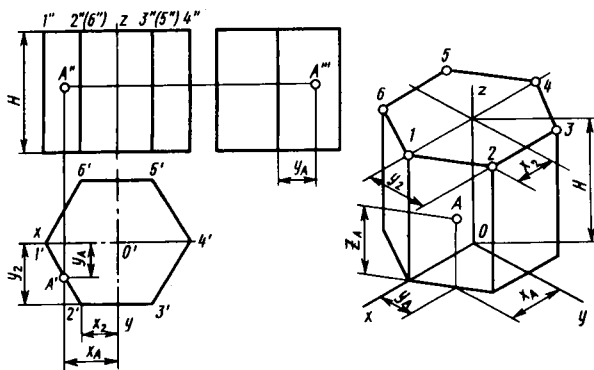


Рис. 11.7

Расположение осей изометрической проекции показано на рис. 11.4. На рис. 11.5 и 11.6 показаны ортогональные (а) и изометрические (б) 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 рис. 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.

Построенные точки верхнего основания соединяют между собой, проводят ребро из точки 1 до пересечения с осью x , 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 рис. 11.7.

Диметрическая проекция. Коэффициенты искажения в диметрической проекции выбирают следующими:

$$k = n; \quad m = \frac{1}{2} k.$$

Тогда

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

$$m \approx 0,47.$$

В целях упрощения построений, как и в изометрических проекциях, коэффициент искажения по осям x и z принимают равным 1; по оси y коэффициент искажения равен 0,5. По осям x и z или параллельно им все размеры откладывают в натуральную величину, по оси y — размеры уменьшают вдвое.

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

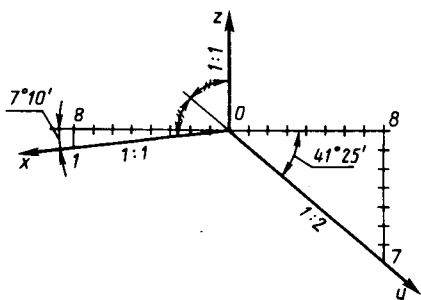


Рис. 11.8

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

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

Продолжение оси y за центр O является биссектрисой угла xOz , что также может быть использовано для построения оси y .

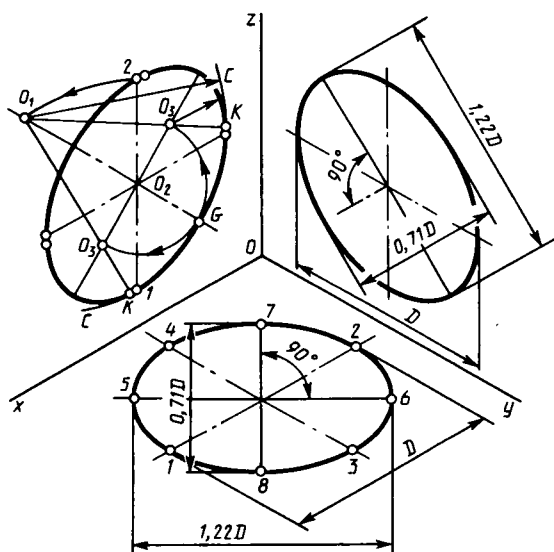


Рис. 11.9

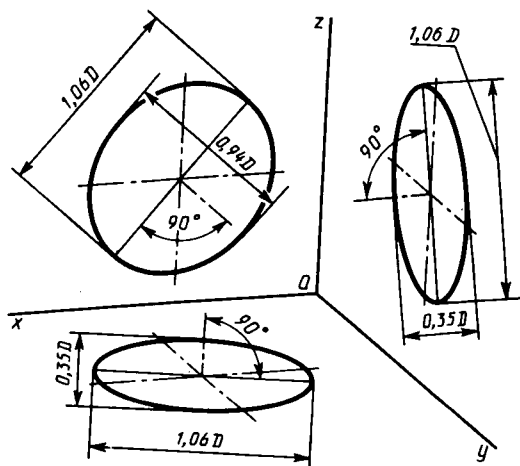


Рис. 11.10

АксонOMETрические изображения окружности. Окружности в аксонометрии изображаются в виде эллипсов: их изображения в аксонометрической проекции приведены на рис. 11.9, в диметрической — на рис. 11.10, с указанием соответствующих значений величин осей эллипсов для приведенных коэффициентов искажения, равных 1.

Большая ось эллипсов расположена под углом 90° 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 восьми 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 проекции также производят по восьми точкам, а эллипсы в изометрической проекции можно заменять овалами и строить их следующим образом*. Построение показано на рис. 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 точки O_1 (строят также аналогичным образом и симметричную ей точку, которая на чертеже не показана). Из точки O_1 , как из центра, проводят дугу CGC радиуса D , которая является одной из дуг, составляющих контур эллипса. Из точки O_2 , как из центра, проводят дугу радиуса O_2G до пересечения с большой осью эллипса в точках O_3 . Проводя через точки O_1 , O_3 прямую, находят в пересечении с дугой CGC точку K , которая определяет O_3K — величину радиуса замыкающей дуги овала. Точки K являются также точками сопряжения дуг, составляющих овал.

АксонOMETрия 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 рис. 11.11, справа.

Пример построения в изометрической проекции круглого фланца с четырьмя цилиндрическими отверстиями и одним треугольным

* Предложен Ю.Б. Ивановым.

приведен на рис. 11.12. При построении осей цилиндрических отверстий, а также ребер треугольного отверстия использованы их координаты, например координаты x_0 и y_0 .

АксонOMETрическое 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,

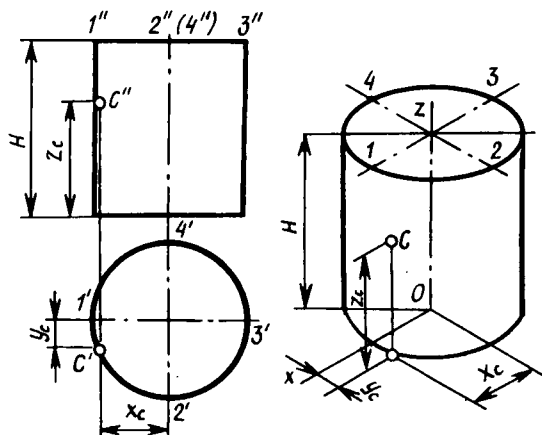


Рис. 11.11

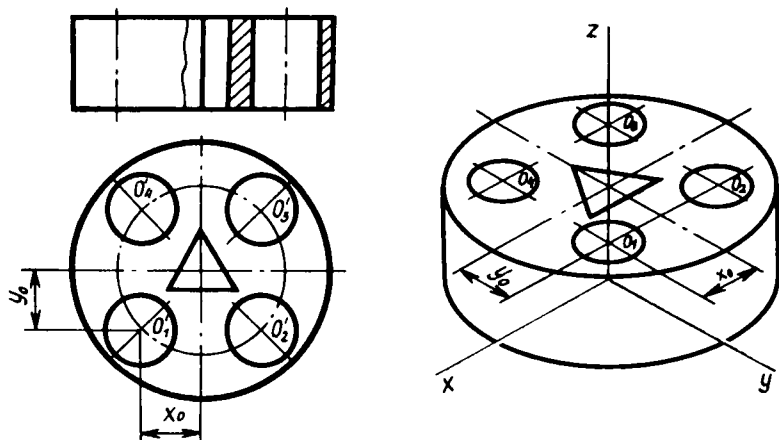


Рис. 11.12

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

Построение аксонометрических изображения 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° к плоскостям π_2 и π_1 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) такая:

1) определяют вид аксонометрической проекции для изображения данного предмета (изометрия или диметрия). Деталь, показанную на рис. 11.13, целесообразно изображать в диметрической проекции (рис. 11.14). Выбирают достаточное место для аксонометрического изображения и отмечают начало координат O ;

2) проводят аксонометрические оси под установленными углами (см. рис. 11.4 и 11.8) из начала координат и строят (рис. 11.14, а)

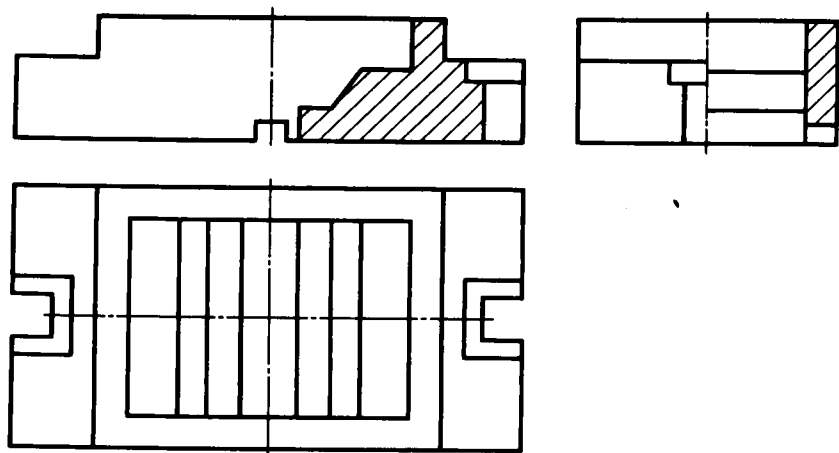


Рис. 11.13

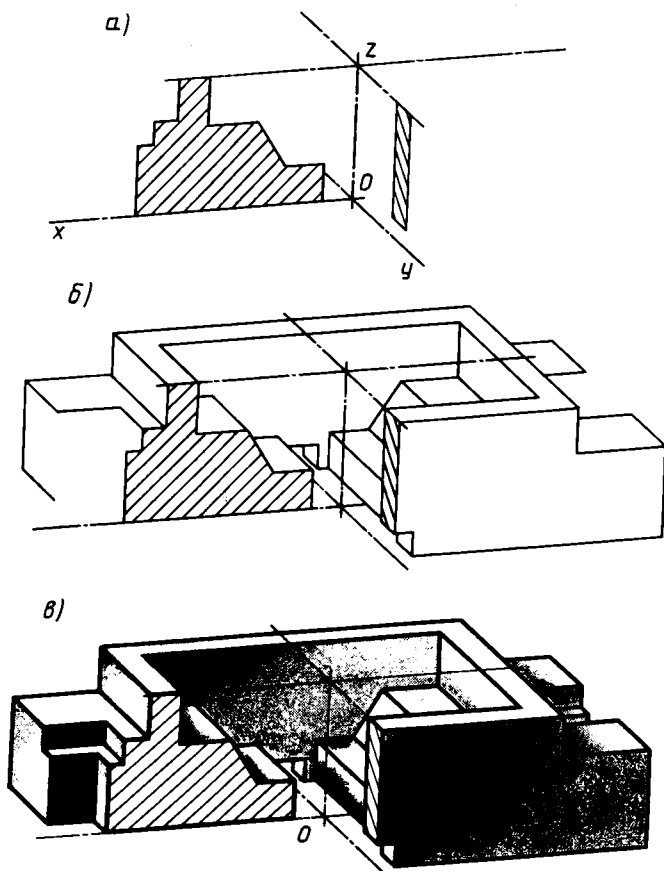


Рис. 11.14

сечения предмета в плоскостях yOz и xOz . Координаты точек сечений, выполняемых в плоскостях yOz и xOz , берут соответственно на профильном и фронтальном разрезах чертежа;

3) строят (рис. 11.14, б) изображение верхней части детали, видимых внутренних элементов, наружные боковые поверхности;

4) достраивают боковые элементы крепления (см. рис. 11.14, в).

Пример рациональной последовательности построения изометрической проекции детали приведен на рис. 11.15, а — в.

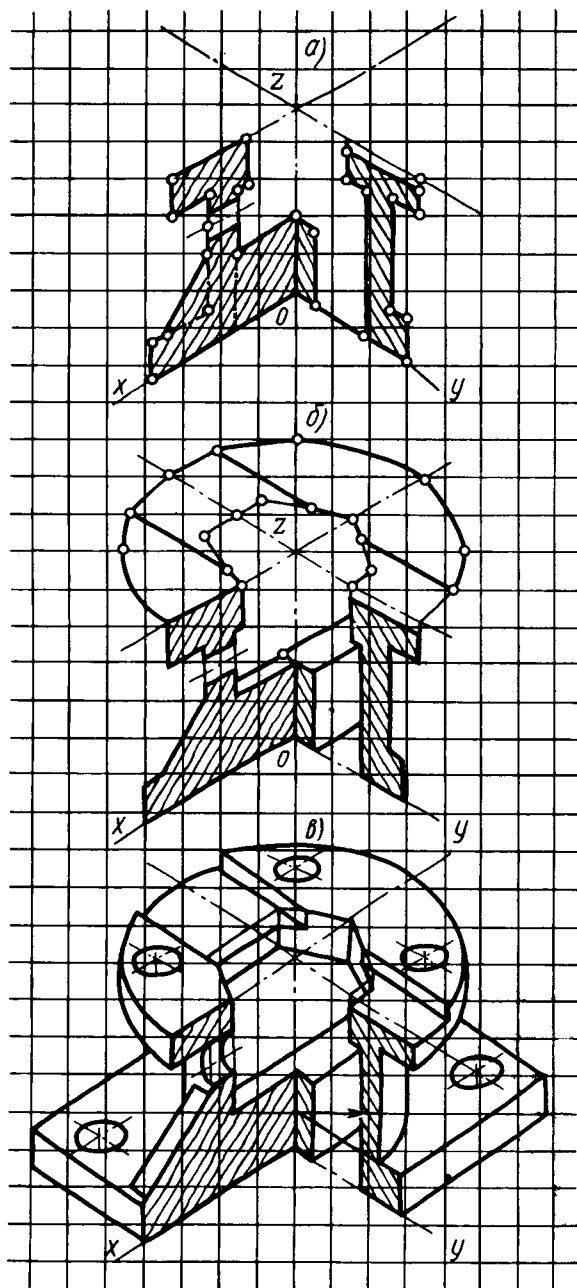


Рис. 11.15

КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ И ЕЕ ОФОРМЛЕНИЕ

12.1. ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Конструкторскую документацию во всех организациях страны разрабатывают и оформляют по взаимосвязанным правилам и положениям, установленным в государственных стандартах Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Определенные правила установлены и для обращения конструкторской документации. Основное назначение стандартов ЕСКД подробно рассмотрено во введении.

Стандартами ЕСКД установлены виды всех изделий, виды и комплектность конструкторской документации и стадии ее разработки.

Стандарты ЕСКД отнесены ко второму классу и распределены по следующим группам:

Содержание стандартов в группе	Номер стандарта
Общие положения	ГОСТ 2.001—70... ГОСТ 2.004—83
Основные положения	ГОСТ 2.101—68... ГОСТ 2.124—85
Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах	ГОСТ 2.201—80
Общие правила выполнения чертежей	ГОСТ 2.301—68... ГОСТ 2.321—84
Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения	ГОСТ 2.401—68... ГОСТ 2.430—85
Правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений)	ГОСТ 2.501—68... ГОСТ 2.505—82
Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации	ГОСТ 2.601—68... ГОСТ 2.609—79
Правила выполнения схем	ГОСТ 2.701—76... ГОСТ 2.797—81
Правила выполнения документов строительных и судостроения	ГОСТ 2.801—74... ГОСТ 2.857—75
Прочие стандарты	—

Виды изделий. Изделием называют любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии. Их подразделяют на следующие виды: детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

Деталью называют изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, например: валик из одного куска металла, литой корпус; пластина из биметаллического листа, отрезок кабеля или провода заданной длины; трубка, спаянная или сваренная из одного куска листового материала.

Сборочной единицей называют изделие, составные части которого соединяют между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, опрессовкой и т. п.), например: автомобиль, микромодуль, сварной корпус, маховичок из пластмассы с металлической арматурой.

В учебном процессе применяют в основном детали и сборочные единицы.

Виды конструкторских документов. Конструкторские документы определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. К конструкторским документам относят графические и тестовые документы. Их подразделяют на следующие виды (в скобках указан шифр документов):

чертежи деталей (—), сборочные (СБ), общего вида (ВО), теоретические (ТЧ), габаритные (ГЧ), электромонтажные (МЭ), монтажные (МЧ), упаковочные (УЧ);

схемы (по ГОСТ 2.701—76);

спецификации (—);

ведомости спецификаций (ВС), ссылочных документов (ВД), покупных изделий (ВП), согласования применимости покупных изделий (ВИ), держателей подлинников (ДП), технического предложения (ПТ), эскизного проекта (ЭП), технического проекта (ТП);

пояснительная записка (ПЗ);

технические условия (ТУ);

программа и методика испытаний (ПМ);

таблицы (ТБ);

расчеты (РР);

инструкции (И...);

документы прочие (Д...);

патентный формуляр (ПФ);

документы эксплуатационные;

ремонтные документы;

карта технического уровня и качества изделия (КУ).

Часть из указанных документов является обязательными, остальные разрабатываются в зависимости от характера, назначения или условий производства изделий. К обязательным документам относятся на этапе разработки ведомости технического предложения, эскизного проекта, технического проекта и пояснительная записка, включая чертеж общего вида в составе технического

проекта; на этапе рабочего проектирования — чертежи деталей и сборочные, спецификации.

В учебном процессе разрабатывают такие конструкторские документы, как чертежи деталей, общего вида, сборочные, схемы, таблицы, спецификации, расчеты, пояснительные записки к курсовым и дипломным проектам. Эти документы разрабатывают по содержанию близкими к производственным конструкторским документам. В некоторых случаях по договорам с предприятиями их разрабатывают в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и передают в производство.

Подробное описание и правила выполнения каждого вида конструкторских документов регламентированы в соответствующих стандартах ЕСКД.

Ниже будут рассмотрены основные правила оформления чертежей деталей, общего вида, сборочных и спецификаций, необходимые для дальнейшего выполнения как учебных работ и проектов, так и для практической работы.

12.2. СТАНДАРТЫ ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

К стандартам оформления чертежей прежде всего относят стандарты на форматы, масштабы, линии, шрифт, основную надпись, графические обозначения материалов. Рассмотрим их.

Форматы. Чертежным форматом называют размер конструкторского документа. Листы чертежей бумаги, как правило, больше по размерам, чем форматы конструкторских документов. Обозначения и размеры основных форматов следующие:

Обозначения	A0	A1	A2	A3	A4
Размеры сторон, мм	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

При необходимости допускается применять формат A5 с размерами сторон 148×210 мм.

Формат A0 имеет площадь 1 м². Последующий формат получают делением предыдущего на две равные части параллельно его меньшей стороне.

Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам.

На листе чертежной бумаги формат обводят тонкой линией. При этом размеры сторон отмечают относительно центра листа бумаги так, чтобы со всех сторон оставался край бумаги примерно одинаковой ширины для прикрепления чертежа к доске.

Поле формата, на котором размещают изображения деталей, приборов, геометрические построения или текст, ограничивают

рамкой. Рамку проводят на расстоянии 5 мм от верхней, нижней и правой сторон формата и на расстоянии 20 мм от левой стороны. Поле шириной 20 мм слева предназначено для подшивки чертежей.

Масштабы. Масштабом чертежа называют отношение линейных размеров изображения объекта на чертеже к действительным размерам объекта.

Масштабы изображений на чертежах стандартизированы 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	и др.

Предпочтителен масштаб 1:1, т. е. изображение в натуральную величину.

Масштаб, изображенный на чертеже, записывают в соответствующей графе основной надписи по типу 1:1; 1:2; 2:1 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 А 1:1, Б 2:1, В 1:2 и т. д.

Линии. Для большей выразительности, наглядности на чертежах применяют различные типы линий. Их определенное начертание и назначение стандартизовано (табл. 1). Толщина сплошной основной линии стандартизована от 0,6 до 1,5 мм, для учебных чертежей

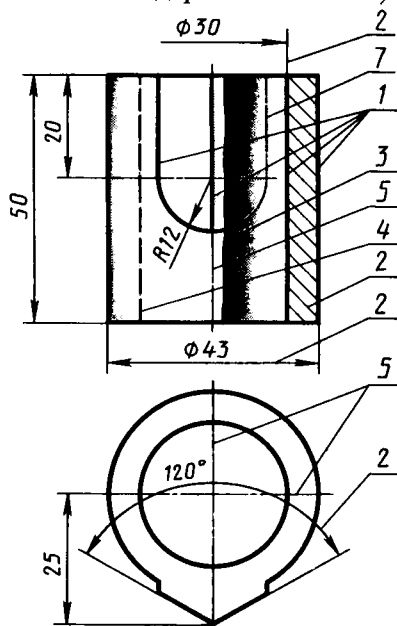


Рис. 12.1

целесообразно применять толщину 0,8... 1 мм.

Типовые примеры начертания и основного назначения некоторых линий приведены на рис. 12.1.

Шрифты. На всех чертежах и других технических документах применяют стандартные шрифты русского, латинского и греческого алфавитов, арабские и римские цифры и специальные знаки.

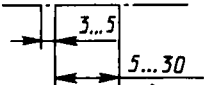
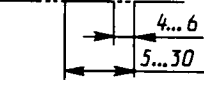
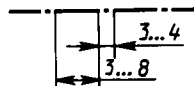
Размер шрифта характеризуется высотой (h) прописных букв в миллиметрах. Установлены следующие его размеры: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

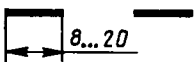
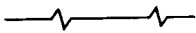
В зависимости от толщины линий установлены два типа шрифта:

тип А с толщиной линии $d = 1/14h$;

тип Б с толщиной линии $d = 1/10h$;

Таблица 1

Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение
1. Сплошная основная		s	Линия видимого контура Линия перехода видимые Линия контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		$s/3 \dots s/2$	Линия 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
3. Сплошная волнистая		$s/3 \dots s/2$	Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая		$s/3 \dots s/2$	Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
5. Штрих-пунктирная		$s/3 \dots s/2$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для вынесенных или наложенных сечений
6. Штрих-пунктирная с двумя точками		$s/3 \dots s/2$	Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развертки, совмещенной с видом
7. Штрих-пунктирная утолщенная		$s/2 \dots \frac{2}{3}s$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)

Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение
8. Разомкнутая		$s \dots 1\frac{1}{2} s$	Линия сечения
9. Сплошная тонкая с изломами		$s/3 \dots s/2$	Длинные линии обрыва

Оба типа шрифта выполняют с наклоном около 75° или без наклона (прямой шрифт).

Русский алфавит и арабские цифры шрифтов типа Б с наклоном приведены на рис. 12.2.

Расположение надписей на поле чертежа. Надписи цифровые и буквенные располагают, как правило, горизонтально и выполняют четким шрифтом. Размещают надписи на поле чертежа обычно над основной надписью. Надписи внутри контура проекций (за исключением размерных чисел) помещают только в случае крайней необходимости. Если по необходимости надпись пересекает линию чертежа, то линию в этом месте прерывают. Если надпись подчеркивают линией или пишут вдоль нее, то между линией и надписью оставляют просвет около 1 мм.

В табличных документах (спецификации, ведомости, основные надписи и т. п.) надписи располагают примерно в середине между линиями.

Основные надписи. На всех конструкторских документах в правом нижнем углу располагают основную надпись (рис. 12.3). На листах формата А4 основные надписи располагают вдоль короткой стороны листа.

Рекомендуется следующее заполнение граф основной надписи в условиях учебного процесса (сохранено стандартное обозначение граф).

Графа 1 — наименование детали или сборочной единицы.

Графа 2 — обозначение документа по принятой в институте системе.

Графа 3 — обозначение материала детали (заполняют только на чертежах деталей).

Графа 4 — не заполнять.

Графа 5 — масса изделия.

Графа 6 — масштаб.

Графа 7 — порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют).

Графа 8 — общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе документа).

АБВГДЕЖЗИ

ЙКЛМНОПРС

ТУФХЦЧШЩ

ЬЫЬЭЮЯ

RXYZN°

1234567890

абвгдежзи

йклмнопрс

туфхцчшщ

ьыьэюя

Рис. 12.2

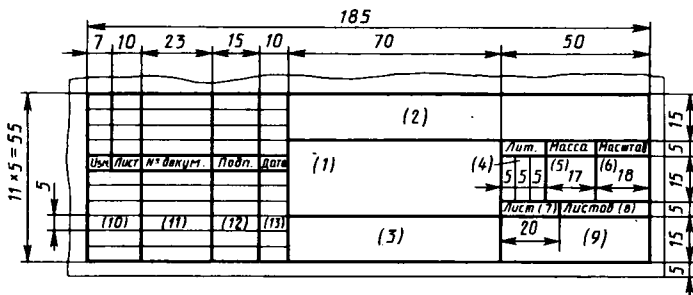


Рис. 12.3

Графа 9 —наименование учебного заведения и номер группы.

Графа 10 — характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, например:

Разработал ... (студент)

Проверил ... (преподаватель)

Графа 11 — четкое написание фамилий лиц, подписавших документ.

Графа 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

Графа 13 — дата подписания документа.

Обозначения материалов. Марки материалов в конструкторских документах указывают в соответствии со стандартами на эти материалы: в графе 3 основной надписи в чертежах деталей, в спецификации или в технических требованиях на поле чертежа — для сборочных единиц. Марки материалов имеют буквенно-цифровые обозначения.

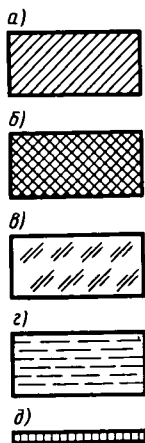


Рис. 12.4

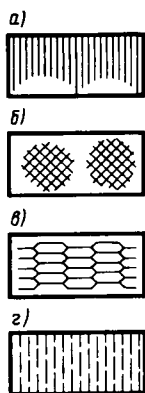


Рис. 12.5

В сечениях (рис. 12.4) изображаемых деталей, а также в некоторых случаях на видах (рис. 12.5) используют стандартные условные графические обозначения материалов.

Общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от вида материалов и металлов соответствует рис. 12.4, *а*. К неметаллическим материалам (обозначение на рис. 12.4, *б*) относятся также волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением ряда строительных материалов (дерево, камень, бетон). На рис. 12.4, *в* — стекло, *г* — жидкость, *д* — сетка. На рис. 12.5: *а* — металл, *б* — сетка, *в* — просечная сталь, *г* — стекло.

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 сечений большой площади — шаг больше, для сечений небольшой площади шаг уменьшают. Шаг штриховки одной и той же детали на всех сечениях в одном масштабе одинаков.

Пример штриховки групп деталей, соединенных точечной или шовной сваркой, показан на рис. 12.6.

Угол наклона штриховки относительно рамки — 45° , 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 или 60° относительно горизонтальной стороны рамки.

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 (пример — штриховка деталей 3 и 4 на рис. 12.6).

При трех и более смежных сечениях разных деталей изменяют как направление штриховки, так и шаг ее (рис. 12.6, штриховка деталей 1, 2, 3, см. также на рис. 16.2 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 (пример — штриховка деталей 3 и 4 на рис. 12.6).

Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, не штрихуют, а показывают зачерненными (пример — сечение двух шайб 8 на рис. 16.2).

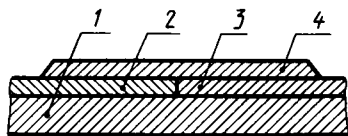


Рис. 12.6



Рис. 12.7

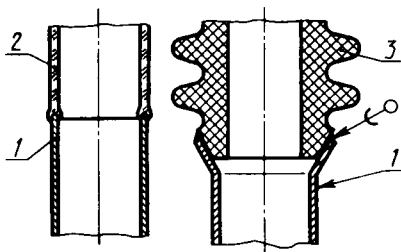


Рис. 12.8

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. 12.7).

На рис. 12.8 на примерах характерных соединений электронных приборов и узлов оборудования показаны графические обозначения металлов — 1, стекла — 2, керамики — 3.

Аналогично керамике штрихуют резину, пластмассу (ручка 1 на рис. 16.4) и материалы на их основе; аналогично стеклу — другие прозрачные материалы.

ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРЕДМЕТОВ — ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

13.1. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСТРУКЦИИ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ

Конструктор, разрабатывая деталь заданного функционального назначения, определяет ее геометрическую форму. В свою очередь геометрическую форму любой детали можно представить как совокупность элементарных геометрических тел, их частей или отсеков поверхностей (см. рис. 9.15). Тем самым выполнение изображений на чертежах деталей любой сложности сводится к выполнению на них уже изученных построений элементарных поверхностей.

В качестве примера на рис. 13.1 показано (внизу), что наружную форму корпуса оптического затвора лазера можно представить как объединение параллелепипеда, четырехгранной призмы и полуцилиндра с двумя срезами. Внутренние полости детали могут быть получены удалением материала из общего объема детали в двух уровнях, а также четырех отдельных цилиндров. В верхнем уровне — прямой призмы сложной конфигурации и четырех четвертей цилиндров. В следующем уровне — объединения призм и шести полуцилиндров. В случае прессования форму детали образует инструмент. Форму наружной поверхности детали придают матрице, внутренней — пуансону.

13.2. 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 основных взаимно перпендикулярных 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

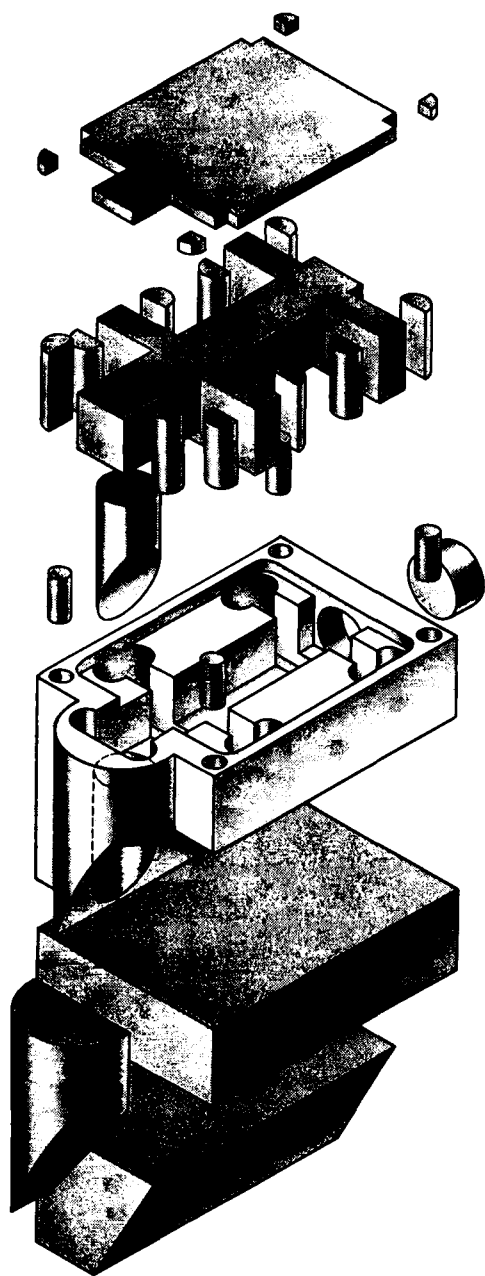


Рис. 13.1

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 и СПДС. Рассмотрим их в порядке, принятом в ЕСКД, а также с учетом специфики учебного процесса.

Основные положения и определения. Предметы на технических чертежах изображают по методу прямоугольного проецирования на взаимно перпендикулярные плоскости проекций. При этом изображаемый предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (рис. 13.2). Такой

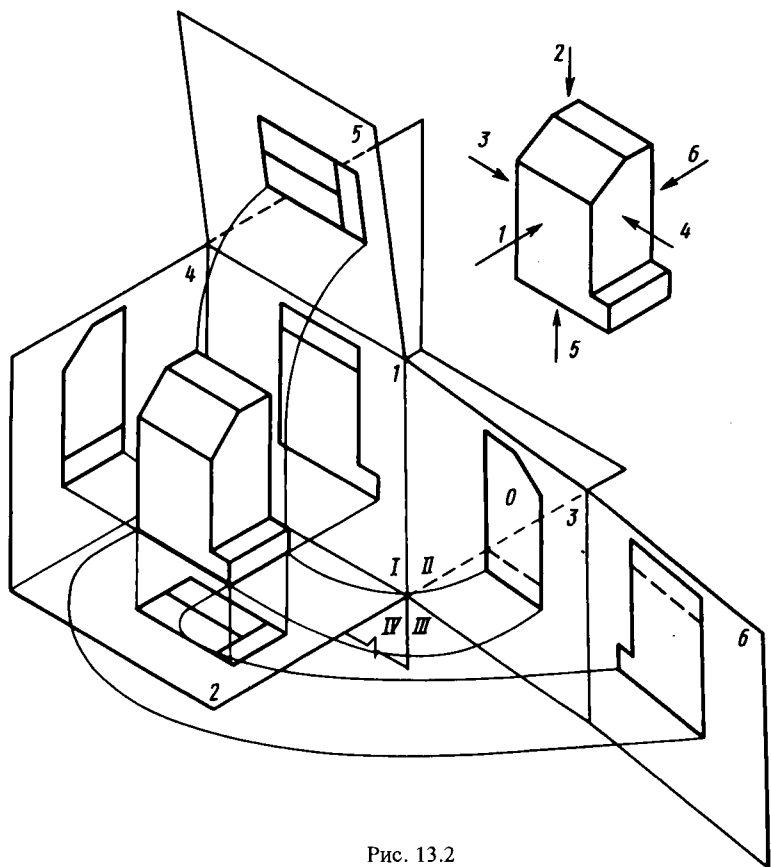


Рис. 13.2

метод проецирования называют также методом первого угла (метод *E*). На рис. 13.2 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 рис. 13.3. Грань *б* допускается располагать 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.

Изображением является любой чертеж, который может быть видом, разрезом или сечением, выполненный установленным способом проецирования, как правило, в определенном масштабе, и служит 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,

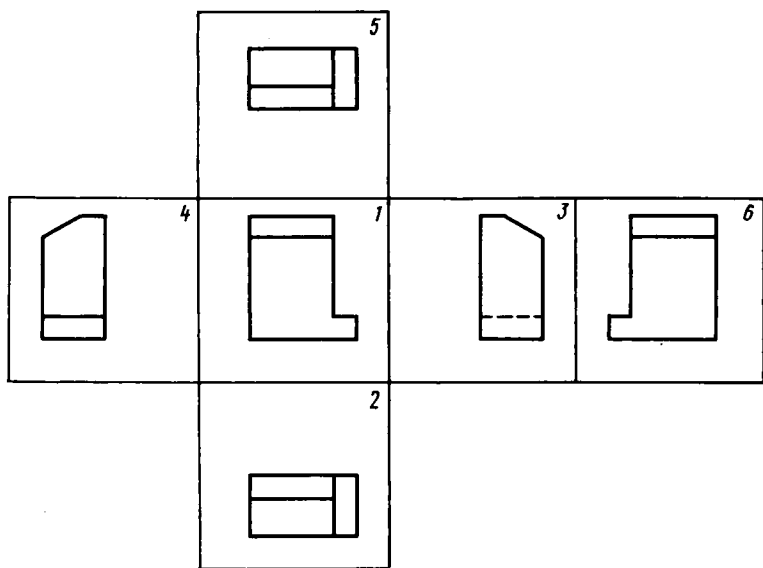


Рис. 13.3

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 рис. 6.4, прямоугольного волновода на рис. 6.8, пирамиды с вырезом на рис. 6.10, пересекающихся пирамиды и призмы на рис. 6.13, б, цилиндрических деталей на рис. 9.1—9.3, сферы со срезом на рис. 9.11, различные варианты тора на рис. 8.13, пересекающихся между собой цилиндров или цилиндра и конуса на рис. 10.6, 10.7, деталей типа тел вращения на рис. 10.11, а—в 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, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

Плоскости мысленного рассечения предмета 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 разрезами в системе трех ортогональных плоскостей проекций дают рис. 13.4, 13.5, 13.6. 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 изображением — разрезом делают надпись по типу $A-A$ — см. рис. 13.4 и 13.6. Толщину штрихов разомкнутой линии обычно выполняют $(1 \dots 1,5) s$, где s — толщина линии видимого контура чертежа; длина штрихов — $8 \dots 20$ мм. Образец обозначения плоскости разреза приведен на рис. 13.7. Буквы ставят

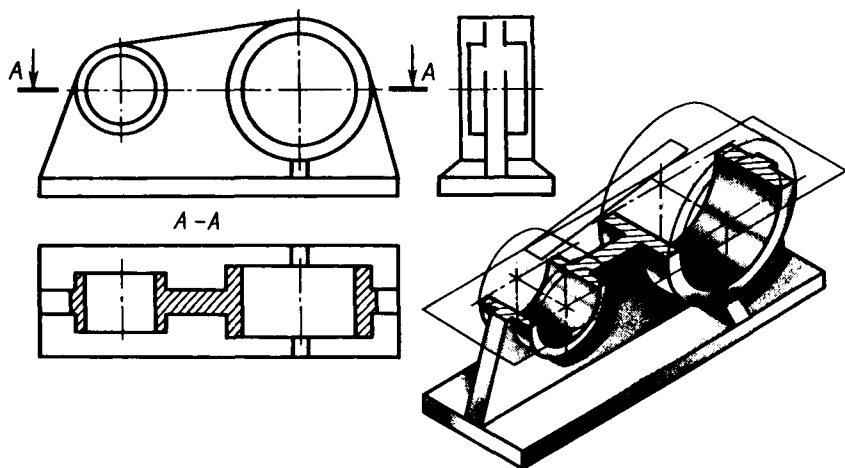


Рис. 13.4

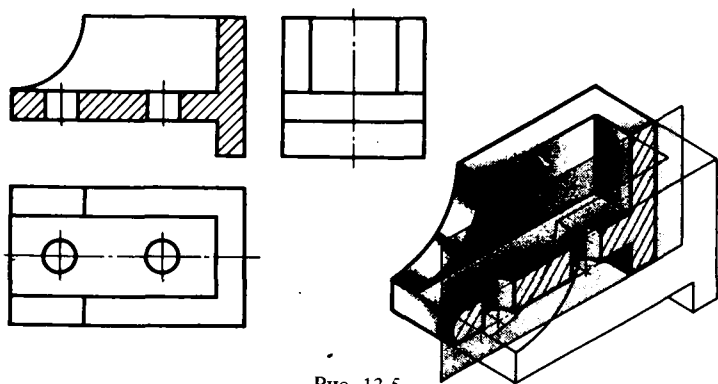


Рис. 13.5

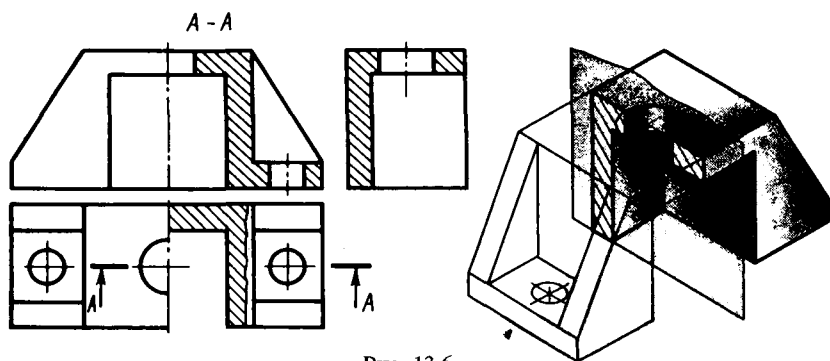


Рис. 13.6

у начала и конца линии сечения, т. е. так, чтобы стрелки размещались между буквой и изображением.

Если секущая плоскость разреза — горизонтальная, фронтальная или профильная — совпадает с плоскостью симметрии предмета, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены другими изображениями, то положение

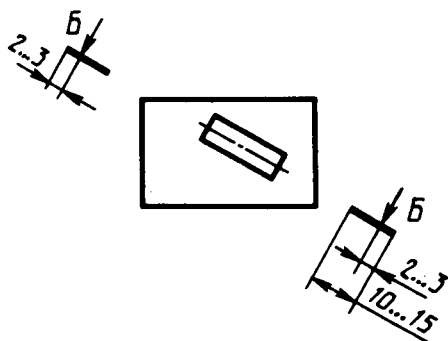


Рис. 13.7

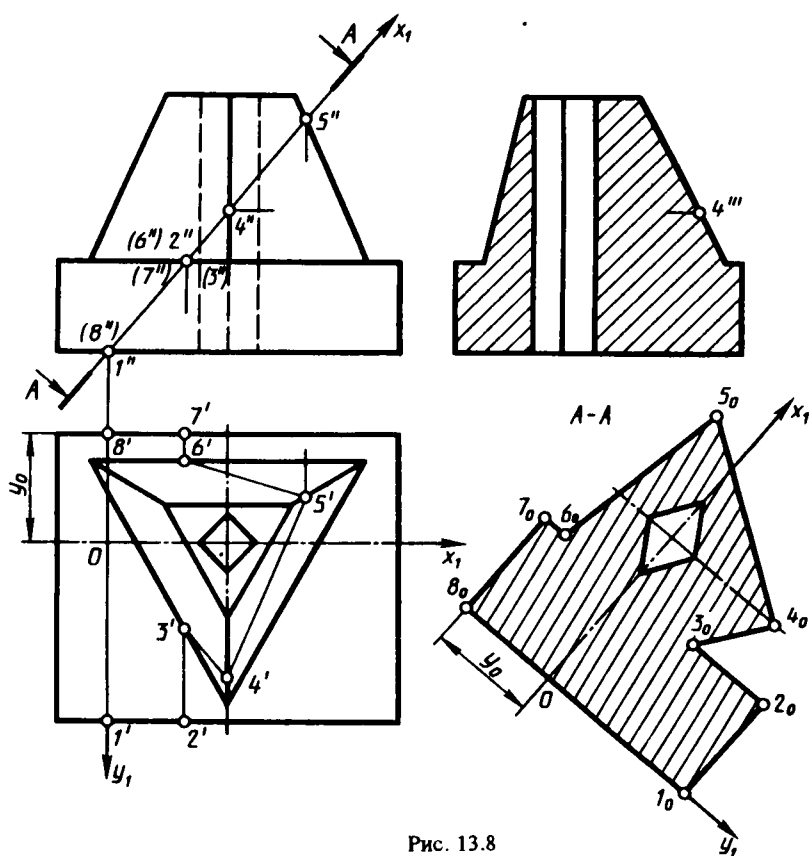


Рис. 13.8

секущей плоскости не обозначают и разрез не надписывают. По этой причине не надписан разрез на рис. 13.5 и разрез профильной секущей плоскостью на рис. 13.6. 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 сечении 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 рис. 13.8. Сечение, обозначенное $A—A$, построено способом, рассмотренным на рис. 6.9. Оно несколько смещено влево относительно положения на фронтальной проекции. Несколько сечений тора плоскостями, параллельными его оси, приведено на рис. 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.

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.

13.3. ВИДЫ

Названия основных видов. Для видов, получаемых на основных плоскостях проекций (основные виды, см. рис. 13.3), 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 рис. 13.3. 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, а соответствующие виды отмечают на чертеже надписью по типу A . 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 рис. 13.9 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.

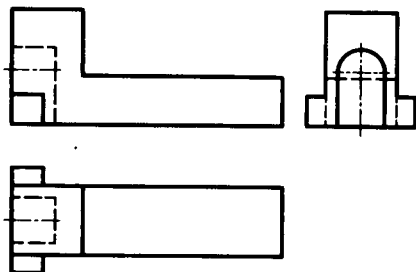


Рис. 13.9

Дополнительный вид. Если какую-либо часть предмета невозможно показать на рассмотренных выше основных видах (см. рис. 13.3) без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды, получаемые на плоскостях, не параллельных 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 рис. 13.10, *а*—*в*, при этом расположения *а* или *б* предпочтительнее.

Дополнительный вид отмечают на чертеже надписью типа *А* (рис. 13.10, *б*, *в*), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета ставят стрелку, указывающую направление взгляда, с соответствующими буквенными обозначениями (стрелка *А*, рис. 13.10, *б*, *в*). Соотношение размеров для вычерчивания стрелок приведено на рис. 13.11.

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и надпись над видом не наносят (см. рис. 13.10, *а*).

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

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере (*А* на рис. 13.12), или не ограничен (*А* на рис. 13.13). Местный вид отмечают на чертеже подобно дополнительному виду.

Развернутый вид. Развернутые виды применяют для изображения:

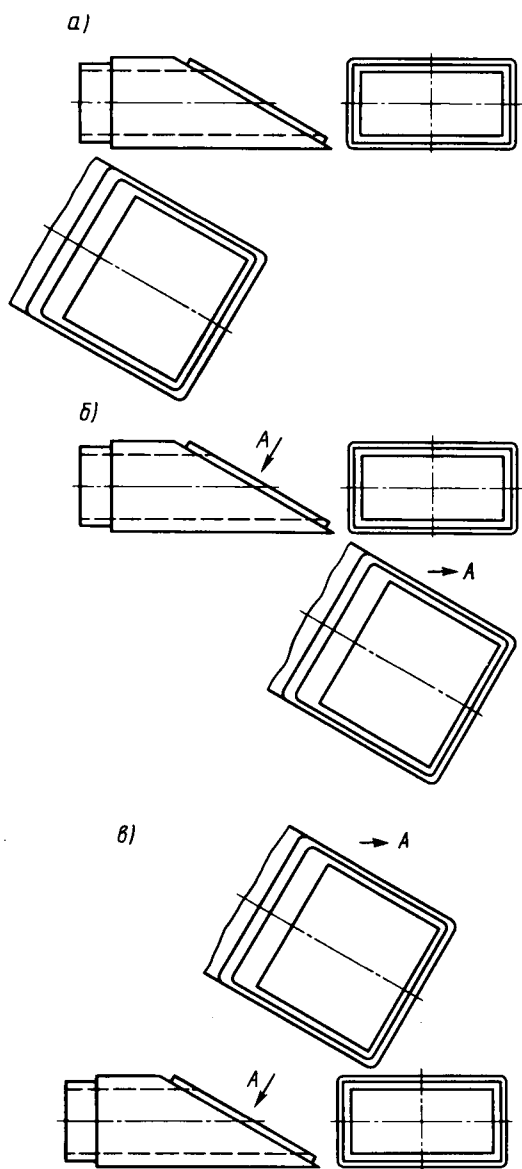


Рис. 13.10

1) искривленных предметов, которые развертываются в одну плоскость без искажения, например Вид А системы охлаждения заготовки анода на рис. 13.14;

2) гнутых предметов, которые развертываются в одну плоскость; при таком изображении контуры выполняют сплошной линией, а места изгиба обозначают штрихпунктирной с двумя точками тонкой линией (рис. 13.15). Над изображением развертки помещают знак развертки (рис. 13.15).

Предмет, как правило, изображается в окончательной форме.

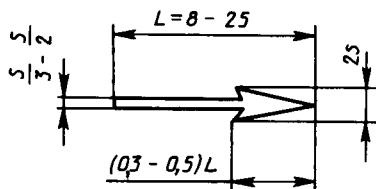


Рис. 13.11

13.4. РАЗРЕЗЫ

Разрезы разделяют в зависимости от положения секущей плоскости на горизонтальные, вертикальные и наклонные, от числа секущих плоскостей на простые (при одной секущей плоскости) 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 (разрез А—А на рис. 13.4);

вертикальные — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (разрез на рис. 13.5);

наклонные — секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого, или секущая плоскость которого не параллельна ни одной из основных плоскостей проекций (разрез А—А на рис. 13.16).

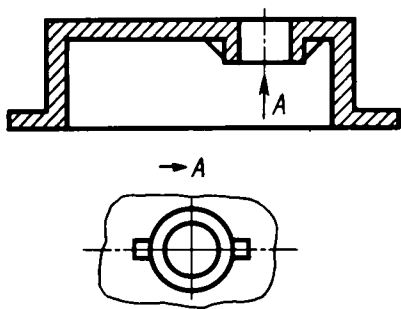


Рис. 13.12

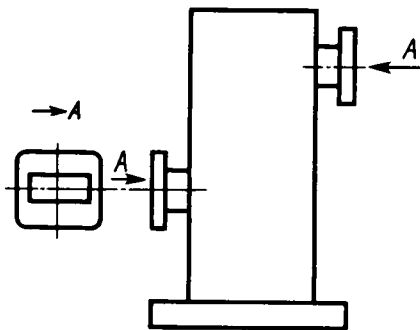


Рис. 13.13

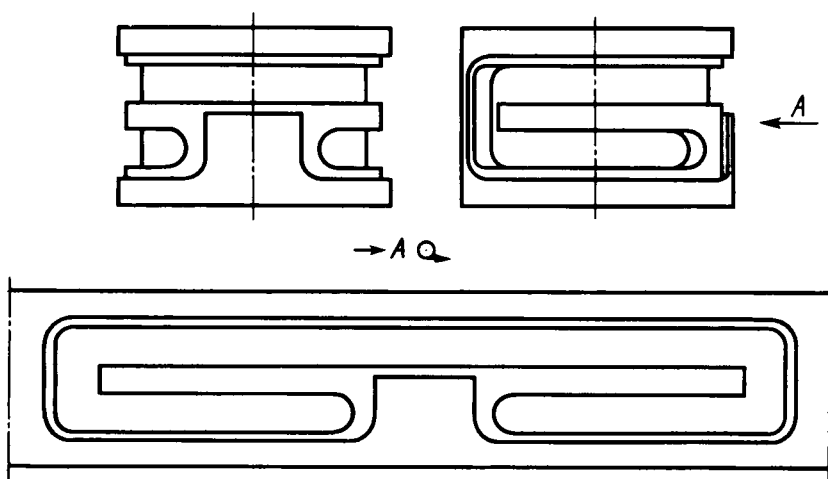


Рис. 13.14

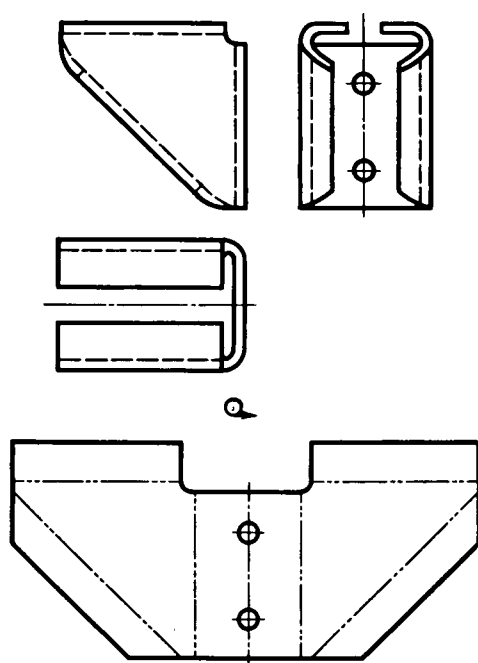


Рис. 13.15

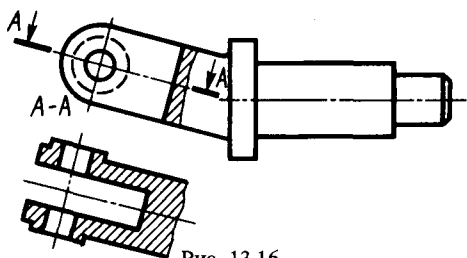


Рис. 13.16

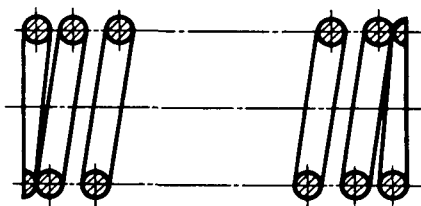


Рис. 13.17

Вертикальный разрез называют фронтальным, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (см., например, разрез на рис. 13.5), и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (например, на рис. 13.6).

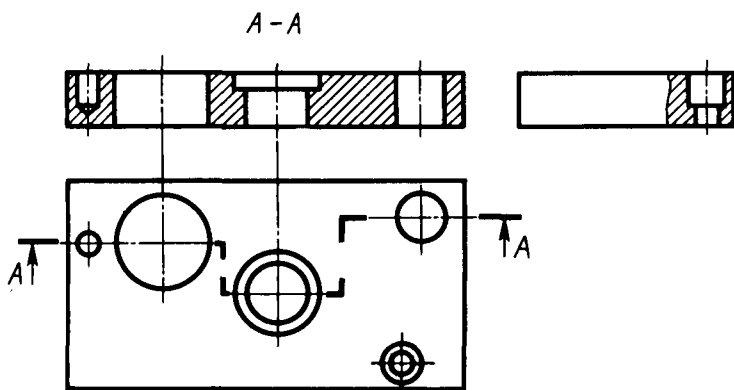


Рис. 13.18

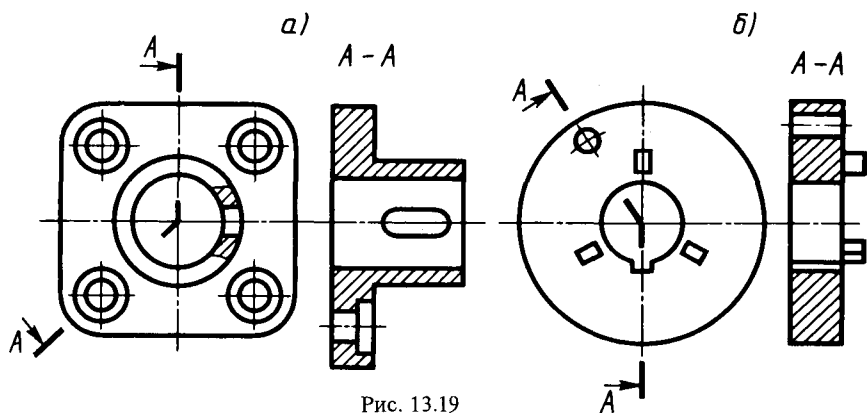


Рис. 13.19

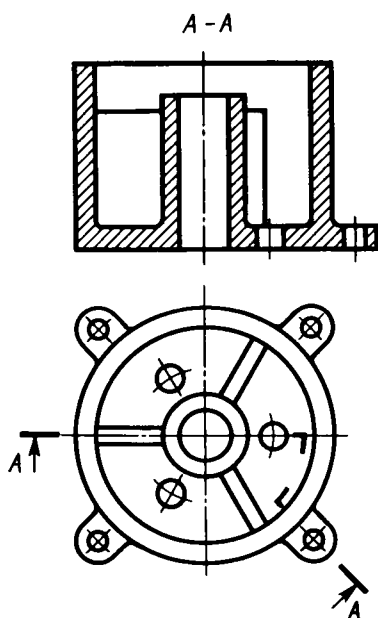


Рис. 13.20

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. 13.5, горизонтальный разрез на рис. 13.4, профильный разрез на рис. 13.6).

Вертикальный разрез, когда секущая плоскость непараллельна фронтальной или профильной плоскости 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. 13.17), 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. 13.20).

Сложные разрезы. В зависимости от положения секущих плоскостей различают ступенчатые и ломанные разрезы.

Ступенчатыми называют разрезы, если секущие плоскости параллельны (например, фронтальный разрез $A-A$ на рис. 13.18, при трех секущих плоскостях).

Ломаными называют разрезы, если секущие плоскости пересекаются (например, разрез $A-A$ на рис. 13.19, $a, б$).

При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость (см. разрез $A-A$ на рис. 13.19, 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. 13.19).

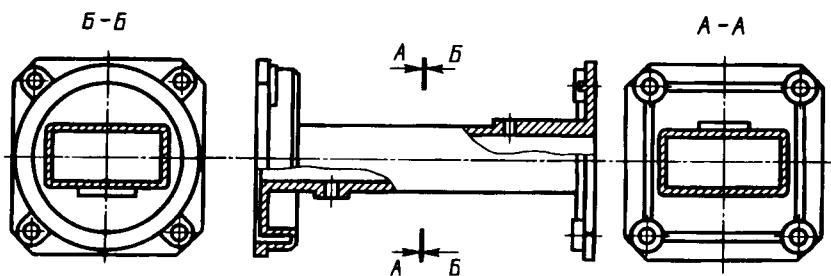


Рис. 13.21

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. 13.19, б). Наряду с рассмотренными ступенчатыми и ломаными разрезами применяют сложные разрезы по типу, приведенному на рис. 13.20.

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. 13.21).

Местный разрез. Разрез, служащий для выявления формы предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называют **местным**. Местный разрез отделяют от вида сплошной волнистой линией (рис. 13.22, а, б). Эта линия не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения (рис. 13.22, б).

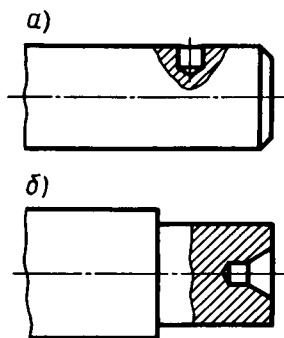


Рис. 13.22

13.5. СЕЧЕНИЯ

Сечения (рис. 13.23), не входящие в состав разреза, разделяют на **вынесенные** — а и **наложенные** — б. Вынесенные сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 13.23, в).

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения (рис. 13.23, 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.

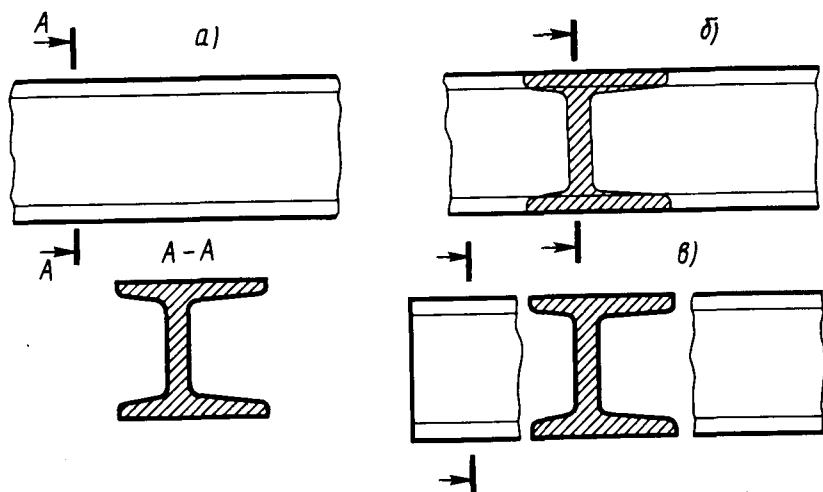


Рис. 13.23

При этом для вынесенного сечения ее обозначают одинаковыми прописными буквами русского алфавита, а изображение сечения надписывают (рис. 12.23, *а*). Для таких же сечений, наложенных (рис. 13.23, *б*) или расположенных в разрыве (рис. 13.23, *в*), линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.

У симметричных сечений (наложенных *а* или вынесенных *б* — рис. 13.24) ось симметрии указывают штрихпунктирной тонкой

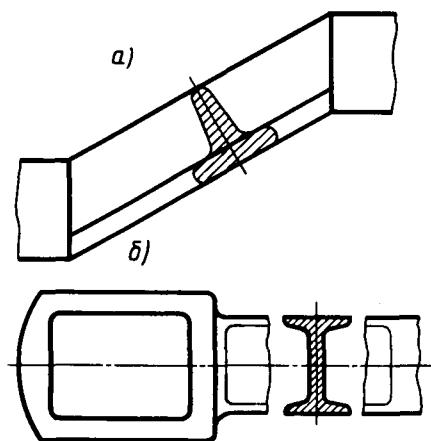


Рис. 13.24

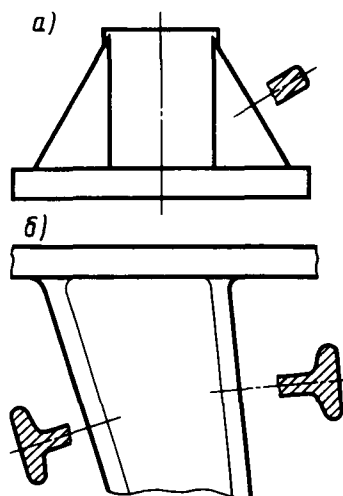


Рис. 13.25

линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (см. рис. 13.23). Допускается располагать сечение на любом поле чертежа. Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (рис. 13.25, *a*, *б*). Сечения строят вращением нормального

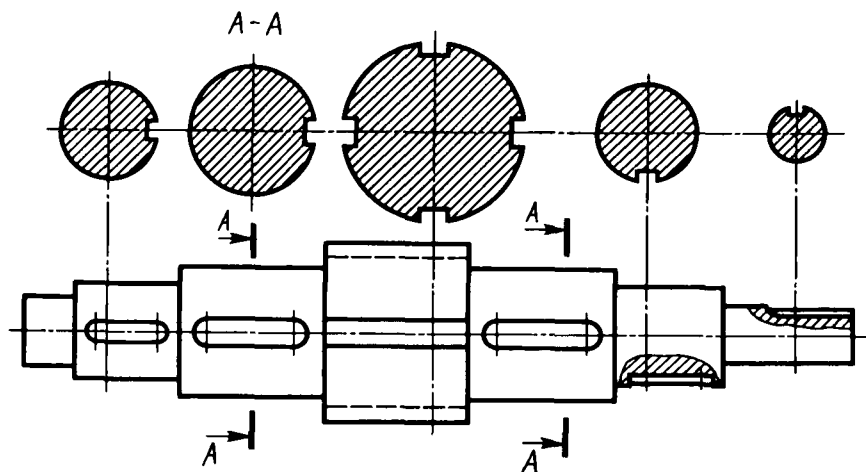


Рис. 13.26

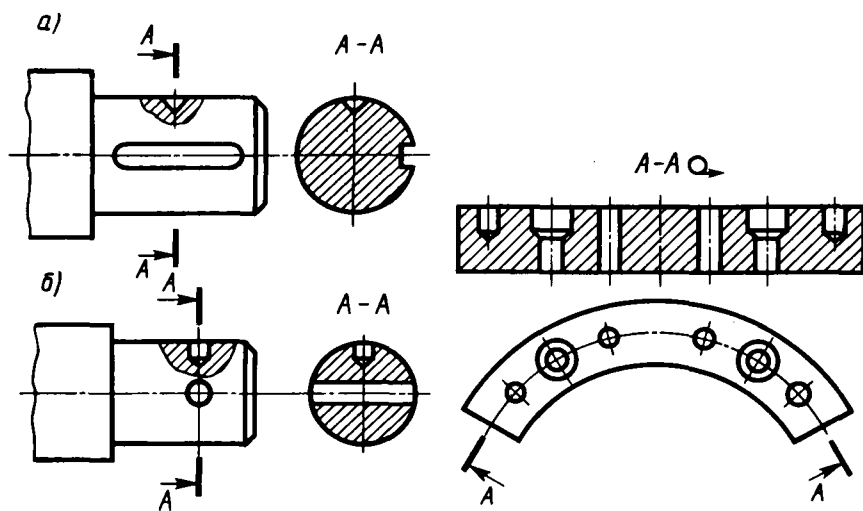


Рис. 13.27

Рис. 13.28

поперечного сечения до положения, параллельного какой-либо плоскости проекций.

Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной и той же буквой и вычерчивают одно сечение, например сечение $A-A$ на рис. 13.26. Две шпоночные канавки справа повернуты относительно канавок в сечении $A-A$ в учебных целях.

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 рис. 13.27, *а* в соответствии с этим требованием изображено коническое углубление, на рис. 13.27, *б* — цилиндрические сквозное и глухое отверстия.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (рис. 13.28). В этом случае рядом с обозначением сечения ставят знак развертки.

13.6. 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).

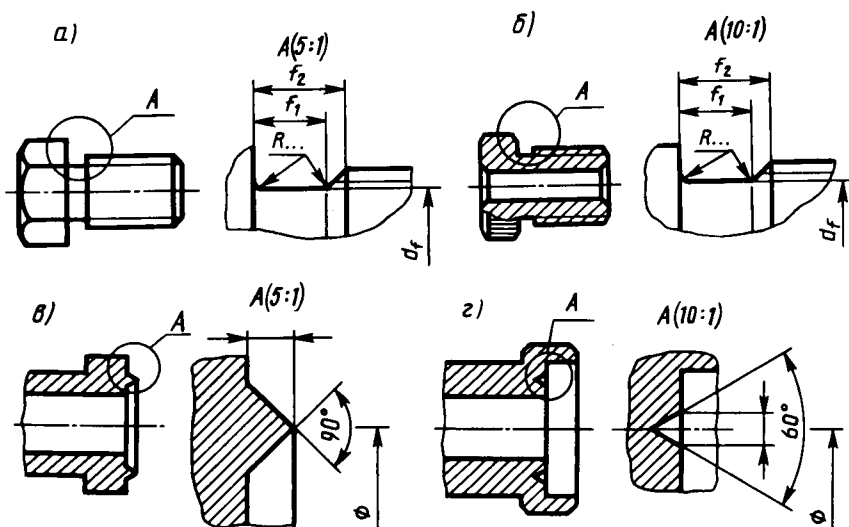


Рис. 13.29

При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией, окружностью, овалом и т. п. с обозначением заглавной буквой выносного элемента на полке линии-выноски. У выносного элемента указывают эту букву и масштаб по типу *A (5:1)* (рис. 13.29, *а, б*). На рис. 13.29, *б* выносной элемент выполнен как вид, на изображении детали ему соответствует разрез. На рис. 13.29, *в, г* приведены выносные элементы, показывающие конструкцию канавки и зуба разборного вакуумно-плотного соединения со схемой нанесения размеров.

Выносной элемент располагают возможно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

13.7. 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 рис. 13.30 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 на рис. 13.31 приведены изображения радиатора *а* охлаждения, коллектора электронов *б* мощного электронного прибора с развитой наружной поверхностью охлаждения в виде кольцевых ребер прямоугольного профиля. На рис. 13.31, *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.

Так, на чертежах пружин винтовые линии проводят как прямые (см., например, изобра-

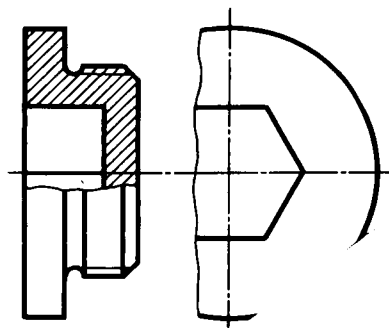


Рис. 13

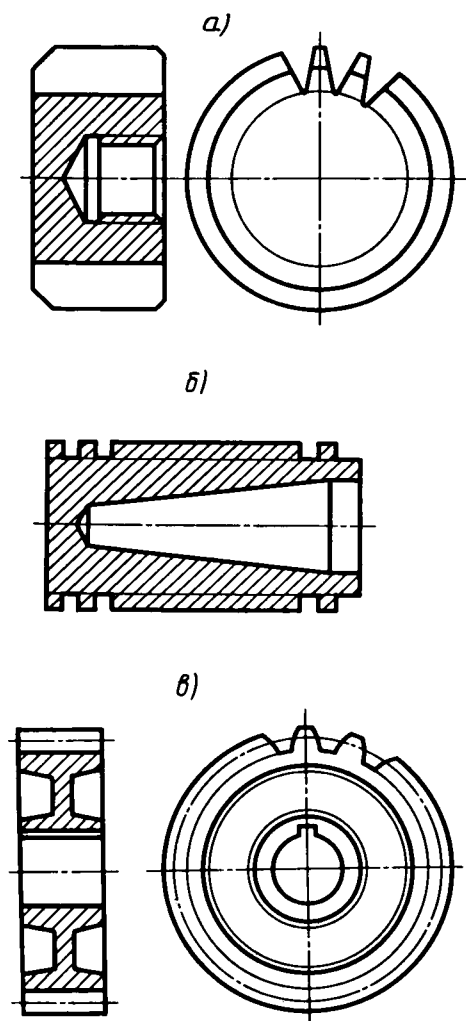


Рис. 13.31

жение витков пружины за секущей плоскостью на рис. 13.17). Аналогично изображены витки подогревателя катода электровакуумного прибора (рис. 13.32, *а*) и индуктора (рис. 13.32, *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 рис. 13.29, *а*, *б* (радиус перехода $R...$), или совсем не показывают.

Такие детали, как винты, заклепки, шпонки, непустотельные валы и шпиндели, шатуны, рукоятки и т. п., при продольном разрезе показывают нерассеченными. Шарик 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 тонкими линиями. Так, на рис. 13.33 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,

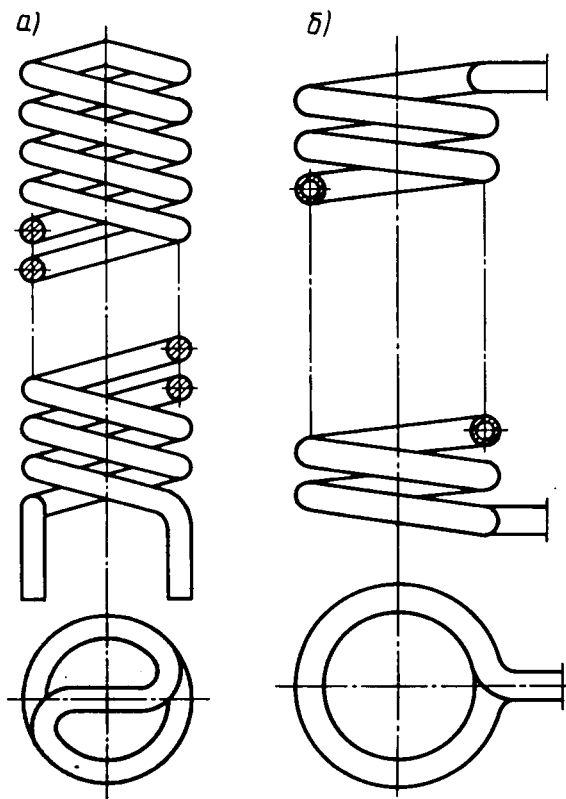


Рис. 13.32

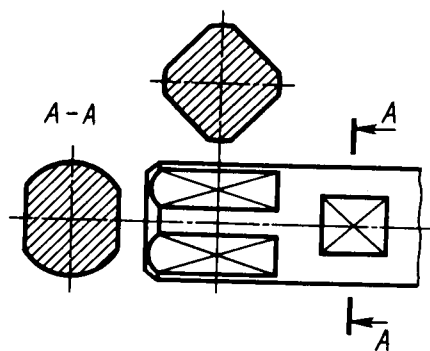


Рис. 13.33

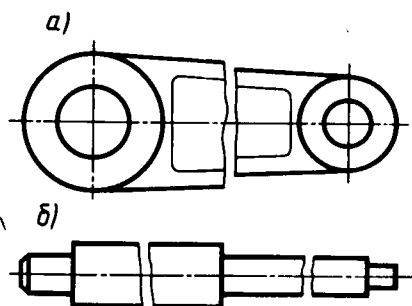


Рис. 13.34

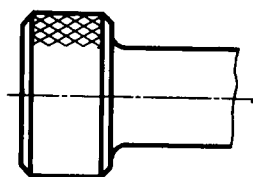


Рис. 13.35

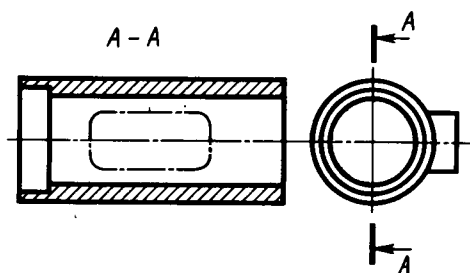


Рис. 13.36

прутки, фасонный прокат и т. п.), допускается изображать с разрывом (рис. 13.34, а, б).

На чертежах предметов со сплошной сеткой, плетенкой, орнаментом, рельефом, рифлениями и т. д. допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением. Так, например, на рис. 13.35 частично и упрощенно изображено сетчатое рифление на цилиндрической поверхности детали.

Для упрощения чертежей или сокращения количества изображений допускается:

а) часть предмета, находящегося между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе; такой наложенной проекцией на рис.

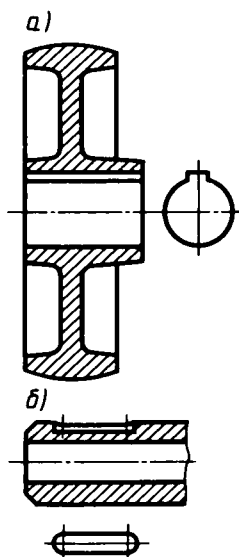


Рис. 13.37

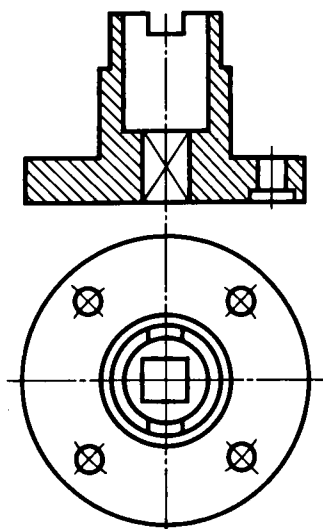


Рис. 13.38

13.36 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. 13.37, a) или паза (рис. 13.37, b);

в) изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, когда они не попадают в секущую плоскость (рис. 13.38).

Наряду с рассмотренными в соответствующих стандартах установленны также условности и упрощения, допускаемые в неразъемных соединениях, в чертежах электротехнических и радиотехнических устройств, оптических изделий, 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.

13.8. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ — ВИДОВ, РАЗРЕЗОВ, СЕЧЕНИЙ

На рис. 13.39 показаны два чертежа одного предмета — **треугольной пирамиды с призматическим отверстием**. Изображения на рис. 13.39, a — только виды. Изображения на рис. 13.39, b — главный вид, часть вида сверху и часть горизонтального разреза $A-A$, профильный разрез. Для более четкого представления условностей разрезов рассмотрим построение проекции некоторых точек. Пусть задана проекция N' . Точка N находится на сечении пирамиды секущей горизонтальной плоскостью разреза $A-A$. Ее фронтальную проекцию N'' строим в проекционной связи на фронтальной проекции — фронтальном следе секущей плоскости разреза $A-A$. По положению проекции L'' видно, насколько ниже секущей плоскости разреза $A-A$ расположена точка L боковой грани призматического отверстия.

По профильной проекции B''' фронтальная проекция B'' 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 горизонтальная M' проекции на рис. 13.39, a построены по профильной проекции M''' точки, расположенной на боковой грани пирамиды. Аналогичная точка F на рис. 13.39, b имеет лишь две проекции F'' и F' .

Рассмотрим примеры построения по двум заданным изображениям геометрического тела или детали третьего с выполнением необходимых разрезов, сечения.

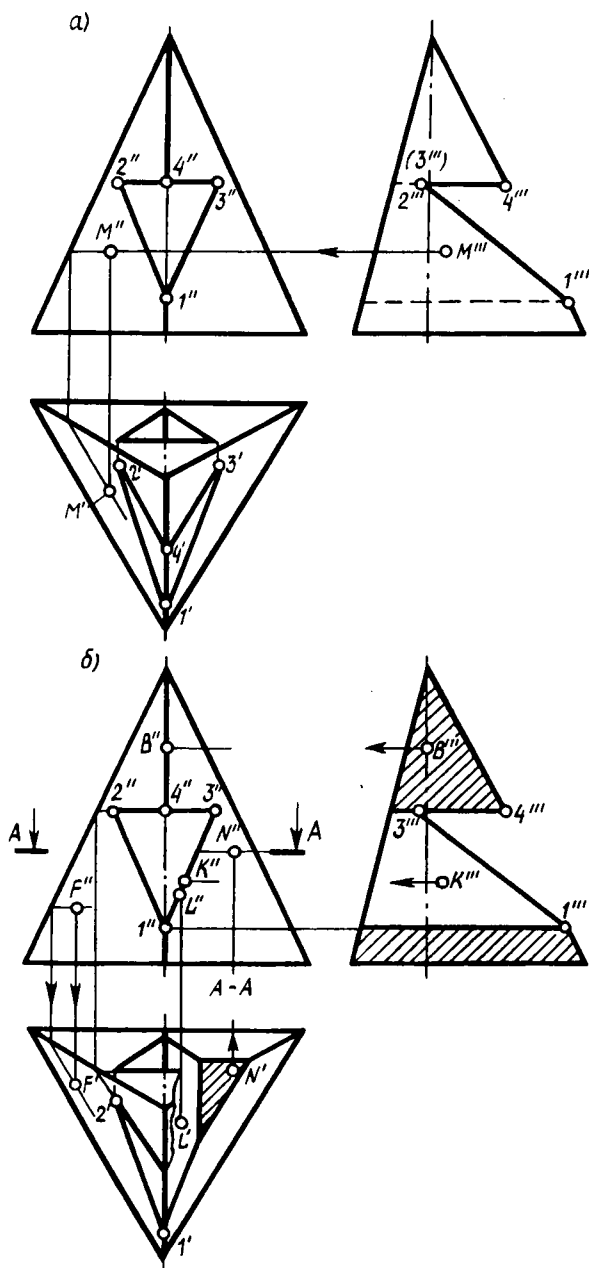
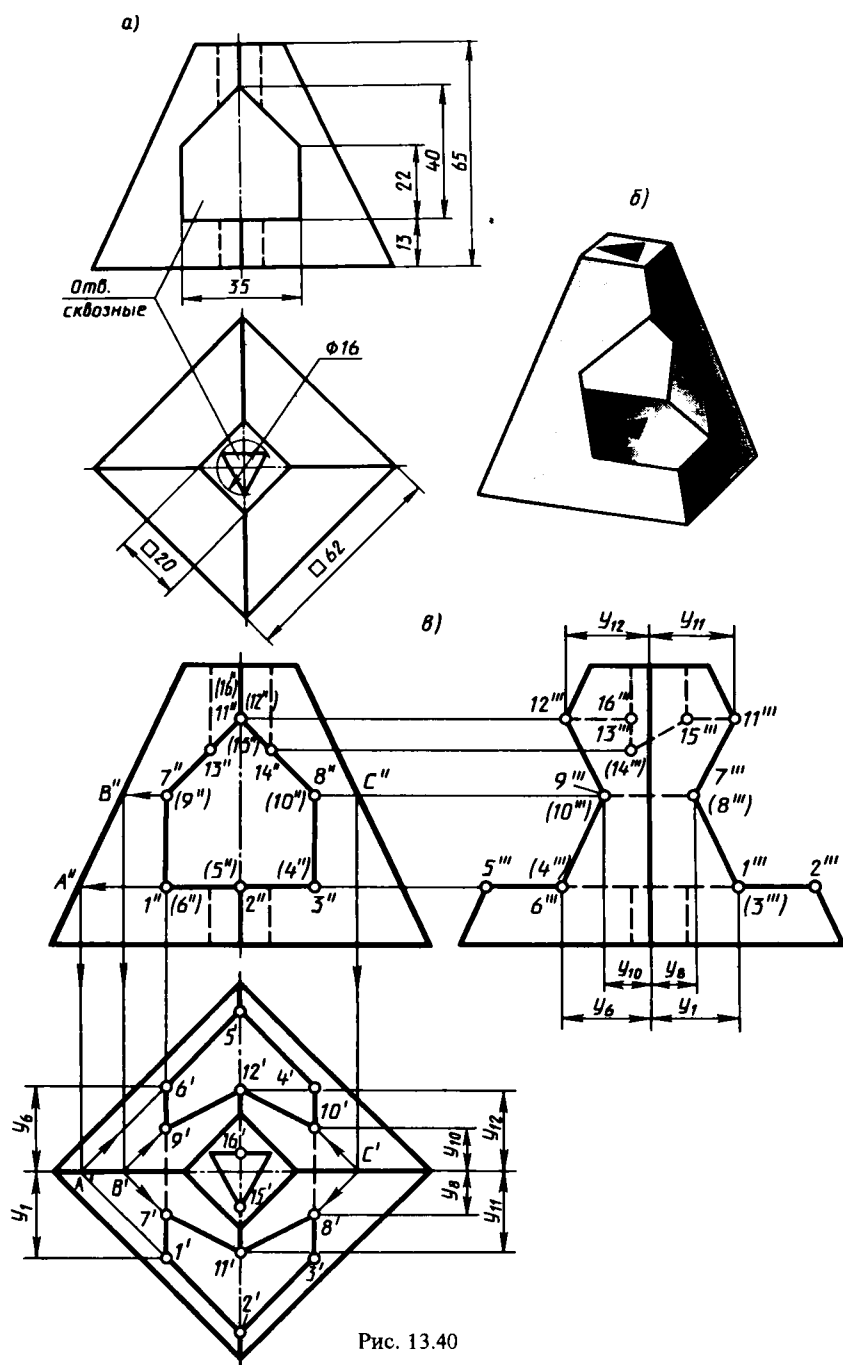
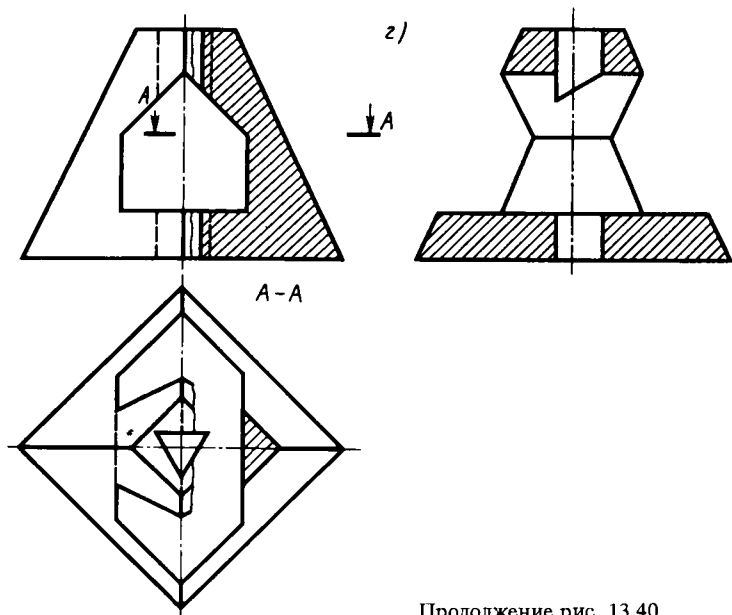


Рис. 13.39





Продолжение рис. 13.40

Усеченная пирамида с отверстиями. Исходный чертеж-задание приведен на рис. 13.40, *а*. 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 расчлняют 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. 13.40, *б*) четырехугольная усеченная пирамида имеет вертикальное и горизонтальное отверстия призматической формы. Грани горизонтального окна перпендикулярны плоскости π_2 . Кроме того, боковые грани параллельны плоскости π_3 , а нижняя параллельна плоскости π_1 . Треугольное вертикальное отверстие изображено на главном виде (линиями невидимого контура) и на виде сверху, горизонтальное пятиугольное окно — только на главном виде.

Построение вида сверху в части изображения горизонтального пятиугольного призматического окна и вида слева пирамиды в целом приведено на рис. 13.40, *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 рис. 13.40, *г*. При этом учтено, что тело пирамиды имеет одну плоскость симметрии — профильную, проходящую через ось пирамиды. 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 π_2, π_1, π_3 приведен на рис. 13.41: *а* — исходное задание, *б* — наглядное изображение, *в* — построение видов, *г* — окончательный чертеж. Учитывая симметрию, половина вида сверху соединена с половиной разреза $A — A$ и половина вида слева — с половиной профильного разреза.

Пример выполнения чертежа детали типа «Плита» приведен на рис. 13.42: *а* — задание, *б* — выполненный чертеж. Плита имеет одну плоскость симметрии, на виде сверху внешняя форма изображена прямоугольником с размерами 140х90 мм, верхняя ступенчатая поверхность образована 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.

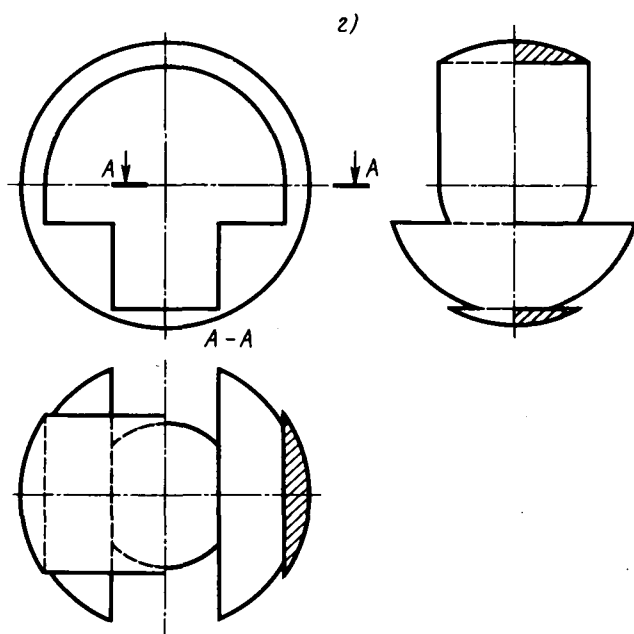
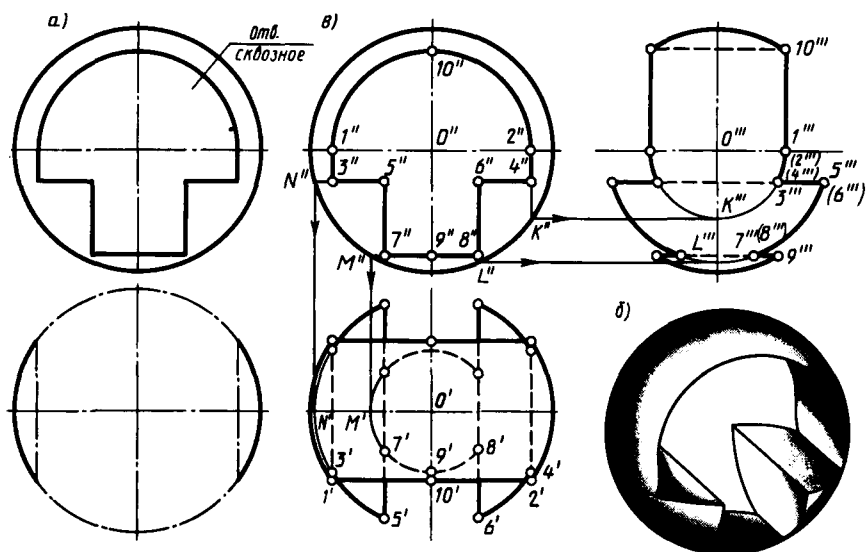
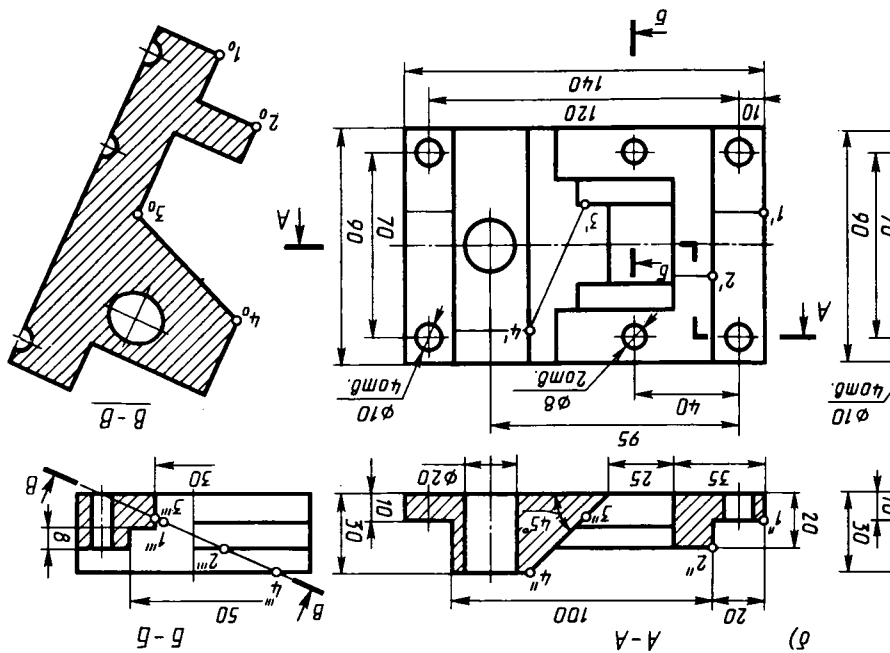


Рис. 13.41

PAC. 13.42



В плите имеется фасонное отверстие, одна из стенок которого — левая профильная плоскость на расстоянии 35 мм от левой стороны плиты, правая стенка образована наклоненной под 45° 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 $A — A$;

- для выявления ступенчатых стенок в фасонном отверстии плиты и двух отверстий диаметром 8 мм выполнен профильный разрез $B — B$; 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;

- построено по заданию сечение $B — B$; построены горизонтальные и фронтальные проекции точек 1, 2, 3 и 4 на поверхности плиты, отмеченные на сечении $B — B$ (на горизонтальной проекции — по координатам у профильной проекции).

Пример выполнения чертежа детали типа «Корпус» приведен на рис. 13.43: *а* — задание, *б* — выполненный чертеж. Корпус имеет форму полой шестигранной 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° придают жесткость корпусу.

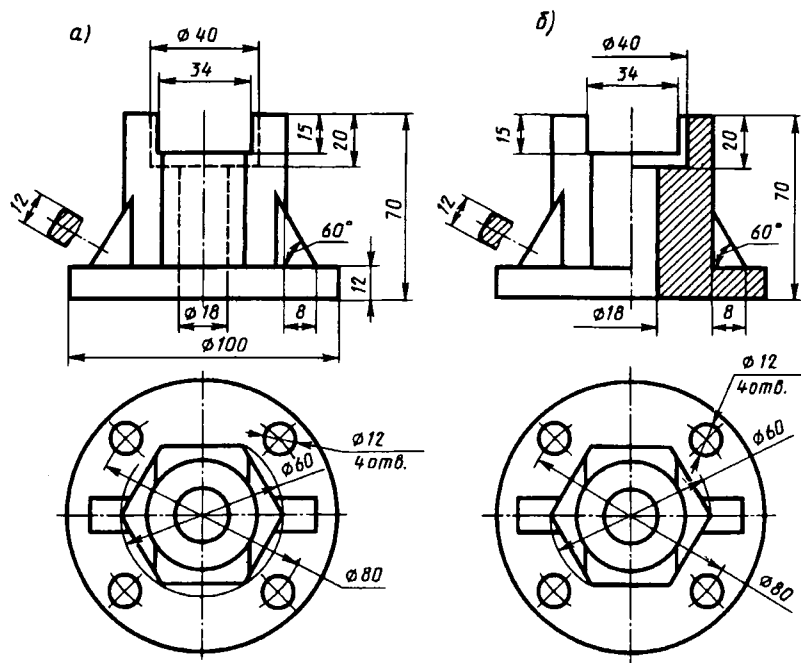


Рис. 13.43

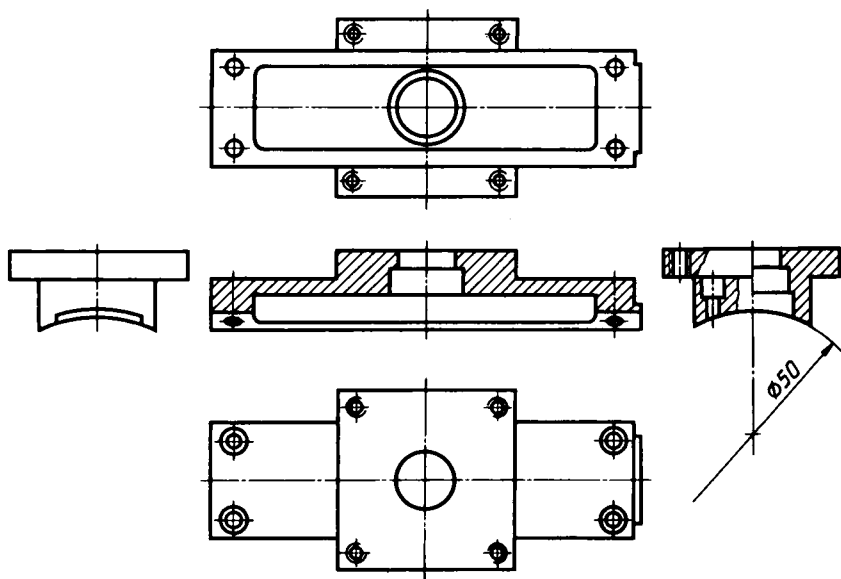


Рис. 13.44

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. 13.38). 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 призмы. Наглядное представление о конструкции детали дает построенное изометрическое изображение.

Пример чертежа детали с изображениями на пяти плоскостях проекций приведен на рис. 13.44. 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.

ИЗОБРАЖЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ, ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ

14.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

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

В настоящей главе рассматриваются изображения характерных, широко применяемых в промышленности разъемных соединений — резьбовых, шпоночных, зубчатых или шлицевых, неподвижных соединений сваркой, пайкой, склеиванием, а также изображения цилиндрических зубчатых передач, пружин и некоторых типовых элементов деталей. Некоторые виды других соединений, широко применяемых в приборостроении, рассмотрены также в последующих главах.

Примеры применения некоторых из указанных соединений приведены на рис. 14.1. В конструкции (рис. 14.1, а) разъемного фланцевого соединения вакуумного трубопровода применены три вида соединений —

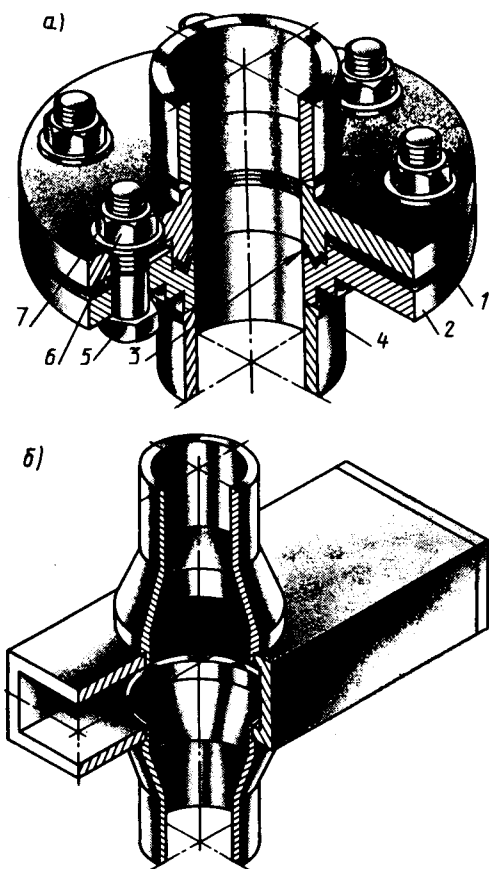
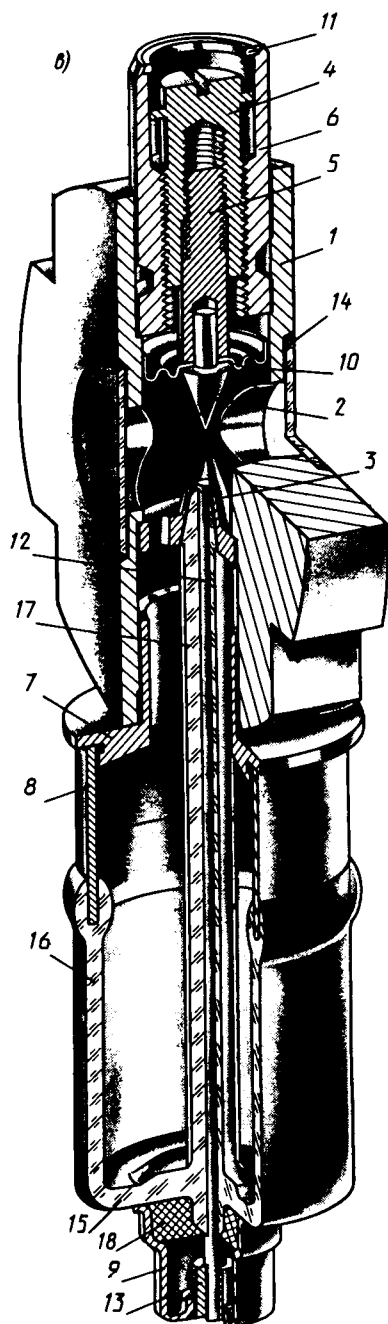


Рис. 14.1



Продолжение рис. 14.1

разъемные вакуумное и болтовое и неразъемное сварное. Собственно вакуумно-плотное соединение фланцев 1 и 2 образует кольцевой зуб, образованный двумя коническими поверхностями, 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 элементы А на рис. 13.29, в, г. 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).

На рис. 14.1, б показано соединение пайкой пяти деталей сверхвысокочастотного радиоволновода.

В конструкции сверхвысокочастотного электровакуумного прибора (рис. 14.1, в) — резонансного разрядника — применены резьбовое соединение — винтовой механизм с гибким вакуумно-плотным мембранным элементом, соединения пайкой, склеиванием, сваркой, завальцовкой, пайка стекла с металлом. Поясним их.

Винтовой механизм (в верхней части на рис. 14.1, в) обеспечивает регулирование расстояния между коническими электродами, между которыми возникает электри-

ческий разряд при прохождении через разрядник электромагнитной энергии выше определенного уровня мощности. Винтовой механизм состоит из винта 4, имеющего внутреннюю мелкую и наружную более крупную резьбу, 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 стекломали. 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 обеспечивают 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°C) соединены между собой детали: корпус 1, электрод 3, втулки 6, 7, стаканчик 8, мембрана 10, электрод 2, винт 5.

14.2. ИЗОБРАЖЕНИЯ 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 рис. 14.2. Если резец, равномерно перемещающийся вдоль образующей, углубить в равномерно вращающуюся заготовку, то на ее поверхности образуется винтовая поверхность; вид этой поверхности зависит от формы резца. Например, на рис. 14.2, *а* резьба имеет трапецеидальный профиль, а на рис. 14.2, *б* — треугольный.

На чертежах деталей наружную резьбу показывают условно: сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру — по

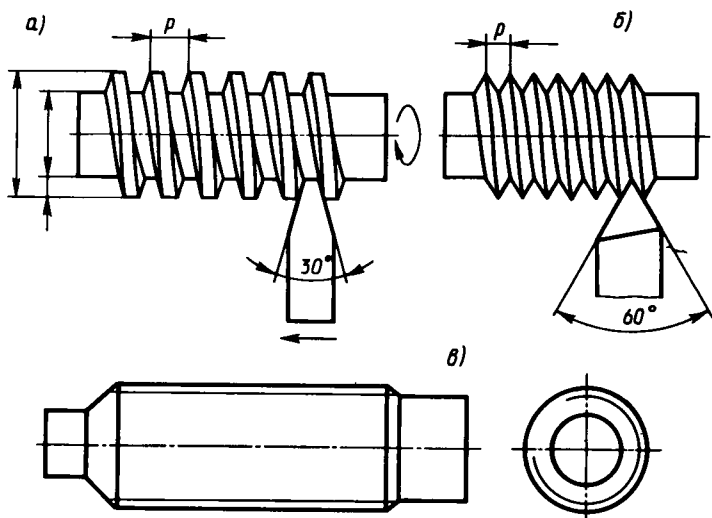


Рис. 14.2

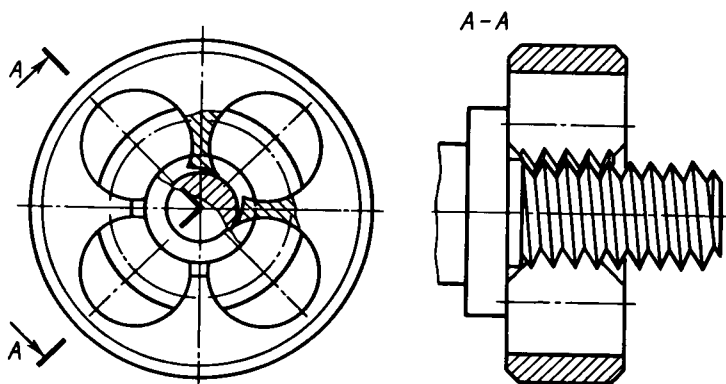


Рис. 14.3

границе впадин — рис. 14.2, *в* с обозначениями, рассматриваемыми ниже. На плоскости проекций, перпендикулярной оси резьбы, тонкую линию по границе впадин делают разомкнутой в любом месте на участке около $\frac{1}{4}$ окружности, но не следует начинать и кончать разрыв на центровых линиях.

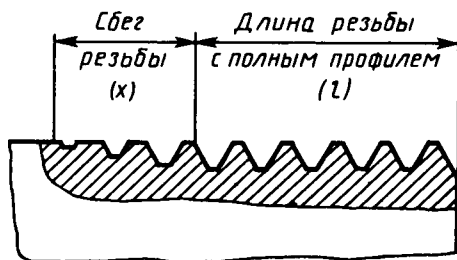


Рис. 14.4

Кроме нарезания резьбовыми резцами на токарно-винторезных станках ее можно нарезать плашками (рис. 14.3), накатывать резьбонакатными роликами или плашками.

Если в конце резьбы резец плавно отводят от детали, то получается участок неполного профиля в зоне перехода резьбы к гладкой части детали (рис. 14.4). Такой участок называют **сбегом резьбы** (на рис. 14.4 сбег резьбы на длине x). В местах перехода от резьбового участка к торцу детали при нарезке резьбы плашкой также может оставаться участок с неполным профилем резьбы (см. рис. 14.3, 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 охватывающей поверхностью и носит название «гайки» (гнездо и др.).

Нарезание внутренней резьбы. Внутреннюю резьбу нарезают резцом или с помощью специального резьбонарезного инструмента — метчика (рис. 14.5, *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 рис. 14.5:

- 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.

Диаметр d_1 сверла выбирают по технологическим нормативам в зависимости от размера резьбы, примерно он соответствует внут-

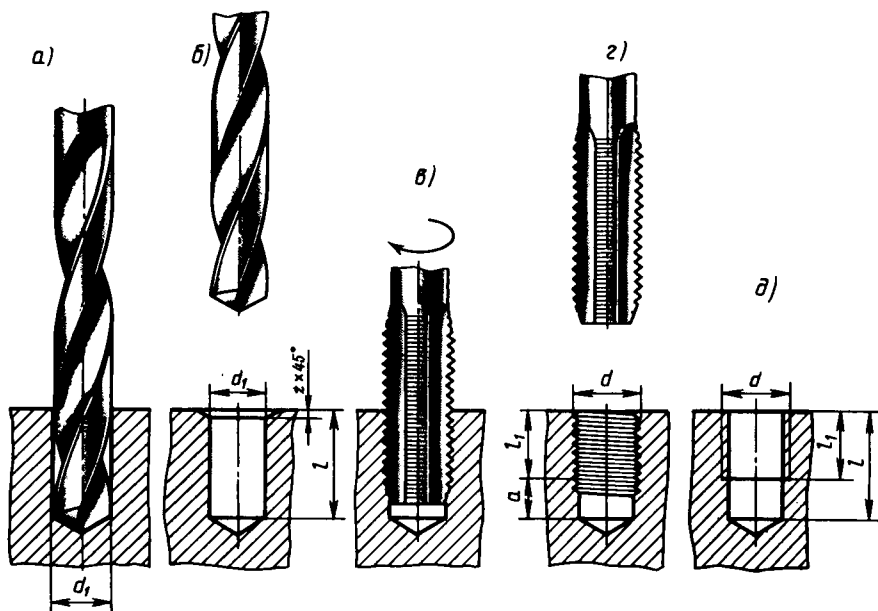


Рис. 14.5

реннему 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° . Глубина отверстия, которое нужно просверлить, зависит от длины резьбы с полным профилем (которую нужно нарезать) и от величины сбег 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 90° (это коническое углубление называют **фаской**). Размер фаски указан на рис. 14.5, 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. 14.4, г). На чертеже указывают длину резьбы с полным профилем l_1 и длину цилиндрического отверстия l (рис. 14.5, д). Практически величина a 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 рис.

Резьба может быть как **правой**, так и **левой**. Вращение по часовой стрелке детали с правой резьбой перемещают деталь вдоль оси в направлении от наблюдателя. Для перемещения детали с левой резьбой в направлении от наблюдателя деталь вращают против часовой стрелки.

Основные параметры резьбы. На рис. 14.6 изображен профиль резьбы (сопряженных, свинченных внутренней и наружной резьб) и обозначены его основные параметры.

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 показаны выше — см. рис. 14.2, *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 α — угол между боковыми сторонами профиля; углы наклона боковых сторон профиля β, γ — 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 резьб в направлении, перпендикулярном оси резьбы; длина свинчивания — длина соприкосновения винтовых поверхностей наружной и внутренней резьб 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** P_h — 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: $P_h = P \cdot n$; угол подъема резьбы ψ — угол, образованной касательной к винтовой линии в точке, лежащей на среднем диаметре резьбы, и плоскостью, перпендикулярной оси резьбы, угол ψ определяется зависимостью

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P_h}{\pi d_2} = \frac{P \cdot n}{\pi d_2};$$

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, 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 буквен-

но-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:

первая — стандартные (все резьбы с установленными стандартами параметрами: профилем, шагом, диаметром и соотношениями между ними). Стандартные резьбы составляют основную массу применяемых резьб;

вторая — нестандартные или специальные, например прямоугольная и квадратная резьбы.

Стандартная метрическая резьба. Метрическая резьба является основным типом крепежной резьбы треугольного профиля (см. рис. 14.6) 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 стандартом установлены диаметры в диапазоне от 0,25 до 600 мм и шаги в указанном выше интервале.

По ГОСТ 8724—81 метрическая резьба диаметром 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 (крупный и мелкий).

Все стандартные диаметры резьб разделены на 1, 2 и 3-й ряды. Каждый из них имеет резьбы с крупным и мелким шагами. 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, 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. 14.7) — равнобедренный треугольник с углом $\alpha = 55^\circ$, вершины и впадины профиля закруглены, а в соединении между вершинами и впадинами наружной и внутренней резьб отсутствуют зазоры. Трубная резьба разработана в дюймовой системе (1 дюйм (1") = 25,4 мм) и имеет мелкие шаги.

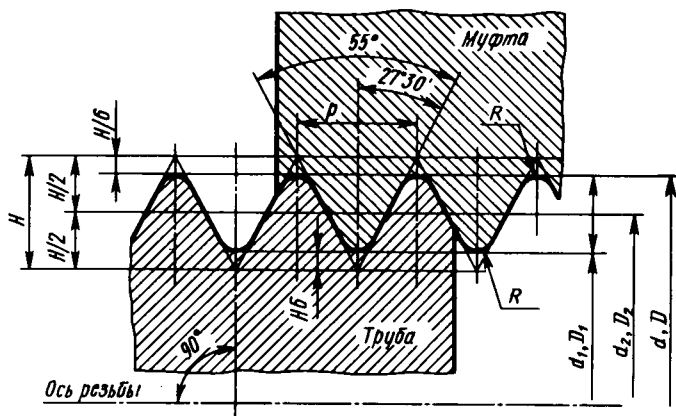


Рис. 14.7

Шаг трубной резьбы задают косвенным способом — указывают число ниток резьбы, укладываемых на 1". Это число ниток стандартизовано в пределах от 28 до 11.

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.

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. 14.8) имеют два варианта профиля резьбы (при исходном профиле в форме равнобедренного треугольника):

закругленный профиль с углом профиля $\alpha = 55^\circ$ (размеры этой трубной конической резьбы стандартизованы ГОСТ 6211—81);

дюймовый с углом профиля $\alpha = 60^\circ$ (размеры этой конической дюймовой резьбы установлены ГОСТ 6111—52).

Конусность поверхностей, на которых нарезают коническую резьбу, обычно равна 1:16 (обозначение конусности см. на рис. 14.8,

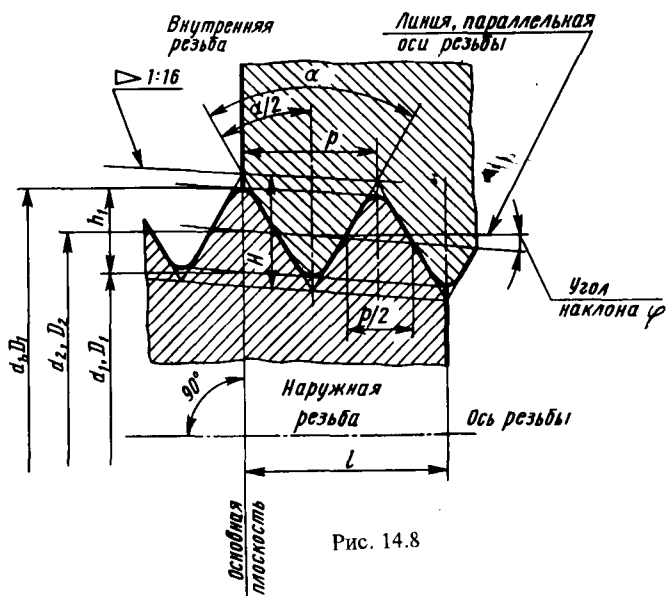


Рис. 14.8

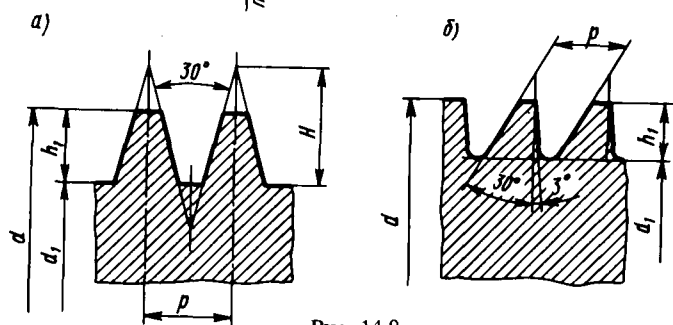


Рис. 14.9

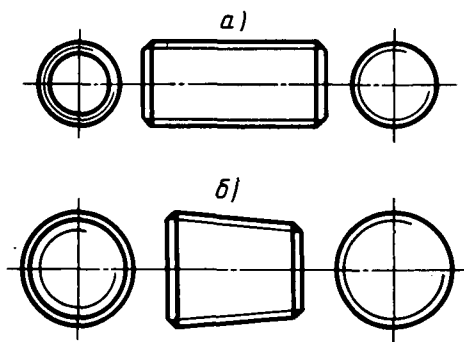


Рис. 14.10

вверху слева). Биссектриса угла профиля перпендикулярна оси резьбы.

Диаметральные размеры конических резьб устанавливают в основной плоскости, которая перпендикулярна 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 трапецеидальная (ГОСТ 9484—81). Профиль резьбы — равнобокая трапеция с углом профиля 30° между боковыми сторонами (рис. 14.9, 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. 14.9, 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.).

Изображение резьб. Примеры изображения наружной цилиндрической и конической резьбы на всей длине детали приведены на рис. 14.10, а, б (см. также рис. 14.2, в), внутренней цилиндрической и конической резьбы — на рис. 14.11, а, б (см. также рис. 14.5, д).

Фаску, не имеющую специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, не изображают. Поэтому на рис. 14.10, а и 14.11, а на виде слева фаска не изображена, а на виде справа фаска показана, так как она имеет специальное конструктивное назначение.

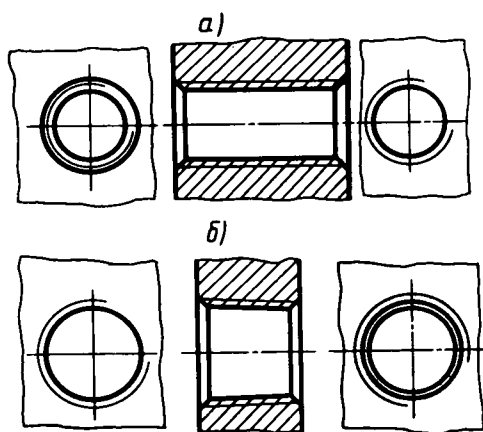


Рис. 14.11

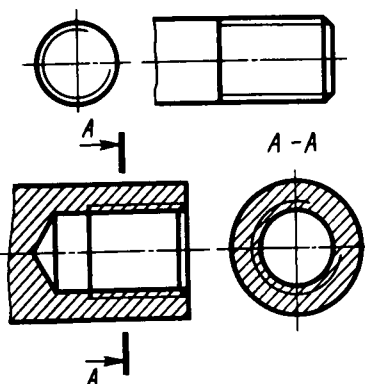


Рис. 14.12

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 изображают, когда она видима, сплошной основной линией (рис. 14.12).

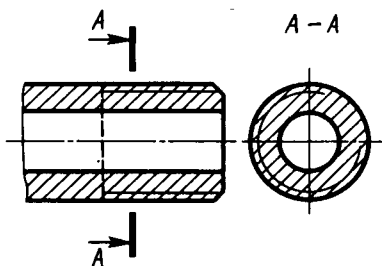


Рис. 14.13

Штриховку в разрезах и сечениях доводят до сплошной толстой линии, т. е. до линии наружного диаметра наружной резьбы (рис. 14.13) и до линии внутреннего диаметра внутренней резьбы (см. рис. 14.12).

Сбег резьбы, если необходимо, изображают сплошной тонкой линией. Примеры изображения сбега резьбы приведены на рис. 14.14 для наружной (а) и внутренней (б) резьбы. За сбегом резьбы при нарезании резьбы в упор (рис. 14.14, а) может оставаться участок

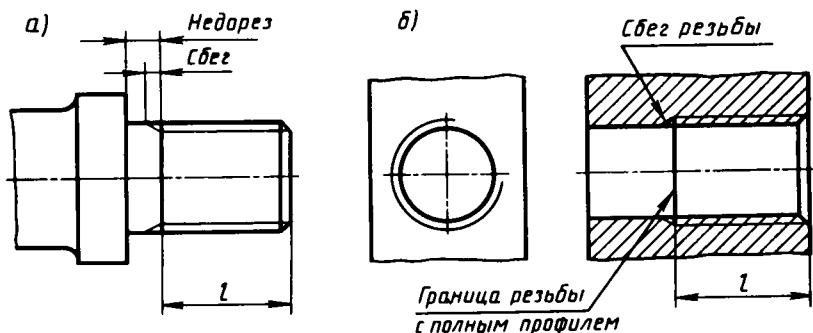


Рис. 14.14

без резьбы, называемый недоводом. В результате сбега резьбы и недовода возникает недорез резьбы (рис. 14.14, а). Наличие недореза резьбы необходимо учитывать при конструировании резьбовых соединений, а длину полного профиля указывать в чертежах деталей с учетом стандартной длины недореза.

Если глухое отверстие с резьбой выполняют в стенке детали, которая является герметичной или вакуумно-плотной (рис. 14.15), то обязательно указывают глубину L отверстия под резьбу до вершины гнезда наряду с длиной l резьбы полного профиля.

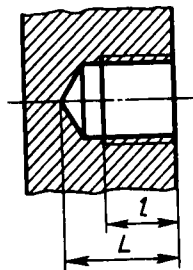


Рис. 14.15

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. 14.16) или как выносной элемент (см. рис. 14.19, и).

На разрезах резьбового соединения изображают только ту часть внутренней резьбы, которая не закрыта внешней резьбой (рис. 14.17).

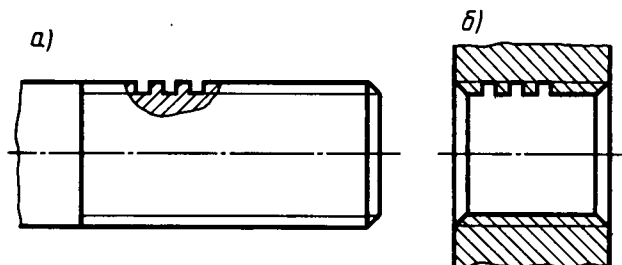


Рис. 14.16

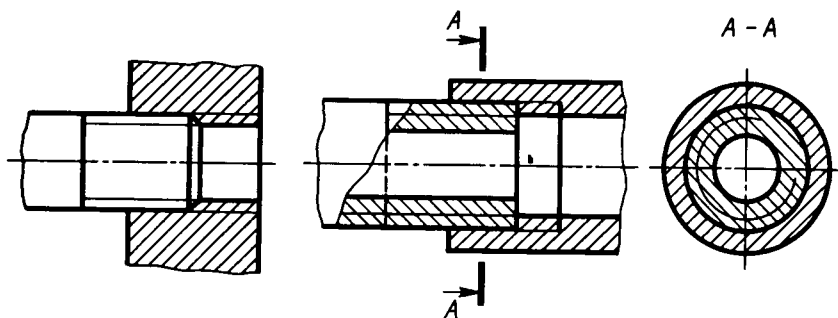


Рис. 14.17

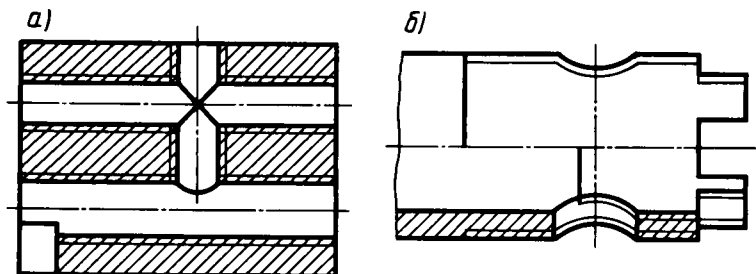


Рис. 14.18

Если через резьбу проходит отверстие или прорезь, то ее изображают условно, прерывая сплошную тонкую линию в местах расположения отверстия или прорези (рис. 14.18, а). Когда необходимо показать наличие резьбы в зоне этого отверстия или прорези, ее изображают полностью (рис. 14.18, б).

Обозначения резьб. Примеры обозначений резьбы на чертежах приведены на рис. 14.19. Условное изображение метрической резьбы с крупным шагом состоит из букв *M* и номинального диаметра, для резьбы с мелким шагом добавляется величина шага. Например, на рис. 14.19, а показано обозначение метрической резьбы номи-

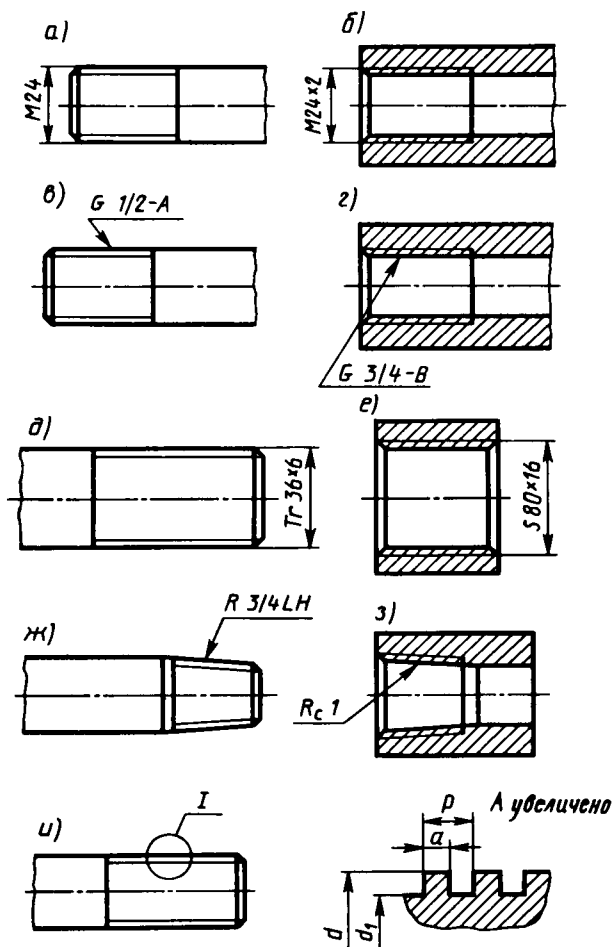


Рис. 14.19

нальным диаметром 24 мм с крупным шагом 3 мм на стержне, а на рис. 14.19, б — метрической резьбы номинальным диаметром 24 мм с мелким шагом 2 мм в отверстии. Для левой резьбы после условного обозначения ставят *LH*, например *M24 × 2 LH*.

Многозаходные резьбы обозначают буквой *M*, номинальным диаметром, числовым значением хода и в скобках буквой *P* и числовым значением шага. Примеры обозначений: для трехзаходной резьбы с шагом 1 мм значением хода 3 мм

$$M24 \times 3 (P1);$$

для такой же левой резьбы

$$M24 \times 3 (P1) LH.$$

Условное обозначение трубной цилиндрической резьбы состоит из буквы *G* и условного размера внутреннего диаметра трубы в дюймах. Примеры обозначения приведены на рис. 14.19, в — на трубе, на рис. 14.19, г — в отверстии.

Условное обозначение трапецидальной резьбы состоит из букв *Tr*, наружного диаметра и шага резьбы, например *Tr36 × 6* на рис. 14.19, д.

Условное обозначение упорной резьбы состоит из букв *S*, наружного диаметра и шага резьбы, например *S 80 × 16* на рис. 14.19, е.

На рис. 14.19, ж, з показаны примеры обозначения конической дюймовой резьбы левого направления (*R^{3/4} LH*) на стержне и конической дюймовой резьбы — правой в отверстии (*Rcl*).

Для обозначения параметров нестандартной резьбы показывают все ее основные размеры. Например, на рис. 14.19, и показана резьба прямоугольного профиля. Рекомендуется показывать в масштабе увеличения профиль данной резьбы и все ее размеры: *d* — диаметр резьбы по выступам; *d₁* — диаметр резьбы по впадинам, *P* — шаг резьбы, *a* — величина выступа.

Конструктивные и технологические элементы резьбы — проточка, фаски, сбеги, недорезы. Проточка — кольцевой желобок на стержне или в отверстии — необходима для выхода резьбообразующего инструмента (рис. 14.20). Размеры проточек стандартизованы ГОСТ 10549—80.

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 рис. 14.20.

Максимальные значения величины сбега резьбы в зависимости от шага резьбы *P* принимают равным:

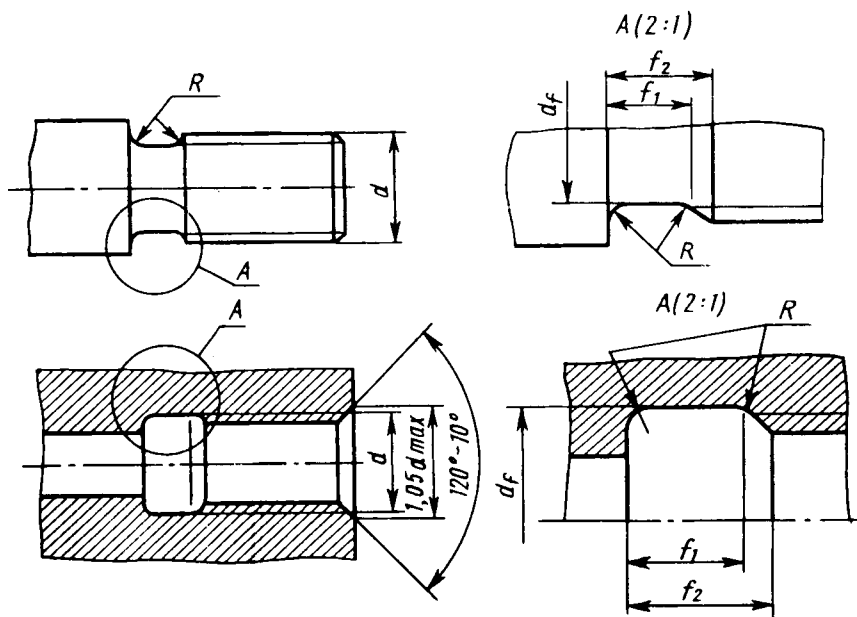


Рис. 14.20

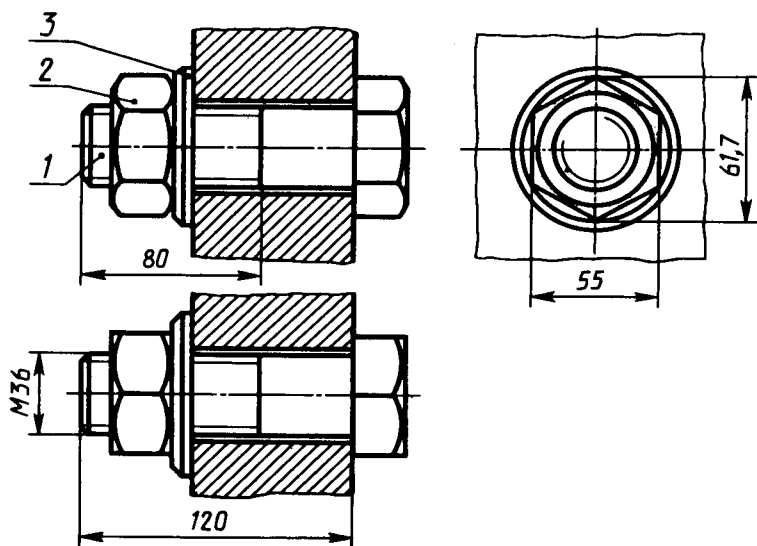


Рис. 14.21

нормальный сбег — примерно $2,5 P$;

короткий сбег — примерно $1,25 P$.

Максимальные значения величины недореза:

нормальный — примерно $3P$,

короткий — примерно $2P$,

длинный — примерно $4P$.

Резьбовые соединения и их детали. Резьбовые соединения получили очень большое распространение в технике. 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. 14.1, а) четыре болтовых соединения сжимают фланцы по торцам вдоль оси, а вакуумную плотность соединения обеспечивает конструкция торцовых 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. 14.21) входят следующие крепежные детали (крепежные изделия): 1 — болт, 2 — гайка, 3 — шайба. Указанные крепежные детали имеют различную форму и размеры. При конструировании приборов и машин применяют, как правило, только стандартизованные крепежные детали.

Болт (рис. 14.22) представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на одном конце и головкой на другом — чаще всего в виде шестигранной призмы. При соединении скрепляемых деталей

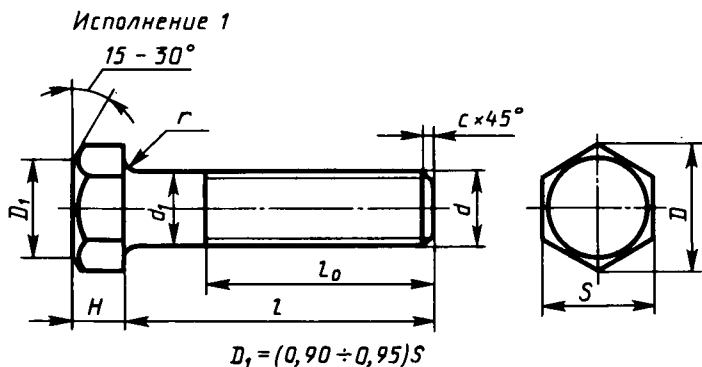


Рис. 14.22

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 рис. 14.22 заданы диаметром D_1 и углом $15...30^\circ$ на головке и обозначением $s \times 45^\circ$ на стержне (s — величина фаски, обычно равна шагу P резьбы). Обозначение диаметра d на рис. 14.22 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 условий 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 четырех вариантов исполнения. Вариант исполнения 1 приведен на рис. 14.22. Эти болты стандартизованы 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 конструкции в соединении с другими деталями, с диаметром резьбы 36 мм с крупным шагом и длиной стержня 120 мм см. на рис. 14.21.

Гайка — деталь, имеющая отверстие с резьбой для навинчивания на болт или шпильку (рис. 14.23). Гайки различают: по форме наружной поверхности, по виду исполнения, по типу резьбы, по точности изготовления.

По форме наружной поверхности гайки выполняют

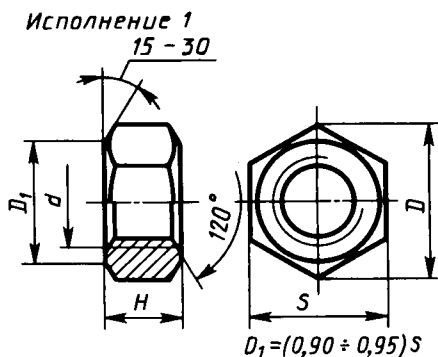


Рис. 14.23

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 М 12 ГОСТ 5912—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. 14.21.

Указанные сокращенные записи условных обозначений болта и гайки используют при выполнении чертежей в учебном процессе. Их стандартные обозначения содержат также информацию о классах точности и прочности, исполнении, поле допуска резьбы, виде и толщине покрытия, марке стали или сплава.

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 рис. 14.24.

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

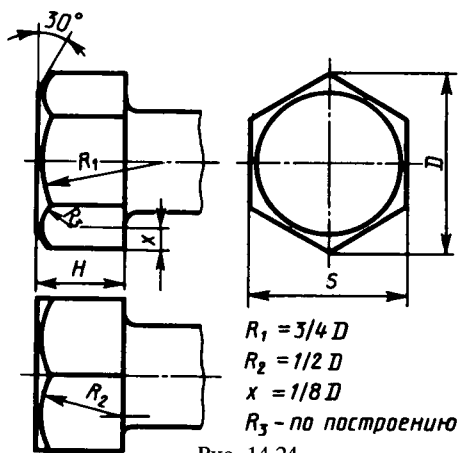


Рис. 14.24

детали или для предотвращения их самоотвинчивания (стопорения). Чертеж стандартных круглых шайб с обозначениями основных размеров приведен на рис. 14.25.

Шайбы разделяются на шайбы круглые, пружинные, стопорные и др.

Шайбы круглые имеют несколько видов: шайбы обычные нормального ряда по ГОСТ 11371—78, шайбы увеличенные, шайбы уменьшенные. Шайбы нормального ряда имеют два исполнения — исполнение 1 без фаски, исполнение 2 с фасками (рис. 14.25). Они имеют размеры, согласованные с крепежными деталями с резьбой от 1 до 48 мм.

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. 14.26).

Пружинные шайбы разделяются на типы: легкие (Л), нормальные (Н), тяжелые (Т) и особенно 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. 14.21) обычно разрабатывают исходя из заданного диаметра резьбы и толщин B_1 и B_2 соединяемых деталей. При этом длину l болта рассчитывают по формуле, мм (рис. 14.27):

$$l = B_2 + B_1 + S_{ш} + H + a + c$$

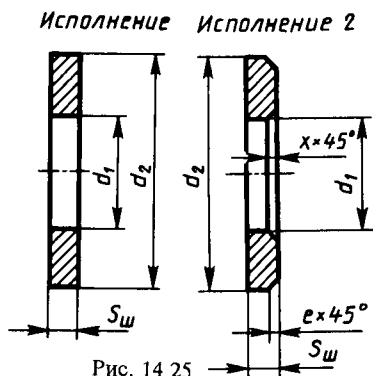


Рис. 14.25

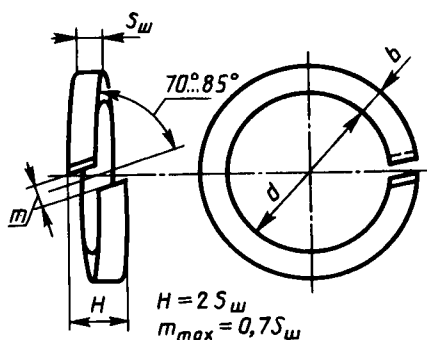


Рис. 14.26

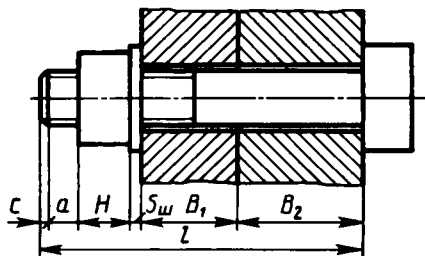


Рис. 14.27

или

$$l = B_2 + B_1 + S_{\text{ш}} + (2 \div 2,5)P,$$

где B_1 и B_2 — толщины деталей; $S_{\text{ш}}$ — толщина шайбы; H — высота гайки; a — запас резьбы, принимаемый $(1 \div 1,5)P$; c — высота фаски, обычно равная P , или по ориентирующей формуле

$$l \cong B_1 + B_2 + 1,3d.$$

Устанавливают в соответствии со стандартом длину l болта (см. ГОСТ 7798—70) 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 ГОСТ 7798—70 шаг $P = 4$ мм, по ГОСТ 5915—70 высота гайки $H = 29$ мм, по ГОСТ 11371—78 толщина шайбы $S_{\text{ш}} = 5$ мм.

Длина болта l , мм:

$$l \geq 50 + 60 + 5 + 29 + (2 \div 2,5)4 = 152 \dots 155$$

или

$$l \geq 50 + 60 + 1,3 \cdot 36 \approx 157.$$

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 $l_0 = 84$ мм.

На чертеже болтового соединения (см. рис. 14.21) наносят размеры: резьбы болта, длины болта и длины 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 соединяемых деталей и головкой различной формы «под ключ» или с прорезью «под отвертку». Чертежи винтов с различной формой головки с прорезью под

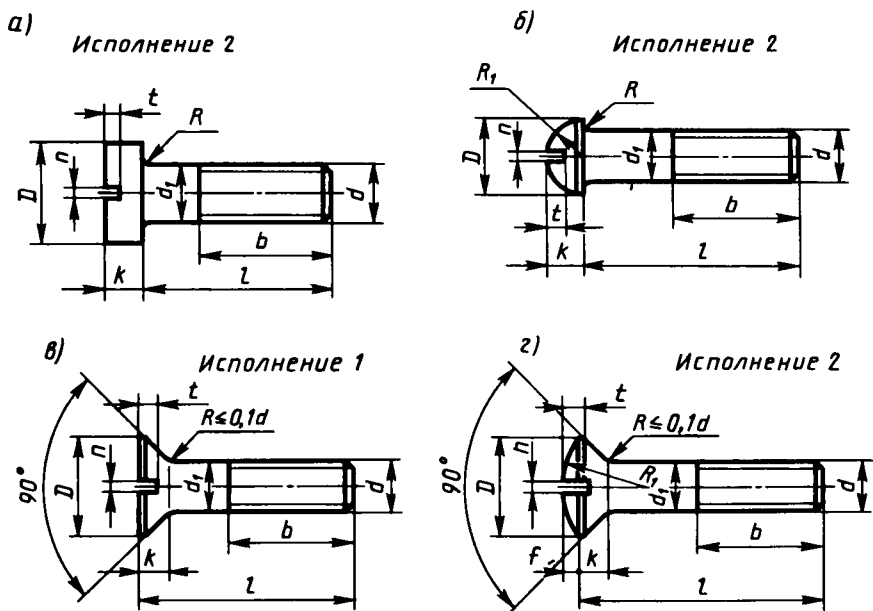


Рис. 14.28

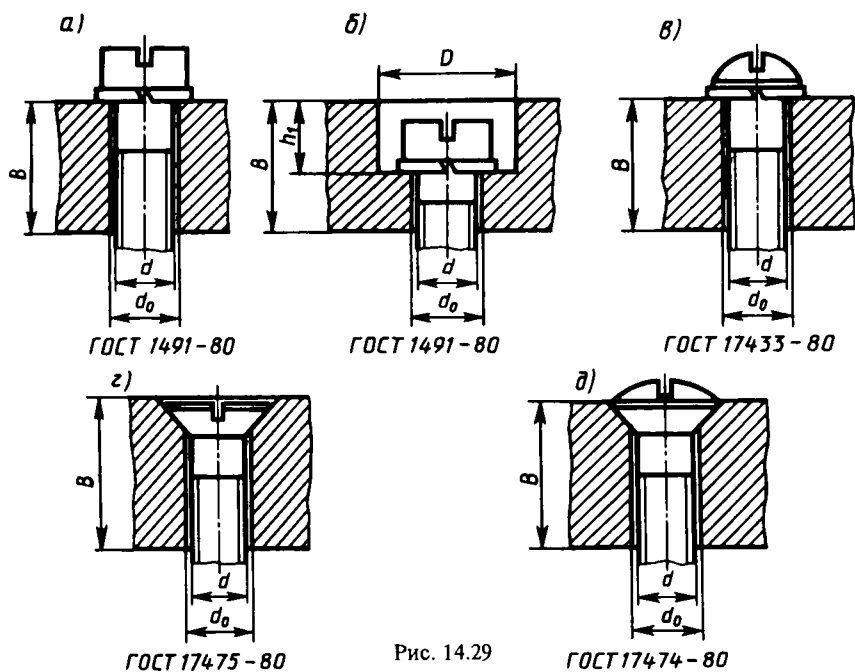


Рис. 14.29

отвертку приведены на рис. 14.28: цилиндрическая (*а*), полукруглая (*б*), потайная (*в*) и полупотайная (*г*).

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.

Установочный винт отличается от крепежного тем, что его стержень полностью нарезан на всю длину и имеет 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. На вращающихся деталях применяют установочные винты со шлицем под отвертку без головки.

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 М 12×50* 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 2М 12×1,25* ГОСТ 17473—80 (винт с полукруглой головкой, исполнение 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 рис. 14.29. В конструкциях на рис. 14.29, *а—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 рис. 14.30, *а—г*. Оба винта — с цилиндрической головкой (*в*) и с конической (потайной) головкой (*г*) имеют одинаковую резьбу диаметром 16 мм. Слева от винтовых соединений на рис. 14.30, *а, б* показаны операционные технологические эскизы на сверление отверстия под резьбу и на обработку резьбы.

Разработка чертежа винтового соединения. Чертеж винтового соединения (рис. 14.30) разрабатывают исходя из заданного диаметра резьбы, толщины *В* привинчиваемой детали, марки материала

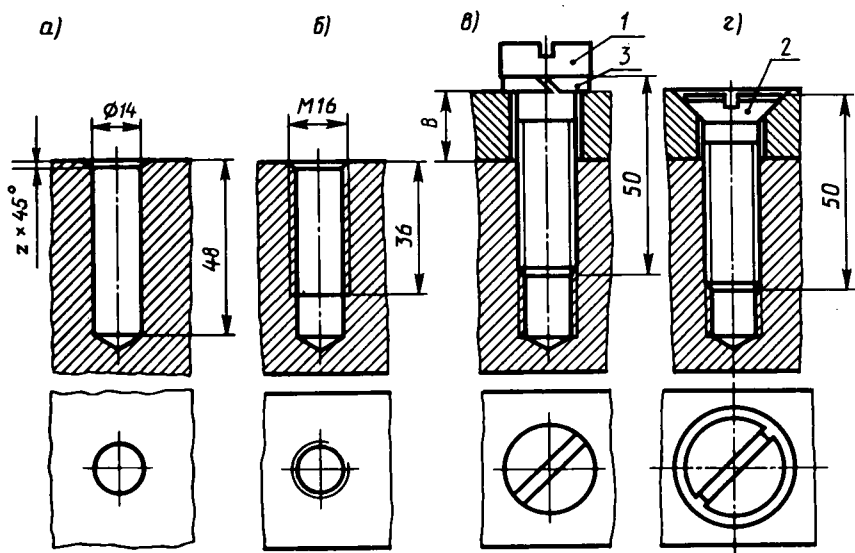


Рис. 14.30

детали с резьбовым гнездом и принимаемого типа головки и ее расположения относительно привинчиваемой детали (см., например, рис. 14.29).

При разработке чертежа выписывают из соответствующих стандартов шаг P резьбы, размеры диаметра D и высоты k головки, радиус R под головкой, ширину n и глубину t шлица, радиус головки (для полукруглой), наносят эти размеры на эскизе.

Определяют (рис. 14.31):

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. 14.5, д), мм:

$$l_1 = L + 2P;$$

глубину l_r сверления гнезда под резьбу (см. l на рис. 14.5, б), мм:

$$l_r = L + 6P = l_1 + 4P,$$

длину l винта, мм:

$$l = B + L + S_{\text{ш}};$$

или (см. рис. 14.29, б)

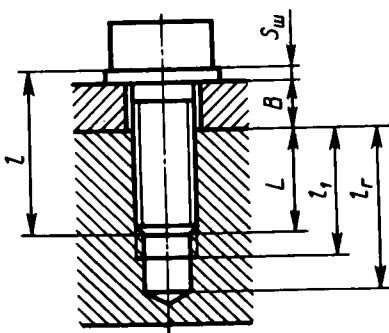


Рис. 14.31

$$l = (B - h_1) + L + S_{\text{ш.}}$$

Номинальный диаметр d_1 отверстия под нарезание резьбы, мм:

$$\begin{aligned} d_1 &= d - P \text{ для } P = (0,5 \div 2) \text{ мм;} \\ d_1 &= d - P - 0,1 \text{ для } P = (2,5 \div 4,5) \text{ мм;} \\ d_1 &= d - P - 0,2 \text{ для } P = (5 \div 6) \text{ мм;} \end{aligned}$$

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 рис. 14.30.

Пример. Задание — разработать чертеж винтового соединения по типу, приведенному на рис. 14.29, б, для винта с резьбой М16; $B = 40$ мм, $D = 25$ мм, $h_1 = 12$ мм, материал детали с резьбовым гнездом — сталь.

Выписываем:

из ГОСТ 1491—80 для винта с резьбой М16: шаг $P = 2$ мм, диаметр $D = 24$ мм головки, ширину $n = 4$ мм и глубину $t = 4$ мм шлица, высоту $k = 9$ мм головки, радиус $R = 1,6$ мм; из ГОСТ 6402—70 для шайбы пружинной диаметр $d = 16,3$, толщину $S_{\text{ш}} = b = 3,5$ мм.

Определяем:

глубину L завинчивания в стальное гнездо — $L = d = 16$ мм;

глубину l_t сверления гнезда —

$$l_t = L + 6P = 16 + 6 \cdot 2 = 28 \text{ мм;}$$

длину l винта —

$$l = (B - h_1) + L + S_{\text{ш}} = (40 - 12) + 16 + 3,5 = 47,5 \text{ мм;}$$

устанавливаем по ГОСТ 1491—80 стандартную длину $l = 50$ мм;

уточняем глубину сверления гнезда $l_t = 30$ мм;

длину нарезанной части $b > L = 16$ — по ГОСТ 1491—80 $b = 38$ 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 $1,05d = 1,05 \cdot 16 = 16,8$ мм.

Выбранный винт М 16×50 ГОСТ 1491—80.

Соединения с накидными гайками. Варианты конструкций соединений с накидными гайками приведены на рис. 14.32, 14.33. В конструкции на рис. 14.32 штекерный разъем 3 закреплен в корпусе 1 накидной гайкой 2. Затягивание гайки осуществляется вручную, для чего на наружной цилиндрической поверхности гайки выполняют сетчатые рифления. В конструкции на рис. 14.33 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 промежуточную деталь 4 (ниппель) из более прочного материала, чем материал трубки. Она предохраняет от повреждений поверхность трубки. В конструкции на рис. 14.34 приведена разновидность разборного вакуумного соединения медной трубки (штенгеля) 3 с корпусом 1. Такая конструкция имеет очень высокую герметичность — вакуумную плотность. Ее применяют 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

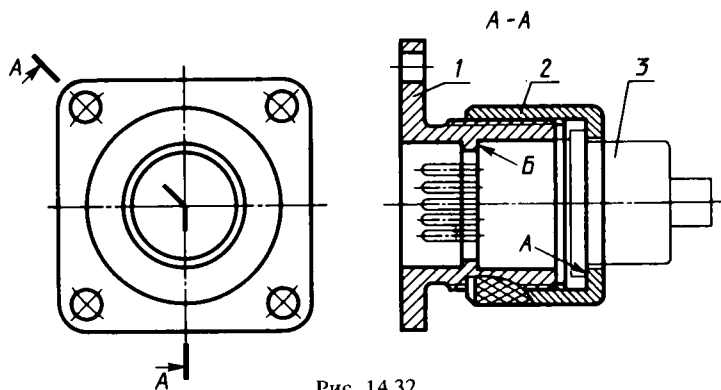


Рис. 14.32

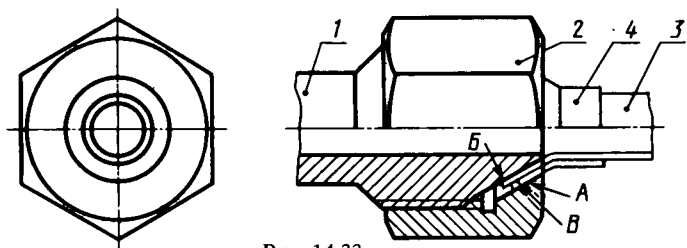


Рис. 14.33

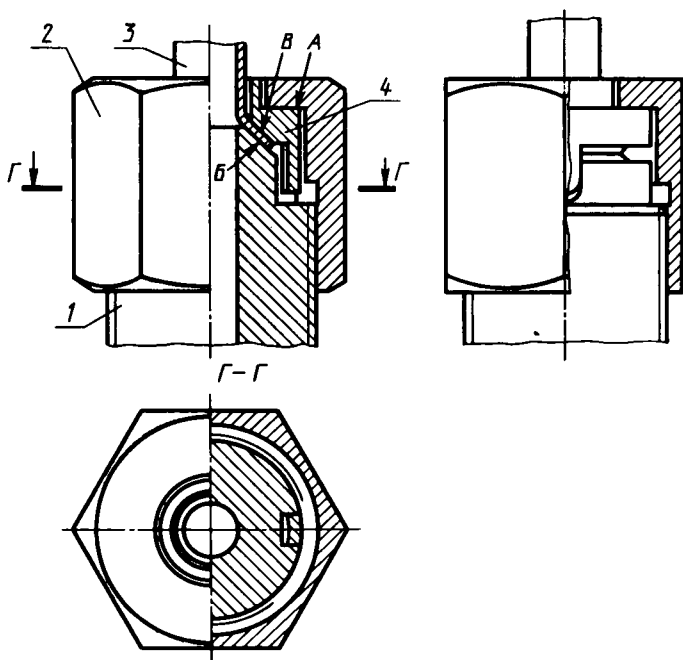


Рис. 14.34

трения. Для предотвращения поворота шайбы 4, трубки 3 и соединенного с ней прибора относительно корпуса 1 на шайбе 3 выполняют два выступа, которые 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 закрепляемую деталь 3 к поверхности В неподвижной детали 1. Этот прижим в случае применения промежуточной детали 4 (см. рис. 14.33, 14.34) осуществляется через промежуточную контактную поверхность В.

В изображениях соединений на рис. 14.32, 14.33 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.

тельное. При повороте на один оборот относительное перемещение детали с наружной резьбой (винта) относительно детали с внутренней резьбой (гайки) равно ходу резьбы. При однозаходной резьбе ход равен шагу резьбы. Для уменьшения осевых перемещений на один оборот потребуется уменьшать 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**, приведена выше — см. рис. 14.1, *в* — и 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* вернется в дифференциальный винт по его внутренней резьбе 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.

14.3. ИЗОБРАЖЕНИЕ ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Шпоночные (рис. 14.35) и **шлицевые** (зубчатые) (см. рис. 14.37) 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 рис. 14.35, *а* показана призматическая шпонка, концы которой образованы цилиндрическими поверхностями. Такая шпонка применена и в соединении, показанном там же. На рис. 14.35, *б* изображена

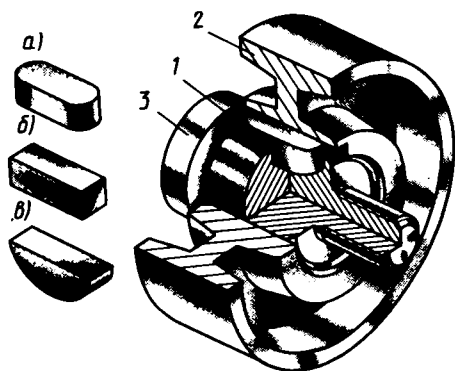


Рис. 14.35

призматическая шпонка без скруглений концов, а на рис. 14.35, в — сегментная.

Пример изображения шпоночного соединения на чертеже приведен на рис. 14.36. 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 3.

Шпонку показывают нерас-сеченной. Форму шпонки выявляют на другом изображении (в данном случае на виде сверху). На нем наружную деталь показывают в разрезе, а вал и шпонку — видом. Поперечную форму шпонки и пазов под нее показывают в сечении или разрезе плоскостью, перпендикулярной оси, например разрез $A - A$ на рис. 14.36. 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: для призматических шпонок ГОСТ 23360—78, для сегментных ГОСТ 24071—81.

В шлицевом (зубчатом) соединении крутящий момент (рис. 14.37) передается за счет того, что выступы-шлицы (зубья) вала 1, расположенные вдоль его оси, входят в соответствующие им пазы наружной детали 2. Большое количество шлицов позволяет уменьшить их высоту по сравнению с высотой шпонки и при том же диаметре вала передавать 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 профиль одного выступа и двух смежных с ним впадин, например сечение $A - A$ на рис. 14.38. Остальные шлицы показывают условно тонкой линией по границе внутреннего диаметра впадин на валу. На плоскости проекций, параллельной оси вала и соединения, наружную деталь

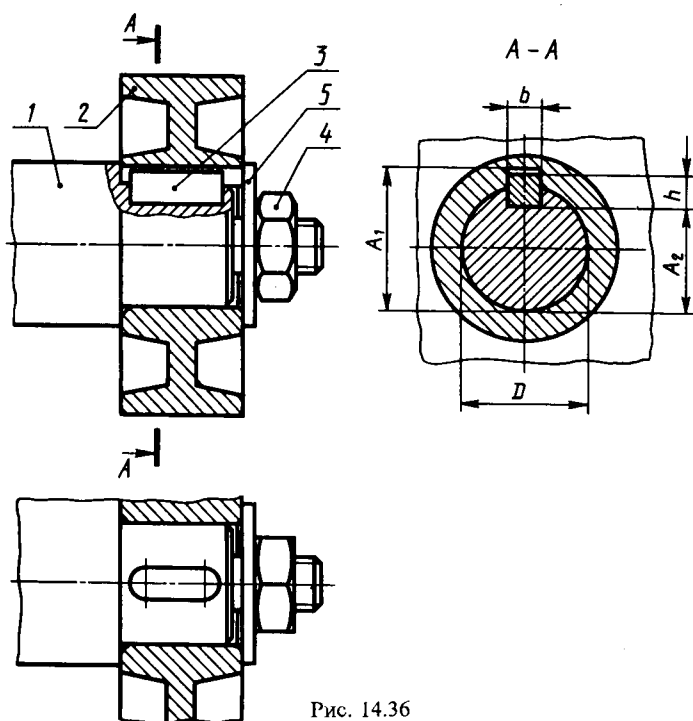


Рис. 14.36

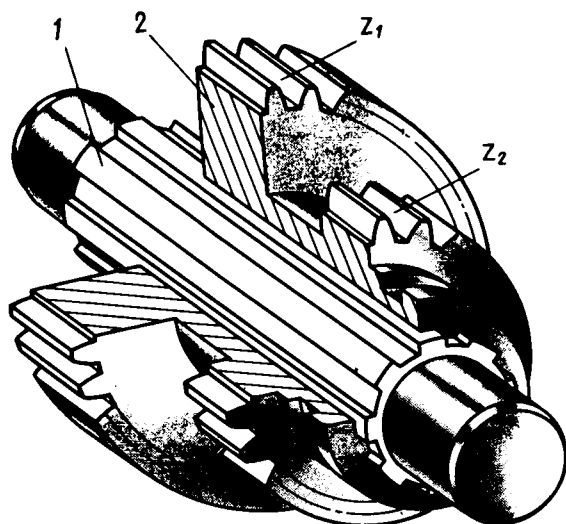


Рис. 14.37

в шлицевом соединении показывают в разрезе, вал — нерассеченным 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.

Размеры шлицевых соединений стандартизованы в зависимости от наружного диаметра вала (ГОСТ 1139—80). На проектных чертежах общего вида или сборочных чертежах обычно указывают условное обозначение по соответствующему стандарту (например, число зубьев, значения внутреннего и наружного диаметра, ширины выступа). 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 показан на рис. 14.37; 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_2 , z_3 и z_4 приведен выше (см. рис. 14.38). Блок 1 зубчатых колес может перемещаться вдоль оси шлицевого вала и попеременно образовывать с зубчатыми колесами и валом 2 зубчатые передачи z_1 и z_2 или при перемещении блока влево z_3 и z_4 .

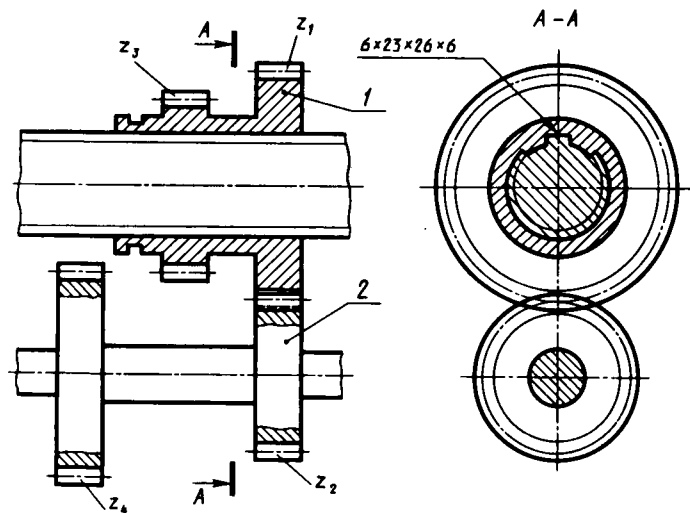


Рис. 14.38

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

$$d = m \cdot z,$$

где m — модуль (линейная величина, в π раз меньшая окружного шага зубьев); z — число зубьев колеса.

Диаметр окружности вершин d_a и диаметр окружности впадин d_f можно вычислять по формулам:

$$\begin{aligned} d_a &= d + 2m = m(z + 2) \\ d_f &= d - 2,5m = m(z - 2,5). \end{aligned}$$

14.4. ИЗОБРАЖЕНИЯ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СВАРКОЙ, ПАЙКОЙ, СКЛЕИВАНИЕМ

Сварные соединения и их изображение. Неразъемные соединения сваркой, пайкой и склеиванием широко применяются в технологическом оборудовании, в электронных приборах, радиотехнических устройствах, 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 либо пластическом деформировании, либо совместным действием того и другого (ГОСТ 2601—84). 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. 14.39):

- а) стыковые (детали соединяются торцами), обозначают буквой С;
- б) угловые (свариваемые детали образуют угол), обозначают буквой У;

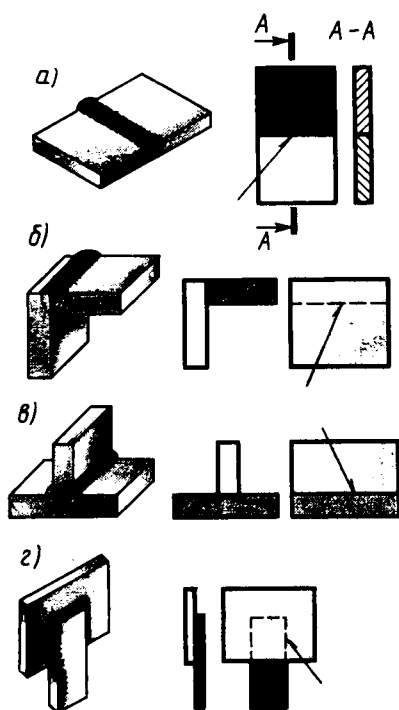


Рис. 14.39

в) тавровые (свариваемые детали образуют форму буквы *T*), обозначают буквой *T*;

г) внахлестку (кромки свариваемых деталей набегают на другую внахлестку), обозначаются буквой *H*.

Тонкими линиями в зоне шва (рис. 14.39) 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. 14.39, *а, в*);

невидимый — штриховой линией (справа на рис. 14.39, *б, г*).

От изображения шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой (рис. 14.39, 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. 14.40).

1. Обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений.

2. Буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту, указанному в п. 1.

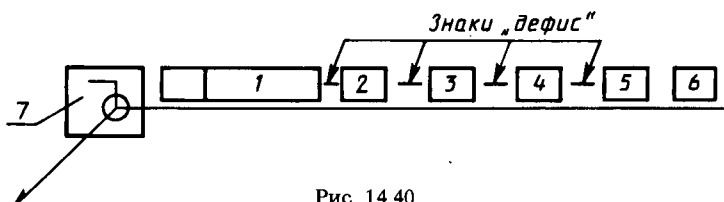


Рис. 14.40

3. Условное обозначение способа сварки по стандарту, указанному в п. 1 (допускается не приводить).

4. Знак ∇ и размер катета согласно стандарту, указанному в п. 1.

5. Для прерывистого шва — размер длины провариваемого участка, знак — (для цепного шва) или Σ (для шахматного шва) и размер шага.

Для шва контактной точечной сварки или электрозаклепочного — размер расчетного диаметра точки или электрозаклепки; знак — или Σ 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:

$\sqcap$ — шов по незамкнутой линии;

$\sim$ — наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу;

Ω — усиление шва снять.

7. Вспомогательные знаки:

$\bigcirc$ — шов по замкнутой линии;

$\lcorner$ — шов выполнять при монтаже изделия.

В учебном процессе по курсу инженерной графики обозначения стандартных швов упрощают и наносят, например, только номер стандарта, буквенно-цифровое обозначение шва, размер катета его поперечного сечения и знак $\bigcirc$, если требуется.

Примеры сварных швов на рис. 14.41: *а* — шов углового соединения, без скоса кромки, односторонний, выполняемый электродуговой сваркой с катетом шва 5 мм; *б* — сварное соединение цилиндрической детали с пластиной. В этом соединении шов

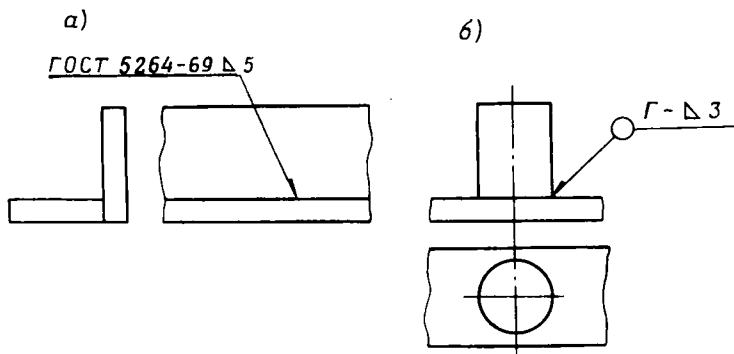


Рис. 14.41

односторонний без скоса кромок выполнен по замкнутому контуру (знак $\bigcirc$), 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.

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 паяному соединению проводят выносную линию со стрелкой. Эту линию пересекают условным знаком пайки в виде полудуги С. 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. 14.1, а) припаяна к выводу-колпачку 9 окунанием в расплавленный припой. На рис. 14.1, б показана конструкция радиоволновода с припаянными к нему двумя патрубками, плоской задней стенкой и фланцем. Большинство деталей резонансного разрядника (см. рис. 14.1, б)

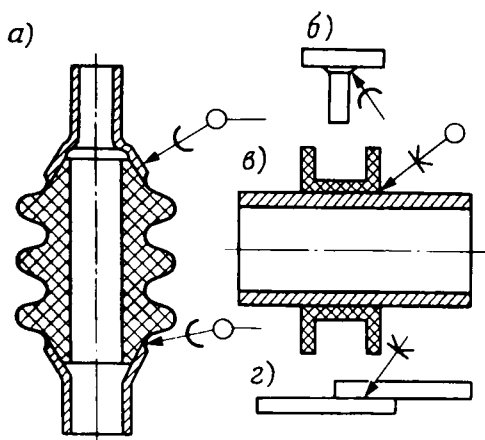


Рис. 14.42

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 рис. 14.42, *а, б*.

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. 14.1, *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 стеклянную 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 клеёных 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.

Изображают на чертежах в разрезах и на видах клеёные швы, как и паяные, линией толщиной $2S$ и выносной линией со стрелкой, на которой наносят знак **К**, символизирующий букву К. Полочку от выносной линии используют для обозначения номера пункта технических требований, в котором указывают марки клея и требования к качеству шва.

Примеры клеёных соединений металлической трубки и пластмассового каркаса катушки и клеёного соединения двух пластин см. на рис. 14.42, *в, г*.

14.5. 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 резьбообрабатывающего инструмента (см. рис. 14.20), 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, ка-

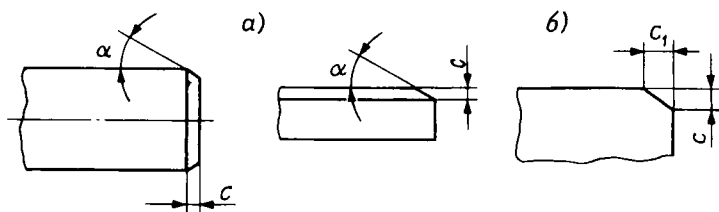


Рис. 14.43

навки 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.

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° к поверхности обозначают обычно $S \times 45^\circ$, где S — размер катета фаски. Если фаска расположена под иным углом α , то размеры ее наносят, как показано на рис. 14.43, или указывают угол и один линейный размер (а), или два линейных размера (б).

Рифления на поверхности детали широко применяют для устранения проскальзывания детали в руке при повороте. Примеры прямого и сетчатого рифлений на головке детали показаны на рис. 14.44. Их упрощенные изображения на чертежах см. на рис. 13.35 и 14.46. Упрощенное изображение вида рифления сопровождают надписью с указанием шага рифлений. Так, в чертеже на рис. 14.46 шаг рифлений указан 1 мм. Размер D (см. рис. 14.46) обозначает диаметр цилиндрической поверхности заготовки, на которой образуют рифление. Этот размер после нанесения рифления несколько увеличивается.

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. 14.45, 14.46) с требуемым расположением знаков и цифр на развертке.

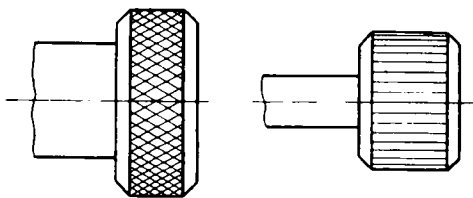
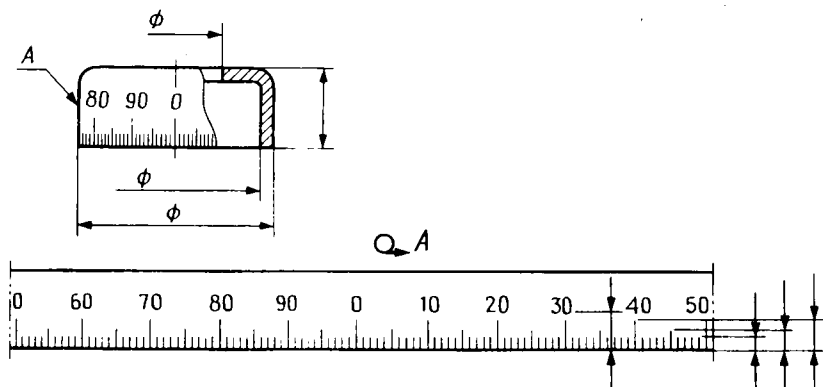
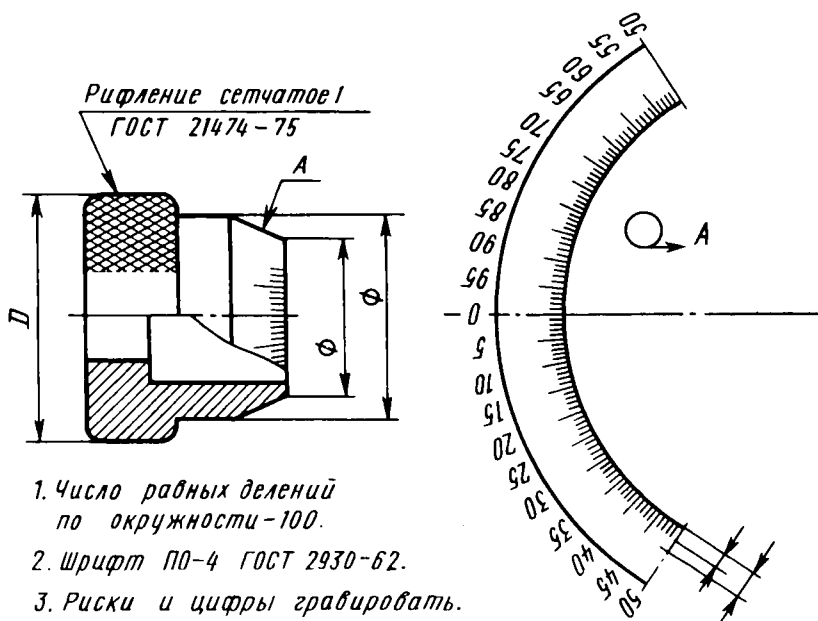


Рис. 14.44



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...
5. Шрифт ПО-4 ГОСТ 2930-62 гравировать.

Рис. 14.45



1. Число равных делений по окружности - 100.
2. Шрифт ПО-4 ГОСТ 2930-62.
3. Риски и цифры гравировать.

Рис. 14.46

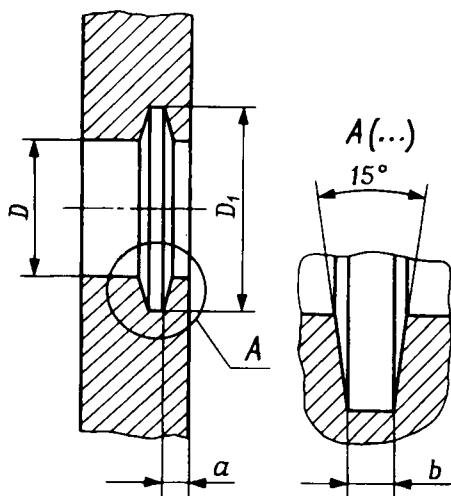


Рис. 14.47

лотнительным кольцом. Для указания размера b и угла α 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. 14.48). Форму и размеры их принимают по ГОСТ 14034—74 в зависимости от диаметра той части детали, в которой выполняют гнездо. Пример чертежа с центровым гнездом и его обозначением на чертеже приведен на рис. 14.49, а.

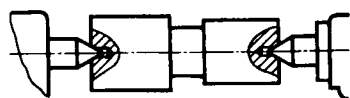


Рис. 14.48

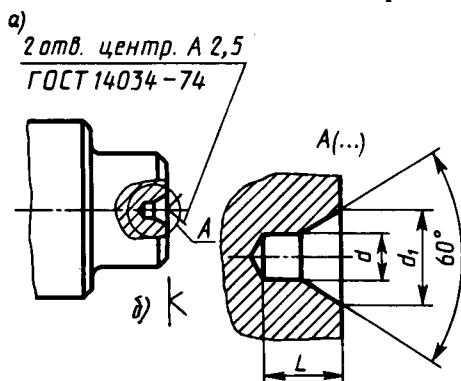


Рис. 14.49

В технических требованиях на чертеже указывают необходимые данные для элементов шкал, цифр, шрифта, фона, покрытия и др. (см. рис. 14.45, 14.46).

Канавки под уплотнительные кольца (рис. 14.47). Форма канавок подобрана из условий обеспечения прижима фетрового или войлочного уплотнительного кольца с сечением прямоугольной формы к гладкой цилиндрической поверхности уплотняемой детали. Приведенная конструкция канавки обеспечивает обжатие вала уп-

а)
2 отв. центр. А 2,5
ГОСТ 14034-74

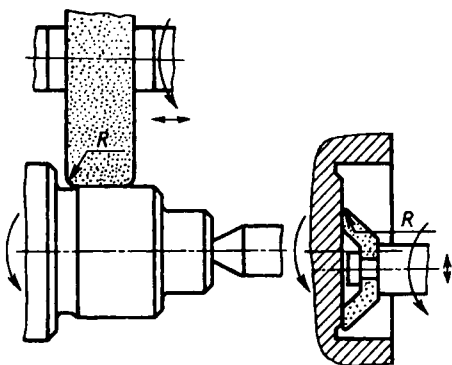


Рис. 14.50

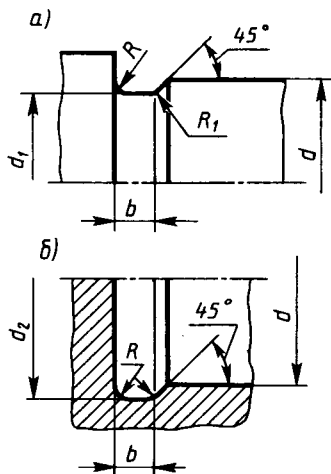


Рис. 14.51

Центровые гнезда могут быть необходимы 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, з). Фаска ρ''_1 в этом случае предохраняет от повреждений рабочую коническую поверхность ρ''_2 . Если же центровые гнезда на готовой детали недопустимы, то на чертеже наносят знак (рис. 14.49, 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 рис. 14.50 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. Форма и размеры канавок для выхода шлифовального круга стандартизированы ГОСТ 8820—69 и приведены на рис. 14.51 для наружного (а) и внутреннего (б) шлифования по цилиндру. Если на чертеже детали форму канавки и нанесение размеров выполнить затруднительно, то ее изображают выносным элементом — местным видом или разрезом.

ЧЕРТЕЖИ И ЭСКИЗЫ ДЕТАЛЕЙ

15.1. 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 ГОСТ 2.307—68 и 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 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 курсе инженерной графики изучают в основном правила выполнения чертежей деталей, относящиеся к изображению их формы на чертеже и нанесению номинальных размеров.

Рассмотрим некоторые правила выполнения чертежей деталей, установленные ГОСТ 2.109—73, с учетом специфики учебного процесса.

Рабочие чертежи разрабатывают на каждую деталь. Допускается не выпускать чертежи на детали, изготавливаемые из 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, изготавливаемое гибкой, не дает представления о действительной форме и размерах отдельных ее элементов, то на чертеже помещают

частичную или полную ее развертку (см. рис. 13.1). 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 и знак развертки не помещают (рис. 15.1).

Детали пружинного типа. Для таких деталей различают два вида формы: форма детали в свободном (ненапряженном) состоянии и форма детали в деформированном (напряженном) состоянии в готовом изделии или в формообразующем инструменте. Особенности этих состояний детали учитывают при их 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. 15.2): в свободном состоянии сплошными основными линиями и штрихпунктирными линиями с

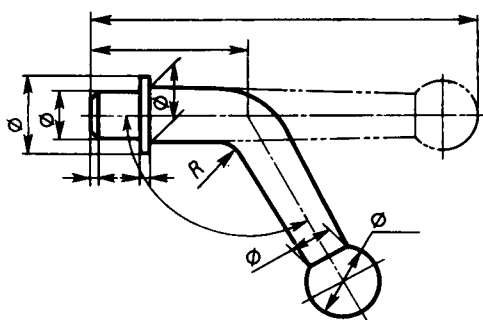


Рис. 15.1

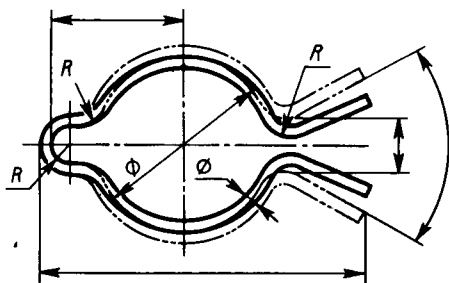


Рис. 15.2

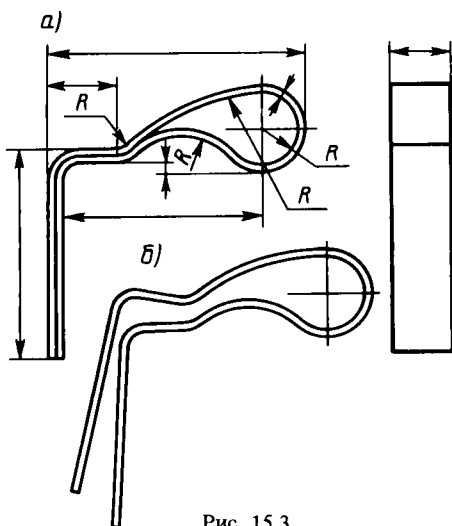


Рис. 15.3

двумя точками после изменения первоначального состояния. Размеры элементов, которые измеряют после изменения первоначальной формы детали, наносят на изображении, выполненном штрихпунктирными тонкими линиями с двумя точками.

Если деталь в свободном состоянии приобретает произвольную форму (рис. 15.3, б), которую чертежом не устанавливают, то такую деталь изображают (рис. 15.3, а) только с размерами, указанными для измерения. В этом случае в технических требованиях на поле чертежа записывают *Размеры указаны для измерения*.

15.2. 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 в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

Для деталей типа тел вращения достаточно одного изображения (рис. 15.4, а, б, в, г, см. также рис. 13.31, б; 14.25) на плоскости проекций, параллельной оси тела — вида (а, г), разреза (б) с указанием знаков Ø перед размерными числами диаметров. Одного изображения достаточно также для деталей типа валов, втулок с резьбой с обозначением резьбы.

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. Так, на рис. 15.5 главное изображение на плоскости, параллельной оси детали, дополнено или одним профильным разрезом (а) или одним видом (б, в). Аналогично выполнены изображения деталей, рассмотренные ранее — см. рис. 13.31, а. Пояснение формы мелких конструктивных элементов выносными элементами на деталях типа тел вращения см., например, на рис. 13.29, б, в, г. Применение нескольких сечений для выявления конструктивных элементов вала, см., например, на рис. 13.26.

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. 15.6).

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 реко-

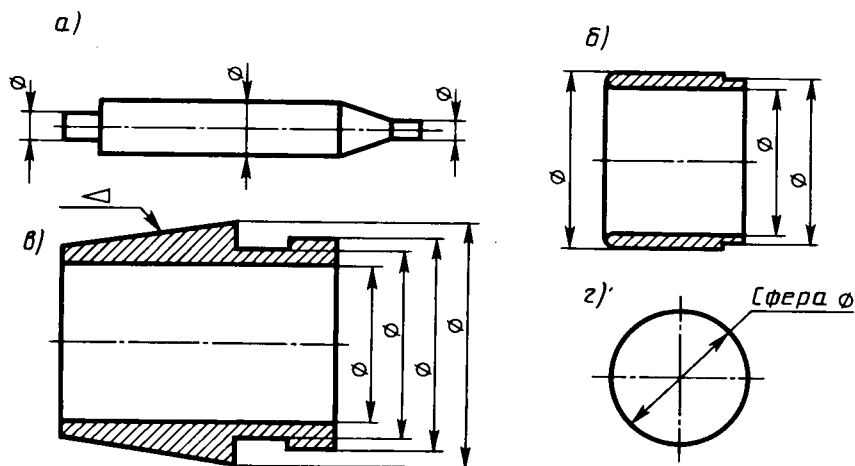


Рис. 15.4

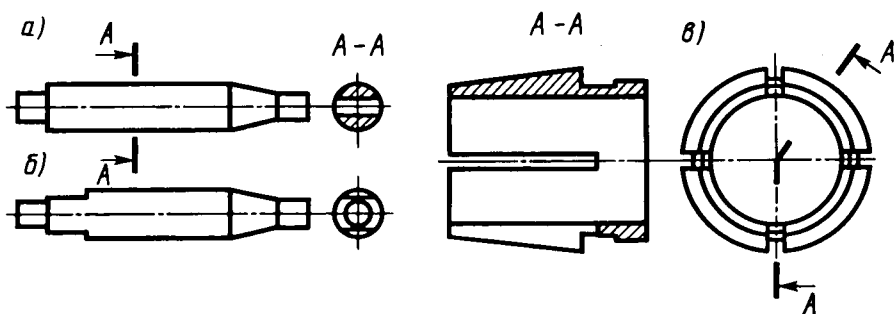


Рис. 15.5

мендуется показывать в этом положении. Планки, линейки, валики, оси и т. п. рекомендуется располагать на чертеже горизонтально, а корпуса, кронштейны и т. п. — основанием вниз.

В качестве примера см. на рис. 13.44 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 кронштейна механизма перестройки частоты — рис. 15.7. 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 — приборе, машине.

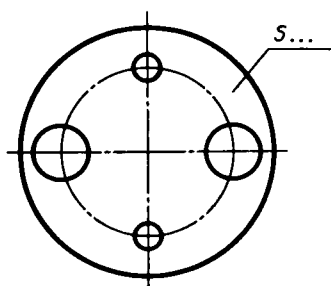


Рис. 15.6

Примеры главных изображений деталей с горизонтальной осью см. на рис. 15.4, 15.5. Для деталей типа шкивов, колес, шестерен главным изображением является фронтальный 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. 14.28), болтов (см. рис. 14.22), валиков изготовляют на токарных станках или ав-

томатах. 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 планировка 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 обес-

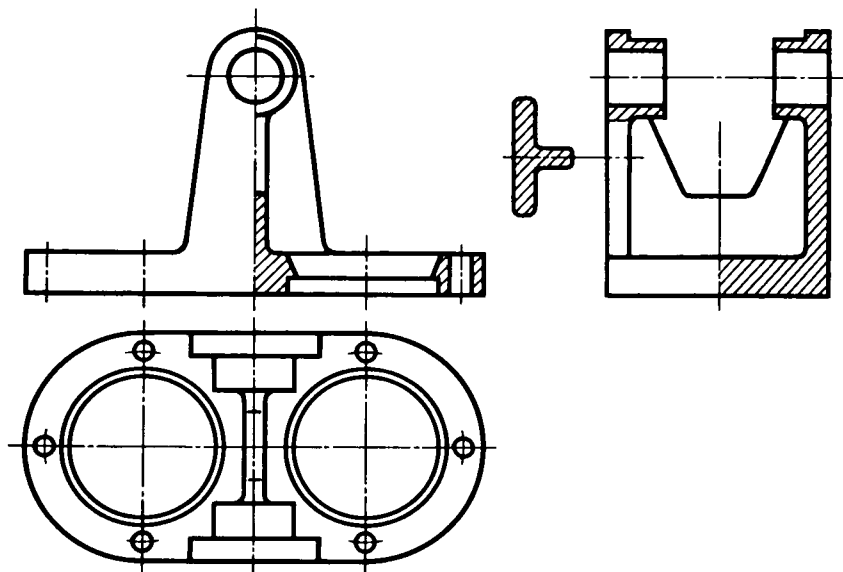


Рис. 15.7

печивать 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 детализировании. На предварительно выбранном формате выполняют черновик планировки чертежа, на котором чертят от руки осевые линии и габаритные контуры

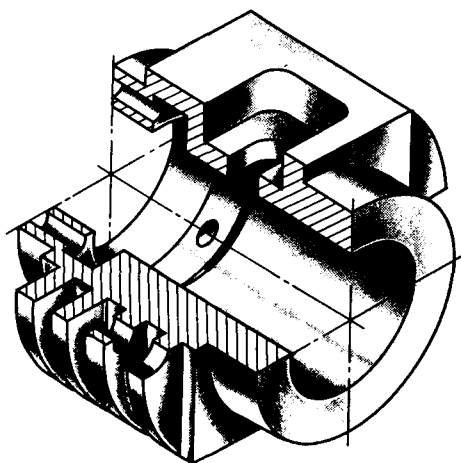


Рис. 15.8

всех необходимых изображений, штрихуют намеченные разрезы,

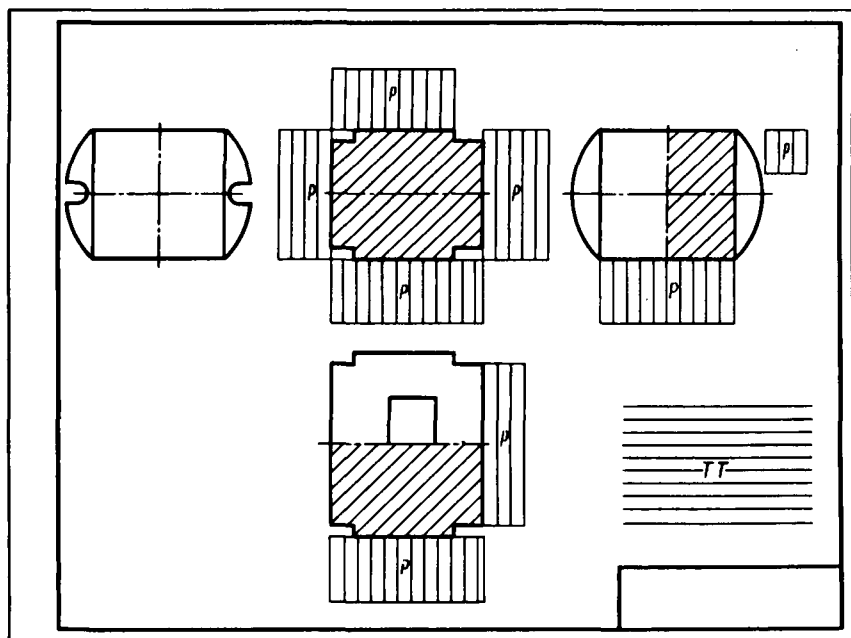


Рис. 15.9

отмечают зоны для нанесения размеров. Анализируют намеченную планировку с целью выявления возможности уменьшения формата чертежа за счет уменьшения занимаемой площади простыми симметричными 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.

Пример планировки чертежа для детали, показанной на рис. 15.8, приведен на рис. 15.9. Поле *P* между изображениями оставлено для нанесения размеров, поле *ТТ* над основной надписью — для технических требований. Некоторое уменьшение площади и трудоемкости чертежа можно обеспечить за счет изображения половины видов слева и справа. Однако это не позволяет уменьшить формат в 2 раза, поэтому виды справа и слева оставлены полными.

15.3. СЪЕМКА ЭСКИЗОВ ДЕТАЛЕЙ

Изучение правил и выработку практических навыков в разработке чертежей деталей обычно осуществляют в три этапа: 1) съемка эскизов деталей с образцов; 2) выполнение чертежей деталей по их эскизам; 3) выполнение чертежей деталей по проектному конструкторскому чертежу общего вида изделия.

Рассмотрим первый этап — съемку эскизов деталей.

Эскизы. В условиях производства (например, при ремонтных работах) и при проведении научно-исследовательских и конструкторских 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 выполнению чертежа детали, осваиваются правила оформления чертежей, изложенные в стандартах ЕСКД, и приемы измерения размеров элементов деталей с натуры и 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 формам 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 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, изучения курсов основ технологии или консультации преподавателя определяют также назначение детали, ее материал и последовательность изготовления.

При съемке эскизов деталей не допускается «упрощать» форму элементов детали.

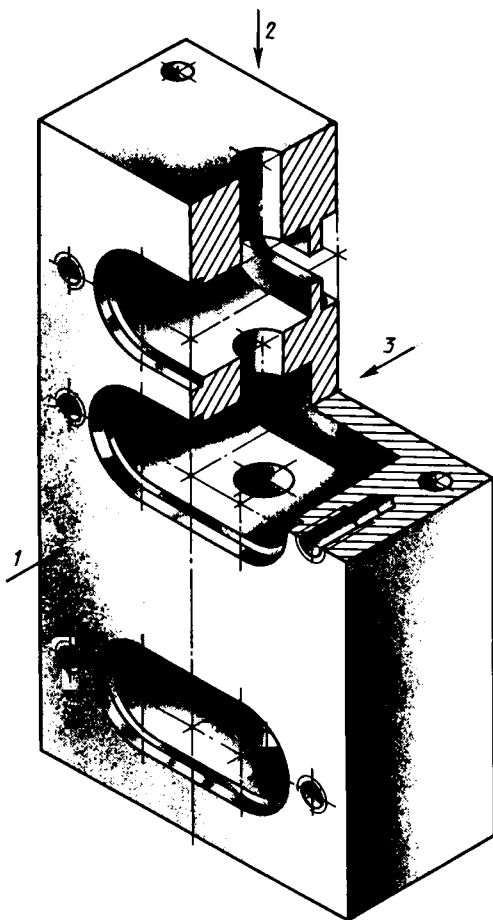


Рис. 15.10

Выбор изображений, главного изображения, формата и планировки подробно рассмотрен в § 15.2. При этом руководствуются правилами выполнения изображений предметов, изложенными в главе 13.

В качестве примера рассмотрим деталь, приведенную на рис. 15.10. Форма детали — прямоугольный параллелепипед с несколькими фасонными углублениями и отверстиями. Деталь имеет плоскость симметрии. Она является анодным блоком сверхвысоко-частотных резонаторов электровакуумного прибора — пролетного клистрона. Три углубления, боковая поверхность которых образована двумя полуцилиндрами и касательными к ним плоскостями, являются резонаторами. В дне крайних резонаторов имеются продолговатые отверстия — окна для ввода и вывода энергии. Они соединяют резонаторы с прямоугольными углублениями, в которые впаивают волноводы. В центральной части блока — сквозное цилиндрическое отверстие. В него впаивают четыре пролетных трубы, через которые проходит электронный луч. Снаружи резонаторы имеют углубления, по форме подобные резонаторам. Они служат для впаивания стенок. По бокам резонаторов расположены резьбовые гнезда (для крепления механизмов настройки). Два сквозных отверстия, оси которых параллельны оси центрального отверстия, служат для технологических целей.

Материал детали немагнитный — медь, имеющая высокую электро- и теплопроводность.

Технология изготовления детали может быть различной в зависимости от объемов производства. При мелкосерийном производстве используется в основном фрезерная и слесарная обработка. При крупносерийном производстве может быть использована объемная штамповка. При изготовлении деталь может занимать различные положения, какого-либо преобладающего положения нет.

Для полного выявления формы детали (рис. 15.10) необходимы три вида по стрелкам 1, 2 и 3, а также три разреза: разрез секущей плоскостью, совпадающей с плоскостью симметрии, разрезы для выявления сквозных технологических отверстий и глубины резьбовых отверстий. Половины двух последних разрезов можно соединить с половинами вида по стрелкам 1 и 2. В качестве главного изображения лучше всего выбрать указанный разрез по плоскости симметрии с вертикальным расположением оси центрального отверстия. В этом случае на видах слева по стрелке 1 и справа (по стрелке 2) будет выявлена форма основных элементов детали.

Последовательность выполнения эскиза.

1. Нанесение линий внутренней рамки и основной надписи. В соответствующих графах студент сразу должен вписать свою фамилию и номер группы.

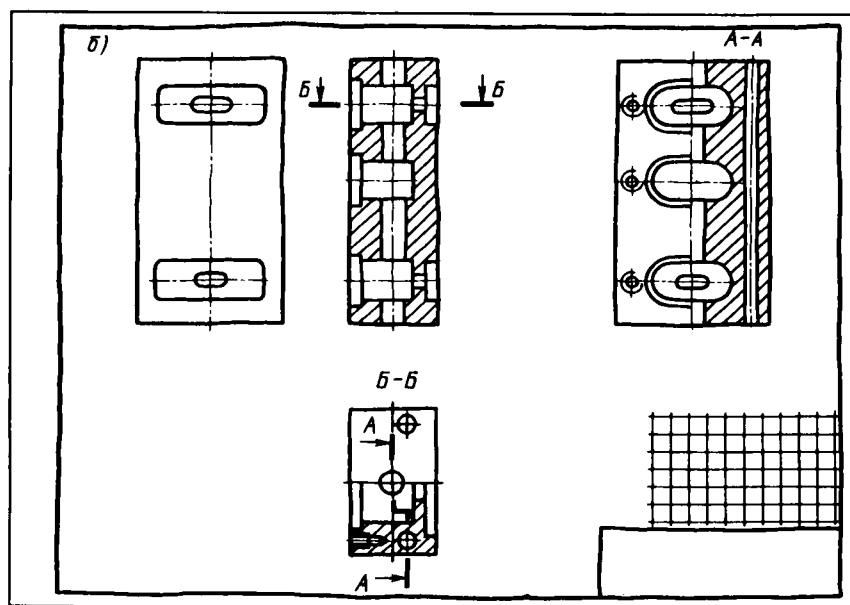
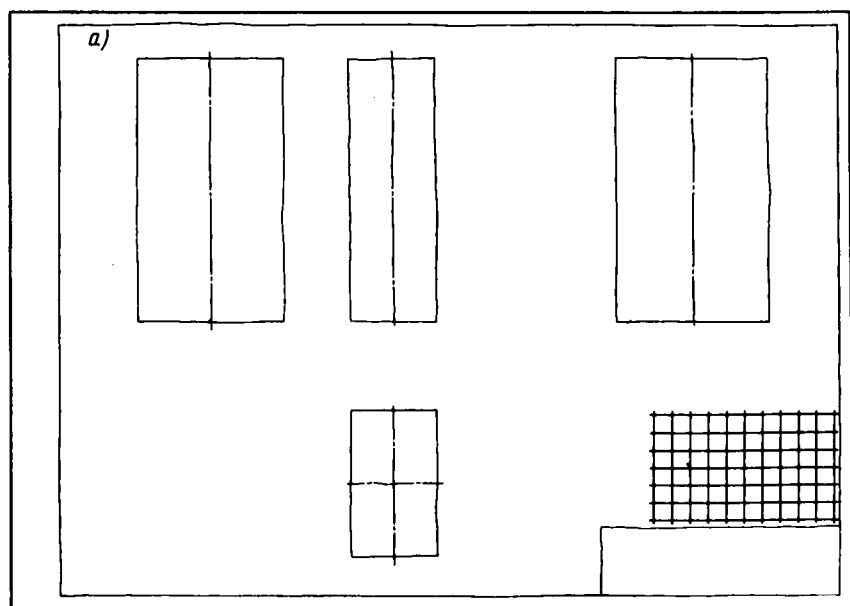
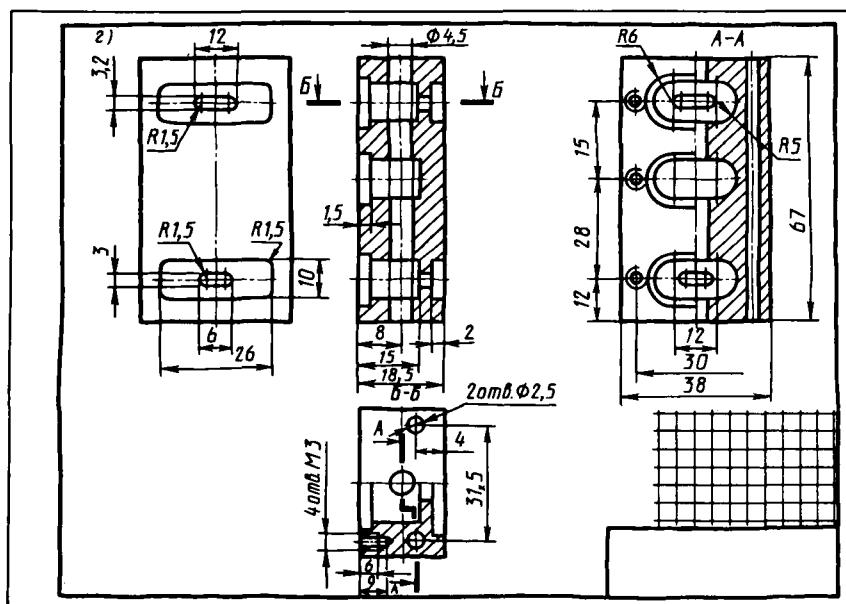
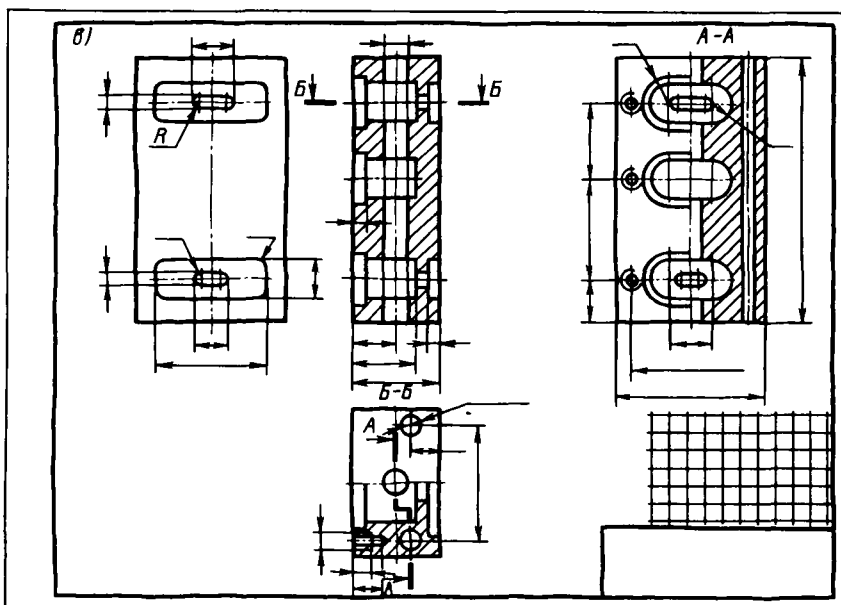


Рис. 15.11



Продолжение рис. 15.11

2. Выполнение планировки, т. е. вычерчивание прямоугольников по габаритным размерам изображений и нанесение осевых и центровых линий (рис. 15.11, *а*), предусматривая место для размеров, согласование планировки с преподавателем.

3. Вписывание контуров изображений в эти прямоугольники, выполнение разрезов (рис. 15.11, *б*): фронтального, ступенчатого *А — А* и горизонтального *Б — Б*.

Эту работу выполняют в модельной аудитории, имея перед глазами деталь.

4. Нанесение выносных и размерных линий (рис. 15.11, *в*). Эту работу целесообразно выполнять дома.

5. Измерения детали и нанесение размерных чисел (15.11, *г*). К измерениям приступают, только убедившись в правильности нанесения размерных линий.

6. Обводка эскиза; толщина обводки $S = 0,8 \dots 1$ мм.

Ниже в § 15.4 рассмотрены некоторые вопросы съемки размеров детали с натуры, а в § 15.5 — простановка размеров применительно к эскизам и чертежам деталей. С ними необходимо ознакомиться перед выполнением работ, указанных выше в п. 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. Цифровые значения размеров, установленных в стандартах, используют при нанесении размеров на эскизах.

Проведем анализ нескольких выполненных эскизов с учетом правил, установленных стандартами.

Эскизы детали типа «Основание». Внешний вид детали приведен на рис. 15.12. Проведем 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 эскиза приведена на рис. 15.13, *а*, эскиз — на рис. 15.13, *б*. 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. В принятом положении две плоскости симметрии

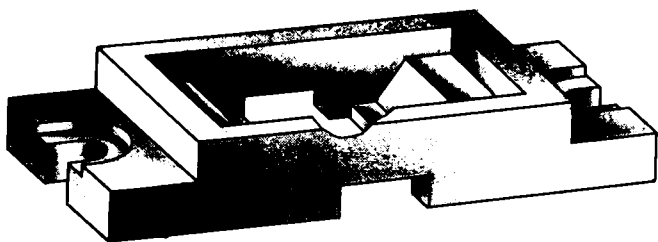
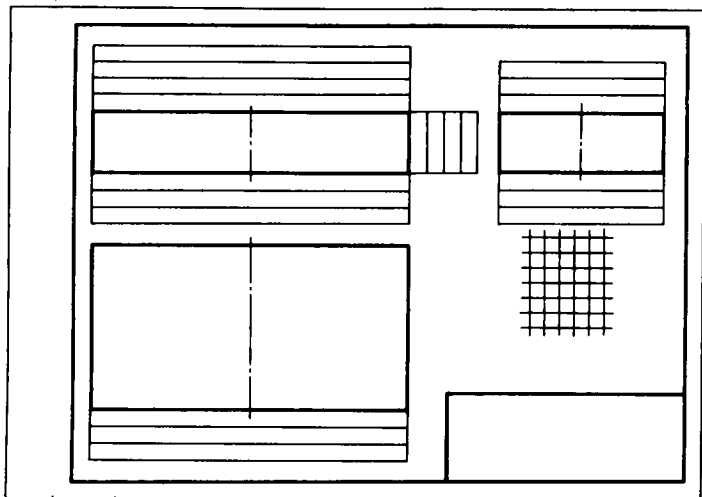


Рис. 15.12

а)



б)

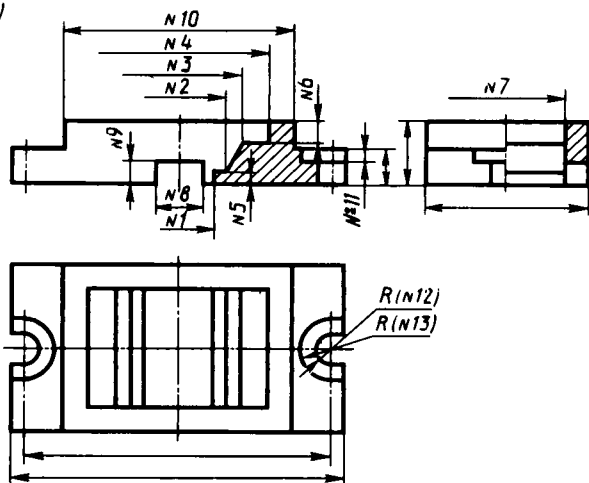


Рис. 15.13

детали — продольная параллельна фронтальной, поперечная — профильной плоскостям 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.

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.

Эскиз многогранной детали типа «Корпус». Внешний вид детали — корпуса ручного пресса — приведен на рис. 15.14. Назначение детали — несущая конструкция, вырез в которой образует рабочую зону пресса. Отверстия служат для размещения механизмов пресса.

Анализ конструкции данной детали показывает, что в основе ее формы — многогранник, три боковых грани которого наклонны, а четвертая перпендикулярна основаниям (рис. 15.15). В многограннике выполнен вырез двумя плоскостями, параллельными основаниям, и плоскостью, перпендикулярной к ним (парал-

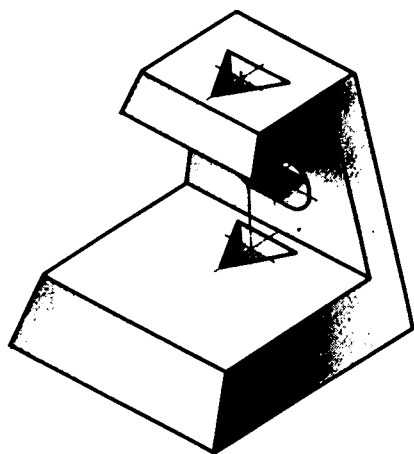


Рис. 15.14

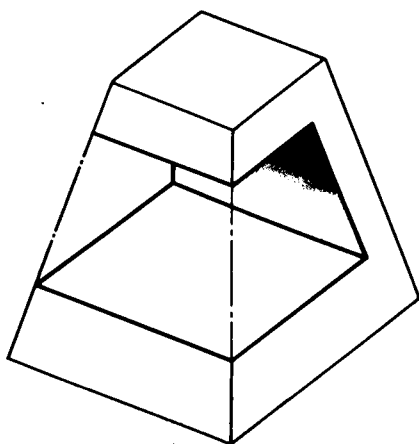


Рис. 15.15

лельной боковой грани). Кроме того, в детали выполнены два одинаковых по размерам вертикальных треугольных призматических отверстия, расположенных друг под другом, и фасонное горизонтальное отверстие. Деталь имеет одну вертикальную плоскость симметрии.

Выбор изображений (рис. 15.16) 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 слева 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

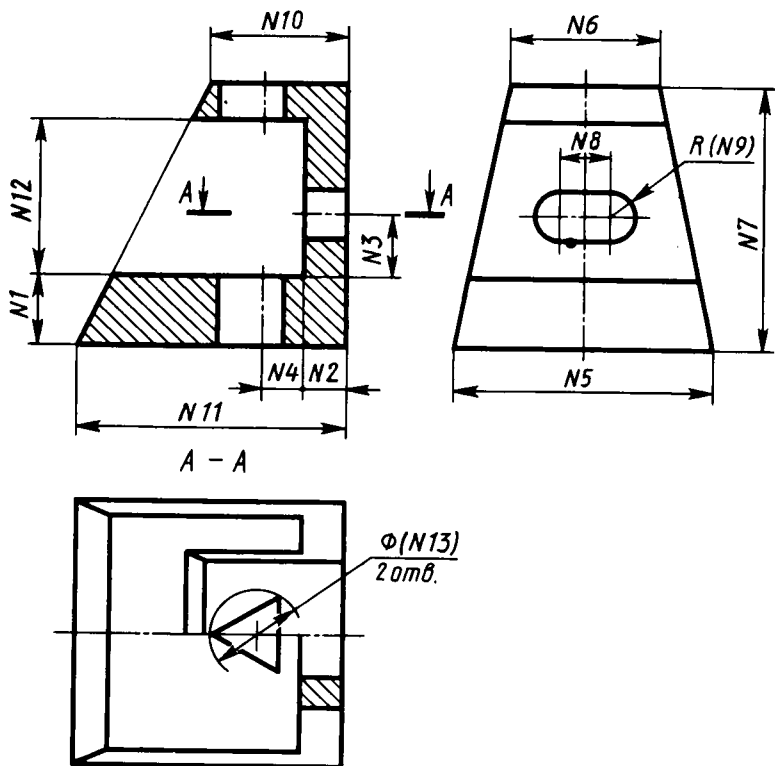


Рис. 15.16

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 формы или других элементов. Это размеры № 1 — № 4. Размеры № 1 и № 2 определяют положение выреза

относительно граней и основания детали. 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 рис. 15.17.

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. 15.17) 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 рис. 15.18 (промежуточный этап — планировка — не приводится). 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

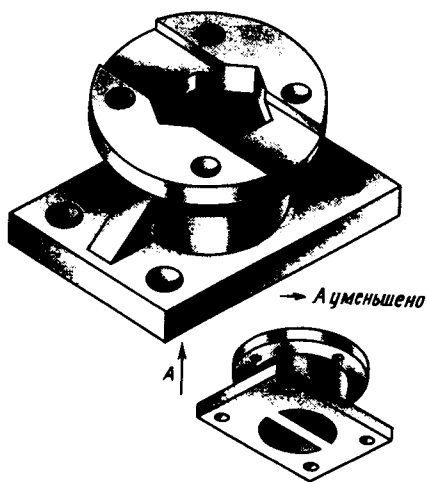


Рис. 15.17

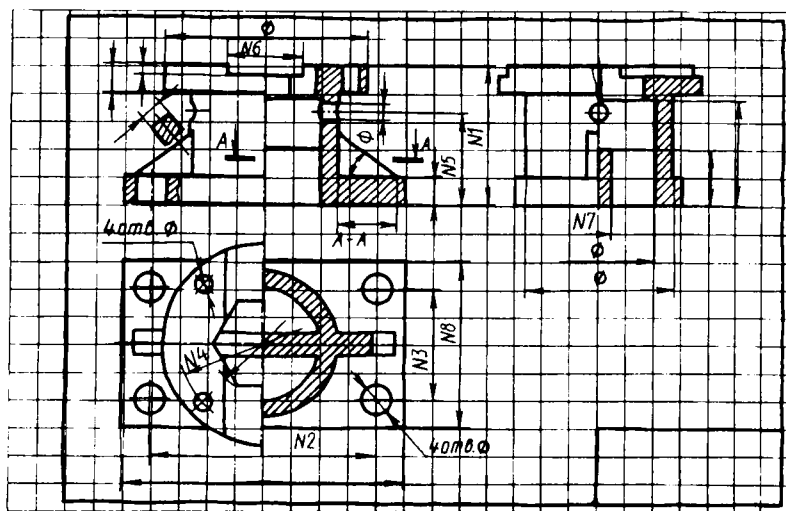


Рис. 15.18

линиями сечения $A — A$ со стрелками, которые определяют положение секущей плоскости и направление взгляда.

Некоторые условности, допускаемые стандартом и примененные при изображении детали.

Ребро жесткости в разрезах. На фронтальном разрезе не заштрихованы наружное в виде треугольника и внутреннее 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 секущую плоскость.

Отверстия на круглом фланце. Оси отверстий не лежат ни во фронтальной, ни в профильной секущих плоскостях. В таком случае стандартом допускается (см. рис. 13.38) 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. 13.30).

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. 13.25, 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.

15.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ С НАТУРЫ

Для определения линейных размеров при выполнении эскизов используют простейшие измерительные инструменты — измерительную линейку, кронциркуль (для измерения наружных 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.

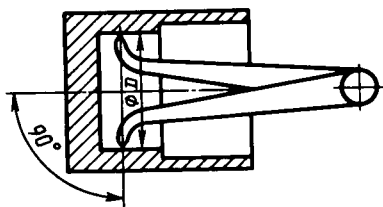


Рис. 15.19

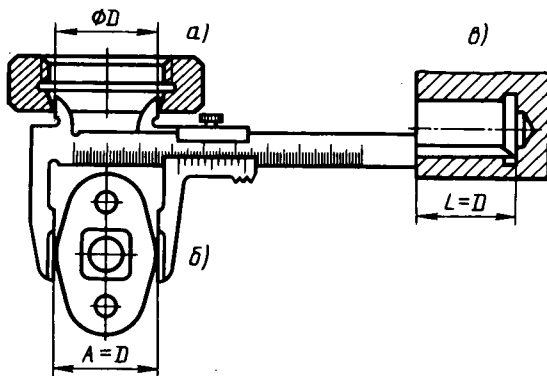


Рис. 15.20

Примеры измерения указанными инструментами диаметров показаны на рис. 15.19 — нутромером, на рис. 15.20, а — штангенциркулем; длин L на рис. 15.20, б — штангенциркулем, на рис. 15.21 — линейкой; размера A на рис. 15.20, б — штангенциркулем.

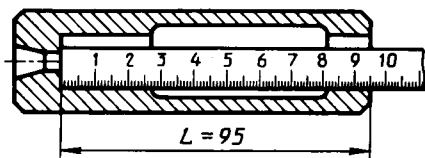


Рис. 15.21

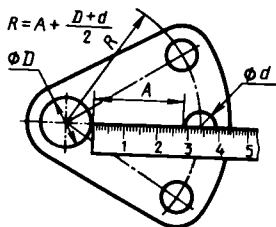


Рис. 15.22

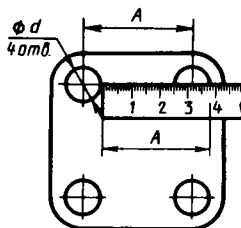


Рис. 15.23

Схемы измерения расстояний между осями отверстий показаны на рис. 15.22 и 15.23.

Примеры измерения толщины внутренних стенок приведены на рис. 15.24 — измерительной линейкой, на рис. 15.25 — кронциркулем с линейкой. В первом случае толщину стенки 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 измеряют с точностью до $10'$ угломером (рис. 15.26). В данном случае в наклонное отверстие введен гладкий стержень.

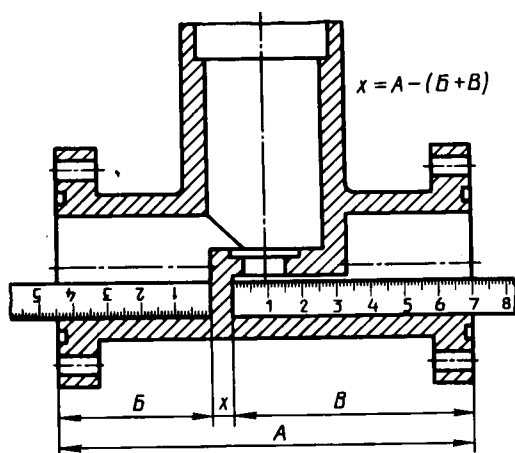


Рис. 15.24

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. 15.27, а). Можно деталь положить на бумагу и контур обвести острым карандашом (рис. 15.27, б). По отпечатку устанавливают геометрическую форму и размеры контура (рис. 15.27, в). Радиусы и центры дуг определяют, проведя перпендикуляры из середины двух хорд дуги одного радиуса, при наличии оси симметрии ее можно считать за один из перпендикуляров.

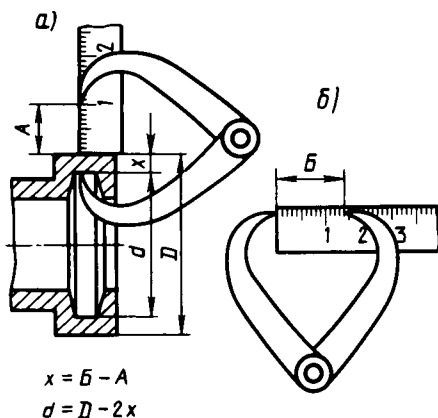


Рис. 15.25

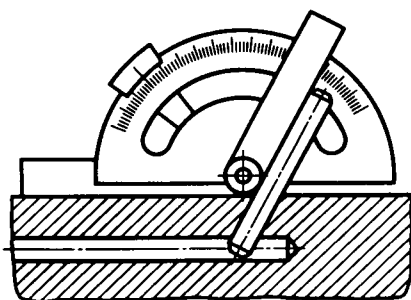
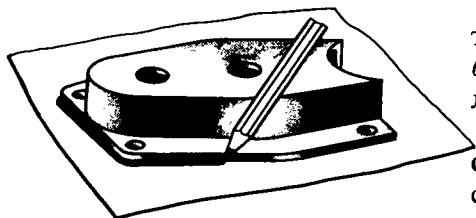


Рис. 15.26



б)



в)

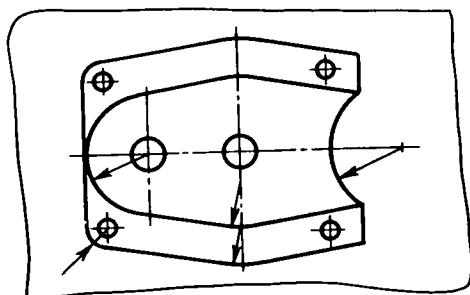


Рис. 15.27

Отпечаток контура кромки внутренней полости детали (рис. 15.28, а) снимают на бумагу протиранием контура графитом карандаша (рис. 15.28, б) или нажатием пальца (рис. 15.28, в). По отпечатку устанавливают геометрическую форму и размеры контура (рис. 15.28, г).

Радиусы закруглений галтелей определяют (рис. 15.28, б) радиусомером (набор шаблонов).

Определение параметров стандартных резьб производят с помощью штангенциркуля и резьбомеров. Резьбомеры (рис. 15.29) представляют собой набор шаблонов (тонких стальных 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 пластине 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-пластинку, зубцы которой совпадают с впадинами измеряемой резьбы (см. рис. 15.29). Затем читают указанный на пластинке шаг (или число ниток на дюйм). Наружный диаметр стержня (или внутренний диаметр в отверстии) измеряют обычным путем штангенциркулем (рис. 15.30, а).

Определив размер и шаг (или число ниток на дюйм), устанавливают тип и размер резьбы по таблицам стандартных резьб в ГОСТ 8724—81 и 6357—81.

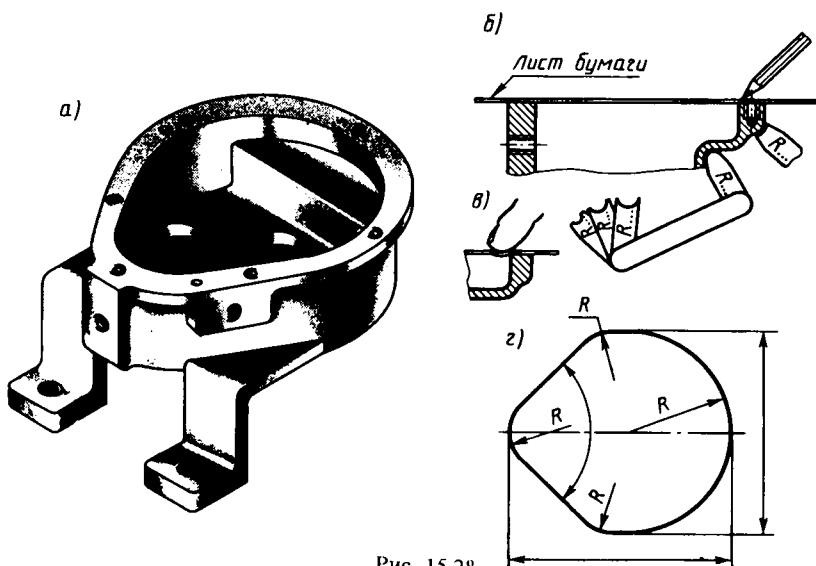


Рис. 15.28

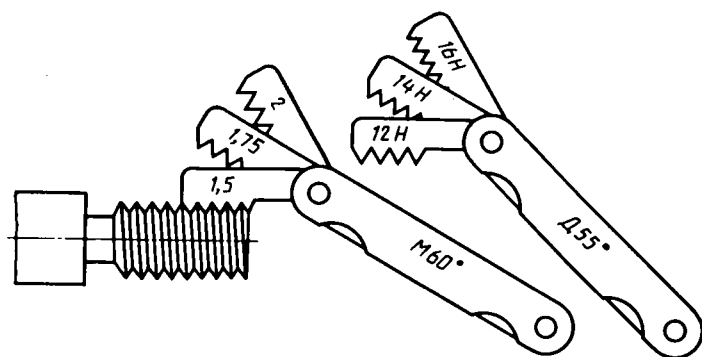


Рис. 15.29

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) — рис. 15.30, 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

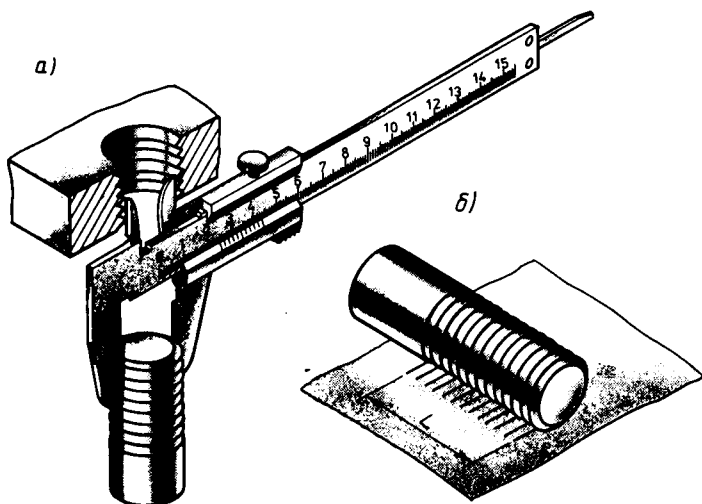


Рис. 15.30

шагов) общей длиной 13,5 мм. Наружный диаметр при измерении — 14 мм. Определяем шаг: $P = 13,5 : 9 = 1,5$ мм. По ГОСТ 8724—81 находим резьбу М14×1,5, 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, карандаше (рис. 15.31). 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. 15.32) снимают диаметр d_e выступов, ширину b , подсчитывают число зубьев Z .

Для нормального зацепления подсчитывают модуль

$$m = \frac{d_e}{z + 2}$$

и диаметр d делительной окружности

$$d_0 = mz.$$

На эскизе наносят размеры d_e 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 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 перфоленгу и последующим использованием их для автоматического вычерчивания измеренных поверхностей с помощью графопостроителей.

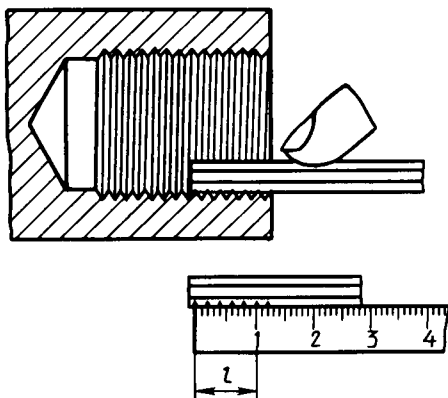


Рис. 15.31

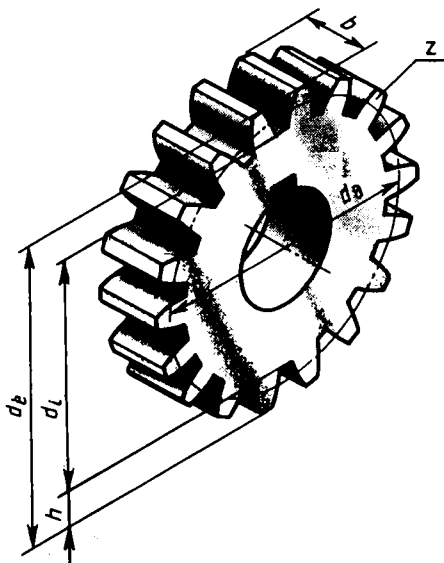


Рис. 15.32

15.5. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЭСКИЗАХ И ЧЕРТЕЖАХ ДЕТАЛЕЙ

Общие положения. Величину изображаемого предмета (изделия) и его элементов определяют размерные числа, нанесенные на

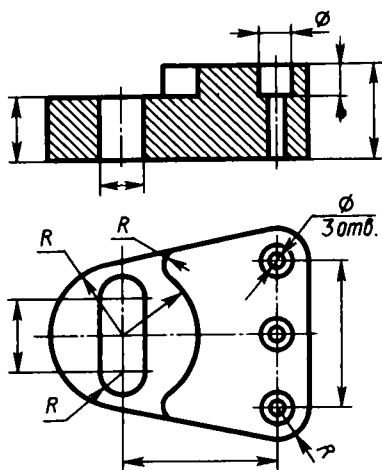


Рис. 15.33

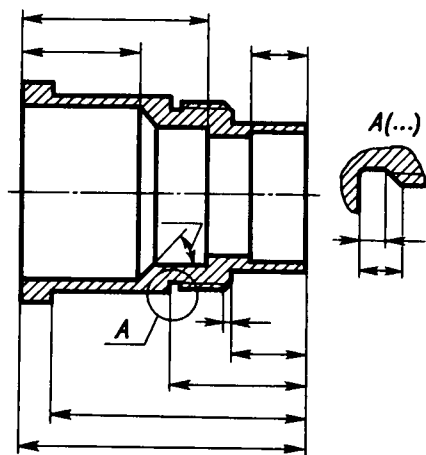


Рис. 15.34

чертеже. Исключение составляют случаи, предусмотренные в ГОСТ 2.414—68; 2.417—68; 2.419—68, 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:

- 1) формы детали;
- 2) взаимодействия с другими деталями сборочной единицы*, т. е. ее функционирования в изделии;
- 3) последовательности ее изготовления (технологии изготовления);
- 4) обеспечение 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.

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

* Влияние этого фактора начинает изучаться при съемке эскизов с деталей, входящих в состав определенной сборочной единицы (см. главу 16).

размеры указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения, например: 4° ; $4^{\circ}30'$; $0^{\circ}30'40''$; $0^{\circ}0'30''$.

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, 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. 15.33, см. также рис. 15.11). Целесообразно отдельно группировать размеры, относящиеся к внутренним и внешним очертаниям детали. Пример такой группировки размеров длин показан на рис. 15.34: наружных очертаний — внизу, внутренних — сверху. Иногда такую группировку выполняют на разных изображениях.

Размерные 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. 15.35). В случаях, показанных на рис. 15.36, размерную и выносные линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовали параллелограмм.

Размерные линии допускается проводить непосредственно к линиям видимого контура (см. рис. 15.41), осевом, центровым и другим линиям. Однако в качестве размерных линий не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии. Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной и линией контура — 10 мм и выбраны в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа.

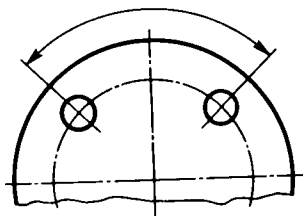


Рис. 15.33

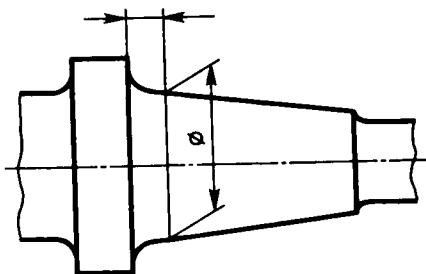


Рис. 15.36

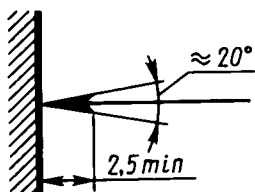


Рис. 15.37

При выполнении эскизов на бумаге в клетку расстояние между размерными линиями целесообразно выдержать 10 мм (по линиям клеток).

При нанесении выносных и размерных линий на чертеже необходимо избегать их пересечения.

Выносные линии проводят от линии видимого контура (исключение — см. рис. 15.47). 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.

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. 16.4 диаметры 35, 30, 22 мм). При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (см. размер 38 мм на рис. 17.16).

Стрелки размерных линий вычерчивают приблизительно одинаковыми на всем чертеже. Формы стрелки и примерное соотношение ее элементов в зависимости от толщины S линий видимого контура показаны на рис. 15.37.

Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии

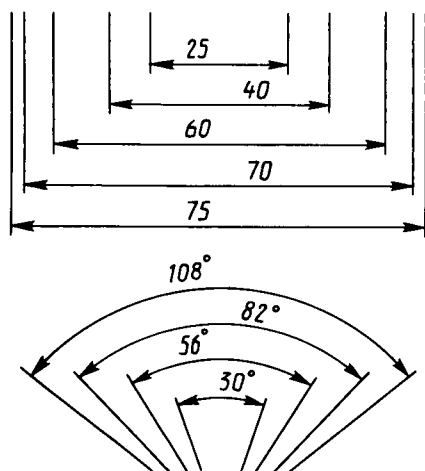


Рис. 15.38

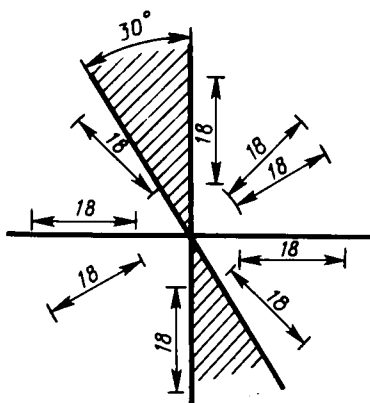


Рис. 15.39

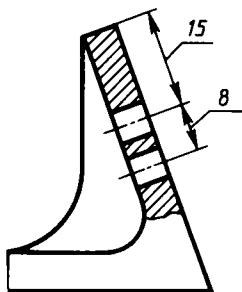


Рис. 15.40

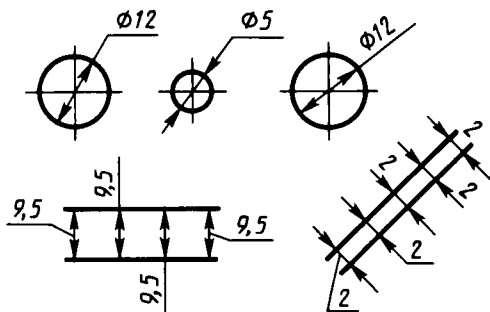


Рис. 15.41

(или соответственно за контурные, осевые, центровые и т. д.) и стрелки наносят с их внешней стороны (см. размеры длины на рис. 16.6, д). При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом 45° 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. 16.7).

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. 15.38). При различных наклонах размерных линий размерные числа располагают, как показано на рис. 15.39. Если требуется нанести размер в заштрихованной зоне, то размерное число наносят на полке линии-выноски (рис. 15.40). Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией или недостаточно места для нанесения стрелок, то размеры и стрелки наносят, как показано на рис. 15.41, исходя из наибольшего удобства чтения. Размерные числа не допускается 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.

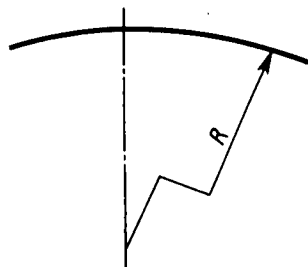


Рис. 15.42

В зависимости от формы некоторых конструктивных элементов установлены

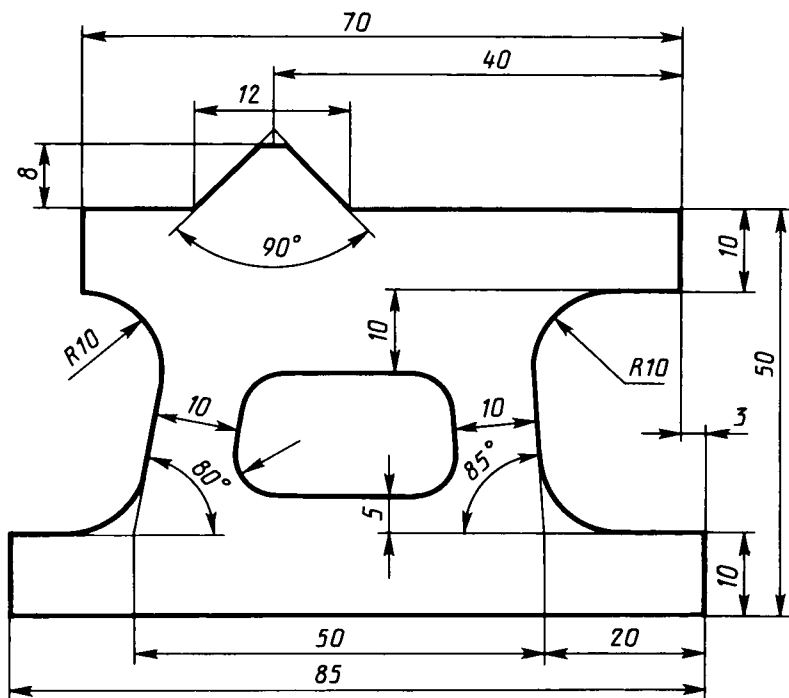


Рис. 15.43

правила нанесения соответствующих размеров. 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° (рис. 15.42). Если надо показать координаты вершины скругляемого угла, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла (размеры 20 и 50 мм на рис. 15.43). 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 рис. 15.44. 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. 15.49).

Перед размерным числом диаметра (радиуса) сферы наносят знак $\varnothing$ (R) без надписи *Сфера*. Допускается слово *Сфера* или знак $\bigcirc$ наносить в тех случаях, когда на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, например: *Сфера $\varnothing 18 \pm 0.12$* .

Квадрат при отсутствии изображений, определяющих его конфигурацию, обозначают знаком $\square$, который наносят перед размерным числом стороны квадрата.

Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак ∇ , острый угол которого направляют в сторону вершины конуса (рис. 15.45).

Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак $\gt$, острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона.

Размеры фасок под углом 45° наносят, как показано на рис. 15.46. Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам — линейным и угловым размерами или двумя линейными размерами (см. рис. 14.43).

Размеры криволинейного контура наносят, как показано на рис. 15.47.

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. $\varnothing 3$* . Допус-

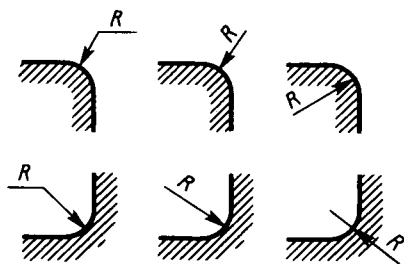


Рис. 15.44

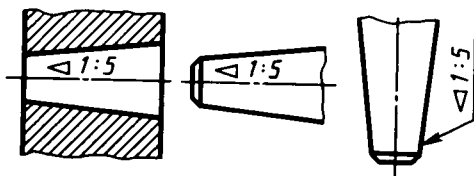


Рис. 15.45

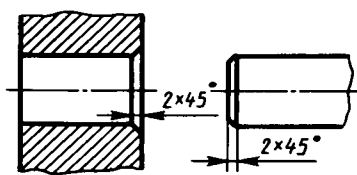


Рис. 15.46

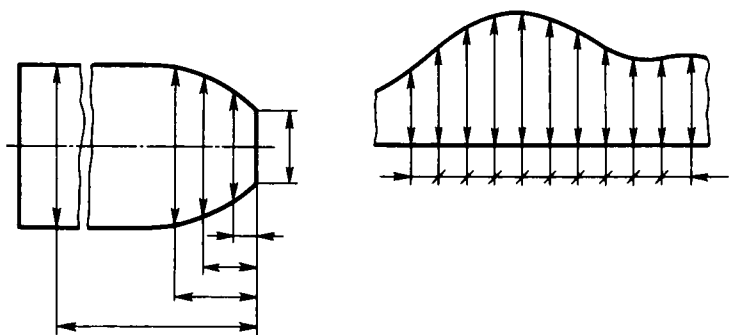


Рис. 15.47

кается указывать количество элементов под размерной линией или полкой линии-выноски, над которой 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 чертежах деталей — рис. 15.48, 15.49, см. также рис. 15.33, 15.43.

Покажем соблюдение указанных правил при нанесении размерных линий на эскизах основания и корпуса (см. рис. 15.13, 15.16).

Практически все размерные линии, за исключением размеров № 5 и № 9 на рис. 15.13 и № 8 на рис. 15.16, 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.

Группировка в одном месте размерных линий, относящихся к одному конструктивному элементу, выполнена следующая. На рис. 15.13 на фронтальной проекции сгруппированы размеры № 1—№ 6, относящиеся к внутренней полости, и лишь один размер ее — № 7 приведен на профильной проекции, № 8 и № 9 поперечного паза, размеры № 10 и № 11, определяющие боковые уступы. На горизонтальной проекции сгруппированы размеры № 12 и № 13 боковых пазов и № 14 их расположения — расстояние между осями.

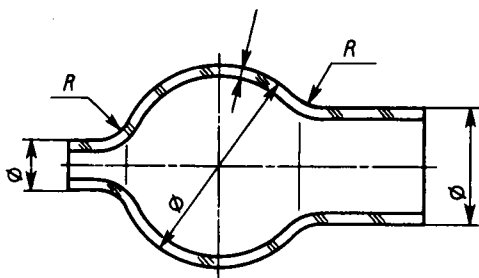


Рис. 15.48

На рис. 15.16 на фронтальной проекции сгруп-

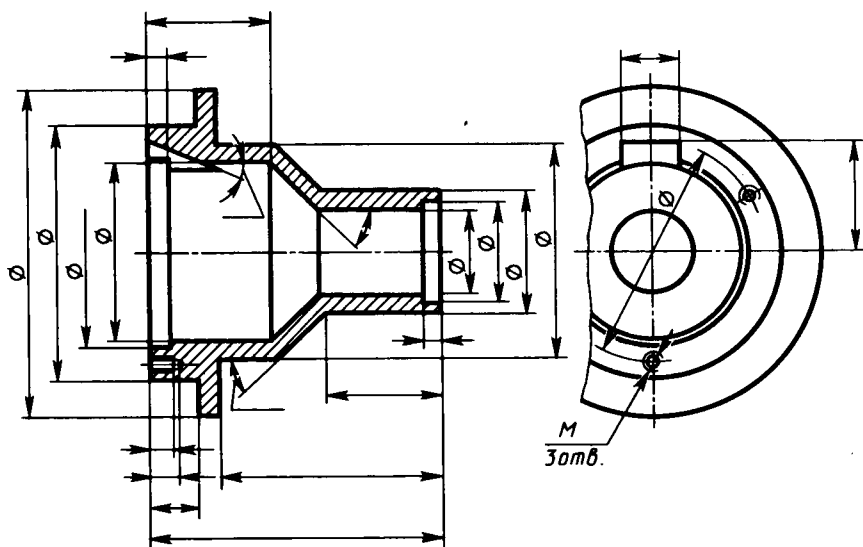


Рис. 15.49

пированы 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 и № 4 на рис. 15.16 они заменены точкой.

Правило о группировке размеров, относящихся к одному конструктивному элементу, применено, например, при нанесении размерных линий следующих конструктивных элементов (см. рис. 15.18):

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 и № 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, определяемые технологией изготовления деталей, рассмотрены ниже.

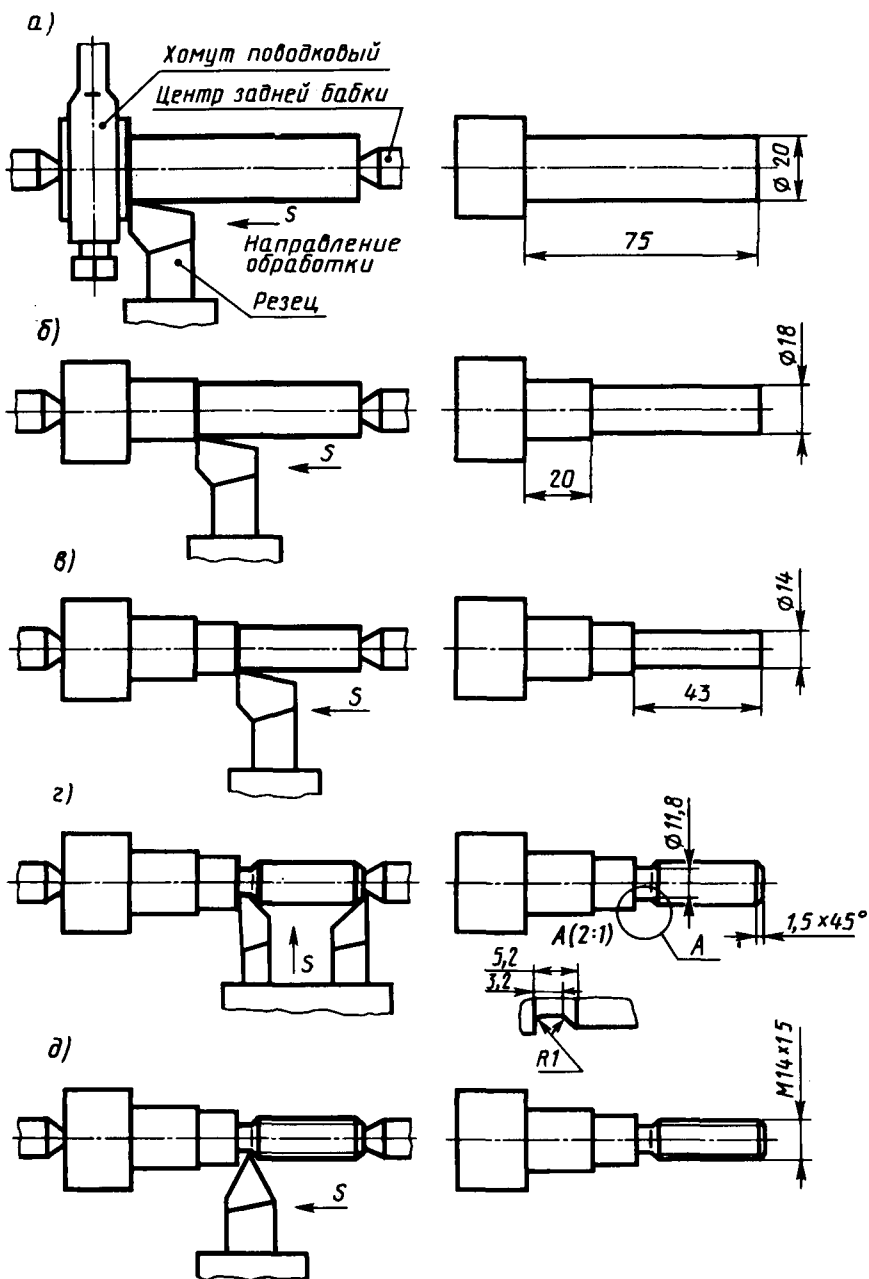


Рис. 15.52

Простановка размеров на элементы деталей, обрабатываемые резанием. Сверление глухого отверстия и нарезание резьбы. Последовательность обработки рассмотрена выше — см. рис. 14.30. На чертеже наносят обозначение резьбы (см. рис. 14.19), 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° (размер не наносят). При нарезании конической резьбы длину ее не указывают (см. рис. 14.19, ж).

Нарезание внутренней резьбы резцом. Последовательность обработки внутренней резьбы с проточкой для выхода резца (рис. 15.50): *a* — схема размеров; *б* — расточка внутренних диаметров на заданную глубину при подаче резца вдоль оси; *в* — проточка канавки для выхода резца при радиальной подаче резца; *г* — нарезание резьбы при подаче резца вдоль оси (переходы обработки фаски не показаны).

Обточка ступенчатого валика (рис. 15.51) в центрах. Заготовка — пруток $\varnothing 30$. Последовательность токарной обработки показана слева на рис. 15.52, *a* — *д* при одной установке в центрах и на рис. 15.53, *a* — *б* — при другой (отрезка заготовки и зацентровка не рассмотрены). Положение резца указано в конце каждого перехода, обработанные поверхности показаны утолщенными линиями. Момент вращения на деталь передает хомутик (показан только на переходе *a* слева). Справа показаны соответствующие операционные технологические эскизы с размерами (размерные линии

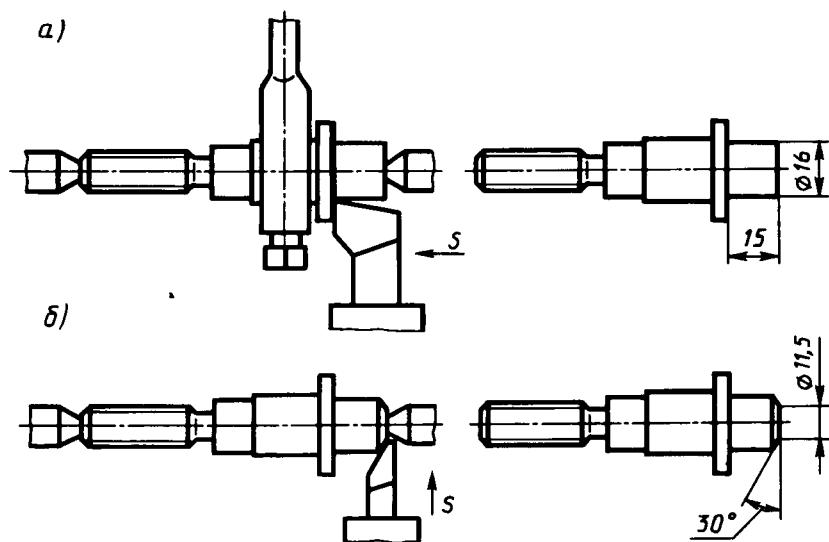


Рис. 15.53

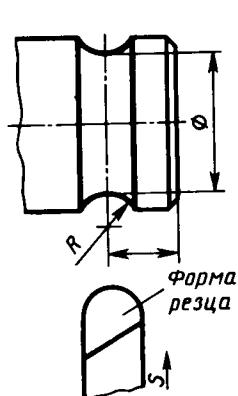


Рис. 15.54

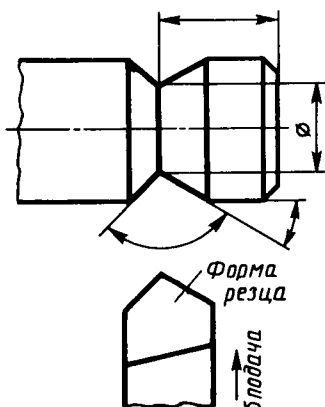


Рис. 15.55

изображены с учетом положения этих размерных линий на чертеже детали).

Проточка канавок. Схема обработки канавок для выхода резьбового резца при нарезании внутренней резьбы рассмотрена выше (см. рис. 15.50, в). Аналогично обрабатывают наружные проточки — см. рис. 15.52, г.

Схема простановки размеров полукруглой канавки-фиксатора и положение резца приведены на рис. 15.54. На чертеже указывают положение плоскости симметрии канавки, а ширину не указывают.

Схема простановки размеров на канавках специального назначения (рис. 15.54, 15.55, 15.56) позволяет правильно заточить режущий инструмент и точно обработать канавки при поперечной подаче резца.

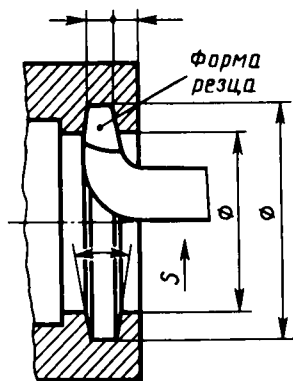


Рис. 15.56

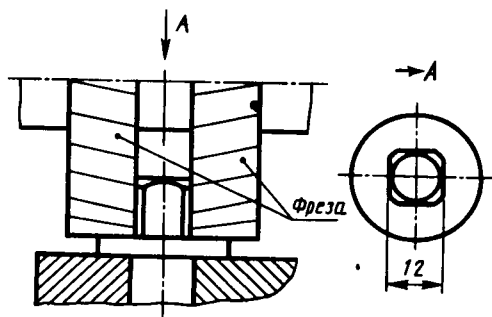


Рис. 15.57

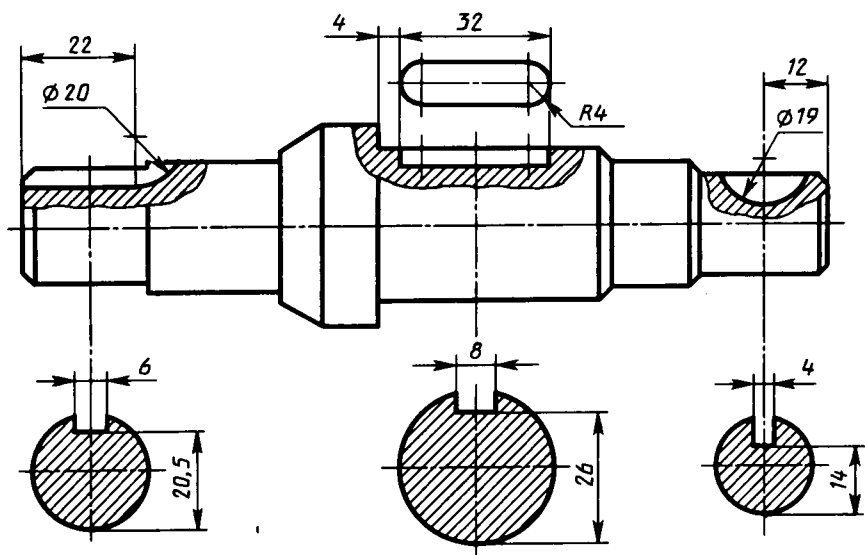
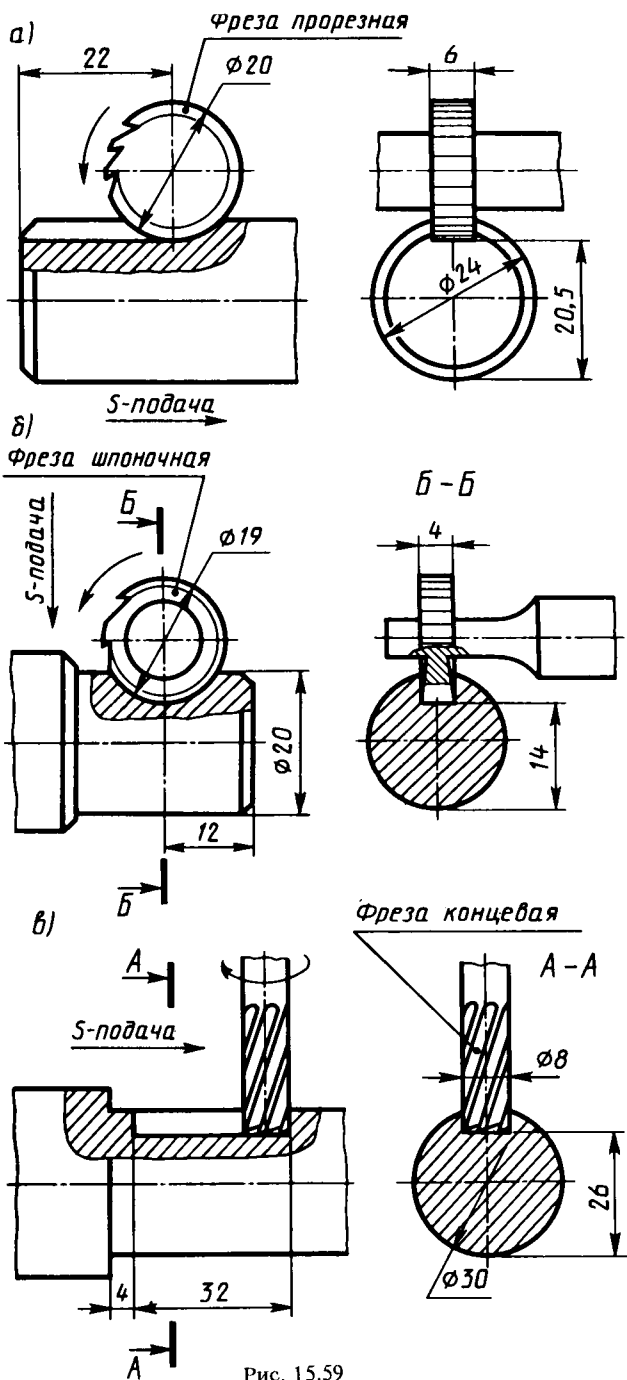


Рис. 15.58

Фрезерование призматических головок винтов, гаек («под ключ»), шпоночных канавок. Пример фрезеровки головки ступенчатого валика (см. рис. 15.51) двумя фрезами показан на рис. 15.57. После обточки (см. рис. 15.52, 15.53) валик закрепляют в приспособлении и одновременно фрезеруют две грани головки в размер 12 «под ключ».

На рис. 15.58 изображен вал с тремя различными шпоночными канавками. Схемы фрезерования канавок и необходимые размеры приведены на рис. 15.59, *а* — *в*. Длину полного профиля левой канавки определяет размер 22 мм. Диаметр фрезы (рис. 15.59, *а*) выбирают минимально возможным. Среднюю канавку со скругленными концами фрезеруют (рис. 15.59, *в*) концевой фрезой. Диаметр фрезы выбирают по ширине канавки. Правую канавку под сегментную шпонку фрезеруют (рис. 15.59, *б*) специальной шпоночной фрезой, диаметр и толщина которой определены размерами канавки (они соответствуют размерам шпонки).

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. 15.60) размеры относят к оси трубы. Если изображение детали, изготавливаемой



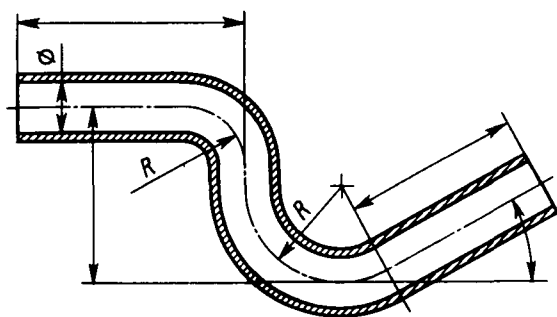


Рис. 15.60

гибкой, не дает представления о действительной форме и размерах ее отдельных элементов, на чертеже помещают частичную или полную ее развертку — см. рис. 13.15. На развертке наносят только те размеры, которые невозможно указать на изображении деталей.

Простановка размеров деталей, изготавливаемых холодной штамповкой. На чертеже (рис. 15.61, см. также рис. 16.6, в) задают толщину листа или ленты, из которых штампуют деталь, и размеры внутреннего (по пуансону) или наружного (по матрице) контура детали.

Системы простановки размеров. В рассмотренных выше чертежах

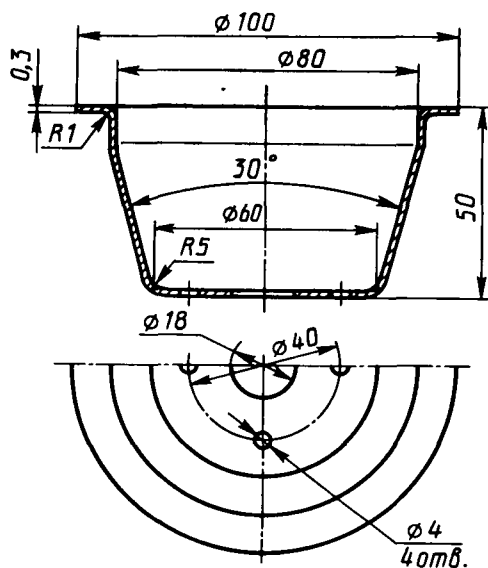


Рис. 15.61

деталей (см. рис. 15.34, 15.49, 15.51) размеры длины проставлены в определенном порядке: на рис. 15.34, 15.49 размеры длины внешних поверхностей от правого торца детали, внутренних — от левого, на рис. 15.51 — 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 заго-

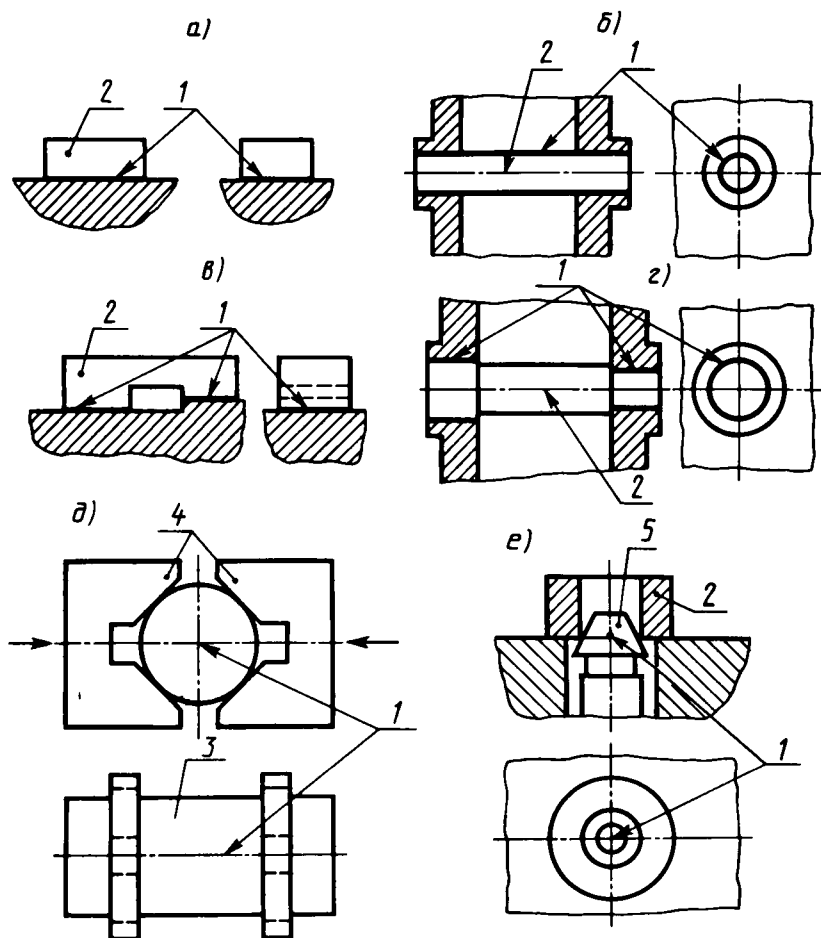


Рис. 15.62

товке или изделию требуемого положения, относительно выбранной системы координат. База — это поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования. Примеры баз приведены на рис. 15.62, *a* — *e*, где 1 — база, 2 — деталь, 3 — заготовка, 4 — губки самоцентрирующих тисков, 5 — центрирующий конус приспособления. Базовые поверхности отмечены утолщенными линиями. На рис. 15.62 базами являются: *a* и *б* — поверхности (плоскость и цилиндр); *в* и *г* — сочетание поверхностей (двух параллельных плоскостей, двух соосных цилиндров); *д* — ось цилиндрической заготовки; *е* — точка (центр окружности

в нижнем сечении цилиндрического отверстия в плоскости опорного торца). 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. 13.44) 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. 13.44) 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:

- 1) от конструкторских баз;
- 2) от технологических баз;
- 3) комбинированную, в которой часть размеров ставят от конструкторских баз, другие — от технологических.

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, 14.48, 14.49). Совмещение конструкторской и технологической баз, а также измерительной является одним из важных принципов конструирования — принципом единства баз.

В рассмотренных выше чертежах деталей (см. рис. 15.34, 15.49, 15.51 и др.) для размеров длин использована, в основном, вторая система простановки размеров от технологических баз.

Простановка размеров от конструкторских баз будет рассмотрена ниже.

15.6. ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхности деталей имеют следы обработки. Неровности, формирующие рельеф поверхности, называют шероховатостью поверхности. Величину шероховатости, а также иногда и направление неровностей для каждой поверхности детали выбирают в зависимости от эксплуатационных (конструктивных), технологических и эстетических требований.

Шероховатость поверхности характеризуется следующими параметрами (ГОСТ 2789—73):

R_a — среднее арифметическое отклонение профиля, мкм;

R_z — высота неровностей профиля по 10 точкам, мкм;

$R_{\max}$ — наибольшая высота неровностей профиля, мкм;

S_m — средний шаг неровностей, мм;

S — средний шаг неровностей по вершинам, мм;

tr — относительная опорная длина профиля, %, где p — числовое значение уровня сечения профиля.

Под шероховатостью поверхности понимают совокупность неровностей на базовой длине l , образующих рельеф поверхности. Пример профиля неровностей поверхности с обозначениями параметров шероховатости поверхности приведен на рис. 15.63.

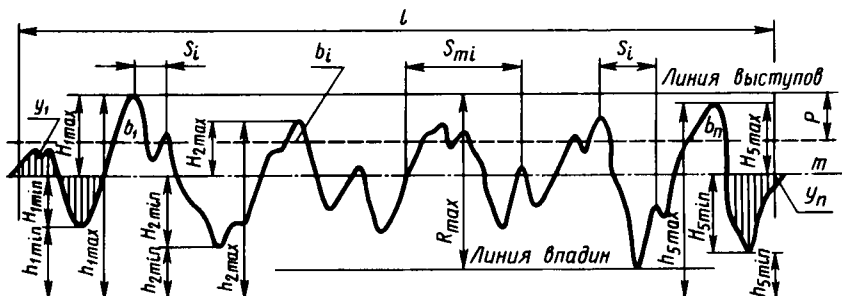


Рис. 15.63

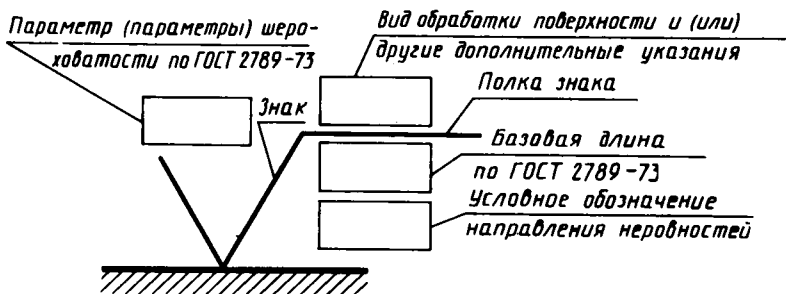


Рис. 15.64

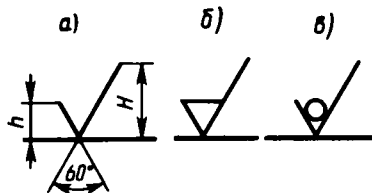


Рис. 15.65

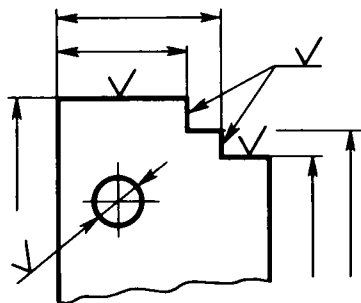


Рис. 15.66

Базовая длина l — длина базовой линии, на которой выделяются неровности, характеризующие шероховатость поверхности, используемая для количественного определения ее параметров.

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a — среднее значение расстояний точек выступов и впадин от средней линии m профиля в пределах базовой длины l .

Высота неровностей профиля по 10 точкам R_z — среднее расстояние между пятью высшими точками выступов $H_{i \max}$ и пятью низшими точками впадин $H_{i \min}$ в пределах базовой длины l .

Наибольшая высота неровностей профиля $R_{\max}$ — расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой длины l .

Шаг неровностей профиля — длина отрезка средней линии, пересекающего профиль в трех соседних точках и ограниченного двумя крайними точками. Средний шаг неровностей профиля по вершинам S — среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины l .

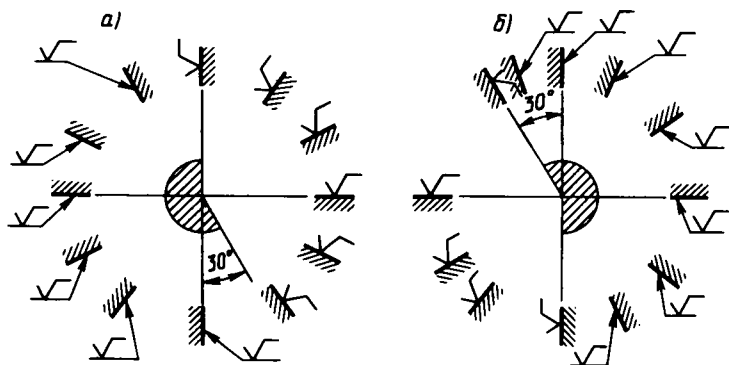


Рис. 15.67

Средний шаг неровностей профиля S_m — среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины l .

Относительная опорная длина профиля t_p — отношение опорной длины профиля к базовой длине.

Шероховатость поверхности классифицируется по числовым значениям параметров Ra и Rz .

Стандартизованная структура обозначения шероховатости приведена на рис. 15.64. Слева над знаком записывают значение параметров шероховатости:

для параметра Ra — значение параметра шероховатости без его символа, например 0,4;

для остальных параметров — их символ и числовое значение, например: Rz 50; $R_{\max}$ 6,3; S_m 0,63; t_{50} 70; S 0,032. В примере t_{50} 70 указана относительная опорная длина профиля $t_p = 70\%$ при уровне сечения профиля $p = 50\%$.

Стандартом предусмотрены и другие варианты записи параметров шероховатости: диапазон значений, номинальные значения с предельными отклонениями двух и более параметров одновременно.

На полке знака и под ней делают записи, если это необходимо; при их отсутствии применяют знак без полки.

В обозначении шероховатости поверхности применяют знаки, изображенные на рис. 15.65. Высота h должна быть приблизительно равна применяемой на чертежах высоте цифр размерных чисел. Высота H равна $(1,5 \dots 3) h$. Толщина знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже. Размеры цифр, характеризующие значение параметров шероховатости, и шрифта словесной надписи на поле знака должны соответствовать размеру чисел на изображении детали.

Для знаков, приведенных на рис. 15.65, определено следующее применение в обозначении шероховатости:

a — вид обработки поверхности конструктор не устанавливает;

б — поверхность должна быть образована удалением слоя материала, например

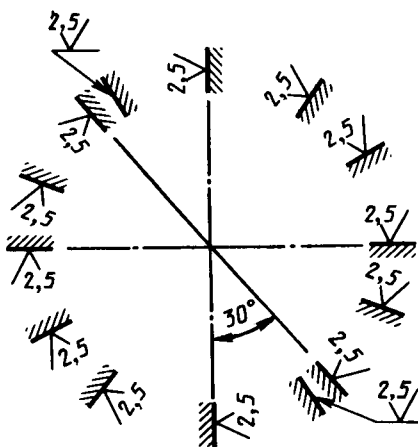


Рис. 15.68

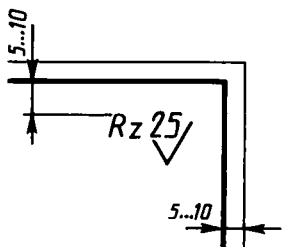


Рис. 15.69

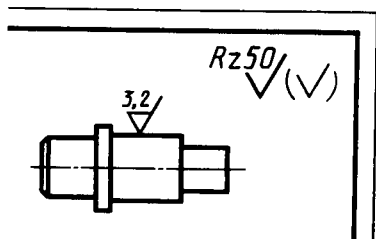


Рис. 15.70

точением, шлифованием, полированием, травлением и т. д.;

в — поверхность должна быть образована без удаления слоя материала, например литьем, ковкой, прокатом, волочением и т. п., а также не обрабатываемая по данному чертежу.

Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах деталей или сборочных единиц располагают на линиях контура, 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 продолжении, а также разрывать выносную линию (рис. 15.66).

Обозначение шероховатости поверхности, в которых знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рис. 15.67, *а, б* (при расположении поверхности в заштрихованной зоне обозначения наносят только на полке линии-выноски).

Обозначение шероховатости поверхности, в которых знак не имеет полки, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рис. 15.68.

При указании одинаковой шероховатости поверхности для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в

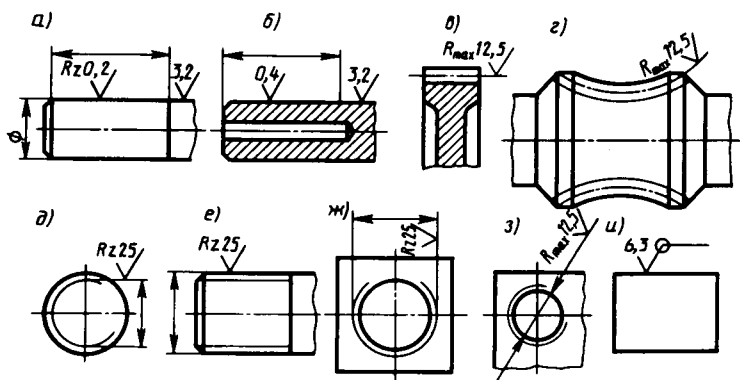


Рис. 15.71

правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (рис. 15.69). Размеры и толщина линий знака в этом обозначении должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, наносимых на изображениях.

Если часть поверхностей изделия имеют одинаковую шероховатость поверхности, то их обозначение помещают в верхнем правом углу с добавлением знака $\sqrt{\quad}$ (рис. 15.70). Знаку в скобках соответствуют значения, указанные на изображениях изделия. Когда часть поверхностей не выполняется по данному чертежу, в правом верхнем углу чертежа перед обозначением $\sqrt{\quad}$ помещают знак $\sqrt{\quad}/$.

Примеры обозначений шероховатости поверхности приведены на рис. 15.71: *a*, *б* для поверхности с различной шероховатостью на участках; *в* — *г* для поверхностей повторяющихся элементов (зубчатые колеса и т. п.); *д* — *з* — для поверхности резьбы; *и* — для поверхностей, образующих контур.

РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОБЩЕГО ВИДА ИЗДЕЛИЯ

16.1. 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 и 2.120—73 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 изделия;

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 изображение 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 по курсу «Инженерная графика» 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 § 16.5.

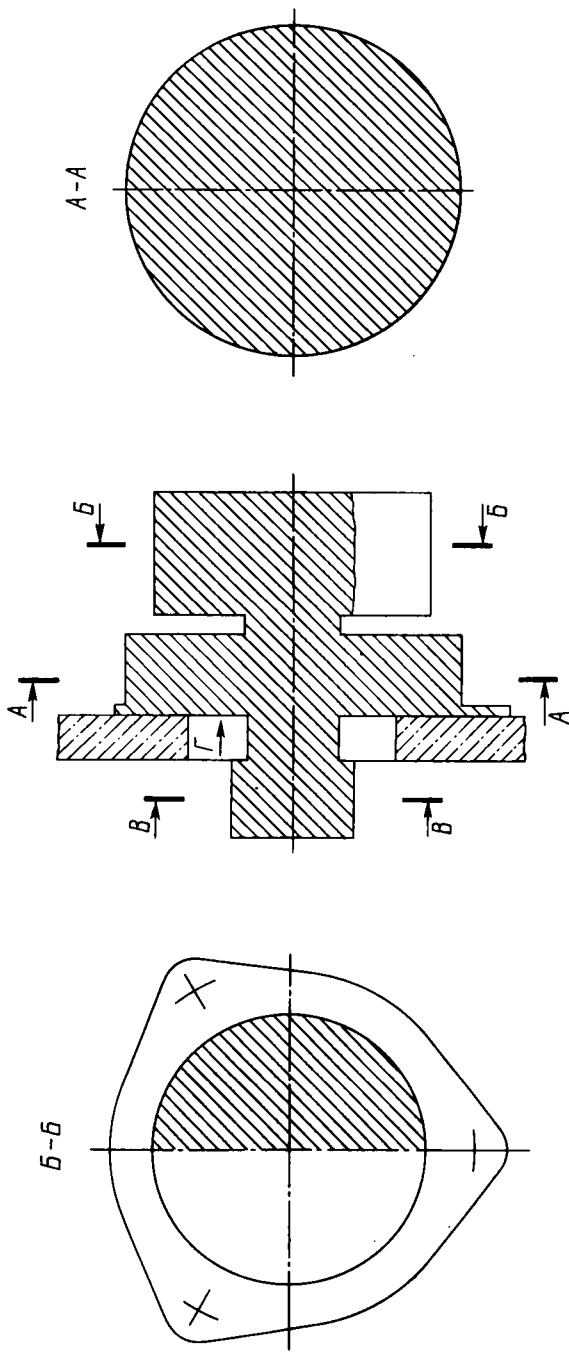
Особое внимание обращают на то, чтобы в чертеже содержалось такое количество изображений, которое достаточно для понимания формы всех входящих в его состав сборочных единиц и отдельных деталей. Его выполняют так, чтобы по нему можно было выполнить чертеж любой детали.

Отдельные элементы конструкции обычно чертят, пользуясь техническими справочниками, например стандартные крепежные детали (винты, гайки и т. д.), которые входят в состав сборочной единицы.

16.2. 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.



$\rightarrow \Gamma(t:\eta)$ дет.

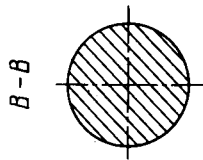
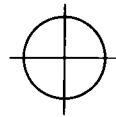
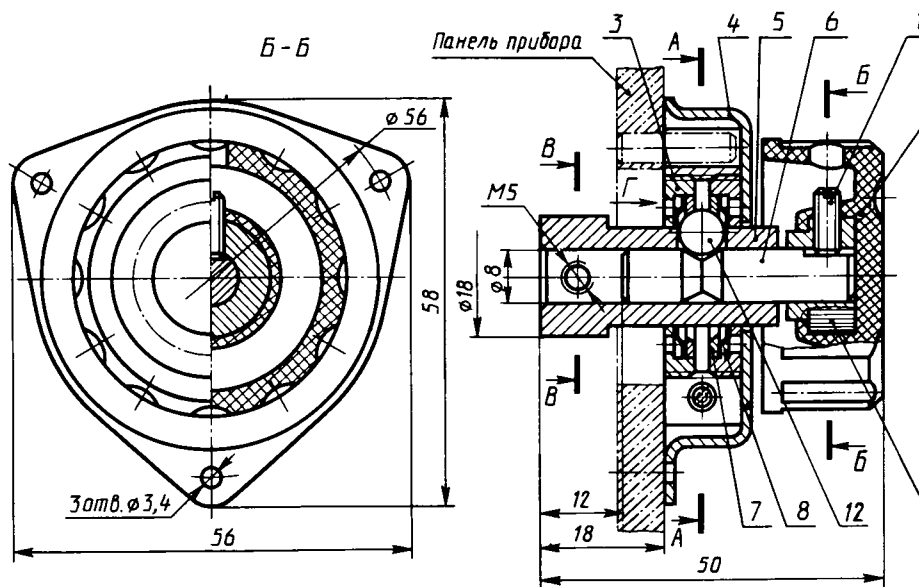
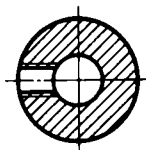


Рис. 16.1



B-B



Г (1:1) дет. 3



Рис. 16.2

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Материал
		<u>Сборочные единицы</u>		
1		Ручка	1	
		<u>Детали</u>		
2		Корпус		Латунь
3		Обойма		Латунь
4		Крышка		Сталь
5		Втулка		Латунь
6		Вал		Сталь
7		Кольцо		Латунь
8		Шайба		Бронза
		пружинная		
		<u>Стандартные изделия</u>		
10		Винт М4×10	1	Сталь
		ГОСТ 1477-84		
11		Винт М3×16	1	Сталь
		ГОСТ 1491-80		
12		Шарик $\phi 7$		Сталь
		ГОСТ 3722-60		

Рис. 16.3

съемку эскизов деталей студенты выполняют только в аудитории. При работе над 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.

* См.: Киселев М. Ф. Методические указания к работе «Выполнение чертежа общего вида». М., МИЭМ, 1986, с. 43.

2. Выполнение эскизов деталей, входящих в состав сборочной единицы, включая эскизы некоторых стандартизованных деталей. Увязка сопряженных размеров деталей. Съемка эскизов деталей подробно рассмотрена в главе 15.

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 рис. 16.1. В основу планировки обычно принимают планировку эскиза корпусной детали. Более подробно этот этап рассмотрен ниже.

Пример выполнения чертежа общего вида приведен на рис. 16.2, таблица к нему — на рис. 16.3.

Особенность работы над чертежом общего вида состоит в том, что

Выполнение эскизов деталей устройства имеет свои особенности, определяемые конструкцией соединений, и рассматривается ниже в § 16.3. Особенности выбора главного изображения и числа изображений — планировки чертежа, а также некоторые правила, относящиеся к оформлению чертежа общего вида, рассмотрены в § 16.4.

16.3. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭСКИЗОВ ДЛЯ ЧЕРТЕЖА ОБЩЕГО ВИДА

Общие правила съемки эскизов деталей рассмотрены в главе 15. При съемке эскизов деталей для выполнения чертежа общего вида сборочной единицы особое внимание обращают на вопросы нанесения и увязки размеров смежных, сопрягаемых деталей. В главе 15 рассмотрена система нанесения размеров главным образом из технологических соображений (см. § 15.5), от технологических баз. При съемке же эскизов деталей сборочных единиц некоторые размеры наносят с учетом взаимосвязи этих деталей в устройствах и их конструктивных особенностей, т. е. из конструктивных соображений, от конструкторских 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 рис. 16.4, 16.5, 16.6, *а — з* приведен комплект выполненных эскизов для верньера (рис. 16.6, *б — з* только с размерными линиями), чертеж общего вида которого приведен на рис. 16.2.

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, напрессовкой и другими сборочными операциями подвергают дополнительной механической обработке. На детали (металлическую арматуру), входящие в

* Армирование представляет собой технологический процесс изготовления неразъемных сборочных единиц, осуществляемый путем заливки или прессования металлической арматуры в виде втулок, стержней, шпилек и т. п. материалом, которым может быть пластмасса, стекло, фарфор, керамика, металлы и их сплавы и т. п., отличающиеся от материала арматуры (см. рис. 16.4).

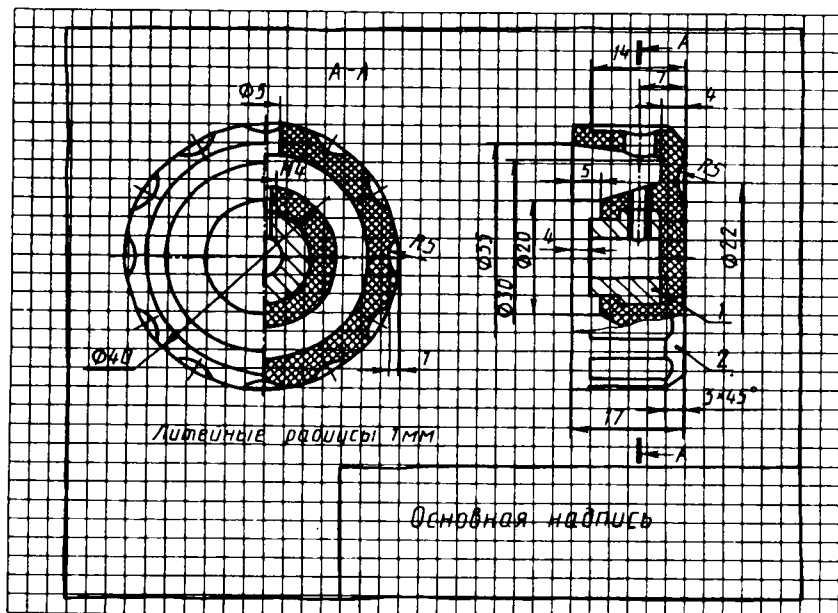


Рис. 16.4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Назначение	Кол.	Примечание
		1		<u>Детали</u> Втулка	1	Бронза
		2		<u>Материалы</u> Пластмасса	6г	

Рис. 16.5

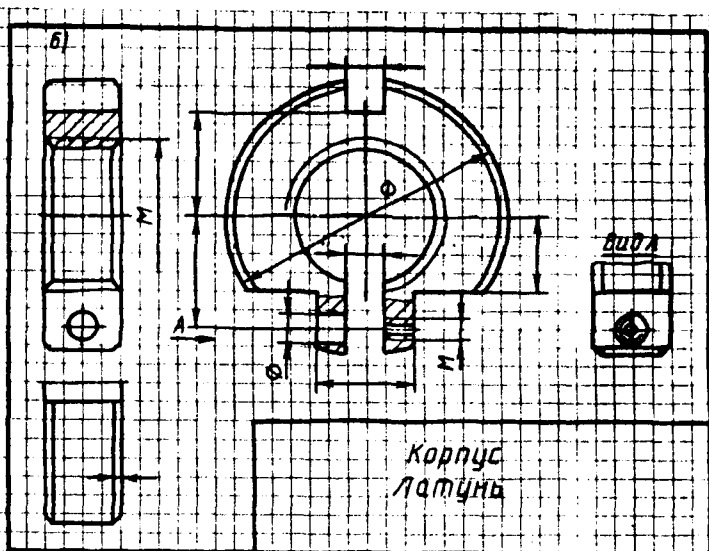
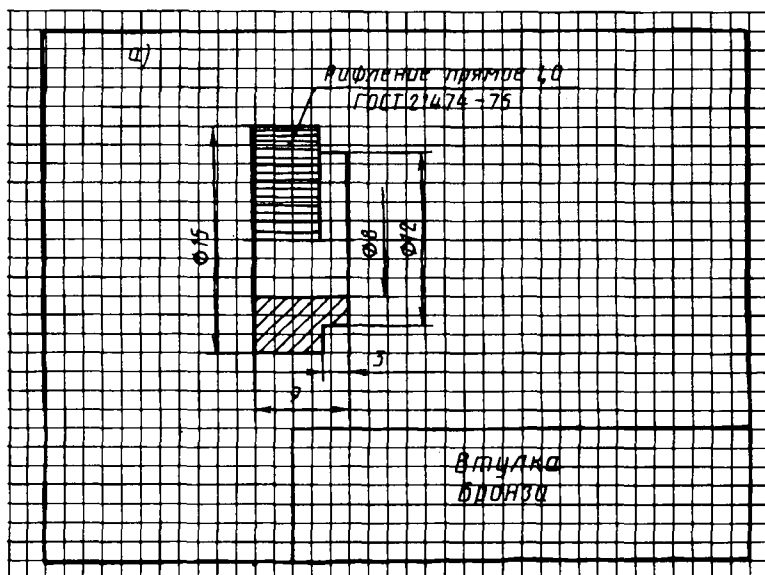
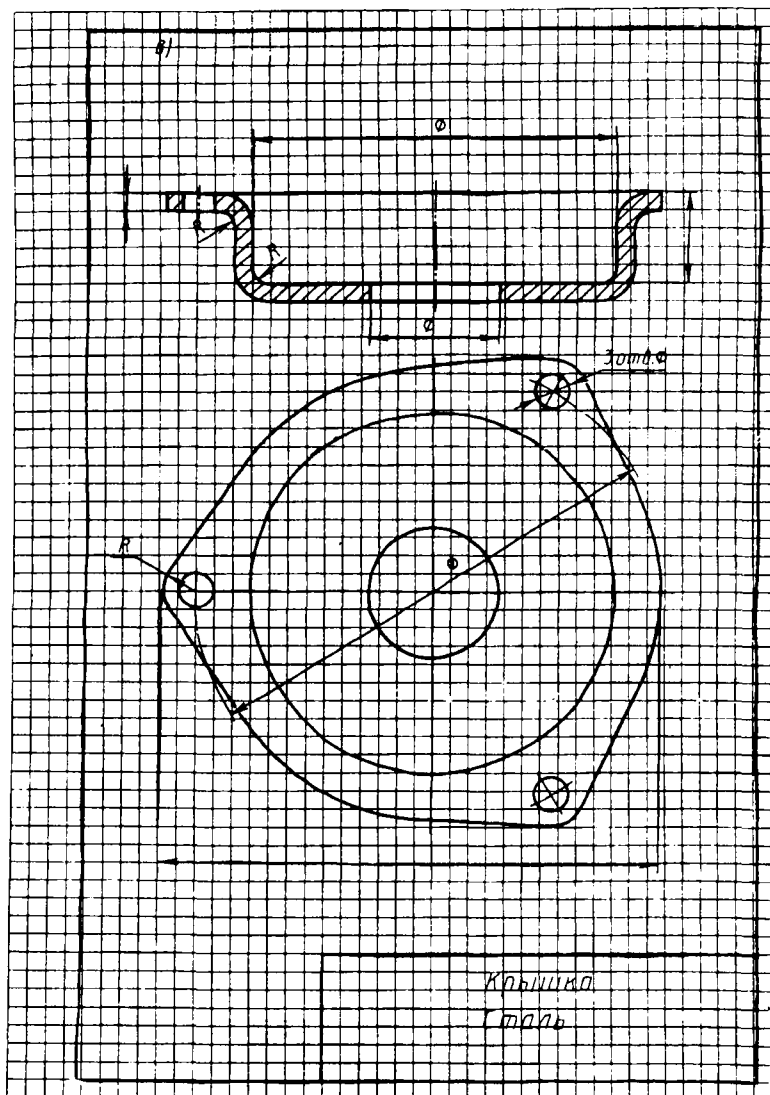
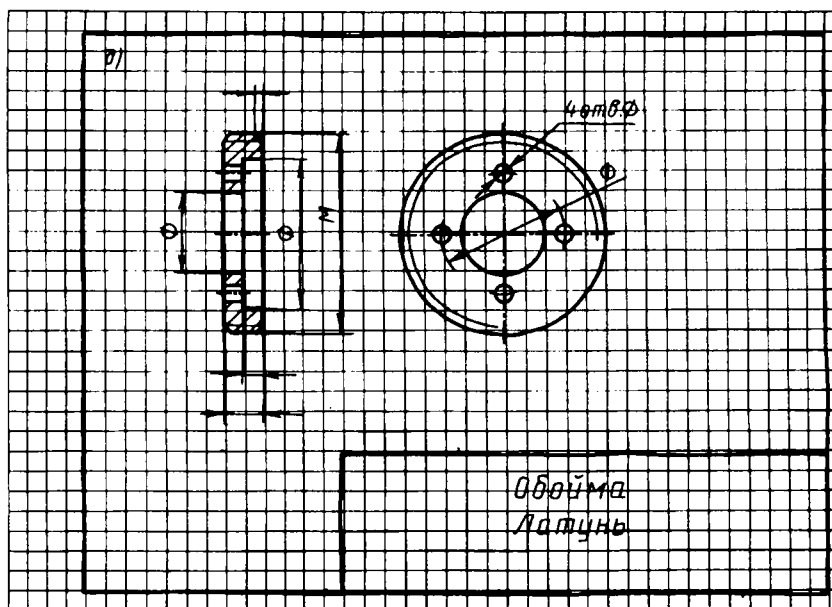
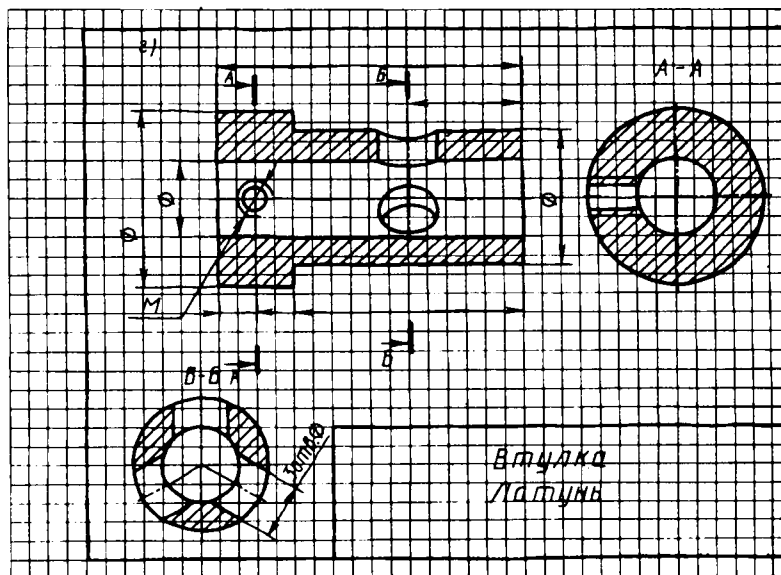
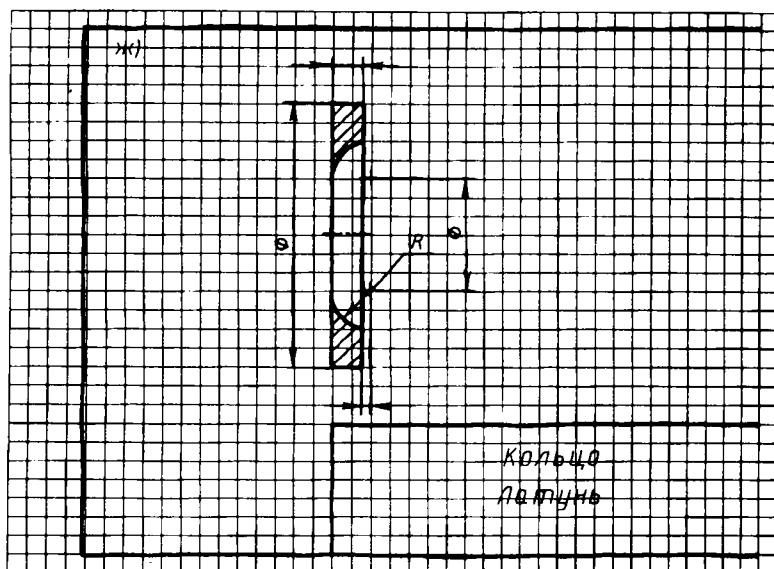
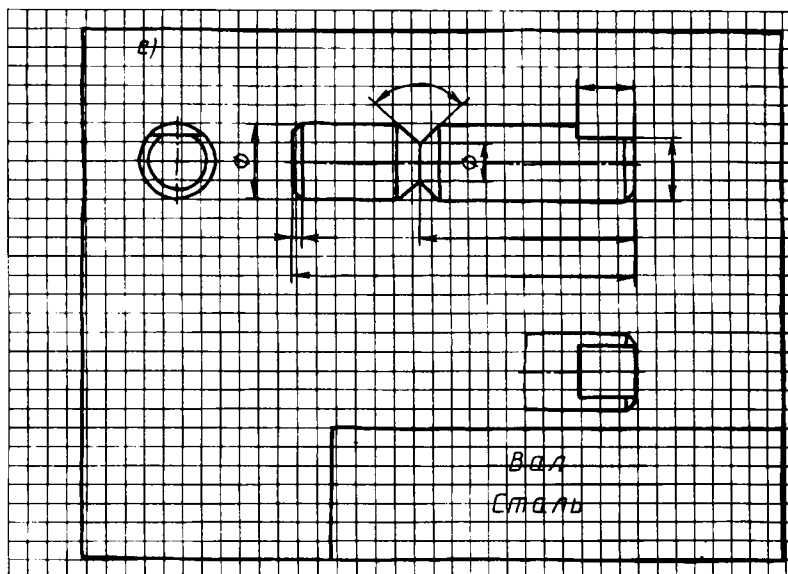


Рис. 16.6



Продолжение рис. 16.6

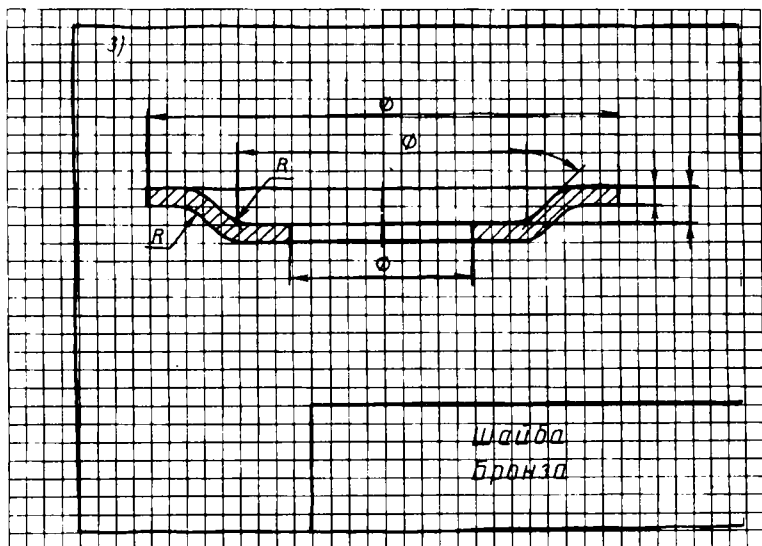




Продолжение рис. 16.6

состав таких сборочных единиц, оформляют отдельные эскизы. Более подробно о спецификации см. в § 17.1.

Пример. В показанной на рис. 16.2 конструкции верньера ручка 1 является сборочной единицей, представляющей собой армированное изделие. На нее разработан эскиз — рис. 16.4, со спецификацией на рис. 16.5. 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 формируемых поверхностей. В эскизе на рис. 16.4 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. 16.6, а, на котором нанесены все размеры, необходимые для ее изготовления (резьбовое отверстие М4 на эскизе втулки не показано, так как его обрабатывают после прессования ручки).



Продолжение рис. 16.6

Сопряженные и свободные размеры. Размеры деталей сборочных единиц подразделяют на сопряженные и свободные. Сопряженные размеры — это размеры сопрягаемых (соединяемых) деталей, которые должны быть одинаковыми. Они обеспечивают заданное положение деталей в сборочной единице, точность ее работы, надлежащие условия сборки и разборки, требуемую взаимозаменяемость деталей. 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 соприкасающихся с другими деталями сборочной единицы и не влияющими 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 рис. 16.7 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

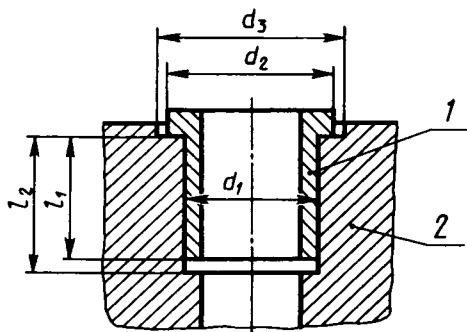


Рис. 16.7

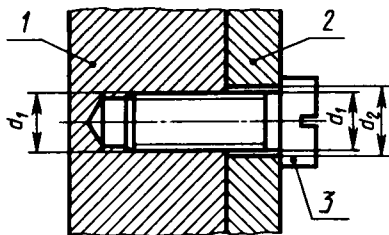


Рис. 16.8

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 рис. 16.8 показано винтовое соединение двух деталей. Наружные диаметры резьбы d_1 винта 3 и детали 1 являются сопряженными (внутренний и средний диаметры резьбы также сопряженные размеры, 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. 16.9). Сопряжение конических поверхностей определяется величиной сопряженных размеров — их конусности $1:a$ 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.

Сопряженные размеры двух пирамидальных поверхностей показаны на рис. 16.10. Для передачи крутящего момента с маховичка 1 на шток 2 вакуумного вентиля их сопряжение выполнено в виде четырехгранной пирамиды. Сопряженные размеры здесь — уклон $1:a$ посадочных граней относительно оси штока и размеры поперечных сечений отверстия в торце маховичка и 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 ку маховика на штоке.

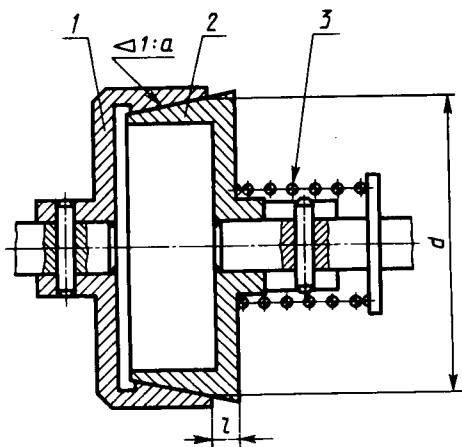


Рис. 16.9

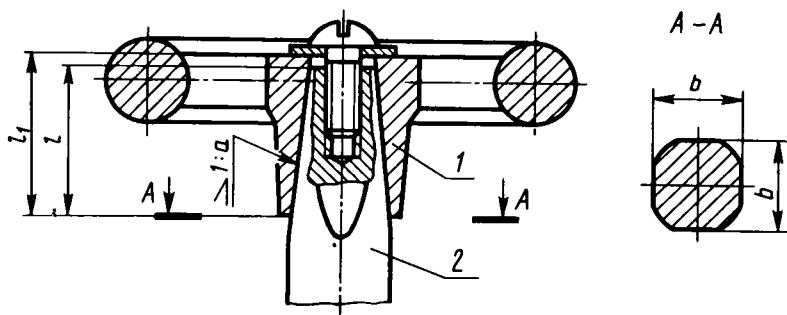


Рис. 16.10

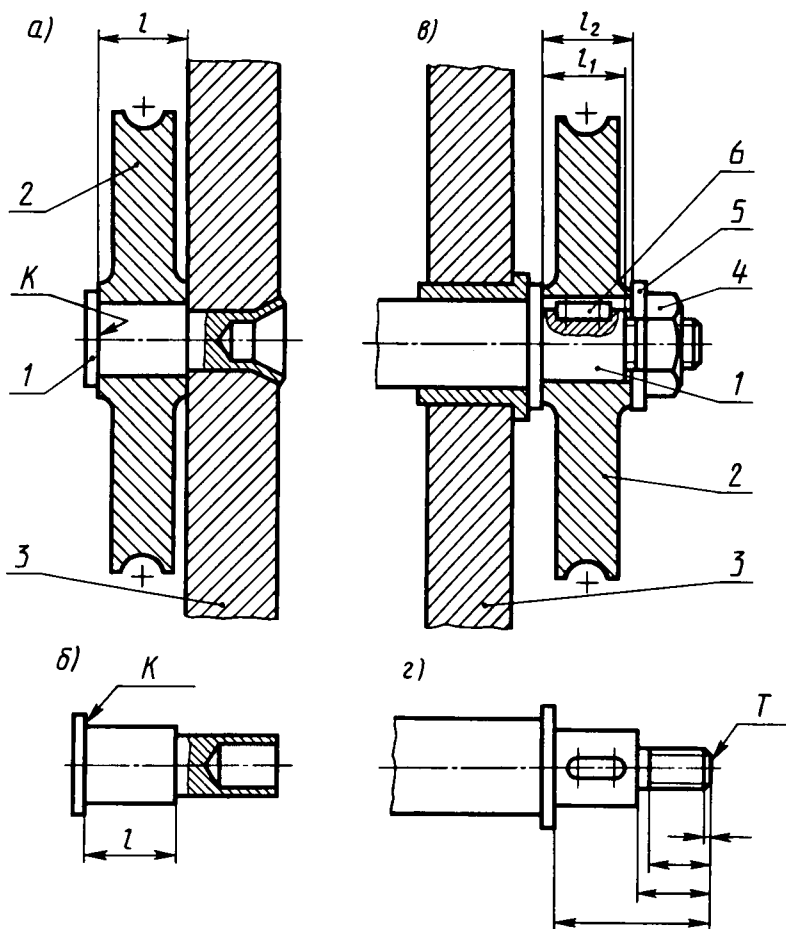


Рис. 16.11

Другие примеры осевых сопряженных и свободных зависимых размеров приведены ниже (см. рис. 16.11, 16.12).

На рис. 16.11, *а, в* показаны два варианта установки ролика 2 на панели 3 прибора: *а* — ролик вращается на неподвижной оси 1; *в* — ролик вращается вместе с валом 1, на котором он закреплен с помощью гайки 4, шайбы 5 и шпонки 6. В первой конструкции (рис. 16.11, *а*) 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

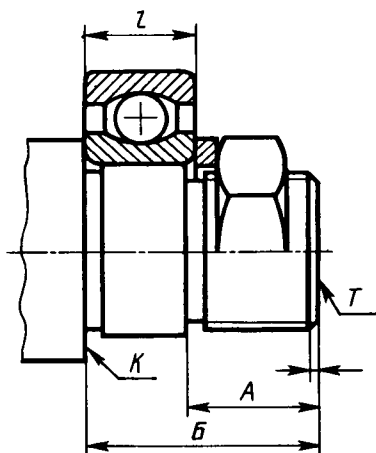


Рис. 16.12

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 *К* показано на рис. 16.11, *б*. Во второй конструкции (рис. 16.11, *в*) 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 вал от технологической базы *Т* в этом случае приведена на рис. 16.11, *г*.

Другой пример нанесения размеров длины от технологической базы *Т* приведен на рис. 16.12 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 ($l > B - A$). Конструктивная база вала — торец *К*. Размеры A и B нанесены от технологической базы *Т*.

На рис. 16.13 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

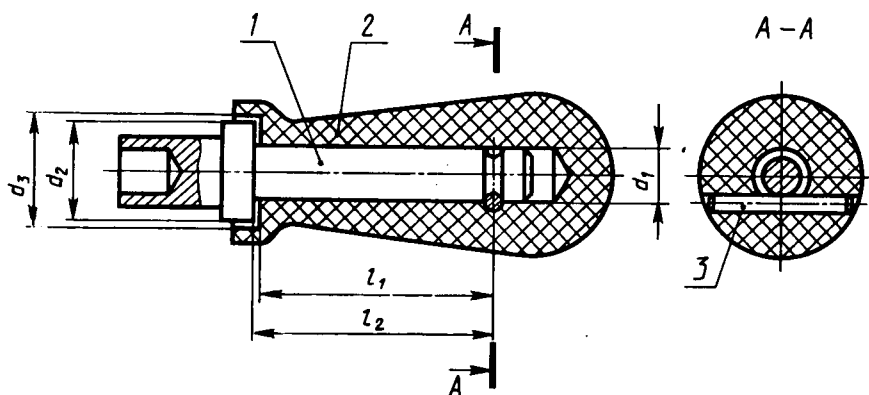


Рис. 16.13

другие — как сопряженные (диаметр d_1), так и 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. 16.14, 16.15).

На рис. 16.14 сопрягаемый размер l определяет положение осей отверстий под винты в подшипнике скольжения 1 и в корпусе 2 прибора.

В конструкции на рис. 16.15 для деталей 1 и 2 диаметр d расположения осей отверстий под крепежные детали является сопряженным. Сопряженным является и угловой размер — величина угла α , определяющий положение шпоночных пазов в обеих деталях относительно осей их крепежных отверстий.

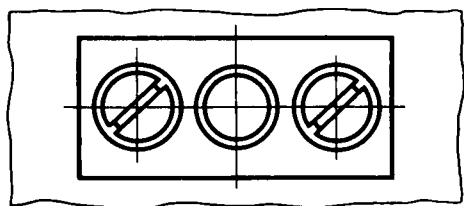
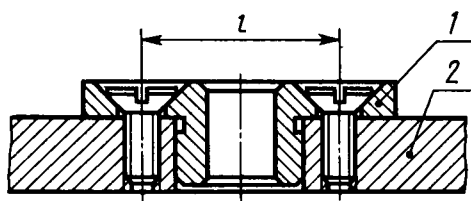


Рис. 16.14

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.

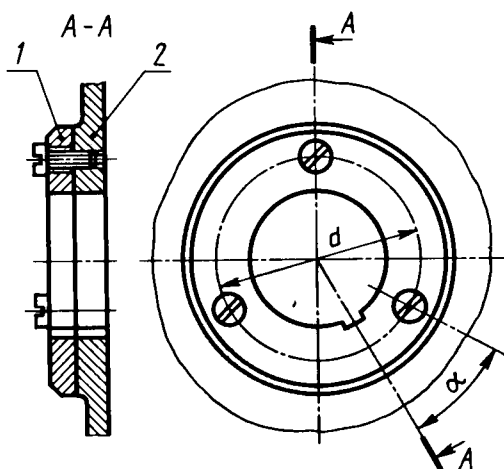


Рис. 16.15

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.

16.4. 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—68.

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 особенностей конструкции изделия и формы ее 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 чертежах 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. 16.2) даны сечение $B — B$ втулки 5 и вид Γ на обойму 3, необходимости в которых на сборочном чертеже нет. Отметим также, что для сборочного чертежа верньера (см. рис. 16.2) вполне достаточно двух изображений — фронтального разреза 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. 16.4).

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 рис. 16.2. 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. 16.2).

Если изделие имеет корпус, эскиз которого снят, то в качестве основы для выбора главного изображения и числа изображений 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 бумаге 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 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. 16.2), или сложные разрезы. Как видно, 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 Γ на обойму 3 в масштабе 1:1 на рис. 16.2).

Мелкие конструктивные элементы, используемые дополнительные виды, сечения или выносные элементы, выполняют в увеличенном масштабе.

В приведенном выше примере выполнения планировки чертежа общего вида (см. рис. 16.1) 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. 16.4) для выявления формы ее внешних поверхностей. Полный профильный разрез $A - A$ выявляет конструкцию корпуса 2, стягивающий его винт 11, количество и расположение шариков 12 и отверстий для них во втулке 5. Разрез $A - A$ несимметричный и поэтому выполнен полным. Вид на верньер справа — симметричный, поэтому он соединен с половиной разреза $B - B$, который выявляет форму поверхности ручки и конструкцию ее крепления на валу 6 винтом 10. 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 $B - B$ втулки 5 и вид Γ на обойму 3. Сечение $B - B$ показывает, что отверстие $M5$ проходит

только через одну стенку. На виде Γ видно количество и расположение отверстий «под ключ» в обойме.

Так же, как и на чертежах деталей, на чертеже общего вида такие детали, как винты, болты, шпильки, заклепки (см. рис. 12.7), штифты, шпонки, непустотелые валы, оси, рукоятки, штоки и т. п., при продольном разрезе показывают нерассеченными и не штрихуют (например, вал 6, винты 10, 11 на рис. 16.2). 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 рис. 16.11, а и рукоятки на рис. 16.13, резьбовое отверстие на конце штока с завернутым в него винтом на рис. 16.10 и отверстия со штифтами в валах муфты на рис. 16.9. Шарики всегда показывают нерассеченными (шарики 12 на рис. 16.2).

Как правило, показывают нерассеченными на чертежах общего вида гайки и шайбы (например, гайка 4 и шайба 5 на рис. 16.11, в болтовом соединении шайба 2 на рис. 14.29, 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 изделий, 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. 16.2).

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 и 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 и размер 18 мм до торца втулки, а также размер $M5$, определяющий диаметр винта, которым ось присоединяемого прибора зажимают во втулке 5, и наружный диаметр 18 мм втулки, который определяет длину 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 полок — 6...8 мм.

Линию-выноску заканчивают точкой на изображении соответствующей ей составной части устройства. Если размер или характер изображения составной части устройства не позволяют закончить линию-выноску точкой, то ее заканчивают стрелкой, упирающейся в изображение этой составной части. Например, стрелками заканчивают линии-выноски на изображениях пружин (см. рис. 16.9) с малым (менее 2 мм) поперечным сечением витков; на изображениях тонких прокладок и некоторых деталей, изготавливаемых из тонких листовых материалов (толщиной на чертеже менее 2 мм); на изображениях мелких винтов, штифтов, шайб (дет. 8 на рис. 16.2), 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. 16.2) и как можно ближе к изображению.

На чертеже общего вида по возможности группируют расположение полок линий-выносок позиций тех деталей, которые в конструкции сборочной единицы взаимосвязаны общим функциональным назначением или условиями совместной сборки и разборки. Так, например, на рис. 16.2 сгруппированы вместе позиции взаимосвязанных деталей 7, 8 и 12, которые в конструкции верньера совместно выполняют функцию безлюфтовой шариковой опоры для вала 6, а также позиций корпуса 2 и стягивающего его винта 11.

На сборочных чертежах номера позиций на поле чертежа наносят в соответствии с порядком записи составных частей в спецификации.

Номера позиций присваивают всем составным частям устройства, т. е. сборочным единицам, деталям, стандартным изделиям 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, между группами — резервные номера.

Позиции для сборочных единиц, входящих в состав устройства, указывают от изображения их основных деталей. Например, на рис. 16.2 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. 16.2 детали 3, 7, 8, 12).

Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров 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. 16.16).



Рис. 16.16

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 аналогичным спецификации и порядку ее заполнения, которые предусмотрены для сборочных чертежей (см. § 17.1).

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.

16.5. 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 ГОСТ 2.315—68. 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° к рамке чертежа или по углом 45° к центральной линии, когда последняя наклонена к рамке чертежа под углом, близким к 45° (рис. 16.17).

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 рис. 16.8.

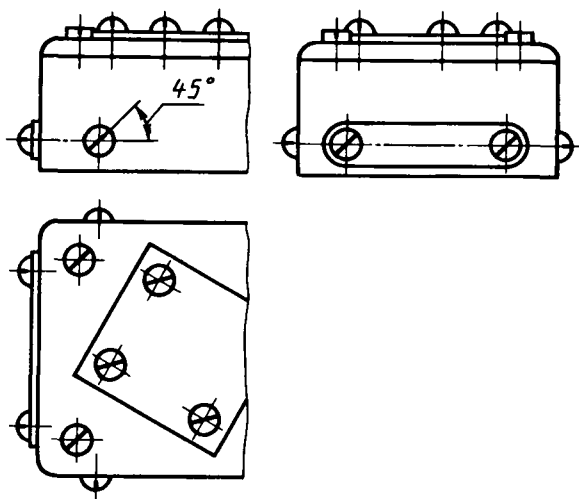


Рис. 16.17

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 рис. 16.2 изображены все одинаковые отверстия $\varnothing 3,4$ мм, на рис. 16.17 — 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 др. детали, загораживающие 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*.

РАЗРАБОТКА РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Завершающей стадией разработки конструкторской 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. Состав разрабатываемой документации подробно рассмотрен в § 12.1. На основании изученных ранее материалов рассмотрим разработку конструкторской документации на стадии рабочего проектирования — сборочного чертежа изделия, рабочих (сборочных) чертежей сборочных единиц и их спецификаций, чертежей деталей.

17.1. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ И СПЕЦИФИКАЦИИ

Сборочный чертеж изделия или сборочной единицы содержит их изображения и другие данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам относят и чертежи, по которым выполняют гидромонтаж и пневмомонтаж.

Изображение сборочного чертежа должно давать представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, обеспечивающее возможность сборки и контроля изделия или сборочной единицы. На сборочном чертеже нет необходимости выявлять форму всех деталей, поэтому на нем может быть значительно меньше изображений, чем на чертеже общего вида.

В качестве примера на рис. 17.1 дан чертеж общего вида изделия и табл. 2 (см. ниже) его составных частей, а на рис. 17.2 и 17.3 — его сборочный чертеж и спецификация. Из сравнений чертежей очевидно, насколько сборочный чертеж изделия проще, чем чертеж общего вида. В то же время он дает представление о расположении и взаимной связи двух его составных частей (сборочных единиц) — корпуса 1 и поршневого механизма 2, соединенных четырьмя винтами 3.

Количество сборочных чертежей при разработке рабочей документации должно быть минимальным, но достаточным для рациональной организации производства (сборки и контроля) изделий. Для изделия, приведенного на рис. 17.2, кроме уже ука-

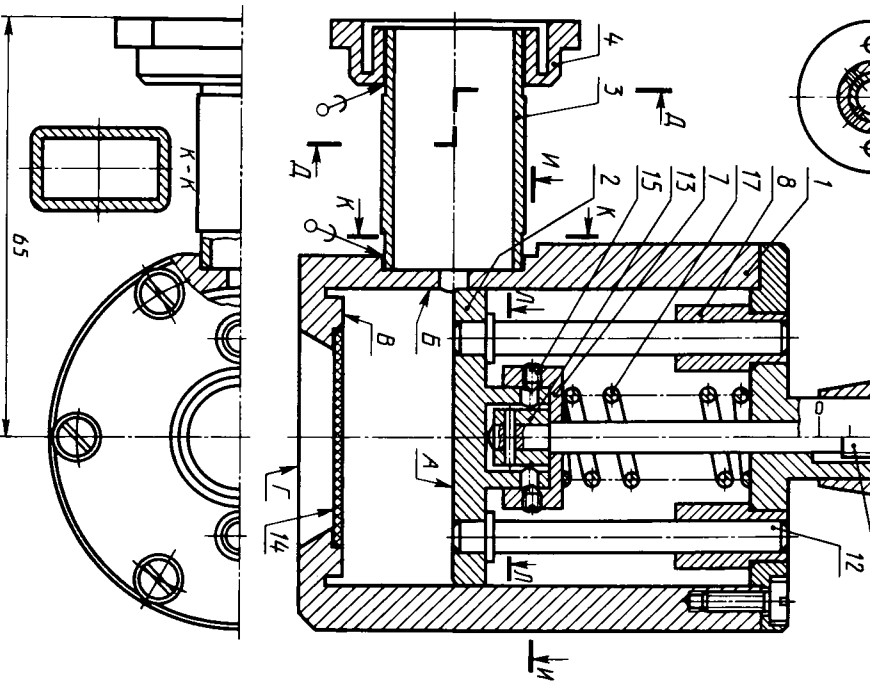
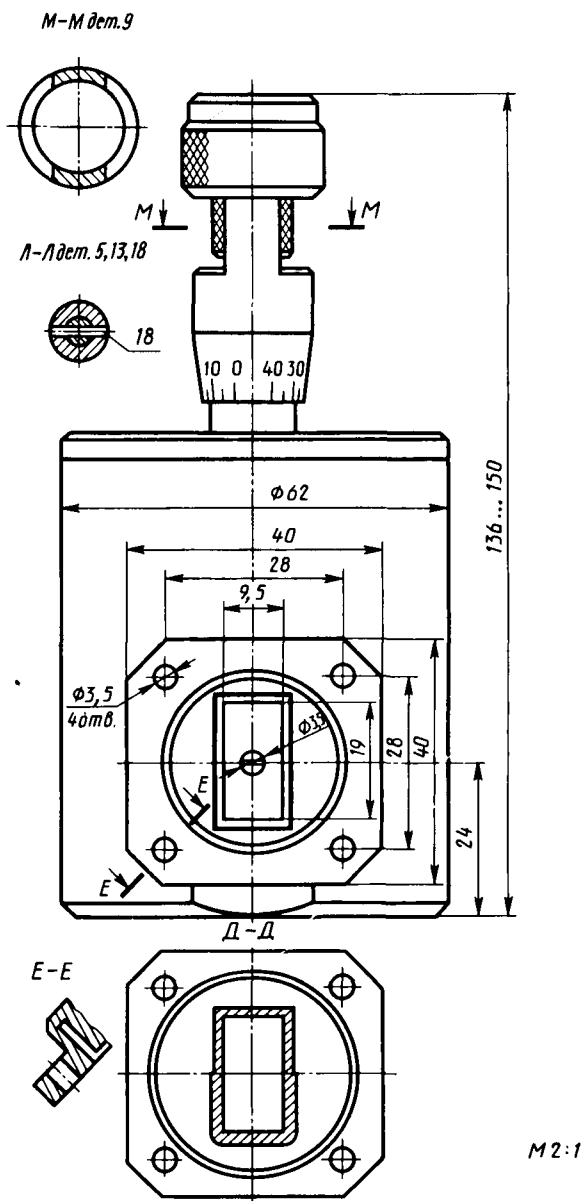


Рис. 17.1



Продолжение рис. 17.1

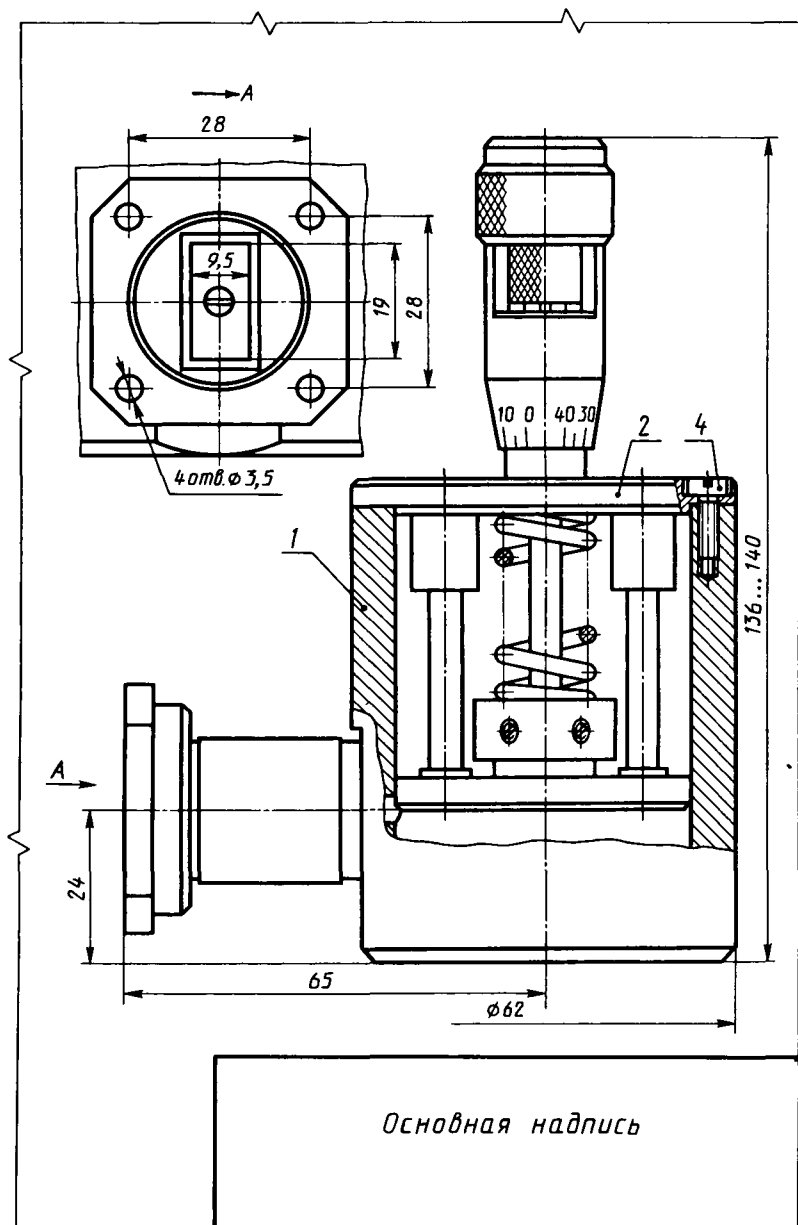


Рис. 17.2

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
				Технические условия		
				Инструкция по		
				эксплуатации		
				Карта техниче-		
				ского уровня		
				Патентный формуляр		
				Ведомость покупных		
				изделий		
				<u>Сборочные</u>		
				<u>единицы</u>		
		1		Корпус	1	
		2		Механизм поршня	1	
				<u>Стандартные</u>		
				<u>изделия</u>		
		4		Винт МЗ×10		
				ГОСТ 1491-80	4	

Основная надпись

Рис. 17.3

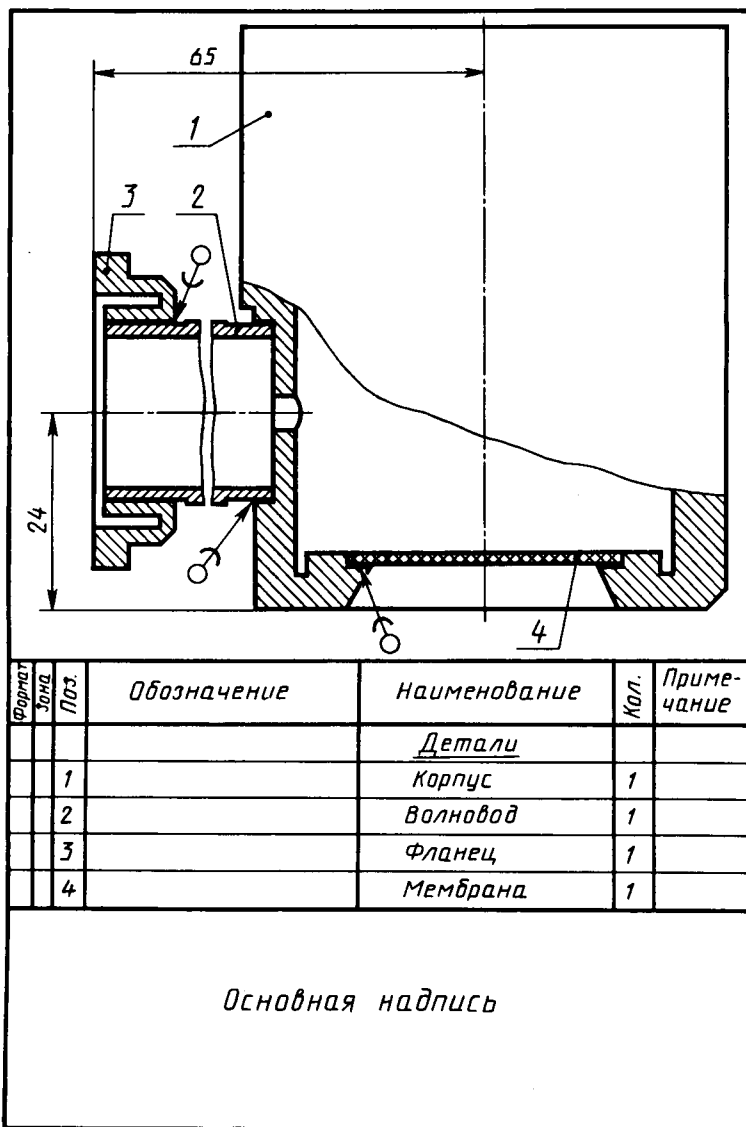


Рис. 17.4

занных в его спецификации сборочных единиц *Корпуса* (рис. 17.4) и *Механизм поршня* (рис. 17.5 и 17.6) целесообразно иметь сборочные чертежи еще двух сборочных единиц, входящих в механизм поршня: *Поршень* (рис. 17.7) и *Крышка* (рис. 17.8).

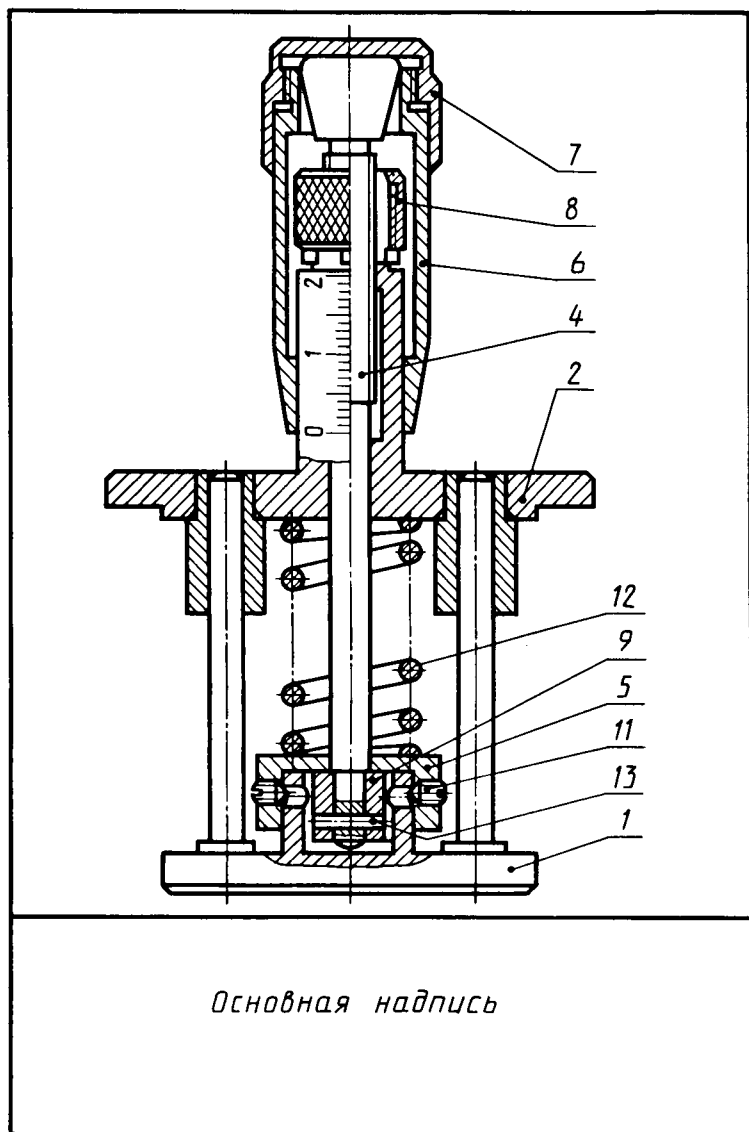


Рис. 17.5

На сборочных чертежах указывают размеры, их предельные отклонения и другие параметры и требования, которые выполняют и контролируют по данному сборочному чертежу, а также габаритные размеры изделия, установочные, присоединительные и

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Сборочные</u>		
				<u>единицы</u>		
		1		Поршень	1	
		2		Крышка	1	
				<u>Детали</u>		
		4		Винт микро-		
				метрический	1	
		5		Втулка	1	
		6		Лимб	1	
		7		Гайка	1	
		8		Гайка	1	
		9		Втулка	1	
				<u>Стандартные</u>		
				<u>изделия</u>		
		11		Винт МЗ×4		
				ГОСТ 1476-84	4	
		12		Пружина 2мм НП		
				ГОСТ 13766-68	1	
		13		Штифт 1,2×10		
				ГОСТ 3128-70	1	

Основная надпись

Рис. 17.6

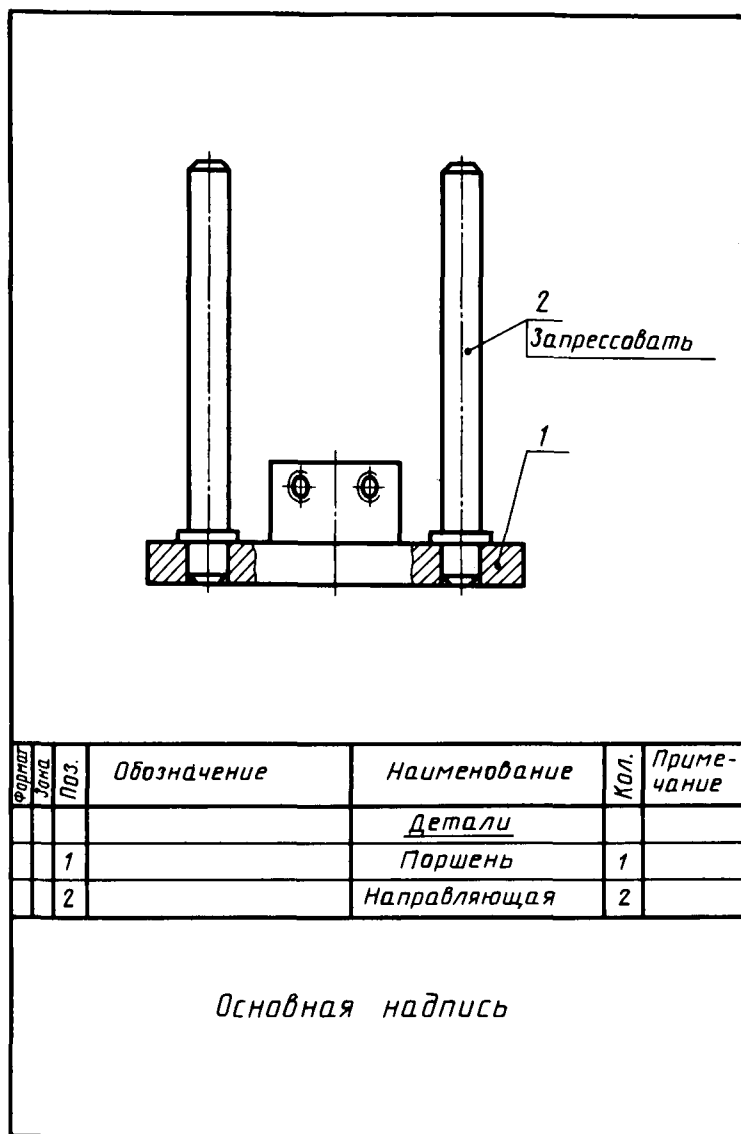
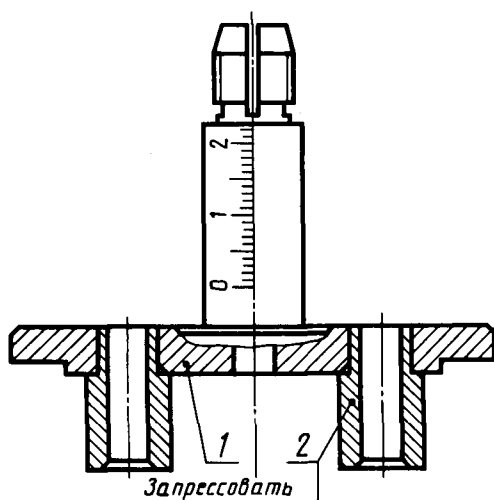


Рис. 17.7

другие необходимые справочные размеры. Так, на рис. 17.2 указаны координаты расположения — размеры 65 и 24 присоединительного фланца. Они же указаны и на чертеже сборочной единицы «Корпус» (см. рис. 17.4), так как должны быть обеспечены при его пайке и



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Детали</u>		
		1		Крышка	1	
		2		Втулка	2	

Основная надпись

Рис. 17.8

проконтролированы после нее. В то же время присоединительные размеры на самом фланце — расстояния 28 мм между осями четырех отверстий и их диаметр 3,5 мм указаны лишь на сборочном чертеже изделия, где они подлежат контролю при приемке. До этого

они были обработаны и проконтролированы при изготовлении детали (см. рис. 17.17).

Сборочный чертеж выполняют, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов ЕСКД. На сборочном чертеже допускается не показывать:

а) фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплетки и другие мелкие элементы;

б) зазоры между стержнем и отверстием;

в) крышки, щиты, кожухи, перегородки и т. п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают надпись, например, *Крышка поз. 3 не показана*;

г) видимые составные части изделий и их элементы, расположенные за сеткой, а также частично закрытые впереди расположенными составными частями;

д) надписи на табличках, фирменных бланках, шкалах и других подобных деталях, изображая только их контур.

Изделия из прозрачного материала изображают как непрозрачные. Но допускается на сборочных чертежах составные части изделий и их элементы, расположенные за прозрачными предметами (детальями), изображать как видимые, например: шкалы, стрелки приборов, внутреннее устройство ламп и т. п.

Части изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображенной лишь сечениями витков, изображают до зоны, условно закрывающей эти части изделия и определяемой осевыми линиями сечения витков (рис. 17.9). На сборочных чертежах применяют упрощенные изображения составных частей изделий. На разрезах изображают нерассеченными составные части, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи. Так, на рис. 17.2 нерассеченной показана сборочная единица *Механизм поршня*. Только внешними очертаниями показывают типовые, покупные и другие широко применяемые изделия. Внешние очертания, как правило, упрощают, не изображая мелких выступов, впадин и т. п.

Сварное, паяное, клеёное и тому подобное изделие из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях

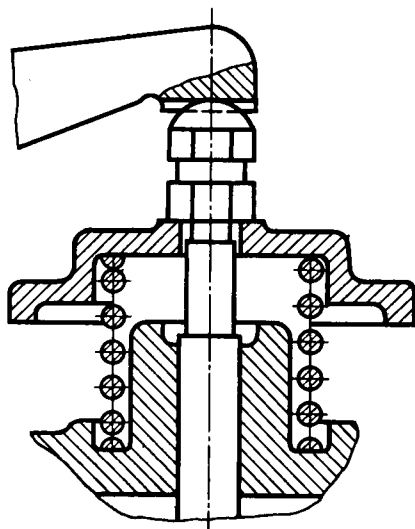


Рис. 17.9

публиканским стандартам, далее по отраслевым стандартам и по стандартам предприятия (для изделий вспомогательного производства).

В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, крепежные изделия, подшипники, электротехнические изделия и т. п.). В пределах каждой группы — в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел *Прочие изделия* вносят изделия, примененные по техническим условиям, за исключением стандартных. Запись изделий производят по однородным группам; в пределах группы — в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел *Материалы* вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Их записывают по видам в такой последовательности:

- металлы черные;
- металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные;
- металлы цветные, благородные и редкие;
- кабели, провода и шнуры;
- пластмассы и пресс-материалы;
- бумажные и текстильные материалы;
- лесоматериалы;
- резиновые и кожевенные материалы;
- минеральные, керамические и стеклянные материалы;
- лаки, краски, нефтепродукты и химикаты;
- прочие материалы.

В пределах каждого вида материалы записывают в алфавитном порядке наименований, а в пределах каждого наименования — по возрастанию размеров или других технических параметров.

В разделе *Материалы* не записывают материалы, необходимое количество которых не может быть определено конструктором по размерам элементов изделия и вследствие этого устанавливается технологом. К таким материалам относятся, например, лаки, краски, клей, смазки, замазки, припой, электроды. Указание о применении таких материалов дают в технических требованиях на поле чертежа.

Графы спецификации заполняют следующим образом.

В графе *Формат* указывают формат документов. Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе проставляют «звездочку», а в графе *Примечание* перечисляют все форматы в порядке их увеличения. Для документов, записанных в

разделах *Стандартные изделия*, *Прочие изделия* и *Материалы*; графу не заполняют. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе указывают: БЧ.

В графе *Зона* указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции записываемой составной части (при разбивке поля чертежа на зоны по ГОСТ 2.104—68).

В графе *Поз.* указывают порядковые номера составных частей.

В графе *Обозначение* указывают обозначения записываемых конструкторских документов. В разделах *Стандартные изделия*, *Прочие изделия*, *Материалы* графу не заполняют.

В графе *Наименование* указывают: в разделе *Документация* — только наименование документов, например: *Сборочный чертеж*, *Габаритный чертеж*, *Технические условия*;

в остальных разделах — наименования изделий в соответствии с основной надписью или установленные наименования и обозначения.

Для записи ряда однотипных изделий или материалов допускается общую часть наименования изделий или материалов с обозначением документа записывать на каждом листе спецификации один раз в виде общего наименования (заголовка). Под общим наименованием записывают для каждого из указанных изделий и материалов только их параметры и размеры. Если параметры или размеры изделия обозначают только одним числом или буквой, то запись производят следующим образом: *Шайба ГОСТ 18123—82*; *Шайба 3*; *Шайба 4* и т. д.

В графе *Кол.* указывают: для составных частей — количество на одно изделие; в разделе *Материалы* — общее количество материалов на одно изделие с указанием единиц измерения.

После каждого раздела спецификации оставляют несколько свободных строк для дополнительных записей. Полезно резервировать и номера позиций, которые проставляют в спецификацию при заполнении резервных строк.

Допускается совмещать спецификацию со сборочным чертежом на листе формата А4 (см. рис. 17.4, 17.7, 17.8).

В ГОСТ 2.108—68 имеются также указания, необходимые для производства.

17.2. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Процесс разработки чертежей деталей, входящих в изделие, по конструктивному чертежу общего вида обычно называют детализацией. В процессе детализирования студенты применяют ранее полученные знания к анализу конструктивных форм деталей, изделия, выявлению их взаимодействия и работы изделия. Разрабатываемые в учебном процессе 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 требования.

Последовательность выполнения детализирования. Задание на детализирование обычно состоит из чертежа общего вида, технического описания к нему и вопросов. Каждому студенту выдают индивидуальный вариант задания.

Рекомендуется следующий порядок выполнения работы по детализированию:

- 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 изделий, виды примененных соединений, разбираются во взаимодействии деталей, определяют порядок сборки и разборки изделия. Стараются прочесть и представить форму в целом и ее элементы для 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. § 15.2). 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 стандартного формата. При этом используют рассмотренные ранее приемы уменьшения их размеров (см. § 15.2) без ухудшения наглядности изображений. Пример планировки чертежа детали приведен выше (см. рис. 15.9, 15.11, а). Поле на рис. 15.9 между изображениями оставлено для размещения на нем размерных линий. При симметричных изображениях для упрощения можно давать половины этих изображений (см. рис. 15.61).

Обычно с учетом зон для простановки размеров занятая изображениями площадь составляет 30... 40 % всей площади формата.

Пример планировки целого листа (формата А1) приведен на рис. 17.11.

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 А5, 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.

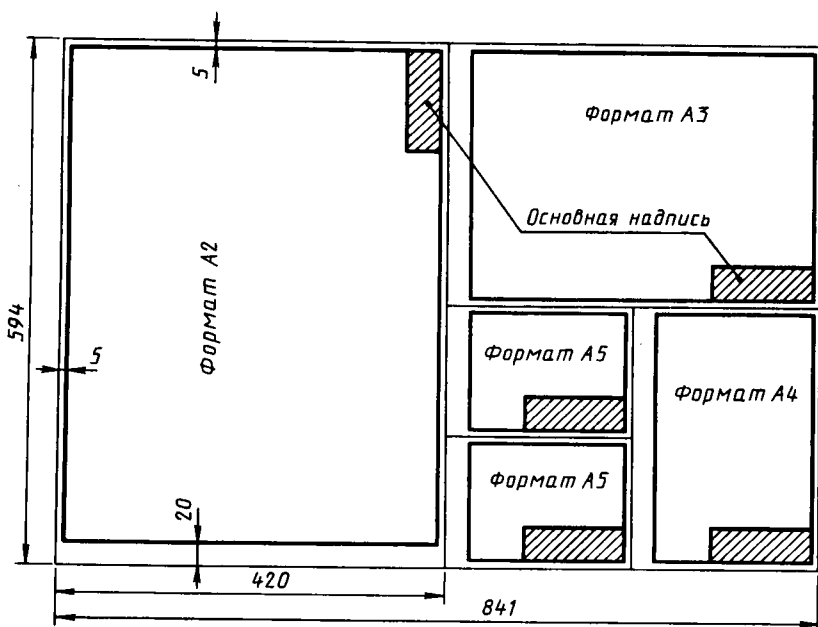


Рис. 17.11

• **Выполнение чертежей в тонких линиях.** К этой работе приступают после того, как убедиться в правильности планировки. При выполнении ее руководствуются правилами, изложенными в главе 15. Нанесение размеров выполняют после тщательной проверки правильности выполненных изображений.

Простановка размеров. 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. § 15.3, 15.5, 16.3) 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 рис. 17.12, 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.

Особое внимание при вписывании размеров обращают также на свободные зависимые размеры, что подробно рассмотрено в § 16.3.

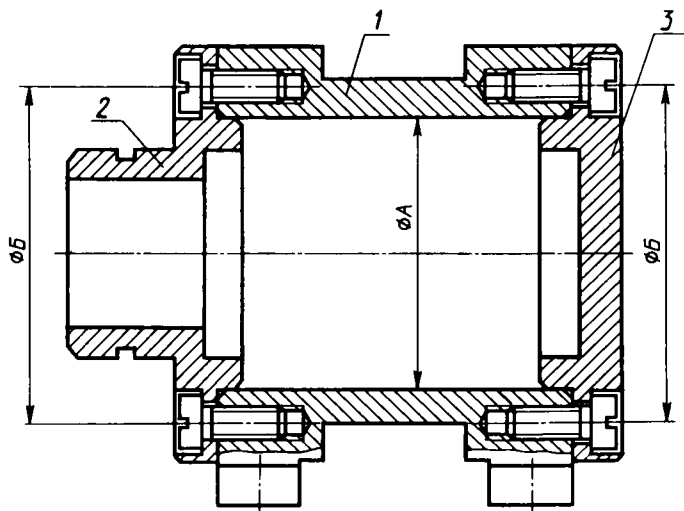


Рис. 17.12

Обводка. Проверив правильность нанесения размеров, обводят чертеж и сдают в установленном на кафедре порядке.

Пример процесса детализирования рассмотрен ниже.

17.3. ДЕТАЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАТОРА

Чертеж резонатора и таблица составных частей. Чертеж общего вида резонатора см. на рис. 17.1. Перечень его деталей приведен в табл. 2 составных частей (для краткости в графе *Примечания* материалы латунь ЛС59-1, сталь Ст4 и пружинная сталь 65Г обозначены только маркой материала *ЛС59-1*, *Ст4* и *Сталь 65Г* соответственно).

Таблица 2

Позиция	Обозначения	Наименование	Количество	Примечания
Детали				
1	Корпус		1	ЛС59-1
2	Поршень		1	ЛС59-1
3	Волновод		1	ЛС59-1
4	Фланец		1	ЛС59-1
5	Винт микрометрический		1	Ст4
6	Крышка		1	Ст4
7	Втулка		1	Ст4
8	Втулка		2	ЛС59-1
9	Лимб		1	Ст4
10	Гайка		1	Ст4
11	Гайка		1	Ст4
12	Направляющая		2	ЛС59-1
13	Втулка		1	ЛС59-1
14	Мембрана		1	Керамика
Стандартные изделия				
15	Винт М3×4, ГОСТ 1476—84		4	Ст4
16	Винт М3×10, ГОСТ 1491—80		6	Ст4
17	Пружина 2 мм НП, ГОСТ 13766—86		1	Сталь 65 г
18	Штифт 1,2×10, ГОСТ 3128—70		1	$n = 8, t = 5$

Принцип действия и назначение. Внутри любого замкнутого объема с проводящими стенками могут существовать электромагнитные колебания. Такой замкнутый объем, являющийся колебательным контуром, называют объемным резонатором или просто резонатором. В приведенной на рис. 17.1 конструкции резонатора колебательный контур образован объемом, ограниченным металлическими поверхностями *А*, *Б* и *В* с хорошей электропроводностью (материал соответствующих деталей — латунь).

Резонатор при возбуждении в нем электромагнитных колебаний, как и всякий колебательный контур, обладает определенными резонансными свойствами, в числе которых важнейшее — частота (длина волны) резонансных электромагнитных колебаний. Частота таких колебаний зависит от формы и геометрических размеров внутреннего объема резонатора. Чем меньше размеры, тем более высокие частоты устойчивых резонансных электромагнитных колебаний могут быть достигнуты в резонаторе. Если объем резонатора будет переменным, то переменными будут и резонансные частоты электромагнитных колебаний. В этом случае резонатор имеет определенный диапазон резонансных электромагнитных колебаний. Электромагнитные колебания в резонаторе возбуждают внешним источником.

Назначение резонатора. Данный резонатор предназначен для создания процесса, посредством которого достигается желательное изменение скорости электронов луча в приборе, к которому резонатор подсоединяют со стороны Г.

Описание конструкции. Электромагнитные колебания в резонаторе возбуждает внешний источник, который присоединяют к резонатору через фланец 4 и прямоугольный волновод 3. Внутренняя полость волновода с резонатором соединена цилиндрическим отверстием диаметром 3,5 мм. Окно в нижней стенке корпуса резонатора служит для взаимодействия электромагнитного поля резонатора с электромагнитным лучом (мембрана 14 из диэлектрического материала — керамики является «прозрачной» для электромагнитного поля).

Внутренний объем резонатора и, следовательно, его рабочую частоту изменяют с помощью винтового механизма. При вращении микрометрический винт 5 перемещается вдоль оси относительно крышки 6, в верхней части которой нарезана резьба. Винт 5 через штифт 18, втулки 13 и 7 и четыре винта 15 перемещает поршень 2 вдоль оси резонатора. Конический хвостовик винта 5 неподвижно соединен с лимбом 9 с помощью гайки 10, создающей осевой натяг между винтом и лимбом. При повороте лимба 9 одновременно вращается винт 5. Для устранения самоотвинчивания резьба на гайке 10 и лимбе 9 выполнена тугой.

Величину перемещения поршня измеряют по делениям двух шкал: линейной шкалы на хвостовике крышки с ценой деления 0,5 мм и круговой шкалы на лимбе с 50 делениями. Значения резонансной частоты резонатора определяют с помощью градуировочной таблицы.

Для устранения зазоров — «мертвого хода» в подвижных соединениях резьбовая часть крышки 6 имеет четыре продольных паза и коническую часть с наружной поверхности. С помощью гайки 11 резьбовую поверхность крышки 6 плотно прижимают к резьбе

винта 5 для устранения зазоров в резьбе. Такую регулировку можно выполнять и в процессе эксплуатации для компенсации износа в резьбе. Для устранения мертвого хода в соединениях служит также пружина 17.

Две направляющие 12 неподвижно закреплены (запрессованы) в поршне 2 и свободно скользят во втулках 8, которые в свою очередь неподвижно закреплены (запрессованы) в крышке 6. Длина втулок 8 — не менее трех диаметров отверстий для направляющих. Направляющие 12 предотвращают перекосы и заклинивание поршня в корпусе резонатора. Крышка к корпусу привинчена шестью винтами 16.

Приведенный чертеж резонатора для удобства рассмотрения несколько упрощен по сравнению с реальными конструкциями резонаторов.

Задание на детализацию и вопросы для чтения чертежа.

1. Разобраться в устройстве резонатора, его назначении в целом и каждой детали в отдельности.

2. Продумать порядок сборки и разборки резонатора.

3. Выполнить чертежи всех деталей резонатора или часть из них. В последнем случае в первую очередь разрабатывают чертежи на следующие детали: 1, 2, 6, 5, 7, затем на следующие пары деталей: 3 и 4, 9 и 10, 7 и 8, а также на пружину 17.

4. Выполнить изометрическую проекцию детали 1 или детали 4.

5. В какой последовательности следует произвести разборку резонатора, чтобы заменить сломавшуюся пружину 17?

6. Каковы размеры основных форматов для выполнения чертежей? Как обозначают эти форматы?

7. Какими основными параметрами определяется любая резьба?

8. Как и в каких случаях изображают конец глухого резьбового отверстия (резьбового гнезда)?

9. Какие резьбы имеет крышка 6?

10. Что называют 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 подразделяют разрезы в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций?

13. Как следует на чертеже располагать наклонные разрезы? Покажите на чертеже пример наклонного разреза.

14. Какой разрез называют местным? Как его выделяют на чертеже? Покажите на чертеже примеры местных разрезов.

15. Какой разрез называют ломаным? Покажите на чертеже пример ломаного разреза. С какой целью он применен?

16. Что называют сечением? Как подразделяют сечения, не входящие в состав разреза? Покажите на чертеже пример сечения. Какое оно?

17. Чем отличается форма волновода, изображенного в сечении и в разрезе $D - D$?

18. С какой целью изображен разрез $II - II$?

19. Как изображают на чертеже паяное соединение? Покажите примеры паяных соединений на чертеже.

20. Какие условности применяют на чертеже при изображении пружин?

21. Какие условности применяют при изображении шкал на поверхностях деталей на их чертежах? Как изображают шкалы на конических поверхностях?

22. Какие детали показывают нерассеченными при продольном разрезе? Покажите примеры таких деталей на чертеже.

23. Какие размеры называют присоединительными? Покажите присоединительные размеры на чертеже.

24. Какие размеры называют габаритными? Покажите габаритные размеры на чертеже. Какое значение наибольшего габаритного размера?

25. Как располагают и чему равны величины большой и малой осей эллипса в прямоугольной изометрической проекции?

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. В основе формы — пустотелый цилиндр с дном, в котором имеется коническое отверстие. В боковой стенке прямоугольное углубление под волновод, в середине которого отверстие диаметром 3,5 мм. На торце, соединяемом с крышкой, шесть резьбовых гнезд под винты с резьбой М3. Материал корпуса электропроводный — латунь марки ЛС59-1.

Главное изображение для корпуса (как полого тела вращения) выбирают из технологических соображений как разрез с горизонтальным расположением оси вращения, прямоугольным углублением под волновод вверх и резьбовыми гнездами направо (такое расположение соответствует расположению корпуса на чертеже общего вида при повороте на 90° по часовой стрелке). Для выявления расположения резьбовых гнезд необходим вид (или его половина) справа. Для выявления формы прямоугольного углубления — вид (или несколько более его половины) сверху. Масштаб изображения

целесообразно сохранить принятый на общем виде, т. е. М 2:1. Планировку чертежа см. на рис. 17.13.

Поршень 2. В основе конструкции поршня — диск с крепежным элементом — цилиндрическим пустотелым выступом с отверстиями $\varnothing 2$ под концы винтов. В диске выполнены два цилиндрических отверстия под неподвижные соединения с направляющими. Материал диска электропроводный — латунь марки ЛС59-1. Главное изображение для поршня — разрез с горизонтальной осью вращения и цилиндрическим выступом направо. Необходим также вид справа для выявления расположения и количества отверстий под направляющие и местный разрез по отверстиям. Масштаб изображения — по чертежу общего вида М2:1. Планировку чертежа см. на рис. 17.13.

Волновод 3. Конструктивная форма волновода — прямоугольная труба. Наружные поверхности, сопрягаемые с корпусом и фланцем, дополнительно обработаны. Материал с хорошей электропроводностью — латунь марки ЛС59-1. Главное изображение принято, как и на чертеже общего вида; кроме того, дан вид слева. Планировку чертежа см. на рис. 17.13.

Фланец 4. В средней части фланца — прямоугольное отверстие под волновод. Внешняя форма — прямоугольник с четырьмя фасками и цилиндрический участок со стороны волновода. Фланец имеет цилиндрическое углубление — канавку и четыре отверстия

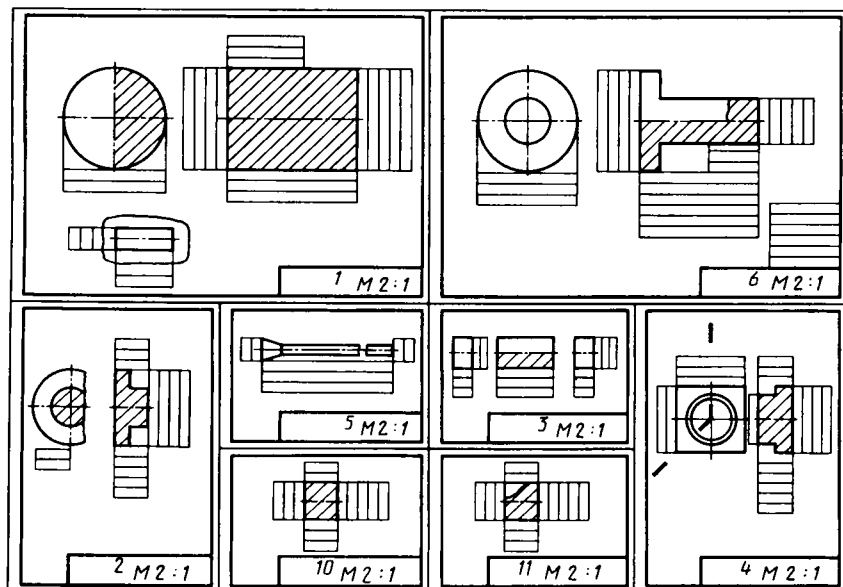


Рис. 17.13

диаметром 3,5 мм для крепления. Материал фланца с хорошей электропроводностью — латунь марки ЛС59-1.

Главное изображение для фланца выбрано из технологических соображений — сложный разрез с горизонтальным расположением оси и кольцевой канавкой направо, т. е. повернутое на 180° изображение на чертеже общего вида резонатора. Расположение секущих плоскостей сложного разреза выбрано так, чтобы выявить форму крепежных отверстий и конструктивные размеры для размещения гайки или головки винта крепежного элемента (он соответствует разрезу Д — Д на чертеже общего вида). Масштаб изображения — по чертежу общего вида М 2:1. Планировку чертежа см. на рис. 17.13.

Винт микрометрический 5. Форма винта — тело вращения с удлиненной цилиндрической частью с проточкой на конце, резьбой и коническим хвостовиком. Главное изображение — вид с горизонтальным расположением оси вращения коническим хвостовиком налево. Материал — сталь марки Ст4. Масштаб изображения — по чертежу общего вида М 2:1. Большую длину винта на чертеже можно уменьшить за счет местного разрыва на цилиндрической части (см. рис. 13.34) так, чтобы для чертежа хватало ширины формата А4. Планировку чертежа см. на рис. 17.13.

Крышка 6. Конструктивная форма крышки образована диском и цилиндрическим хвостовиком с внутренними цилиндрическими полостями и резьбой под микрометрический винт. Резьбовой конец хвостовика имеет четыре паза, которые позволяют деформировать его по направлению к оси вращения. Наружная поверхность конца хвостовика — конус и резьба. В крышке шесть цилиндрических отверстий под крепежные винты с резьбой М3 и два отверстия под втулки направляющих. Материал крышки — сталь марки Ст4. Главное изображение для крышки (как тела вращения с внутренней полостью) — разрез с горизонтальным расположением оси вращения хвостовиком направо. Необходим также вид справа для выявления всех отверстий и пазов. Масштаб изображения, как и для корпуса, можно принять М 2:1. Планировку чертежа см. на рис. 17.13.

Втулка 7. Конструктивная форма образована цилиндрическими поверхностями и плоскостями. Во втулке четыре резьбовых отверстия под винты. Главное изображение — разрез с горизонтальной осью вращения. Материал — латунь марки ЛС59-1. Масштаб изображения — по чертежу общего вида М 2:1. Планировку чертежа см. на рис. 17.26.

Втулка 8, лимб 9, гайка 10, направляющая 12, втулка 13, мембрана 14. Все рассматриваемые детали — тела вращения. Для их изображения (кроме лимба) на чертеже достаточно одной проекции с горизонтальным расположением оси вращения. На чертеже лимба

изображают также разрез по окну и шкалу на конической части (пример изображения — см. рис. 14.46). Чертежи указанных деталей приведены ниже.

Гайка 11. Форма гайки — тело вращения с внутренней резьбой и внутренним коническим участком. На внешней поверхности гайки — сетчатое рифление с шагом 0,8. Для чертежа гайки достаточно одного изображения с горизонтальным расположением оси и коническим участком слева. На изображении соединяют половину разреза и половину вида для указания рифления. Материал — сталь марки Ст3. Масштаб — М 2:1. Планировку чертежа см. на рис. 17.13.

Пружина 17 является цилиндрической винтовой пружиной сжатия, навитой из стальной проволоки (марки стали 65Г) диаметром 2 мм (см. таблицу составных частей), имеет восемь рабочих витков ($n = 8$) и расстояние между витками 5 мм (шаг $t = 5$). Изображение пружин на чертежах стандартизовано, чертеж рассматриваемой пружины приведен ниже (см. рис. 17.27).

Разработка планировки листа. С учетом расположения, числа и масштаба выбранных изображений чертежи деталей размещены на листе формата А1, как показано на рис. 17.13. В левой верхней части — корпус, справа — крышка (на форматах А3), на нижней половине листа — поршень (формат А4), микрометрический винт, две гайки и волновод (на половине формата А4 чертеж каждой детали), фланец (формат А4). Планировка расположения остальных деталей не показана, ее выполняют аналогично.

Разработка чертежей деталей. Чертежи деталей разрабатывают в соответствии с утвержденной планировкой (рис. 17.14...17.27). Изображения на них приняты в соответствии с рассмотренными конструктивными особенностями.

Нанесение размеров. Размеры на чертежах деталей нанесены исходя как из технологических, так и из конструктивных соображений. Сопряженные размеры на чертежах подчеркнуты. Рассмотрим некоторые особенности нанесения размеров на чертежах деталей.

На чертеже корпуса 1 (рис. 17.14) отмечены сопряженные размеры — диаметр 52 расположения осей шести резьбовых гнезд М3, внутренний диаметр 47, размеры прямоугольного углубления 12,5×22 мм с радиусом закругления 2. К зависимым сопряженным размерам относятся глубина 8 резьбовых гнезд, а также размер 3 прямоугольного углубления под волновод.

Размер 3 определен из цепочки размеров корпуса, волновода и фланца, составляющих присоединительный размер 65 резонатора. Эта цепочка размеров (размерная цепь) равна:

$$(62:2-2-3) + 38 + 1 = 65 \text{ мм},$$

где $(62:2-2-3)$ — расстояние между осью корпуса и дном углубления под волновод (см. рис. 17.14); 38 — длина волновода (см. рис.

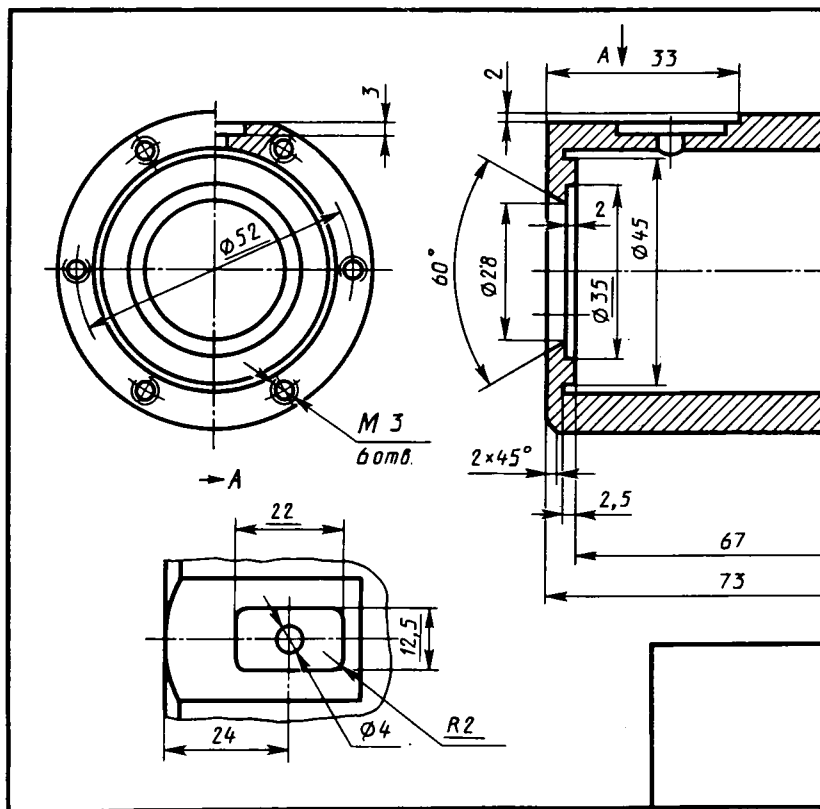
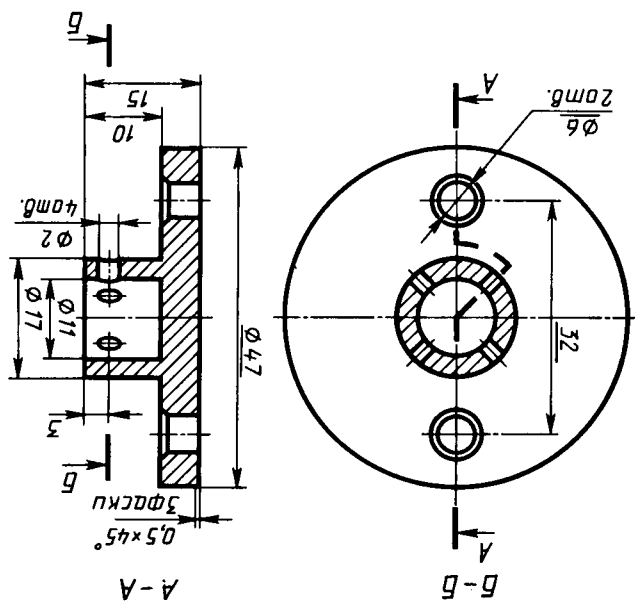


Рис. 17.14



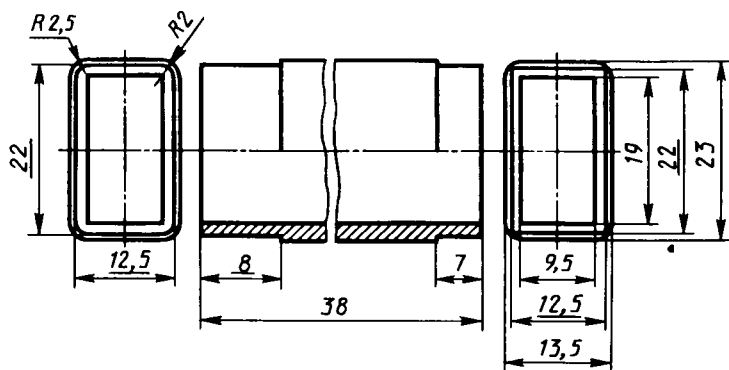


Рис. 17.16

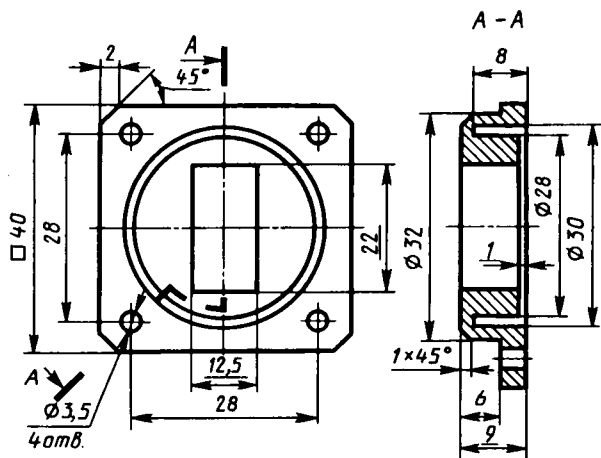


Рис. 17.17

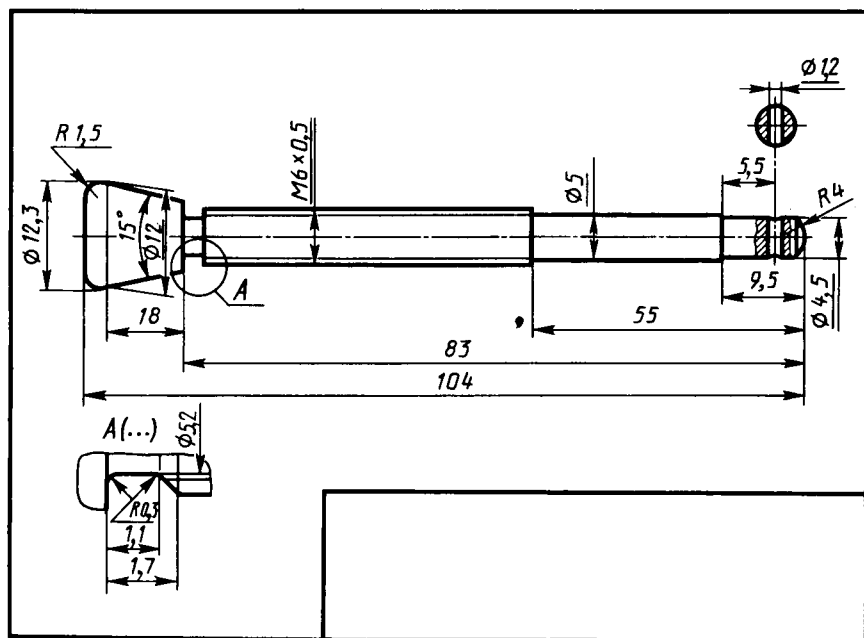


Рис. 17.18

17.16); 1 — расстояние между двумя торцами фланца (см. рис. 17.17).

На чертеже поршня 2 (рис. 17.15) подчеркнуты сопряженные размеры: диаметр 47 мм, расстояние 32 мм между осями двух отверстий под направляющие и их диаметр 6 мм, а также диаметр 17 мм. К зависимым свободным размерам относится размер 3 мм, определяющий положение оси резьбового отверстия $M2$. Этот размер согласуют с аналогичным размером на втулке 7.

На чертеже крышки (рис. 17.19) большое число сопряженных размеров, так как она сопрягается с пятью деталями. В их числе диаметр 47 мм и диаметр 52 мм расположения осей крепежных отверстий, расстояние 32 мм между осями двух отверстий под втулки направляющих и их диаметр 9 мм, диаметр 5 мм и резьба $M6 \times 0,5$ под микрометрический винт, резьба $M12 \times 1$, диаметр 8 и угол 30° под накидную гайку и диаметр 15 мм, сопрягаемый с лимбом. К свободным зависимым размерам относится размер 9 мм под накидную гайку.

На чертеже микрометрического винта 5 (рис. 17.18) сопряженные размеры — резьба $M6 \times 0,5$, диаметр 5 мм, а также диаметры 12, 4,5 и 1,2 мм. Размеры длины 83 мм, 18, 5,5 и 9,5 мм должны быть согласованы с размерами длины на крышке, корпусе, втулке 13 и поршне для обеспечения хода поршня в требуемых пределах.

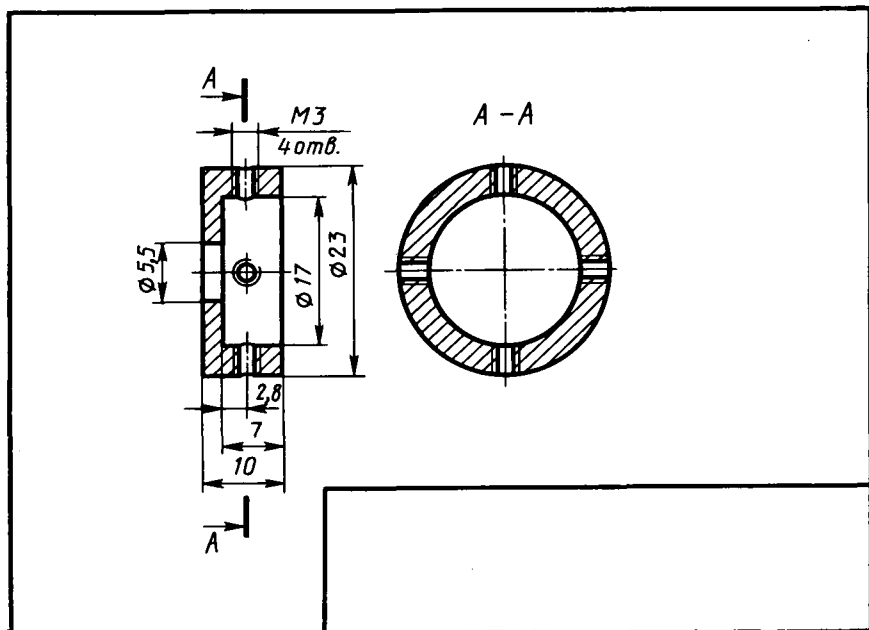


Рис. 17.20

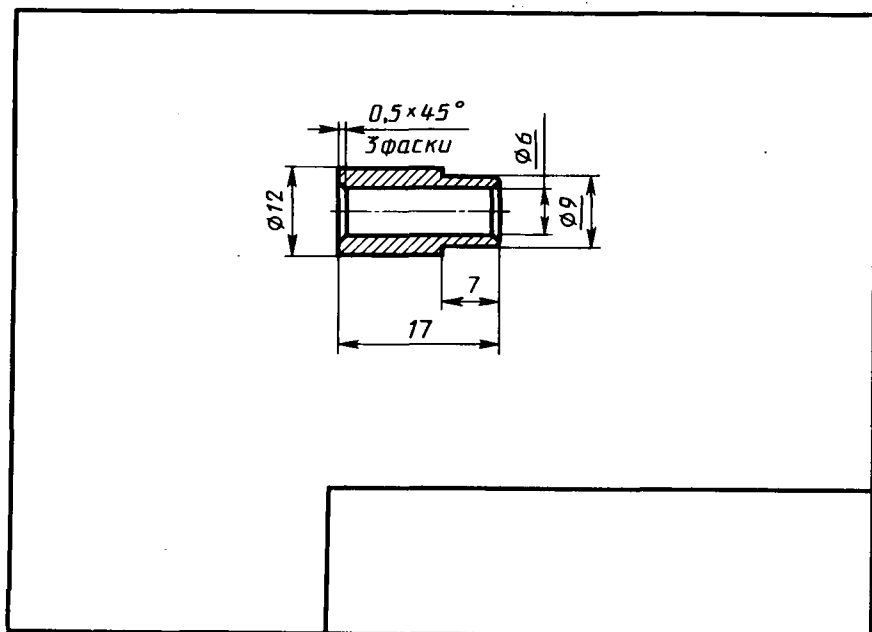
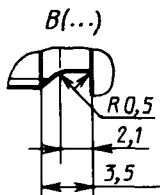


Рис. 17.21



1. Число ра
2. Ширина и
средних и
3. Шрифт

Рис. 17.22

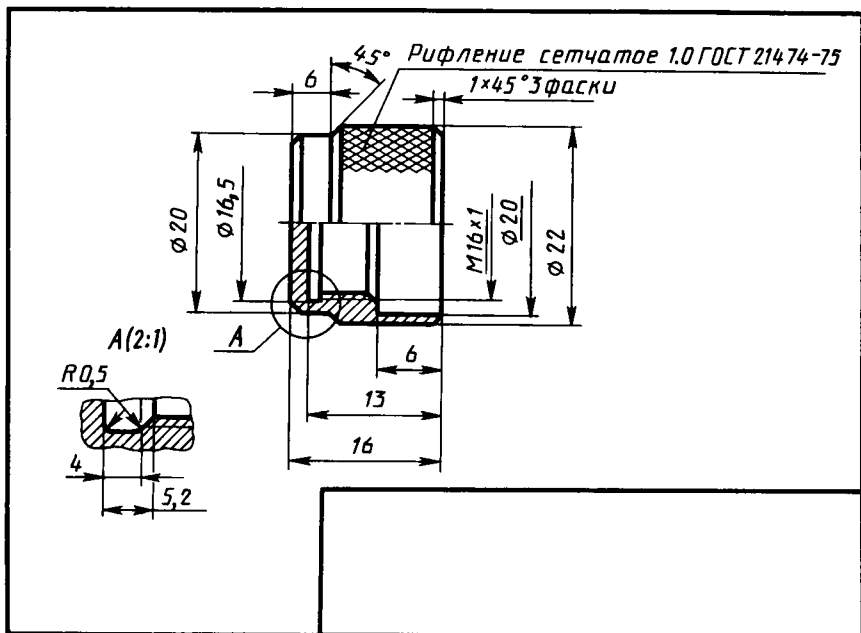


Рис. 17.23

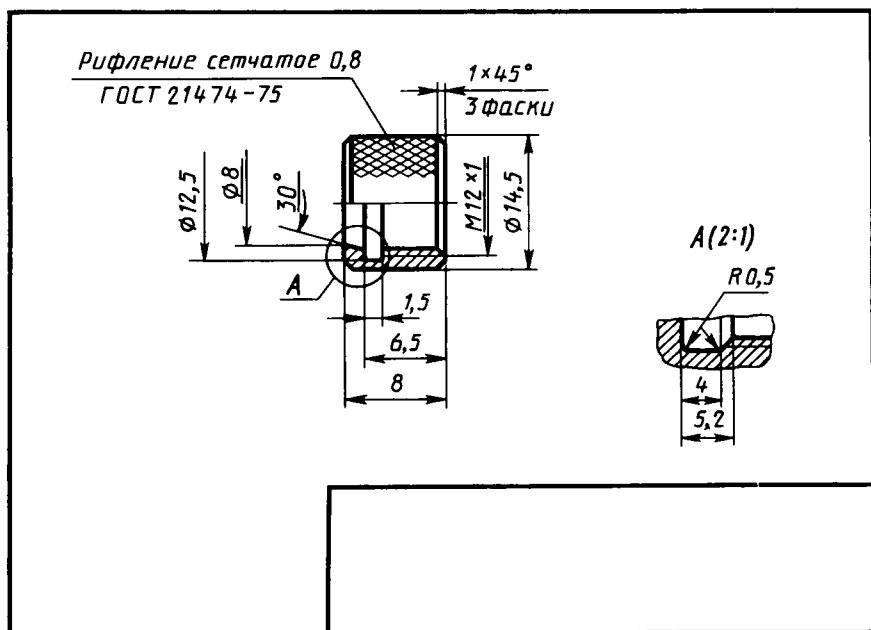


Рис. 17.24

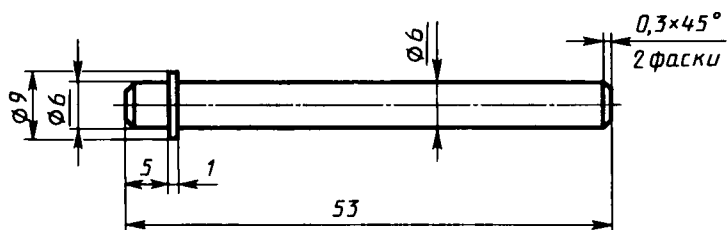


Рис. 17.25

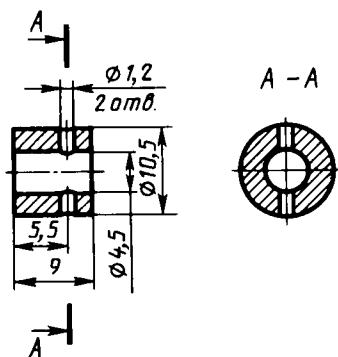


Рис. 17.26

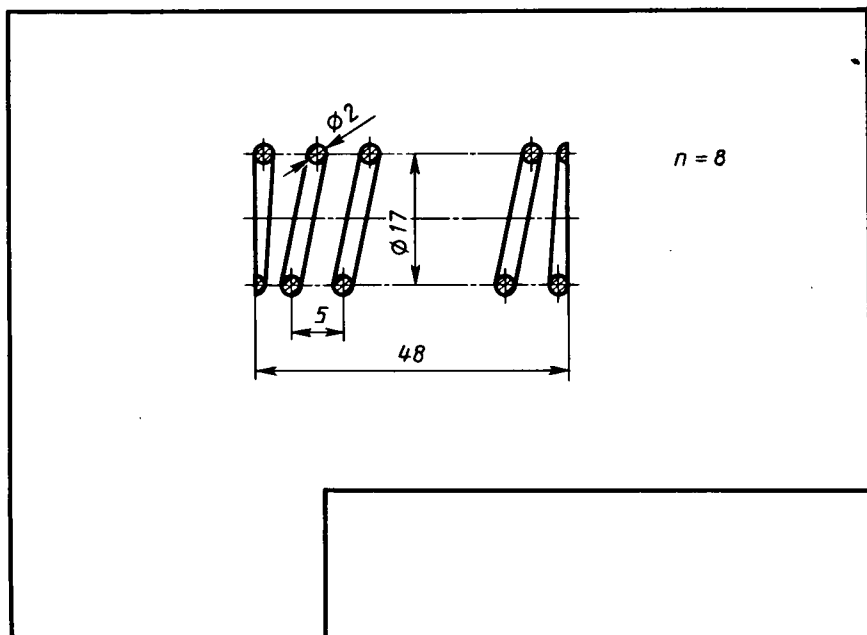


Рис. 17.27

На чертеже накладной гайки 11 (рис. 17.24) подчеркнуты три сопряженных размера — резьба $M12 \times 1$, диаметр 8 мм и угол 30° . Высота гайки 8 мм — зависимый свободный размер, согласованный с размером 9 мм на крышке. Зависимым свободным размером является и наружный диаметр по рифлению. Он должен быть после рифления меньше, чем диаметр отверстия в лимбе для обеспечения сборки.

На чертежах волновода 3 и фланца 4 (рис. 17.16' и 17.17) подчеркнута пара сопряженных размеров 12,5 и 22 мм, а также длина 8 мм на волноводе и длины 9 и 1 мм ($9 - 1 = 8$ мм) на фланце.

К сопряженным размерам на чертежах других деталей относятся: диаметры 15 и 12 мм, а также резьба $M16 \times 1$ у лимба (рис. 17.22), резьба $M16 \times 1$ у гайки (рис. 17.23), диаметры 6 и 9 мм у втулки (см. рис. 17.21) и диаметры 6 мм у направляющей (рис. 17.25). Размер длины 7 мм у втулки (см. рис. 17.21) равен соответствующей толщине крышки ($50 - 43 = 7$ мм, см. рис. 17.19), а длины 5 мм у направляющей (см. рис. 17.25) — толщине поршня ($15 - 10 = 5$ мм, см. рис. 17.15). Аналогичное согласование размеров выполняют и для других деталей.

Чертежи пружины 17, втулок 7 и 13 приведены на рис. 17.27, 17.20 и 17.26.

18.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Развитие вычислительной техники, систем программирования и технических средств отображения графической информации с числовым программным управлением привело к созданию средств автоматизированного конструирования, выполнения чертежей, генерации наглядных изображений — машинной графики.

Принято считать, что машинная графика — это создание, хранение и обработка моделей объектов и их изображений с помощью ЭВМ.

В дисплеях, графопостроителях, печатающих устройствах — технических средствах отображений графической информации — мы имеем дело с двумерной графической информацией в виде проекций на плоскости. При этом используют как изученные в настоящем курсе параллельные аксонометрические и ортогональные проекции, так и центральные проекции (перспективы) с одним или двумя центрами проецирования. Их математические описания используют для создания программ генерации изображений. При этом 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.

Развитие машинной графики позволило создать специализированные системы автоматизированного изготовления чертежей. В последние годы для этих целей стали широко использовать персональные ЭВМ (ПЭВМ). Они просты и удобны в пользовании, обеспечивают достаточную точность, необходимое качество чертежей и легкость внесения изменений.

При автоматизированном изготовлении чертежей конструктор создает «электронный» эквивалент 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 . В трехмерных системах допускается использование координат X , Y и Z , что позволяет записывать в памяти объемные изображения и воспроизводить их проекции на экране с различных направлений наблюдения. Опыт показывает, что ПЭВМ с развитой системой машинной графики позволяют создать системы, которые целесообразно использовать для обучения основам начертательной геометрии и черчению. При этом имеется ряд новых возможностей, важных при обучении. Так, построение одной проекции можно сопровождать автоматическим синхронным построением второй, третьей или второй и третьей проекций и аксонометрического изображения. Можно быстро построить большое число изображений при изменении размеров элементарных пересекающихся поверхностей и исследовать выявляющиеся при этом закономерности. Применение способа вспомогательных секущих плоскостей можно показывать на примерах построения линий пересечения любых математически определенных поверхностей с любым расположением в пространстве. При этом будут демонстрироваться различные виды кривых линий, получающихся в сечениях. Можно вызывать на экран фрагменты наглядного аксонометрического изображения для консультации или «подсказки» либо изображения сечения в интересующей области.

Возможна демонстрация кинематических способов образования поверхностей как на ортогональных проекциях, так и в аксонометрии с изменением параметров определителя поверхности и демонстрация фрагментов технологических процессов формообразования поверхностей элементов деталей.

Применение цвета повышает наглядность изображений, позволяет одновременно изображать различные слои или сечения.

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.

Рассмотренные новые возможности при использовании средств машинной графики позволяют ожидать значительной интенсификации процесса обучения основам начертательной геометрии и черчения.

Некоторые из указанных новых возможностей рассмотрены ниже на практических примерах.

18.2. 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. 18.1) или двумя дисплеями. Основными компонентами компьютерной графической системы являются: персональный компьютер (будут рассматриваться системы только на них), 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. 18.1) четыре зоны, которые характерны для большинства пакетов автоматизированного выполнения графических изображений, хотя их расположение на экране может меняться. Самая большая зона 1 в центре экрана предназначена для вывода изображения чертежа. В нижней части расположена зона 2 для текста из нескольких строк для вывода команд и информационных сообщений. Верхняя зона 4 в виде строки зарезервирована для отображения состояния. В этой строке указывают выбранные параметры черчения, например режим вычерчивания ортогональных проекций (*Ortho*), координаты текущего положения перекрестия на чертеже и другие данные. Правую зону 3 отводят под меню.

Область меню может находиться как на экране, так и на таком устройстве для ввода графической информации, как планшет. Меню позволяет вводить команды и символы простым указанием желаемого пункта меню и нажатия кнопки на устройстве ввода. Преимущество меню на экране в том, что программа может изменять отображаемое меню по мере того, как пользователь делает выбор.

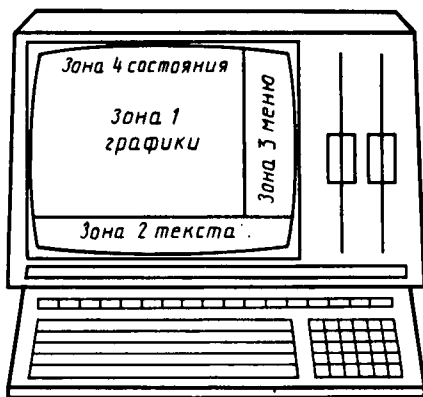


Рис. 18.1

В любой компьютерной графической системе имеется редактор чертежей. Он позволяет выводить чертежи на дисплей и предоставляет команды для создания, изменения, просмотра и вычерчивания чертежей на графопостроителе. Чертежи создаются с использованием предыдущих чертежей или чертежных примитивов. Типичные чертежные примитивы — это прямые линии произвольной толщины, прямоугольники, окружности, эллипсы, дуги (части окружности), кривые, текст, элементарные объемные тела и фрагменты из других чертежей.

Редактор чертежей представляет также обширный набор команд редактирования, которые позволяют передвигать, копировать, повторять несколько раз, менять местами, зеркально отражать, частично или полностью стирать, поворачивать, а также растягивать или сжимать по вертикали и горизонтали произвольные объекты или группы объектов. Изображение (чертеж) можно перемещать в произвольном направлении. Кроме того, можно изменить размеры изображения, так что в чертеж можно вносить любые изменения.

В процессе разработки чертежа любая его часть может быть выведена на графопостроитель или матричное 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 только перекрестие или в виде двух небольших отрезков, или составленное из горизонтальной и вертикальной линий и занимающего всю зону 1. При перемещении указателя («карандаша» по планшету или «мыши») перекрестие повторяет на графическом экране его движение. Можно также перемещать перекрестие с помощью клавиши управления курсором на клавиатуре ЭВМ. Точка пересечения линий, составляющих перекрестие, есть его текущая позиция. Координаты этой точки вводят в программу при нажатии кнопки на указателе (или клавиши на клавиатуре).

Чертежные команды могут вводиться непосредственно с клавиатуры или путем указания нужного пункта меню. Пункт меню в этом случае на экране подсвечивается. Выбранная команда активизируется нажатием кнопки на указателе.

Если требуется точка, то ее можно задать многими способами (путем ввода с клавиатуры декартовых или полярных координат, а

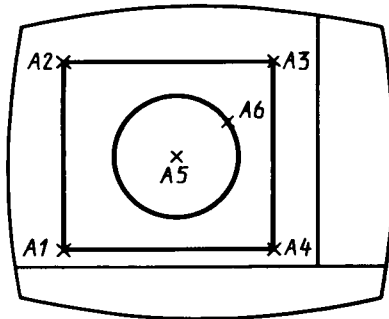
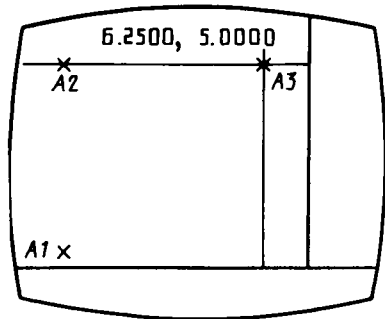
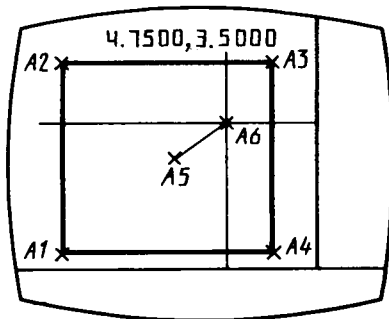
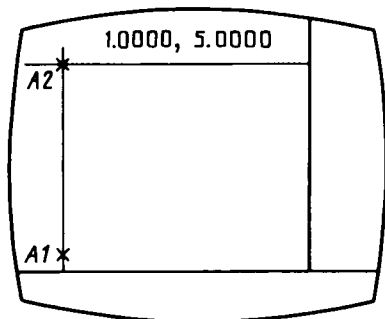
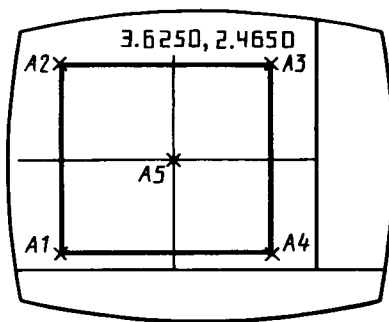
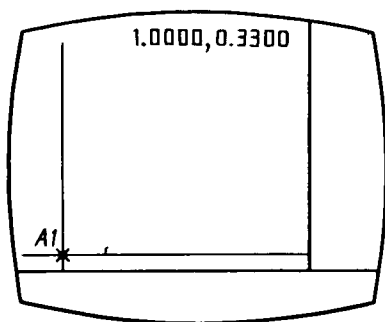


Рис. 18.2

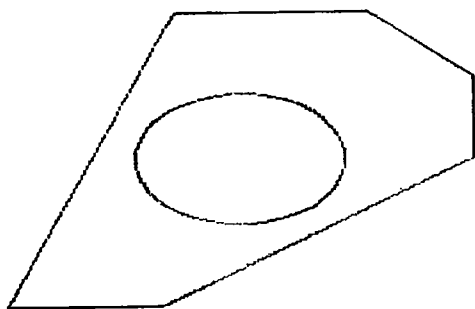


Рис. 18.3

также нажатием кнопки на указателе планшета или «мыши»). Простейший способ заключается в перемещении перекрестия в желаемое место экрана и вводе в ЭВМ координат перекрестия. Для изображения отрезков прямых или окружностей вводят команды, например, *LINE* и *CIRCLE*, после чего указывают соответствующие точки.

На рис. 18.2 показаны шаги построения прямоугольника и окружности внутри его. Укажем действие пользователя по шагам построения, обозначив «+» перемещение перекрестия в указываемую точку, буквами *BK* — нажим на клавишу, с помощью которой вводят в программу координату точки.

Шаг а: *LINE + B A1, BK* (появляется подсказка на экране *From Point* и указываются координаты 1,0000; 0,3300 точки *A1*).

Шаг б: *+ B A2, BK* (появляется подсказка *To Point*, координаты 1,0000; 5,0000 точки *A2*).

Шаг в: *+ B A3, BK* (появляются координаты 6,2500, 5,0000 точки *A3*);

Шаг г: *+ B A4, BK, C* (*C* — команда на замыкание прямоугольника, появляются координаты 6,2500; 0,3300 точки *A4* и прямоугольник).

V

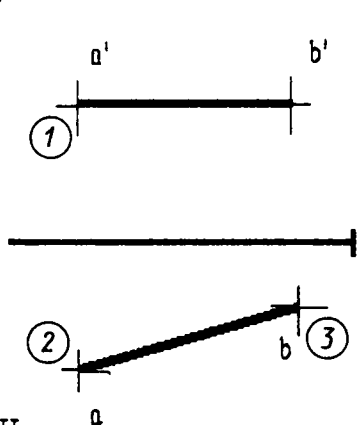


Рис. 18.4

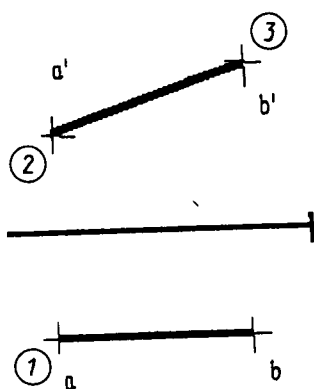


Рис. 18.5

Шаг д: *CIRLE* (появляется подсказка $3P/2P < \text{Center Point} >$), + $B A5$, BR (появляются координаты $3,6250$; $2,4650$ центра окружности).

Шаг е: (появляется подсказка *Diametr/ < Radius >*), + $B A6$, BK (появляются координаты $4,7500$; $3,5000$ точки $A6$ конца радиуса и окружность).

Пример построенного с помощью персонального компьютера шестиугольника с эллипсом (или окружностью) внутри приведен на рис. 18.3. В учебных целях для освоения работы на компьютере ввод данных осуществляется в следующем порядке. Указывают

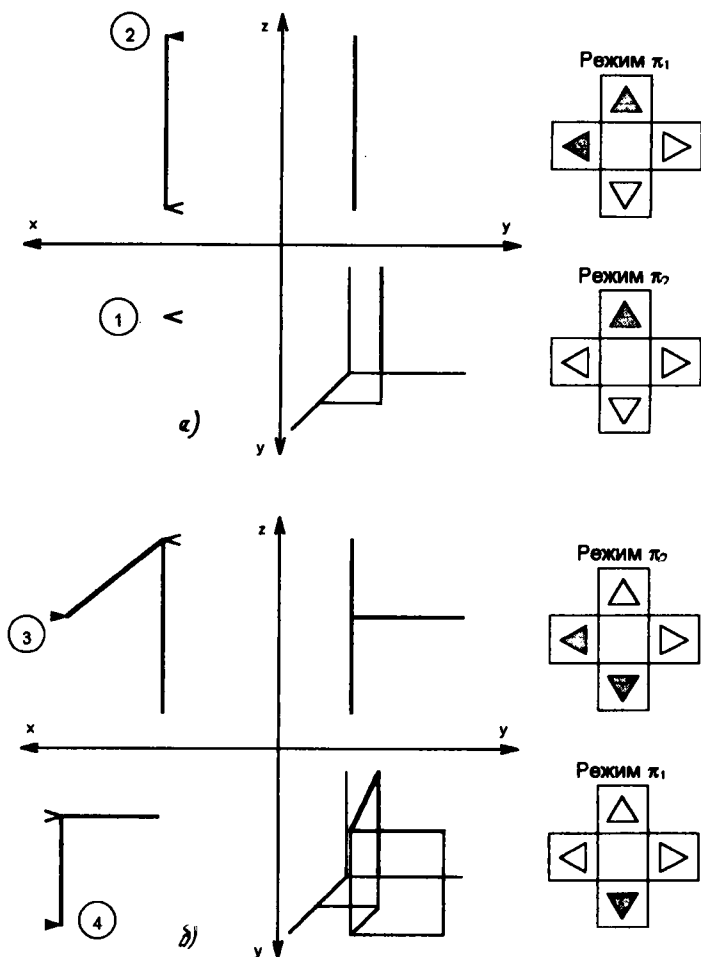


Рис. 18.6

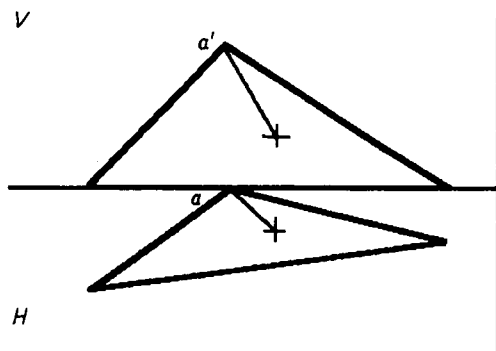


Рис. 18.7

длину и высоту описанного прямоугольника, углы наклона левой стороны и правой нижней стороны к оси абсцисс, величину катета треугольника, гипотенуза которого верхняя правая наклонная сторона, абсциссу и ординату центра окружности (эллипса), радиус окружности и коэффициент сжатия ее для построения эллипса (для окружности он равен единице).

На рис. 18.3, выполненном на печатающем устройстве, видны существенные условности в изображении линий из-за недостаточной разрешающей способности. Левая наклонная линия изображена как ступенчатая из отдельных вертикальных отрезков. Заметны уступы на правой нижней наклонной линии. Заметна ступенчатость и большие горизонтальные отрезки вверх и вниз на изображении эллипса.

Синхронное построение нескольких проекций. Одновременное построение изображений на нескольких проекциях — принципиально новая возможность, создаваемая машинной графикой. Сущность такого синхронного построения показана на рис. 18.6, последовательность его условно обозначена цифрами в кружках. В программе-редакторе устанавливается особый режим — режим π_1 , π_2 или π_3 . При таком режиме 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 специальные режимы пространства, в том числе с тремя плоскостями проекций, например, режим плоскости общего положения, режим сферы или иной поверхности. В случае режима сферы проекции точек на ее поверхности изобраа-

жают 6 курсоров, в том числе два совмещенных на одной из проекций.

В общем случае графический редактор начертательной геометрии содержит следующее меню: режимы и подрежимы, комментарии, геометрические элементы, внутренние и внешние функции.

В настоящее время используют, например, в редакторах «PLANE»*, «SPACE»** режим экрана ($F1$, клавиша [$F6/F1$]), плоскости общего положения ($F2$, клавиша [$F7/F2$]), пространства — эпюра Монжа ($F3$, клавиша [$F8/F3$]) и подрежимы π_1 (H) и π_2 (V) — переход соответственно в горизонтальную или фронтальную плоскости проекций.

Комментарии *INS* обеспечивают задание алфавитно-цифровых символов (выход из этого режима нажатием клавиши $\langle BK \rangle$ или клавиши перемещения курсора). Геометрические элементы: 1 — фиксация точки; 2 — задание отрезка после фиксации одной точки; 3 — задание плоскости после фиксации трех точек (например, 1 1 3); L — луч (перемещение обеспечивается клавишами управления курсором); P — перпендикуляр (проводится перпендикулярно заданной прямой через указанную курсором точку); P ($SHIFT < P >$) — параллельная прямая (проводится параллельно заданной прямой через указанную точку); 4 — окружность (фиксируется точка 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, 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 последней предварительно заданной точки до курсора; DEL — стирание последнего действия; CLS — стирание изображения экрана с сохранением первоначальной заставки (при одновременном нажатии клавиши $\langle SHIFT \rangle$); 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 устрой-

* Сборник задач по начертательной геометрии для персональных ЭВМ/А.В. Верховский, М.Г. Вяткин, Л.И. Морозова, А.А. Чекмарев. — М.: МИЭМ, 1988 г.

Лапенин А.Н. Методические указания по индивидуальной подготовке к выполнению заданий по курсу начертательной геометрии на ПЭВМ. — М.: МИЭМ, 1989.

** Пузиков А.А. Методические указания к решению задач по инженерной графике на ПЭВМ. — М.: МИЭМ, 1990.

ствами — дисководом и принтером (внешние функции) обеспечивает клавиша < SELECT >.

Построение проекций горизонтального отрезка AB показано на рис. 18.4: в режиме $\pi_2 (V)$ указаны фронтальная проекция A'' , в режиме $\pi_1 (H)$ 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). Аналогично показано на рис. 18.5 построение проекций фронтального отрезка AB .

На рис. 18.6 показано построение ломаной линии в трех проекциях с аксонометрическим изображением. В данном случае курсор имеет форму стрелки. На рис. 18.6, а построено исходное положение начальной точки и введен режим π_2 . В этом режиме с помощью курсора построены фронтальные проекции вертикального отрезка и автоматически — его профильная проекция и аксонометрия, затем на рис. 18.6, б — наклонного отрезка и автоматически его горизонтальная проекция и аксонометрия. Введен режим π_1 и построена горизонтальная проекция отрезка, перпендикулярного плоскости π_2 , и автоматически его профильная проекция и аксонометрия. На рисунках текущие построения показаны толстыми линиями, ранее выполненные — тонкими. Эти графические отличия могут быть и запрограммированы.

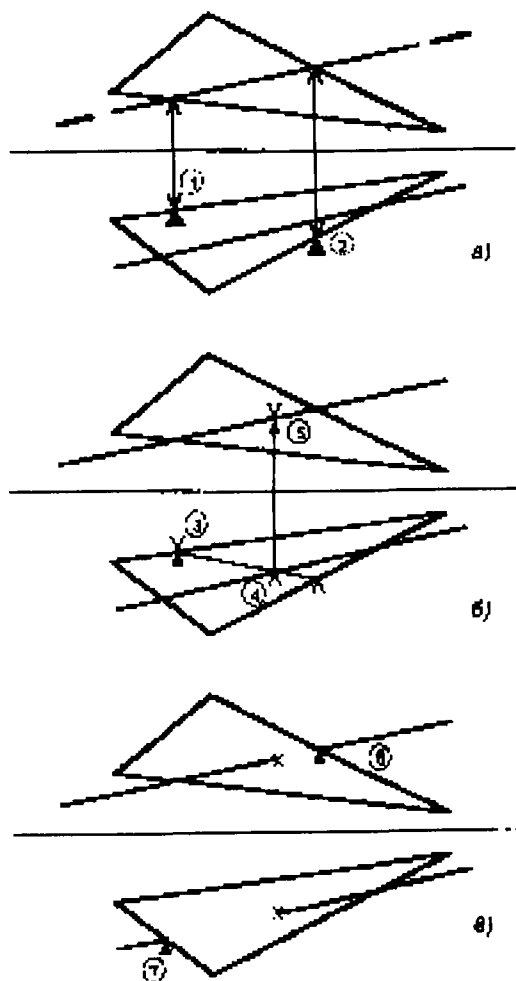


Рис. 18.8

18.3. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ НА КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Пример 1. Построение прямой в плоскости общего положения. Для этого в режиме *F3* задают положение плоскости, например, в виде проекций треугольника (рис. 18.7). Переходят в режим *F2* плоскости общего положения нажатием клавиши [*F7/F2*] с курсором, 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. Решение традиционной задачи начертательной геометрии — построение чертежа пересекающихся между собой прямой и плоскости — рассмотрено на рис. 18.8, *a* — *в*. Операции 1 и 2 на рис. 18.8 указывают проекции точек пересечения вспомогательной фронтально-проецирующей плоскости, включающей прямую, со сторонами заданного треугольника. Операция 3 на рис. 18.8, *б* — построение проекции линии пересечения вспомогательной плоскости и плоскости треугольника. Операция 4 — указание найденной горизонтальной проекции точки пересечения прямой и плоскости. Операция 5 — построение недостающей фронтальной проекции этой точки. Удаление невидимых участков прямой линии

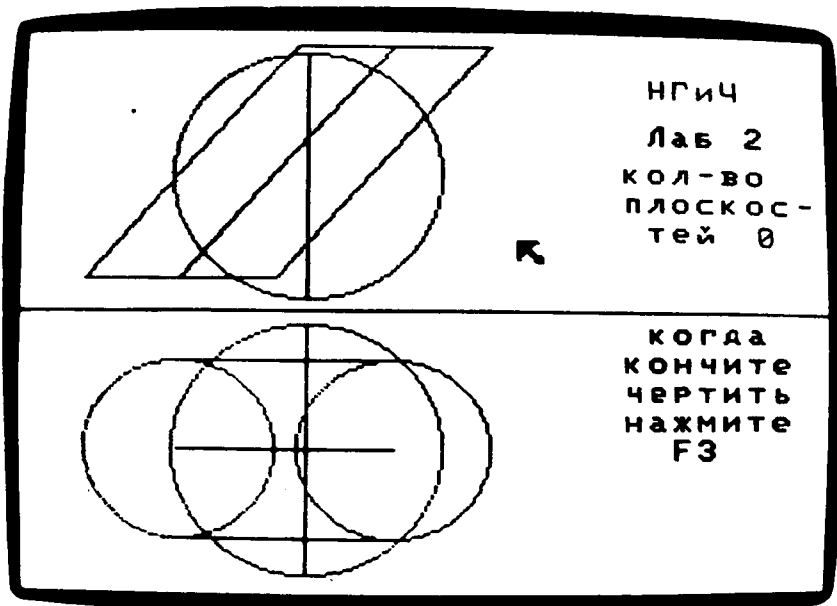


Рис. 18.9

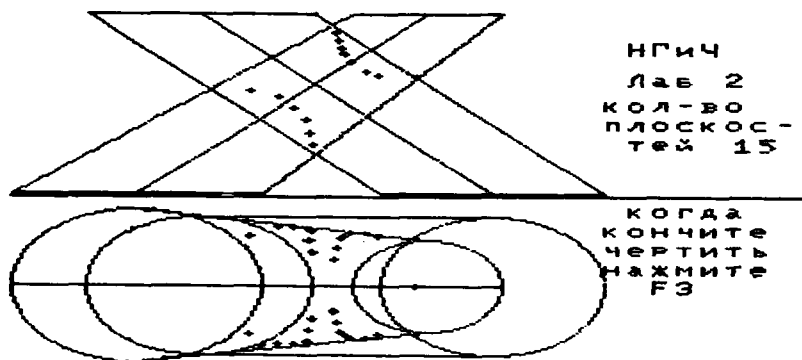


Рис. 18.10

Угол:
 $+45^\circ$

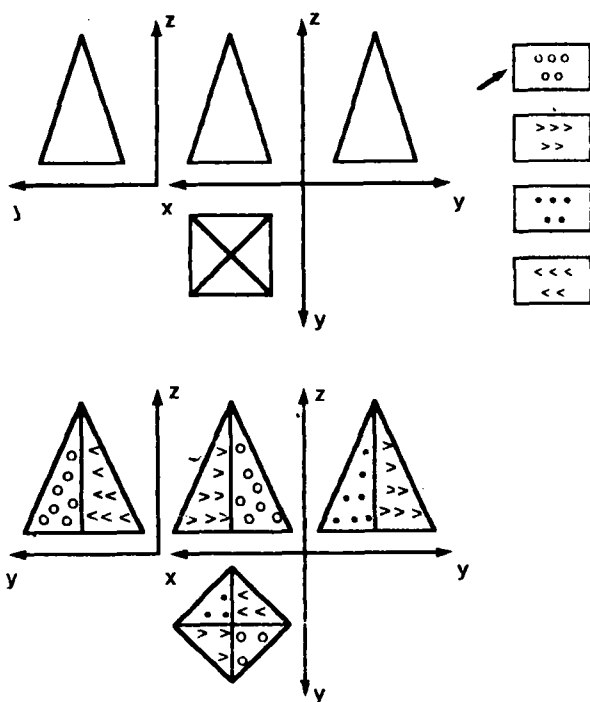


Рис. 18.11

после мысленного анализа видимости, например прямой и наибольшей стороны треугольника, выполнено операциями 6 и 7. Следует заметить, что для автоматического удаления невидимых линий имеется более десяти машинных алгоритмов, требующих большого объема вычислений (см., например, главу 15 [15]).

Пример 3. Построение линии пересечения кривых 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.

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 эти построения необходимое число раз, находят искомую линию.

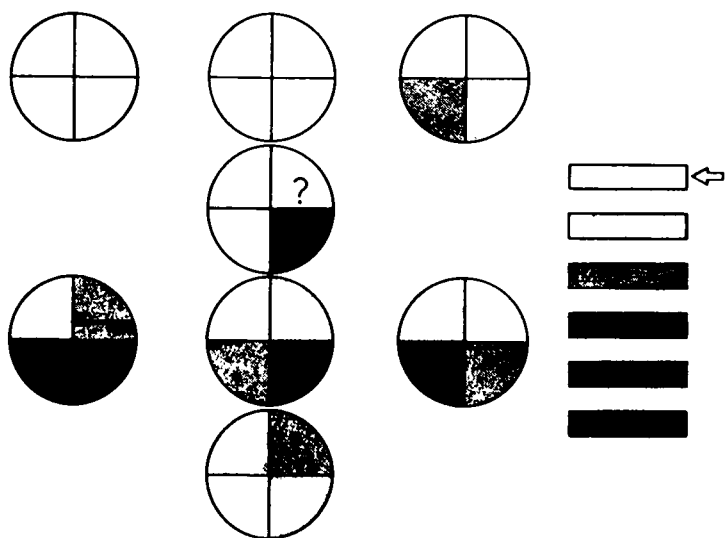


Рис. 18.12

* А.В. Верховский, А.А. Чекмарев. Методические указания к лабораторной работе на персональном компьютерно-графическом комплексе. Пересечение поверхностей. Способ вспомогательных плоскостей.— М.: МИЭМ, 1987.

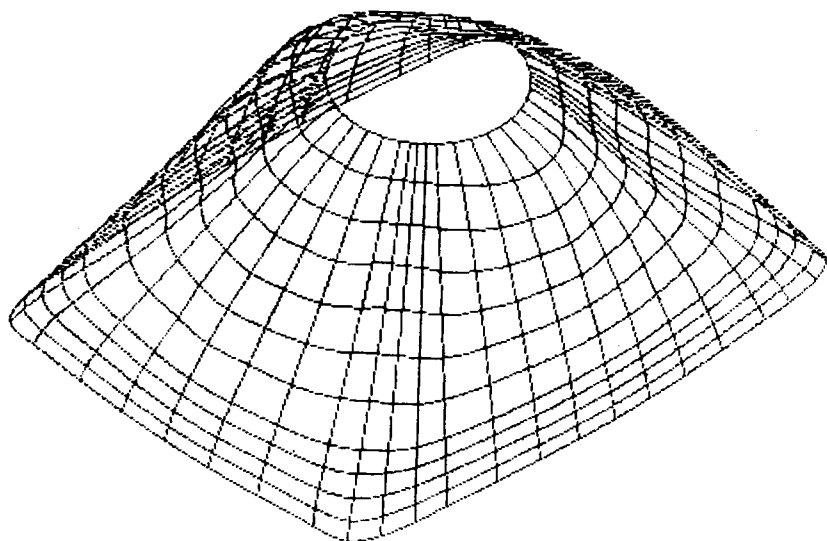


Рис. 18.13

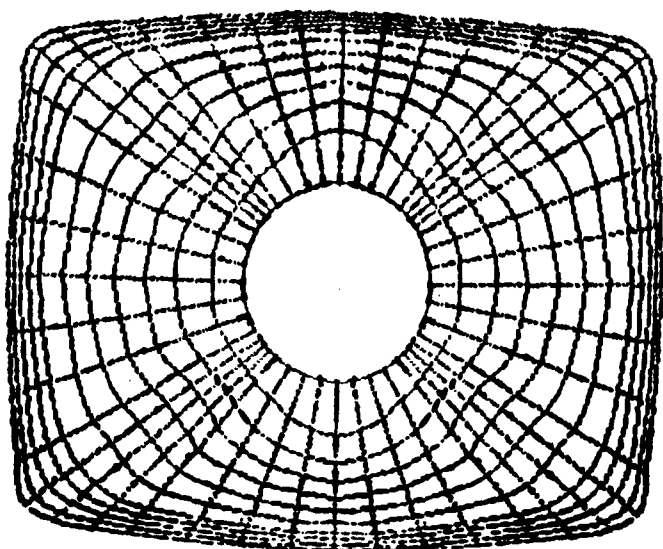


Рис. 18.14

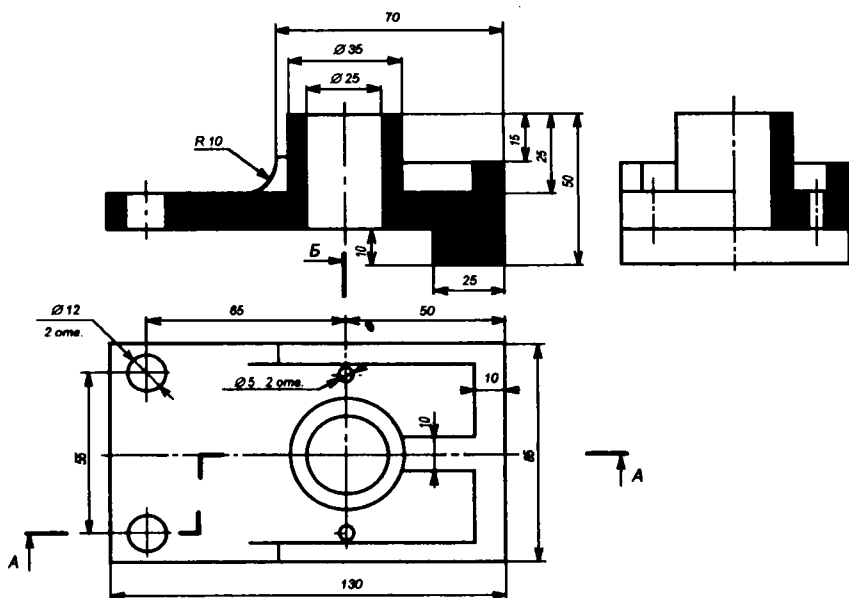


Рис. 18.15

Этот прием можно применять при построении линии пересечения для поверхностей с подобными сечениями. Практически он реализован для сферических, цилиндрических и конических (полных и усеченных) поверхностей. Работа обеспечивается специально разработанной программой.

В качестве примера на рис. 18.9 приведены условия конкретной задачи, сфотографированные с экрана. На рис. 18.10 приведен автоматически отпечатанный на машинке чертеж другой решенной задачи. Такие чертежи могут печататься в ходе учебного процесса по мере решения задач. После минимальной ручной доработки они могут приниматься, как и обычные чертежи.

Следует заметить, что автоматически построенные линии пересечения вспомогательной плоскости и заданных поверхностей находятся на экране лишь несколько секунд 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 пространственных представлений. Многоцветные изображения на дисплее позволяют создавать разнообразные упражнения игрового типа для развития пространственных представлений — от простых до достаточно сложных. При этом обучающийся активно работает, а быстрота и правильность

его действий контролируются и оцениваются. В качестве примера таких упражнений на рис. 18.11 приведена задача с поворотами пирамиды. В нижней половине экрана приведена пирамида с отмеченными каждая своими знаками гранями. Справа — образцы знаков.

Условия задачи:

1) повернуть пирамиду по часовой (+) или против часовой (—) стрелки вокруг вертикальной оси на любой угол, кратный 45 или 90° (одним или несколькими нажатиями на клавишу);

2) 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 (положение 3).

На рис. 18.12 приведена фотография с экрана такой задачи для сферы (к сожалению, не цветная по условиям данного издания). На

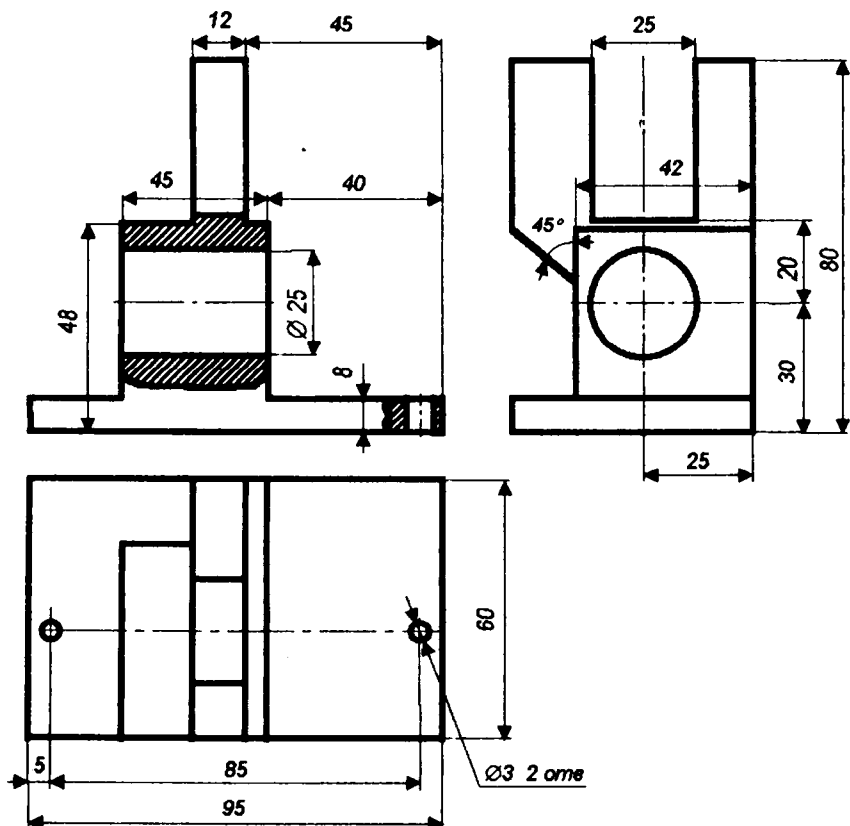


Рис. 18.16

сфере восемь окрашенных каждый в свой цвет октантов. Ее можно вращать вокруг трех осей. Задача оказывается не из легких даже для опытных людей.

По этому принципу могут быть подготовлены самые разнообразные задачи, в том числе и для оценки знаний на зачете или экзамене.

Примеры чертежей сложных пространственных поверхностей, задаваемых точечным каркасом и выполненных на компьютерной графической системе, приведены на рис. 18.13 и 18.14. На рис. 18.13 изображена аксонометрическая проекция каркаса сечений части баллона цветного кинескопа со стороны электронно-оптической системы, называемой в производстве *конус*. 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 рис. 18.14 — чертеж сечений плоскостями, перпендикулярными оси кинескопа.

Примеры чертежей моделей и деталей. В процессе обучения студенты выполняют эскизы учебных моделей и деталей (§ 15.3, рис. 15.13, 15.18). Целесообразно по выполненным эскизам с натуры оформить чертежи моделей или отдельных деталей с помощью ЭВМ. Примеры таких чертежей, выполненные на ПЭВМ типа IBM PC/AT-286, приведены на рис. 18.15 (модель), рис. 18.16 (деталь).

Приведенные материалы, разумеется, дают лишь предварительное представление о больших возможностях интенсификации процесса обучения инженерной графике с использованием компьютерных графических систем. Описанный графический редактор «PLANE» позволил создать первый цикл практических занятий по основным разделам начертательной геометрии для их решения на персональных ЭВМ с графическими мониторами. При этом решение задач максимально приближено к традиционному процессу — непосредственным графическим построениям, но на экране монитора.

Приложение 1

Проецирование по методу третьего угла (метод А)

Проецирование по методу А представляет прямоугольное проецирование на взаимно перпендикулярные плоскости проекций, при котором изображаемый предмет представляется расположенным по отношению к наблюдателю за плоскостью проекций в третьем углу — «в ящике» (рис. П1). Плоскость проекций располагается между наблюдателем и предметом. Расположение изображений (видов) в соответствии с рис. П1 приведено на рис. П1-1. 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 (метод А) приведено на рис. П1-2.

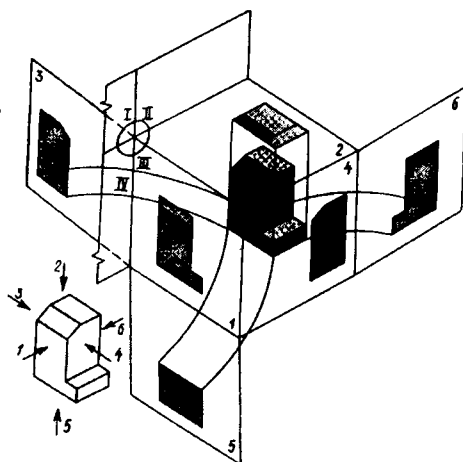


Рис. П 1

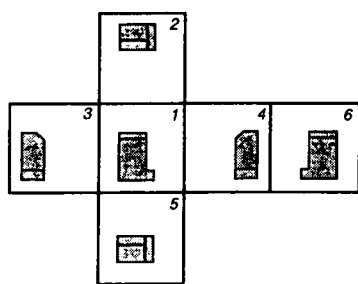


Рис. П1-1

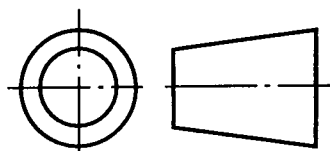


Рис. П1-2

Приложение 2

Рисунки моделей для эскизирования

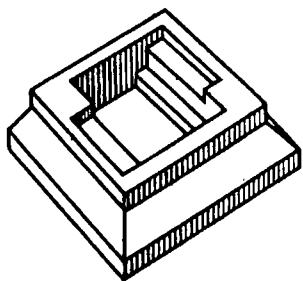


Рис. П 2-1

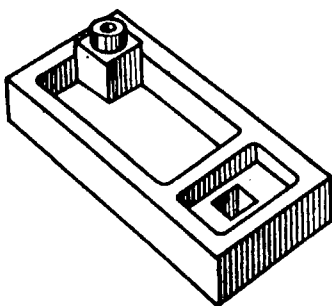


Рис. П 2-2

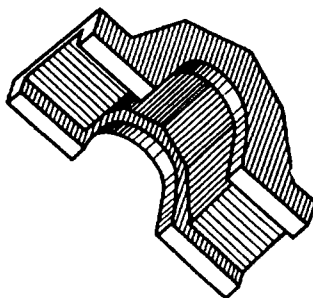
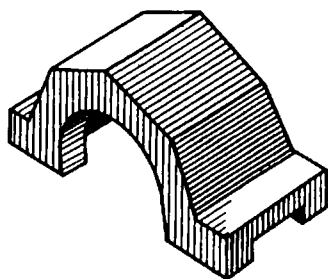


Рис. П 2-3

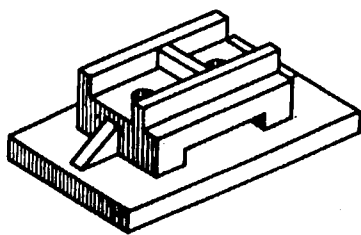


Рис. П 2-4

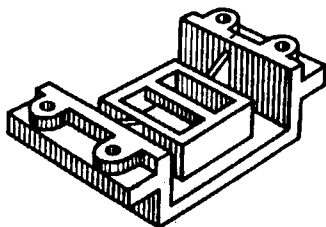


Рис. П 2-5

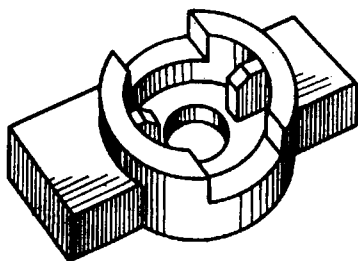


Рис. П 2-6

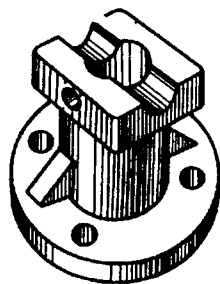


Рис. П 2-7

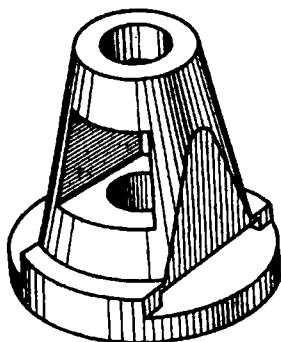


Рис. П 2-8

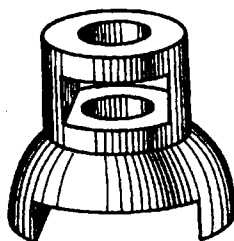
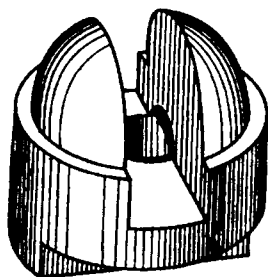
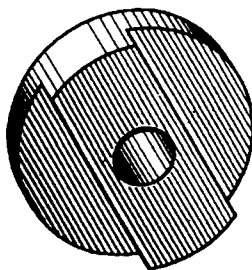


Рис. П 2-9



а)



б)

Рис. П 2-10

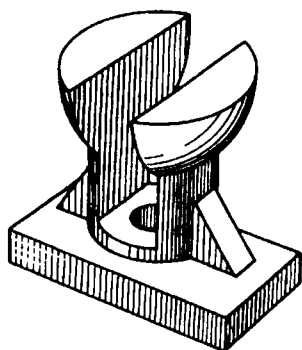


Рис. П 2-11

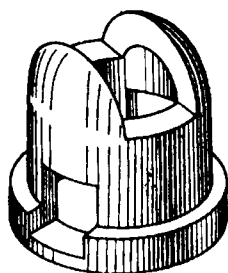


Рис. П 2-12

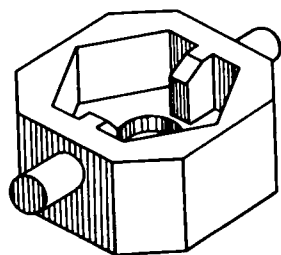


Рис. П 2-13

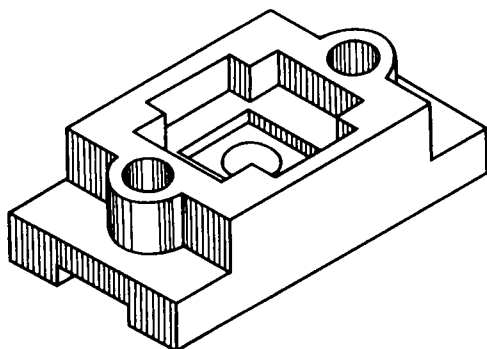


Рис. П 2-14

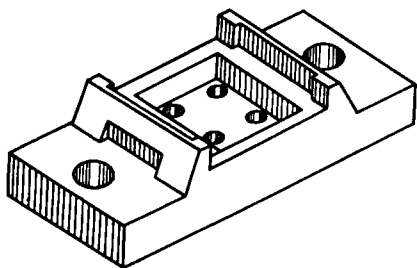


Рис. П 2-15

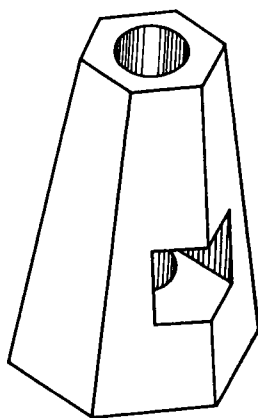


Рис. П 2-16

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров К.К., Кузьмина Е.Г.* Электротехнические чертежи и схемы. М., 1990.
2. *Бубенников А.В.* Начертательная геометрия. М., 1985.
3. *Власов М.П.* Инженерная графика. М., 1979.
4. *Гордон В.О., Семенов-Огиевский М.А.* Курс начертательной геометрии. М., 1988.
5. *Гордон В.О., Иванов Ю.Б., Солнцева Т.Е.* Сборник задач по курсу начертательной геометрии. М., 1989.
6. *Горелик А.Г.* Автоматизация инженерно-графических работ с помощью ЭВМ. Минск, 1980.
7. *Демьянов В.П.* Геометрия и марсельеза. М., 1986.
8. *Иванов Ю.Б.* Атлас чертежей общих видов для детализирования. М., 1971.
9. *Левитский В.С.* Машиностроительное черчение. М., 1988.
10. *Локтев О.В.* Краткий курс начертательной геометрии. М., 1985.
11. *Машиностроительное черчение/Г.П. Вяткин, А.Н. Андреев, А.К. Болтухин и др.* М., 1985.
12. *Михайленко В.Е., Пономарев А.М.* Инженерная графика. Киев, 1985.
13. *Монж Г.* Начертательная геометрия. М., 1947.
14. *Попова Г.Н., Алексеев С.Ю.* Машиностроительное черчение. Л., 1986.
15. *Гардан И., Люка М.* Машинная графика и автоматизация конструирования. М., 1987.
16. *Техническое черчение/Е.И. Годик, А.М. Пономарев, В.М. Лысянский, В.Е. Михайленко.* Киев, 1976.
17. *Фролов С.А.* Начертательная геометрия. М., 1983.
18. *Фролов С.А., Воинов А.В., Феоктистова Е.Д.* Машиностроительное черчение. М., 1981.
19. *Инженерная и компьютерная графика/Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов, Т.М. Сидорова, С.Ю. Сидоров.* М., 1996.
20. *Чекмарев А.А., Осипов В.К.* Справочник по машиностроительному черчению. М., 1995.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- АксонOMETрические проекции 133
- — геометрических тел 136, 138
- — деталей 142
- — окружности 140
- Армированные изделия 279

Б

- База 266
- конструкторская 267
- измерительная 267
- технологическая 267
- Болты 204

В

- Валы зубчатые (шлицевые) 215
- Вид 159, 162
- главный 162
- дополнительный 163
- местный 163
- обозначение 162, 163
- основной 162
- развернутый 163
- Винты 208
- крепежные 208
- установочные 210
- Вращение (способ преобразования чертежа) 56
- вокруг проецирующей прямой 57
- Выполнение чертежей деталей 228, 312, 313
- — сборочных единиц 274, 279, 291, 299

Г

- Гайки 205
- накидные 213
- Гипербола 103
- Головки болтов 204, 206
- винтов 209

Д

- Детали 146, 228
- из сортового материала 228

- изготовленные гибкой 228, 266
- — штамповкой 266
- имеющие форму тел вращения 231
- ограниченные преимущественно плоскостями 240, 325
- пружинного типа 229
- с поверхностями двойной кривизны 346
- с элементами зубчатых зацеплений 218
- стандартные 204, 205, 209
- Деталирование 312
- Диаметр резьбы наружный 195
- Диметрия 138
- Документы конструкторские 146

Е

- Единица сборочная 146
- ЕСКД 145

З

- Зазор, изображение 203, 209, 211, 286
- Знак диаметра 245
- дуги окружности 253, 255
- квадрата 257
- конусного соединения 257
- конусности 257
- паяного соединения 222
- радиуса 253, 257
- сварного соединения 220
- уклона 257
- шероховатости поверхности 269

И

- Изделие, виды 145
- Измерения 245
- Изображение, обозначения 157, 159
- правила выполнения 158
- резьбы 195, 198, 200
- условности и упрощения 202
- Изометрия 136

К

- Канавки для выхода шлифовального круга 227
- под уплотнительные кольца 228

Квадрат 257
Колеса зубчатые 218, 251
Компоновка чертежа 234, 292, 322
Конусность 257
Конусы 92
Коэффициенты искажения 124

Л

Линия винтовая цилиндрическая 81
— выноски 295
— выносные 253
— перехода 174
— размерная 253
— разомкнутая 159
— связи 15
— ската 35
— сплошная волнистая 149
— сплошная основная 149
— сплошная тонкая с изломами 150
— среза 109
— штриховая 149
— штрихпунктирная с двумя точками тонкая 149
— штрихпунктирная утолщенная 149

М

Масштаб 148
Материалы, графические обозначения 152
— обозначения марки 150
Машинная графика 333
Меридиан 92
Модуль зубчатого колеса 219

Н

Надписи, обозначающие изображения 159
— — количество элементов детали 257
— — толщину листа 266
Надписи и шкалы 224, 327, 329
Надпись основная 152
Неразъемные соединения 219, 222
Номера позиций 295

О

Обозначения видов 162
— линий 7
— марок материалов 150
— отверстий 258
— поверхностей 7
— разрезов 159
— резьбы 201
— сечений 162

— стандартных деталей 205, 206, 207, 210
— точек 7
— углов 7
— формы деталей 232
— шероховатости поверхности 269
Овал 74
Отверстия зубчатые (шлицевые) 216
— под крепежные детали 286
— центровые 226
Оформления рабочего чертежа 228, 299, 312

П

Параллель 92
Пазы шпоночные 216, 264, 265
Парабола 103
Передачи зубчатые 218
Перемена плоскостей проекций 52
Пересечение плоскостей 39
— прямой и плоскости 37
— прямой и поверхности 112
— поверхностей вращения 118
— многогранников 68
Пирамида 59
Плоскость проекций 8
— секущая 159
Поверхности винтовые 88
— вращения 91
— конические 92
— призматические 68
— цилиндрические 92
Полка линии-выноски 295
Призма 59
Проточки 202
Профиль резьбы 193
Пружины 332
Прямая 19

Р

Развертка деталей 166
— конуса 104
— пирамиды 72
— призмы 73
— цилиндра 99
Размеры габаритные 294
— диаметров 245
— длины 252
— дуги окружности 252, 253
— нанесение 252
— номинальные 228
— присоединительные 294, 301
— положения поверхностей 242
— элементов деталей 242, 245

- радиусов 249, 256
- свободные 286
- сопряженные 286
- углов 253, 257
- фасок 224, 257
- формы отверстий 242
- поверхностей 242, 245, 256
- элементов деталей 245, 256, 257, 258
- Разрезы вертикальные 165
- горизонтальные 165
- ломаные 168
- местные 169
- наклонные 165
- продольные 168
- простые 165
- профильные 167
- сложные 168
- ступенчатые 168
- условности и упрощения 173
- фронтальные 167
- Разъемные соединения 187, 204, 210, 213, 215, 277, 287, 288
- Рамка 148
- Резьба, изображение 198
- коническая 196
- левая 193
- метрическая 195
- многозаходная 193
- обозначение 201
- однозаходная 193
- правая 193
- прямоугольная 202
- трапецеидальная 198
- трубная цилиндрическая 195
- упорная 198
- параметры внутренний диаметр 193
- — наружный диаметр 193
- — профиль 193
- — средний диаметр 193
- — угол профиля 193
- — ход 194
- — шаг 194
- технологические элементы недорез 191
- — — проточка 202
- — — сбеги 191
- Рифление прямое 224
- сетчатое 224

С

Сборочные единицы, изображение 274, 277, 279, 291, 299, 300

Сварка 220

Сечения, виды: вынесенные 169

- наложенные 169
- несимметричные 170
- обозначения 162
- симметричные 170
- Сечения поверхностей и тел: винтовой поверхности 90
- детали наклонные 170, 183
- конуса 103
- пирамиды 66
- тора 108
- цилиндра 98
- сфера 107
- Согласование размеров 322
- Соединения зубчатые (шлицевые) прямобочные 215
- шпонками 215
- штифтами 289
- Соединения резьбовые болтами 204, 207
- — винтами 210
- Спецификация 310
- Спираль Архимеда 77, 90
- Стандарты ЕСКД 145
- Стрелки односторонние (сварные швы) 220
- направления взгляда 157, 164
- размерные 254
- Сфера 94

Т

Таблица составных частей 296, 316

Теорема Польке 134

- Монжа 130

Технические требования 228

Тор 93

Точки конкурирующие 28

- характерные или опорные 116

У

Уклон 257

Упрощения и условности в изображениях зубчатых передач 218

- — — линии пересечения 173
- — — общие 173, 297, 309
- — — пружин 174
- — — разъемных соединений 211
- — — резьбовых деталей 199
- — — сборочных единиц 297

Ф

Фаски 224, 257

Форматы дополнительные 147

- основные 147

Фронталь 35

Ц

Центровые гнезда 226
Цилиндр 84

Ч

Чертежи деталей, планировка 232, 313
— — рабочие 228
Чертежи сборочных единиц, общий вид
(учебный) 277, 300, 301
— — — планировка 276
— — — сборочный чертеж 280, 302,
304, 305, 307, 308
Числа размерные 252
Чтение чертежей сборочных единиц 310

Ш

Шаг резьбы 194
Шайбы круглые 206
— пружинные 207
Шар 94, 106
Швы клееные 223

— паяные 222
— сварные 220
Шероховатость поверхности 269
Шкалы 224, 327, 329
Шлицевые валы 217
— отверстия 217
Шпонки призматические 216, 217
— сегментные 216
Шрифт чертежный 151
Штифты 290
Штриховка в сечениях деталей 152
— — — клеевых соединений 229
— — — на аксонометрических про-
екциях 143, 144
— — — паяных соединений 222
— — — сварных соединений 220

Э

Экватор 92
Элементы выносные 172
Эллипс 102
Эскизирование 234

СОКРАЩЕННЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СТАНДАРТОВ

Стандарты ЕСКД

ГОСТ 2.001—70	Общие положения
ГОСТ 2.101—68	Виды изделий
ГОСТ 2.102—68	Виды и комплектность конструкторских документов
ГОСТ 2.103—68	Стадии разработки
ГОСТ 2.104—68	Основные надписи
ГОСТ 2.105—79	Общие требования к текстовым документам
ГОСТ 2.106—68	Текстовые документы
ГОСТ 2.108—68	Спецификация
ГОСТ 2.109—73	Основные требования к чертежам
ГОСТ 2.118—73	Техническое предложение
ГОСТ 2.119—73	Эскизный проект
ГОСТ 2.120—73	Технический проект
ГОСТ 2.201—80	Обозначение изделий и конструкторских документов
ГОСТ 2.301—68	Форматы
ГОСТ 2.302—68	Масштабы
ГОСТ 2.303—68	Линии
ГОСТ 2.304—81	Шрифты чертежные
ГОСТ 2.305—68	Изображения — виды, разрезы сечения
ГОСТ 2.306—68	Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах
ГОСТ 2.307—68	Нанесение размеров и предельных отклонений
ГОСТ 2.308—79	Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей
ГОСТ 2.309—73	Обозначение шероховатости поверхностей
ГОСТ 2.310—68	Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термических и других видов обработки
ГОСТ 2.311—68	Изображение резьбы
ГОСТ 2.312—72	Условные изображения и обозначения швов сварных соединений
ГОСТ 2.313—82	Условные изображения и обозначения швов неразъемных соединений
ГОСТ 2.314—68	Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий
ГОСТ 2.315—68	Изображения упрощенные и условные крепежных деталей
ГОСТ 2.316—68	Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц
ГОСТ 2.317—69	АксонOMETрические проекции
ГОСТ 2.318—81	Правила упрощенного нанесения размеров отверстий
ГОСТ 2.319—81	Правила выполнения диаграмм

ГОСТ 2.320—82	Правила нанесения размеров, допусков и посадок конусов
ГОСТ 2.401... 2.429	Правила выполнения чертежей (условных изображений)
ГОСТ 2.401—68	пружин
ГОСТ 2.402—68	зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач
ГОСТ 2.403—75	цилиндрических зубчатых колес
ГОСТ 2.404—75	зубчатых реек
ГОСТ 2.405—75	конических зубчатых колес
ГОСТ 2.406—76	цилиндрических червяков и червячных колес
ГОСТ 2.407—75	червяков и колес глобоидных передач
ГОСТ 2.408—68	звездочек приводных, роликовых и втулочных цепей
ГОСТ 2.409—74	зубчатых (шлицевых) соединений
ГОСТ 2.410—68	металлических конструкций
ГОСТ 2.411—72	труб, трубопроводов и трубопроводных систем
ГОСТ 2.412—81	оптических изделий (и их схем)
ГОСТ 2.413—72	изделий, изготавливаемых с применением электрического монтажа
ГОСТ 2.414—75	жгутов, кабелей и проводов
ГОСТ 2.415—68	изделий с электрическими обмотками
ГОСТ 2.416—68	сердечников магнитопроводов (условные изображения)
ГОСТ 2.417—68	печатных плат
ГОСТ 2.418—77	упаковки
ГОСТ 2.420—69	подшипников качения на сборочных чертежах (условные изображения)
ГОСТ 2.421—75	звездочек для пластинчатых цепей
ГОСТ 2.422—70	цилиндрических зубчатых колес передач Новикова с двумя линиями зацепления
ГОСТ 2.423—73	элементов литейной формы и отливки
ГОСТ 2.424—80	штампов
ГОСТ 2.425—74	звездочек и для зубчатых цепей
ГОСТ 2.426—74	звездочек для разборных цепей
ГОСТ 2.427—75	звездочек для круглозвенных цепей
ГОСТ 2.429—84	поковок
ГОСТ 2.701—76	Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
ГОСТ 2.702—75	Правила выполнения электрических схем
ГОСТ 2.703—68	Правила выполнения кинематических схем
ГОСТ 2.704—76	Правила выполнения гидравлических и пневматических схем

Технические стандарты

ГОСТ 1139—80	Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски
ГОСТ 1479—84	Винты установочные с коническим концом и прямым шлицем классов А и В. Конструкция и размеры
ГОСТ 1491—80	Винты с цилиндрической головкой. Конструкция и размеры
ГОСТ 2601—84	Сварка металлов. Термины и определения основных понятий
ГОСТ 2789—73	Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения
ГОСТ 3128—70	Штифты цилиндрические. Технические условия
ГОСТ 3129—70	Штифты конические. Технические условия
ГОСТ 5264—80	Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 5915—70	Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры
ГОСТ 6111—52	Резьба коническая дюймовая с углом профиля 60°
ГОСТ 6211—81	Резьба трубная коническая
ГОСТ 6357—81	Резьба трубная цилиндрическая

ГОСТ 6402—70	Шайбы пружинные
ГОСТ 7798—70	Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры
ГОСТ 8724—81	Резьба метрическая. Диаметры и шаги
ГОСТ 8820—69	Канавки для выхода шлифовального круга. Форма и размеры
ГОСТ 9484—81	Резьба трапецеидальная. Профили
ГОСТ 10549—80	Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски
ГОСТ 11371—78	Шайбы. Технические условия
ГОСТ 13766—86	Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения I класса, разряда I из стали круглого сечения. Основные параметры витков
ГОСТ 14034—74	Отверстия центровые. Размеры
ГОСТ 17473—80	Винты с полукруглой головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры
ГОСТ 18123—82	Шайбы. Общие технические условия
ГОСТ 23360—78	Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки
ГОСТ 24071—81	Соединения шпоночные с сегментными шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Глава первая. Метод проекций	7
1.1. Центральные проекции и их основные свойства	8
1.2. Параллельные проекции и их основные свойства	10
1.3. Прямоугольное (ортогональное) проецирование	12
1.4. Проецирование на две плоскости проекций	13
1.5. Проецирование на три взаимно перпендикулярные плоскости проекций	16
Глава вторая. Проецирование отрезка прямой линии	18
2.1. Проецирование отрезка и деление его в данном отношении	18
2.2. Положение прямой линии относительно плоскостей проекций и особый случай положения прямой	19
2.3. Определение натуральной величины отрезка прямой общего положения и углов наклона его к плоскостям проекций	22
2.4. Взаимное положение прямых	23
Глава третья. Плоскость	29
3.1. Способы задания плоскости на чертеже	29
3.2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций	30
3.3. Прямая и точка в плоскости	33
3.4. Прямые особого положения в плоскости — главные линии плоскости	35
Глава четвертая. Взаимное положение прямой линии и плоскости, двух плоскостей	37
4.1. Пересечение прямой линии с проецирующей плоскостью	37
4.2. Пересечение двух плоскостей	39
4.3. Пересечение прямой линии общего положения с плоскостью общего положения	42
4.4. Построение линии пересечения двух плоскостей по точкам пересечения прямых линий с плоскостью	44
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
Глава пятая. Способы преобразования чертежа	52
5.1. Общая характеристика способов преобразования чертежа	52
5.2. Способ перемены плоскостей проекций	52
5.3. Способ вращения	56
Глава шестая. Изображение многогранников	59
6.1. Техническое применение многогранников	59
6.2. Чертежи призмы и пирамиды	59
6.3. Пример определения высоты пирамиды и угла между ее гранями	63

6.4. Пересечение многогранников плоскостью	65
6.5. Построение точек пересечения прямой с поверхностью многогранника	68
6.6. Взаимное пересечение многогранников	68
6.7. Развертка гранных поверхностей	71
Глава седьмая. Кривые линии	74
7.1. Общие сведения о кривых линиях и их проецировании	74
7.2. Построение проекций окружности	79
7.3. Построение проекций цилиндрической винтовой линии	81
Глава восьмая. Кривые поверхности	84
8.1. Общие сведения о кривых поверхностях и их изображении на чертежах	84
8.2. Винтовые поверхности	88
8.3. Поверхности и тела вращения	91
Глава девятая. Пересечение кривых поверхностей плоскостью и прямой линией, развертки	96
9.1. Общие приемы построения линии пересечения кривой поверхности плоскостью и построения разверток	96
9.2. Пересечение цилиндрической поверхности плоскостью. Построение развертки	97
9.3. Пересечение конической поверхности плоскостью. Построение развертки	101
9.4. Пересечение сферы и тора плоскостью. Пример построения линии среза на поверхности тела вращения сложной формы	106
9.5. Пересечение прямой линии с кривой поверхностью	112
Глава десятая. Пересечение кривых поверхностей	117
10.1. Общие сведения о пересечении кривых поверхностей	117
10.2. Применение вспомогательных секущих плоскостей	118
10.3. Применение вспомогательных сфер с постоянным центром	119
10.4. Применение вспомогательных сфер с переменным центром.	126
10.5. Некоторые особые случаи пересечения поверхностей	128
Глава одиннадцатая. Аксонометрические проекции	133
Глава двенадцатая. Конструкторская документация и ее оформление	145
12.1. Единая система конструкторской документации	145
12.2. Стандарты оформления чертежей	147
Глава тринадцатая. Изображения предметов — виды, разрезы, сечения	155
13.1. Геометрические основы конструкции формы деталей	155
13.2. Основные положения	155
13.3. Виды	162
13.4. Разрезы	165
13.5. Сечения	169
13.6. Выносные элементы	172
13.7. Условности и упрощения	173
13.8. Примеры построения изображений — видов, разрезов, сечений	177
Глава четырнадцатая. Изображения соединений деталей, типовых элементов деталей	187
14.1. Общие сведения	187

14.2. Изображения резьбы и резьбовых соединений	189
14.3. Изображение шпоночных и шлицевых соединений, цилиндрических зубчатых передач	215
14.4. Изображения неразъемных соединений сваркой, пайкой, склеиванием	219
14.5. Изображение, обозначение типовых элементов деталей и нанесение размеров на их чертежах	223
Глава пятнадцатая. Чертежи и эскизы деталей	228
15.1. Правила выполнения чертежей деталей	228
15.2. Выбор изображений и планировка эскиза или чертежа	230
15.3. Съемка эскизов деталей	234
15.4. Определение размеров деталей с натуры	245
15.5. Нанесение размеров на эскизах и чертежах деталей	251
15.6. Обозначение шероховатости поверхности	269
Глава шестнадцатая. Разработка чертежа общего вида изделия	274
16.1. Общие положения	274
16.2. Объем, содержание и последовательность разработки чертежа общего вида	275
16.3. Выполнение эскизов для чертежа общего вида	279
16.4. Разработка чертежа общего вида	291
16.5. Упрощения, допускаемые при выполнении чертежей общего вида	297
Глава семнадцатая. Разработка рабочей документации	299
17.1. Сборочные чертежи и спецификации	299
17.2. Разработка чертежей деталей	312
17.3. Деталирование резонатора	316
Глава восемнадцатая. Машинная графика	333
18.1. Общие положения	333
18.2. Компьютерная графическая система и работа с ней	335
18.3. Примеры решения некоторых задач на компьютерной графической системе	343
Приложения	350
Список литературы	355
Предметный указатель	356
Сокращенный перечень использованных стандартов	360

Учебное издание

Чекмарев Альберт Анатольевич

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Редактор *В. А. Козлов*
Художественный редактор *Ю. Э. Иванова*
Корректор *Г. Н. Петрова*
Оператор *Т. В. Рысева*
Компьютерная верстка *Г. А. Шестакова*

Лицензия ИД № 06236 от 09.11.01.

Изд. № ВТИ-108. Подп. в печать 19.01.04. Формат 60×88¹/₁₆.

Бум. газетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Объем 22,54 усл. печ. л. 22,79 усл. кр.-отт. 22,22 уч.-изд. л.

Тираж 10 000 экз. Заказ № 3618.

ФГУП «Издательство «Высшая школа», 127994, Москва, ГСП-4,
Неглинная ул., 29/14.

Тел.: (095) 200-04-56

E-mail: info@v-shkola.ru <http://www.v-shkola.ru>

Отдел реализации: (095) 200-07-69, 200-59-39, факс: (095) 200-03-01.

E-mail: sales@v-shkola.ru

Отдел «Книга-почтой»: (095) 200-33-36.

E-mail: bookpost@v-shkola.ru

Набрано на персональных компьютерах издательства.

Отпечатано на ФГУП ордена «Знак Почета»
Смоленская областная типография им. В. И. Смирнова.
214000, г. Смоленск, пр-т им. Ю. Гагарина, 2.



В издательстве "ВЫСШАЯ ШКОЛА"
работает служба

«КНИГА ПОЧТОЙ»

*Если Вы живете далеко от столицы,
не огорчайтесь!*

Каждый желающий может заказать и получить
выпускаемую издательством литературу по почте в любой
точке России и ближнего зарубежья.

Стоимость пересылки составит 25% от суммы покупки,
независимо от месторасположения.

Рассылка книг производится только по предоплате.

Для оформления заказа нужно воспользоваться прайс-
листом издательства «Высшая школа».

Прайс-лист можно бесплатно заказать по почте,
получить по факсу, заказать по электронной почте или
найти на нашем сайте в Интернете.

При поступлении средств на расчетный счет
издательства «Высшая школа» на каждого клиента
открывается лицевой счет, на котором фиксируется
движение средств клиента.

Цена заказанного товара может отличаться от
указанной в прайс-листе. Отгрузка производится по цене,
действующей в день регистрации заказа.

✉ 127994, Москва, ул. Неглинная, д. 29/14.

☎ (095) 200-33-36

Факс: (095) 200-06-87, 200-03-01

E-mail: bookpost@v-shkola.ru

<http://www.v-shkola.ru>

Издательство “Высшая школа”

Адрес издательства: 127994, г. Москва, ул. Неглинная, 29/14

Тел.: (095) 200-04-56

E-mail: info@v-shkola.ru

<http://www.v-shkola.ru>

Отдел реализации: (095) 200-07-69, 200-59-39

факс: (095) 200-03-01

E-mail: sales@v-shkola.ru

Отдел «книга-почтой»: (095) 200-33-36

E-mail: bookpost@v-shkola.ru

Отдел рекламы: (095) 200-33-70, факс: (095) 200-06-87

E-mail: reklama@v-shkola.ru

Телефон магазина: (095) 200-30-14

Схема проезда



Проезд:

до станции м. "Цветной бульвар", "Пушкинская",
"Тверская", "Кузнецкий мост".

Вход в издательство со стороны Петровского бульвара.

МЫ БУДЕМ РАДЫ ВИДЕТЬ ВАС!