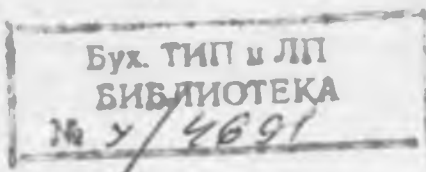


А. И. Лагерь,
Э. А. Колесникова

Инженерная графика

Допущено Министерством высшего
и среднего специального
образования СССР
в качестве учебника
для студентов
инженерно-технических
специальностей вузов



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1985

Л-14
А. И. ЛАГЕРЬ
Э. А. КОЛЕСНИКОВА

Инженерная графика

*учебник
для вузов*



ББК 30.11
Л14
УДК 741.02

Рецензенты:
кафедра Московского авиационного института (зав. кафедрой проф. В. А. Осипов);
Ю. Г. Кардашевская — канд. техн. наук, доцент Московского института сельскохозяйственного производства.

Лагерь А. И., Колесникова Э. А.

Л14 Инженерная графика: Учеб. для инж.-техн. спец. вузов. — М.: Высш. шк., 1985. — 176 с., ил.

45 к.

В учебнике изложены способы построения изображений геометрических образов на плоскости и методы решения некоторых геометрических задач по построенным изображениям.

Приведены также основные правила и нормы выполнения и оформления чертежей в соответствии с ЕСКД, помогающие студентам в выполнении и чтении чертежей различных изделий, а также в приобретении навыков и освоении техники выполнения чертежей.

По основным разделам курса даны карты программированного контроля знаний студентов.

Предназначен для студентов инженерно-технических специальностей вузов.

2104000000—307

Л — 001(01) — 85 106—85

ББК 30.11
607

ПРЕДИСЛОВИЕ

Планами партии и правительства по развитию народного хозяйства нашей страны предусмотрено постоянное ускорение темпов развития социалистического производства, требующее широкой механизации и автоматизации производственных процессов, внедрения новой техники и технологии, расширения производственной базы.

Прежде чем приступить к изготовлению какой-либо детали, механизма, машины, строительству здания или сооружения, проект его изображают на бумаге, т. е. выполняют чертежи. Выпускаемые в настоящее время инженерные кадры должны иметь графическую подготовку, соответствующую требованиям сегодняшнего дня. Они должны уметь с помощью чертежа выразить свои творческие замыслы, технические идеи для последующего осуществления их на практике.

Курс «Инженерная графика» включает основные разделы начертательной геометрии и черчения, обеспечивает в большинстве высших технических учебных заведений нашей страны графическую подготовку будущих специалистов.

Курс инженерной графики является первой общетехнической дисциплиной, дающей знания, необходимые студенту для изучения последующих общинженерных и специальных технических дисциплин. В связи с этим в учебных чертежах, вы-

полняемых при изучении курса инженерной графики, допускаются некоторые упрощения по сравнению с производственными чертежами, например отсутствие указаний о шероховатости и термообработке, обозначений допусков и посадок.

При изложении материала в учебнике использованы сведения о стандартах, введенных и действующих в настоящий момент времени. При пользовании учебником для выполнения всех учебных графических заданий достаточно в качестве дополнительной литературы иметь справочник по черчению.

В книге приведен большой объем графического материала, позволяющего использовать его в качестве аналога или прототипа при выполнении эскизов или рабочих чертежей деталей.

В разделе «Чертежи деталей» дополнительно введена информация о нанесении знаков шероховатости поверхностей деталей, в разделе «Резьбы и резьбовые соединения» введены обозначения резьб в соответствии со стандартами СЭВ, действующими в настоящий период времени.

Авторы выражают глубокую благодарность доцентам, кандидатам технических наук *Ф. А. Радькову, В. И. Маркову* за доброжелательную критику и замечания, направленные на улучшение рукописи учебника.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость графического изображения предметов появилась у человека с первого дня его сознательной деятельности. Сначала человек только созерцательно воспринимал окружающий его мир. С появлением различных орудий труда, искусственных жилищ он начинает сознательно отображать их графически. Дальнейшая практическая деятельность человека привела его к необходимости изображения машин и механизмов, храмов, дворцов, различных искусственных сооружений. Развитию графических изображений способствовало также развитие искусства, особенно живописи и архитектуры, а также мореплавания, горнодобывающей, металлургической и других отраслей производства.

Первые графические изображения выполнялись простейшими инструментами и в виде рисунков отображали только внешнюю форму предметов. Дальнейшая деятельность человека потребовала количественных характеристик, выработки и применения различных правил графического отображения. После этого рисунки стали чертежами.

Уже в древние времена применялись чертежи, на что указывает сложная архитектура крепостей, храмов, дворцов стран древней культуры Вавилона, Египта, Греции.

Интенсивно развивалась графика и в древней России. До нас дошли выполненные по соответствующим правилам планы русских городов Москвы, Пскова, Тихвинского монастыря. Об этом же свидетельствует атлас «Чертежная книга городов и земель Сибири», составленный *Семеном Ремезовым* по указу *Петра I*.

Большой толчок в развитии способов изображения вызвало развитие техники и связанного с ним изобретательства и открытий. Например, в 1763 г. *И. И. Ползу-*

нов изготовил чертежи изобретенной им первой заводской паровой машины, сохранились также чертежи механика-самоучки *И. П. Кулибина*.

Одновременно с развитием графических изображений появилась и развивалась наука, определяющая правила и теорию этого процесса. Первые труды в этом направлении появились в III—V вв. до н. э. Это работы *Гиппократ*, *Пифагора*, *Платона*, *Демокрита*, а позже *Евклида*, *Архимеда* и др. Дальнейшее развитие это направление получило в трудах *Л. Альберти* (1404—1462), *Леонардо да Винчи* (1452—1519), *А. Дюрера* (1471—1528), *Р. Декарта* (1596—1658), *И. Ламберти* (1728—1777) и др.

В конце XVIII в. французский ученый *Гаспар Монж* обобщил ранее накопленный опыт проекционной грамоты и создал стройную научную дисциплину о прямоугольных проекциях. В 1798 г. он издал свой труд «Начертательная геометрия», в котором впервые систематизировал и обобщил теоретические и практические изыскания в области изображения пространственных объектов на плоскости. Он впервые дал методы выполнения чертежа. В это время начертательная геометрия уже широко изучалась при подготовке инженерных кадров.

В нашей стране курс начертательной геометрии был впервые введен в Петербургском институте корпуса инженеров путей сообщения в 1810 г. Первым его прочитал ученик Гаспара Монжа *К. Потье*. В 1818 г. лекции по начертательной геометрии в этом институте читал профессор *Я. А. Севастьянов*, который в 1821 г. издал свой курс под названием «Основания начертательной геометрии». Это был первый в России оригинальный курс, сыгравший важную роль в освоении этой дисциплины в нашей стране.

Дальнейшее развитие начертательной геометрии связано с именами *М. И. Макарова* (1824—1904), *В. И. Курдюмова* (1853—1904), *Е. С. Федорова* (1853—1919) и других ученых.

Большое внимание уделяется курсам начертательной геометрии и черчения в связи с широким развитием промышленности в советской стране, по этому курсу все шире издается специальная литература. Значительный вклад в дальнейшее развитие научных исследований в области выполнения графических изображений, а также преподавания начертательной геометрии и черчения в высших учебных заведениях нашей страны сделали проф. *В. О. Гордон* (1892—1971), акад. *Н. Ф. Четверухин* (1891—1974), проф. *И. И. Котов* (1909—1976) и ряд других ученых.

В настоящее время в нашей стране создана огромная школа специалистов, обеспечивающая графическую подготовку инженерных, технических и рабочих кадров. Ученые-педагоги определяют основное направление в графической подготовке специалистов, в развитии ее научной, педагогической и методической сторон.

Постоянное развитие промышленности требует выполнения все большего объема графических работ, причем работы эти становятся все более сложными и трудоемкими. Поэтому наряду с развитием теории уделяется большое внимание разработке средств механизации и автоматизации процесса выполнения чертежей. В 1958 г. впервые в нашей стране *Н. Д. Багратиони* применила ЭЦВМ для построения аксонометрических изображений; в 1962 г. проф. *С. А. Фролов* применил ЭЦВМ для автоматизации графического решения задач.

Для значительного снижения трудоемкости выполнения проектно-графических работ в нашей стране разрабатываются на базе ЭВМ различные системы автоматизации проектирования, устройства, автоматически выполняющие различные чертежи, например чертежи по заданному чертежу общего вида, чертежи печатных плат и др., применяются графические дисплеи, электронно-графические планшеты, графопостроители. Соответственно уделяется внимание механизации и автоматизации процессов копирования и размножения чертежей.

Широкое разнообразие выполняемых чертежей потребовало единых правил и условий их изготовления. В нашей стране они регламентируются Государственными стандартами, несоблюдение которых преследуется по закону.

Первые стандарты, содержащие правила выполнения машиностроительных чертежей в нашей стране, были опубликованы в 1928 г. В 1935 г. был выпущен первый сборник стандартов «Чертежи в машиностроении». Позже эти стандарты неоднократно перерабатывались, дополнялись рядом новых стандартов. В 1965—1968 гг. был произведен последний пересмотр, который преследовал цель создания в стране единых правил выполнения конструкторских документов. Все стандарты были объединены под общим названием «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД). Таким образом, стандарты ЕСКД охватывают все правила выполнения чертежей, действующие в настоящее время, т. е. предусматриваемые ранее стандартами «Чертежи в машиностроении» и «Система чертежного хозяйства», а также правилами выполнения чертежей и изделий, на которые не было Государственных стандартов до настоящего времени.

Важно отметить, что при пересмотре стандартов и объединении их в ЕСКД учитывались также соответствующие рекомендации Международной организации по стандартизации (ИСО), Постоянной комиссии по стандартизации Совета Экономической Взаимопомощи (ПКС СЭВ) и других международных организаций. Таким образом, теперь многие стандарты ЕСКД являются международными.

Все стандарты, предусмотренные ЕСКД, распределяются по следующим классификационным группам:

- 0 — Общие положения;
- 1 — Основные положения;
- 2 — Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах;
- 3 — Общие правила выполнения чертежей;
- 4 — Правила выполнения чертежей в машиностроении и приборостроении;
- 5 — Правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений);
- 6 — Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации;

7 — Правила выполнения схем;

8 — Правила выполнения строительных документов и документов судостроения;

9 — Прочие стандарты.

В ЕСКД все стандарты имеют определенную структуру обозначений и названий. Например, ГОСТ 2.303—68 «Линии» означает, что стандарт входит в комплекс ЕСКД, которому присвоен номер 2, номер стандарта — 303 (3 — шифр классификационной группы, 03 — порядковый номер стандарта в группе), год регистрации — 1968, «Линии» — название.

Целью курса «Инженерная графика» являются изучение ГОСТов, входящих в группы 1, 2, 3, 4 и 7, и ознакомление с

ЕСКД, а также стандартов СЭВ, утвержденных в качестве стандартов СССР.

Ряд стандартов СЭВ или их основные разделы соответствуют ГОСТам, действующим в нашей стране. Такие стандарты вводятся в соответствующие ГОСТы. В этих случаях кроме обозначения ГОСТа в скобках указывают обозначения стандарта СЭВ. Например, ГОСТ 2.301—68 (СТ СЭВ 1181—78) «Форматы».

Необходимо отметить, что все стандарты ЕСКД разработаны для промышленности и не учитывают особенностей выполнения чертежей в учебных заведениях, поэтому при выполнении учебных чертежей допускаются некоторые отклонения от стандартов.

ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

§ 1. Материалы, инструменты и их применение

Для выполнения графических работ необходимы следующие материалы:

Бумага чертежная марки О (обычная) и В (высшего качества); *миллиметровая*; *писчая* — простая или линованная в клетку для составления эскизов;

Калька бумажная или полотняная — для копирования чертежей с целью их размножения методом светокопирования;

Калька карандашная — для бескалькировочного размножения чертежей;

Карандаши графитные разной степени твердости; для проведения тонких линий используют карандаши Т, 2Т; для обводки чертежа берут карандаши М, ТМ; затачивают карандаши на конус или «лопаточкой» (рис. 1) лучше на *наждачной бумаге*;

Мягкая резинка — для удаления карандашных линий;

Чертежная доска, изготовленная из дерева мягких пород, — для прикалывания бумаги кнопками;

Горизонтальные прямые линии на чертеже проводят по *рейсшине*, вертикальные или наклонные — по *угольнику*, приложенному к рейсшине (рис. 2).

Производительность труда и качество выполнения графических работ значительно выше при использовании *механических рейшин* (рис. 3).

Транспортир — для измерения углов.

Мерительная линейка — для измерения длин (рис. 2).

Готовальня — набор чертежных инструментов — содержит циркули чертежные со специальными вставками, циркули разметочные, кронциркули, рейсфедеры и др.

Ножку чертежного циркуля заправляют стержнем карандаша более мягкого, чем тот, которым чертят прямые линии. Стержень карандашной ножки должен выступать на 4—5 мм.



Рис. 1



Рис. 2

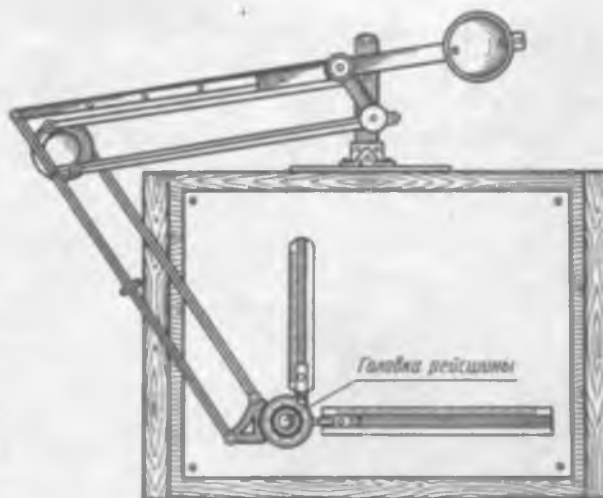


Рис. 3

Лекало — для обводки кривых линий. Лекало подбирают так, чтобы его кромка совпала не менее чем с четырьмя точками кривой, а соединяют карандашом только две из них (рис. 4).



Рис. 4

Специальные перья и стеклянные трубочки — для работы тушью.

§ 2. Оформление чертежей

При выполнении чертежей необходимо руководствоваться правилами и условиями черчения, установленными «Единой системой конструкторской документации».

Форматы чертежей. Основная надпись

Чертежи выполняют на листах бумаги стандартного формата. ГОСТ 2.301—68 (СТ СЭВ 1181—78) устанавливает следующие основные форматы:

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

Форматы листов бумаги определяются размерами внешней рамки чертежа, которую проводят тонкой линией (рис. 5). Линии рамки чертежа наносят на расстоянии 5 мм от внешней рамки. Слева оставляют поле шириной 20 мм для подшивки.

Основные форматы получают из формата A0 путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне. Допускается при необходимости применять формат A5 с размерами сторон 148×210 мм.

Дополнительные форматы образуются увеличением сторон основных форматов

на величину, кратную размерам сторон формата A4 (рис. 6).

Основную надпись располагают в правом нижнем углу чертежа. Форма, размер граф и их содержание должны соответствовать ГОСТ 2.104—68 (СТ СЭВ 140—74, СТ СЭВ 356—78).

В графах основной надписи указывают:

- в графе 1 — наименование изделия;
- » 2 — обозначение чертежа;
- » 3 — материал детали;
- » 4 — наименование предприятия, выпускающего чертеж.

Обозначение чертежа, данное в рамке основной надписи, записывается повернутым на 180° также в рамке 14×70 в левом верхнем углу чертежа. На форматах, больших A4, с основной надписью вдоль короткой стороны повернутое обозначение чертежа располагается в правом верхнем углу по длинной стороне.

На формате A4 основная надпись располагается только вдоль его короткой стороны.

Масштабы

Изображение предмета может быть выполнено в натуральную величину, уменьшено или увеличено. Отношение линейных размеров на чертеже к линейным разме-

рам самого предмета называется *масштабом*.

ГОСТ 2.302—68 (СТ СЭВ 1180—78) устанавливает следующий ряд масштабов изображений на чертежах:

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:75; 1:100; 1:200
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 40:1; 50:1; 100:1

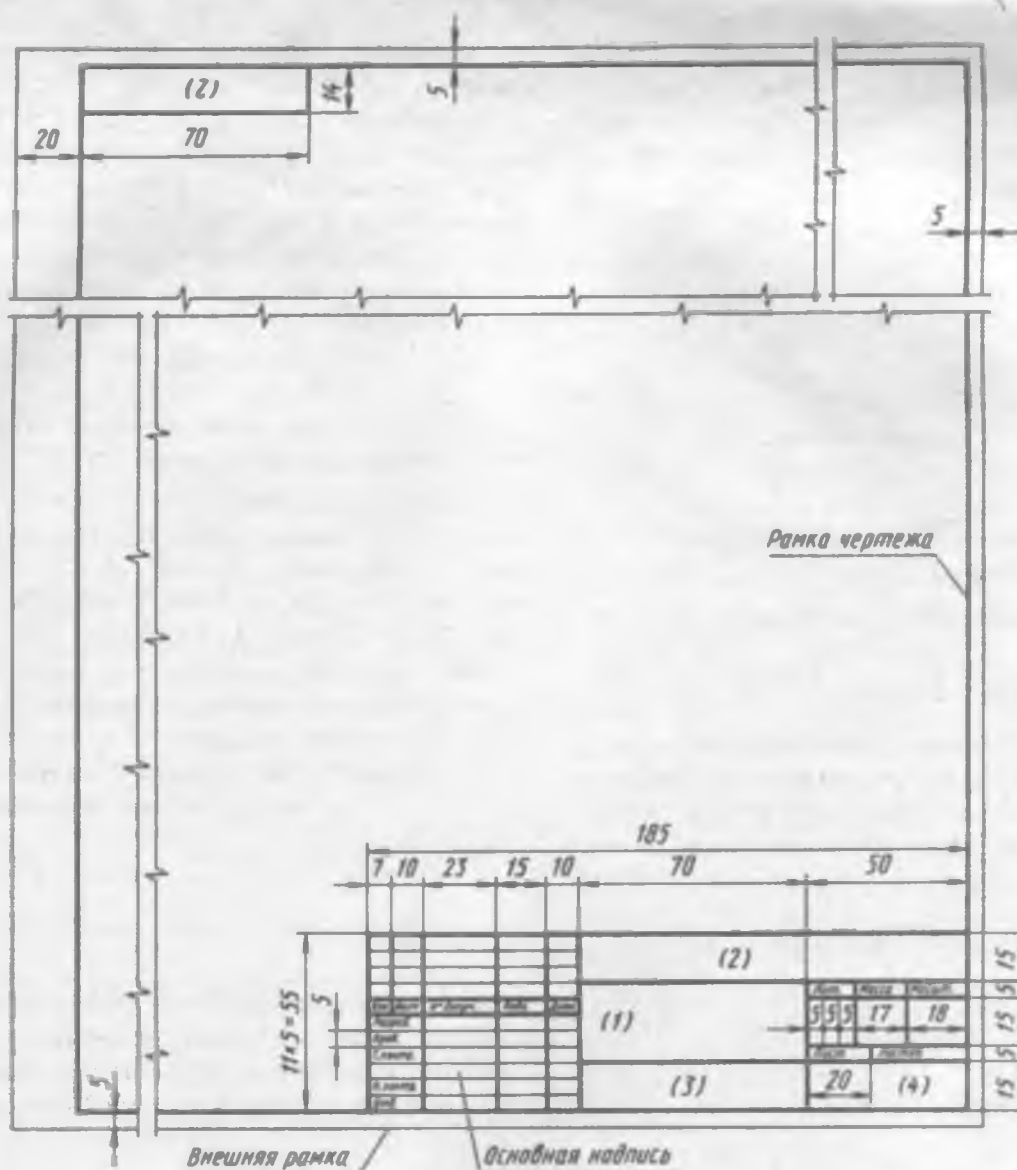


Рис. 5

A0=2	1189×1682
A0=3	1189×2523
A1=3	841×1783
A1=4	841×2378
A2=3	594×1261
A2=4	594×1682
A2=5	594×2102
A3=3	420×891
A3=4	420×1189
A3=5	420×1486
A3=6	420×1783
A3=7	420×2080
A4=3	297×630
A4=4	297×841

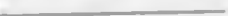
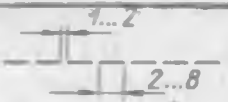
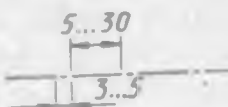
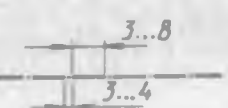
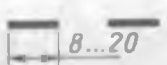
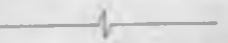
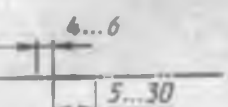
Рис. 6

Масштаб в основной надписи чертежа устанавливается по типу 1:1; 1:2; 2:1 и т. д., в остальных случаях — по типу М 1:1, М 1:2, М 2:1 и т. д.

Линии

Линии чертежа, их начертание, толщина и назначение установлены ГОСТ 2.303—68 (СТ СЭВ 1178—78). В табл. 1 приведены типы линий. Толщина сплошной толстой основной линии s должна быть в пределах от 0,6 до 1,4 мм в зависимости от размера и сложности изображения, а также от формата чертежа.

Таблица 1

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
Сплошная толстая основная		0,6—1,5 мм	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
Сплошная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии контура наложенного сечения Линии размерные и 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 Оси проекций, следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
Сплошная волнистая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
Штриховая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
Штрихпунктирная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрий для наложенных или вынесенных сечений
Штрихпунктирная утолщенная		От $\frac{s}{2}$ до $\frac{2}{3}s$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)
Разомкнутая		От s до $1\frac{1}{2}s$	Линии сечений
Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развертки, совмещенной с видом

Примечание. Толщина линий $\frac{s}{3}$ допускается только для чертежей, выполненных тушью, на форматах с А4 по А2.

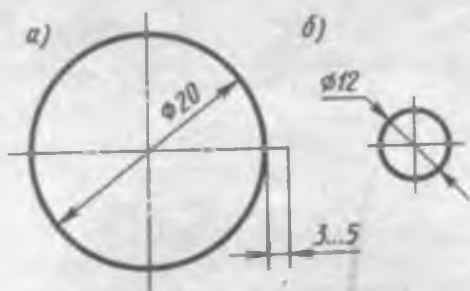


Рис. 7

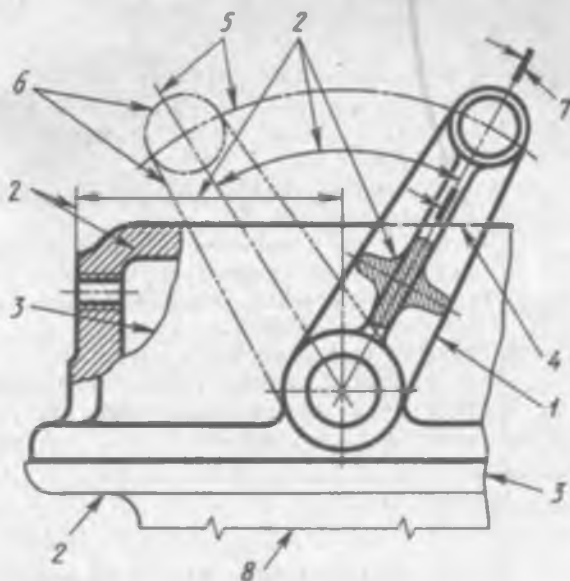


Рис. 8

Толщина линии одного типа должна быть одинакова на всем чертеже. Штрихи в линии должны быть равной длины, а промежутки между ними — одинаковыми. Штрихпунктирные линии должны пересе-

каться и заканчиваться штрихами. Центровые линии должны выходить за очертание окружности на 3...5 мм (рис. 7, а). Для окружностей, диаметр которых 12 мм и менее, центровые линии вычерчиваются сплошными тонкими (рис. 7, б).

На рис. 8 приведен пример применения типов линий на чертеже.

Надписи на чертежах

Надписи и размерные числа на чертеже должны быть четкими и ясными. Их выполняют чертежным шрифтом согласно ГОСТ 2.304—81 (СТ СЭВ 851—78—855—78) «Шрифты чертежные». Стандарт устанавливает следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Размер шрифта h определяет высоту прописных (заглавных) букв и цифр в миллиметрах.

Установлены следующие типы шрифта в зависимости от толщины d линий шрифта: тип А ($d = 1/14 h$) без наклона и с наклоном около 75° к горизонтальной строке; тип Б ($d = 1/10 h$) без наклона и с наклоном 75° . Форма букв русского алфавита и арабских цифр, выполненных шрифтом типа Б без наклона, приведена на рис. 9. Здесь же показано построение шрифта по вспомогательной сетке.

Параметры шрифта типа А ($d = h/14$) приведены в табл. 2, а шрифта типа Б ($d = h/10$) — в табл. 3.

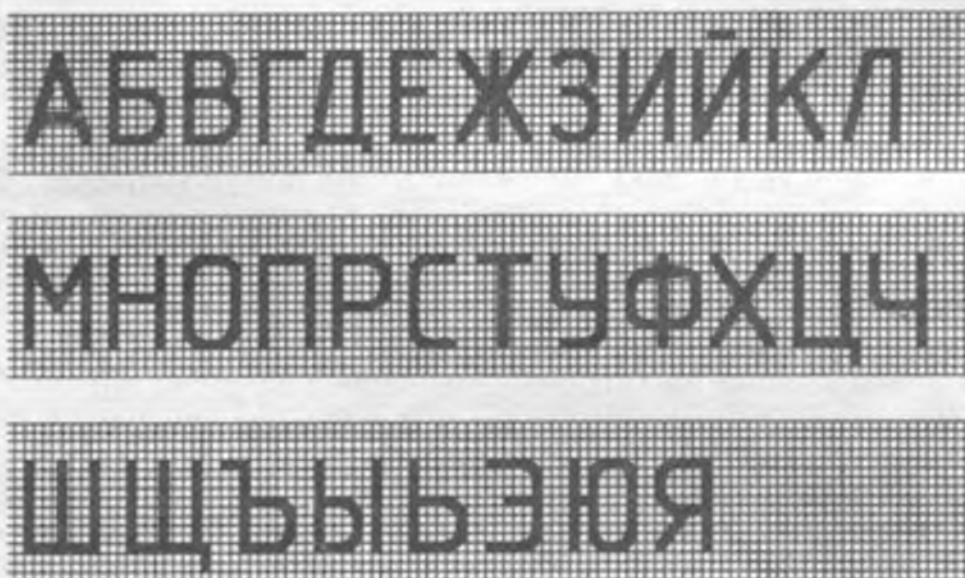


Рис. 9

а б в г д е ж з и й к л м н

о п р с т у ф х ц ч ш щ ъ

ы ь э ю я

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 3

Рис. 9. Продолжение

Шрифт типа А ($d=h/14$)

Таблица 2

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер d	Размеры, мм				
Размер шрифта:							
высота прописных букв	h	14	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
высота строчных букв	c	10	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Расстояние между буквами	a	2	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
Минимальный шаг строки (высота вспомогательной сетки)	b	22	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0
Минимальное расстояние между словами	e	6	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0
Толщина линий шрифта	d		1,08	0,25	0,35	0,5	0,7

Шрифт типа Б ($d=h/10$)

Таблица 3

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер d	Размеры, мм				
Размер шрифта:							
высота прописных букв	h	10	14,0	3,5	5,0	7,0	10,0
высота строчных букв	c	7	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Расстояние между буквами	a	2	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	b	17	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0
Минимальное расстояние между словами	e	6	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4

Расстояние между буквами, соединения линий которых не параллельны между собой (например, Г и А, А и Т и т. д.), уменьшается наполовину, т. е. на толщину d линии шрифта. Для всего текста толщина линий одного шрифта должна быть одинакова.

Основные правила нанесения размеров на чертежах

Основанием для определения величины изображенного предмета и его частей служат размерные числа; правила нанесения размеров установлены ГОСТ 2.307—68.

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями, которые ограничивают стрелками (рис. 10). Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине (рис. 11). Высоту цифр принимают не менее 3,5 мм. Зазор между размерным числом и размерной линией должен быть около 1,0 мм. Размерная линия проводится параллельно отрезку, размер которого наносится, а выносные линии — перпендикулярно размерным (рис. 12).

Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Каждый размер проставляется только один раз. Нельзя выносить меньший размер за больший. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения.

Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерных линий на 1...5 мм

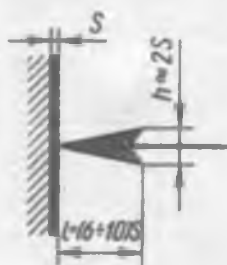


Рис. 10

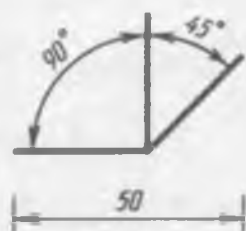


Рис. 11

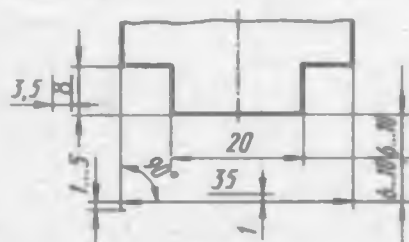


Рис. 12

(рис. 12). Расстояние от размерной линии до параллельной ей линии контура, а также расстояния между параллельными размерными линиями должно быть в пределах 6...10 мм. Нельзя использовать в качестве размерных линий контурные, осевые, центровые и выносные линии.

Линейные размеры на чертежах представляются в миллиметрах без обозначения единиц измерения.

Размеры углов указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единиц измерения. При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии — радиально (рис. 13).

Если длина размерной линии мала для размещения стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии и размеры наносят, как показано на рис. 14.

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рис. 15, а угловые размеры наносят так, как показано на рис. 16.

В заштрихованной зоне размерные числа следует наносить на полках линий-

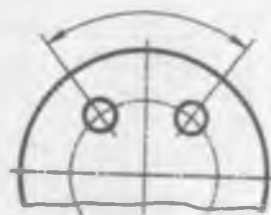


Рис. 13



Рис. 14

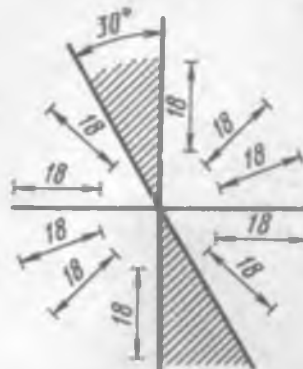


Рис. 15

выносок (рис. 17). Если для написания размерного числа мало места над размерной линией, то размеры наносят, как показано на рис. 18.

Перед размерным числом диаметра наносят знак $\varnothing$ (рис. 19). Для окружностей малого диаметра размерные линии, стрелки и сам размер наносят, как показано на рис. 20.

Перед размерным числом радиуса дуги всегда пишут прописную латинскую букву R , размерную линию проводят по направлению к центру дуги и ограничивают только одной стрелкой, упирающейся в дугу или ее продолжение (рис. 21).

Для простановки размеров квадрата

используют знак $\square$, высота которого равна $\frac{7}{10}$ высоты размерного числа (рис. 22). При ином расположении (рис. 23) у квадрата наносят размеры его сторон.

Знак конусности поверхности Δ наносят на полке линии-выноски, расположенной параллельно оси конуса или на оси конуса (рис. 24).

Острый угол знака Δ направляет в сторону вершины конуса. Конусность выражают в процентах или в виде простой дроби. Величина конусности определяется отношением разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними (рис. 25).

Значение уклона прямой указывают на полке линии-выноски. Перед размерным

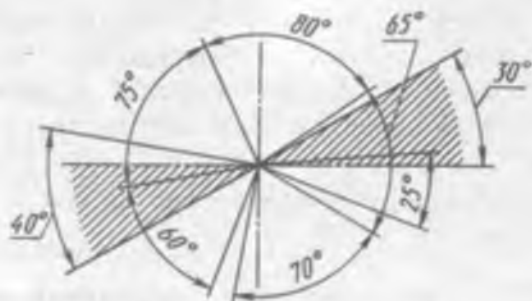


Рис. 16

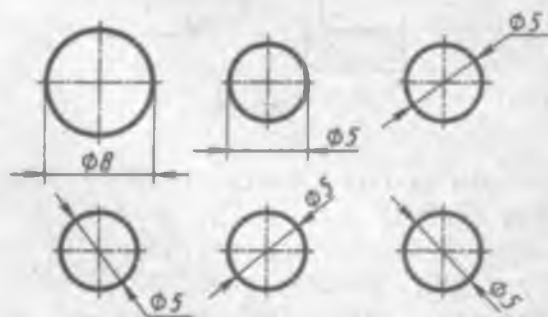


Рис. 20



Рис. 17

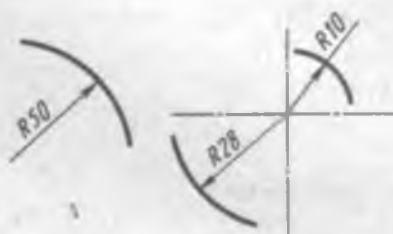


Рис. 21

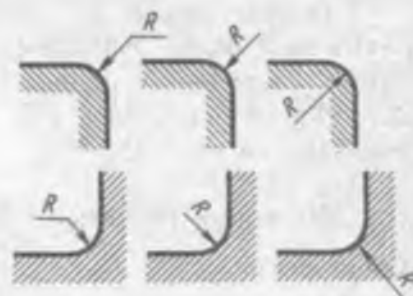


Рис. 22

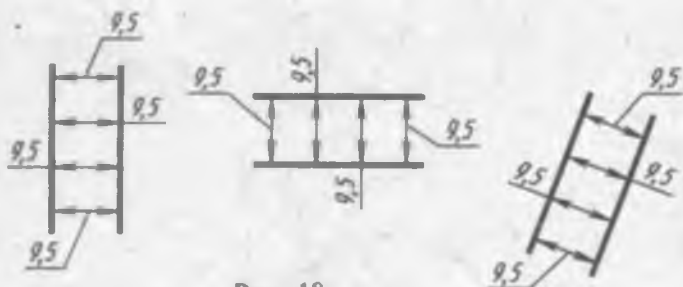


Рис. 18

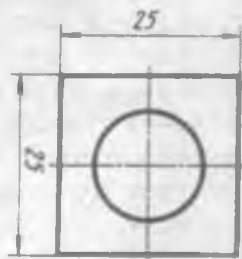


Рис. 23

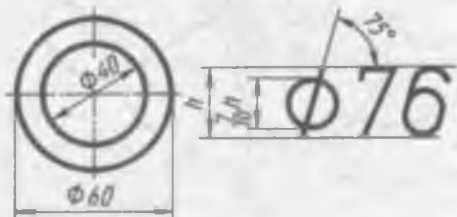


Рис. 19

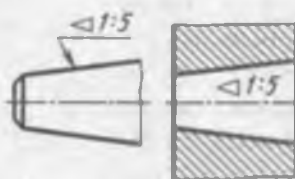


Рис. 24

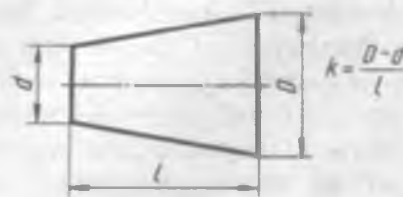


Рис. 25

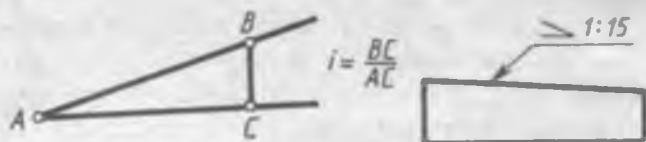


Рис. 26

Рис. 27

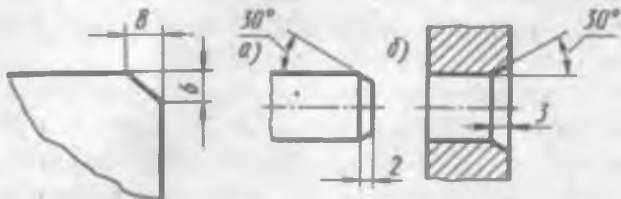


Рис. 28

Рис. 29

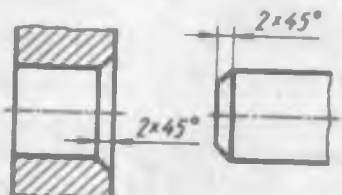


Рис. 30

числом уклона i , который представляет собой тангенс угла между данной прямой и горизонтальной или вертикальной прямой (рис. 26), наносят знак $\angle$, острый угол которого направлен в сторону уклона (рис. 27). Уклон на чертеже задают простой дробью или в процентах.

Размеры *фасок* на чертеже наносят двумя линейными размерами (рис. 28) или одним линейным и одним угловым (рис. 29). Фаски под углом 45° наносят, как показано на рис. 30.

§ 3. Некоторые геометрические построения

Сопряжения

Сопряжением называется плавный переход дуги окружности в прямую или в дугу другой окружности. Возможны следующие виды соприжений:

двух прямых дугой окружности (скругление углов);

двух дуг окружностей прямой линией;

двух дуг окружностей третьей дугой;

дуги и прямой второй дугой.

Построение соприжений связано с графическим определением центров и точек соприжений. Прямые, касательные к окружности; окружности, касательные друг к другу; геометрические места точек широко используются при построениях соприжений, так как последние основаны на положениях и теоремах геометрии.

Скругление углов

Сопряжение двух пересекающихся прямых дугой радиуса R выполняется следующим образом (рис. 31).

Параллельно сторонам угла, образованного данными прямыми, проводят прямые на расстоянии R . Точка пересечения этих прямых является центром O соприжения.

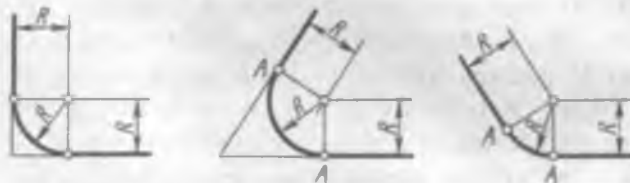


Рис. 31

Из центра O опускают перпендикуляры к сторонам данного угла и определяют точки соприжения A . Между точками A из центра O проводят сопригающую дугу радиуса R .

Сопряжение дуг окружностей прямой линией

При построении этого соприжения возможны два случая: сопригающая прямая может иметь *внешнее касание* или *внутреннее касание*. Для построения внешней касательной (рис. 32, а) сначала проводят касательную из центра дуги меньшего радиуса R_1 к вспомогательной окружности

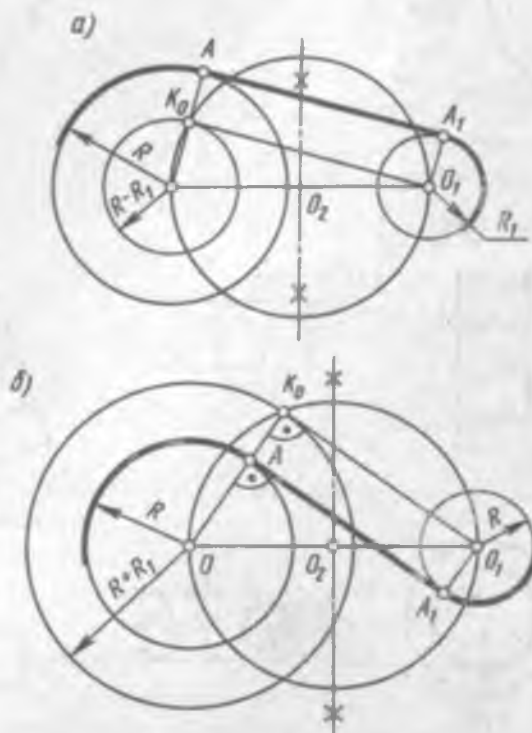


Рис. 32

радиуса $R - R_1$. Ее точка касания K_0 помогает построить точку сопряжения A на дуге радиуса R . Вторая точка сопряжения A_1 на дуге радиуса R_1 получится, если провести $O_1A_1 \parallel OA$. Отрезок внешней касательной будет заключен между точками A и A_1 .

Для построения внутренней касательной (рис. 32, б) вспомогательную окружность проводят радиусом $(R + R_1)$.

Сопряжение двух дуг окружностей третьей дугой

В данном случае сопрягающая дуга радиуса R может касаться заданных дуг радиусов R_1 и R_2 с внешней стороны (рис. 33, а), создавать внутреннее касание (рис. 33, б) или сочетание внешнего и внутреннего касания (рис. 34).

Построение центров O и точек сопряжений A_1 и A_2 видно из чертежей.

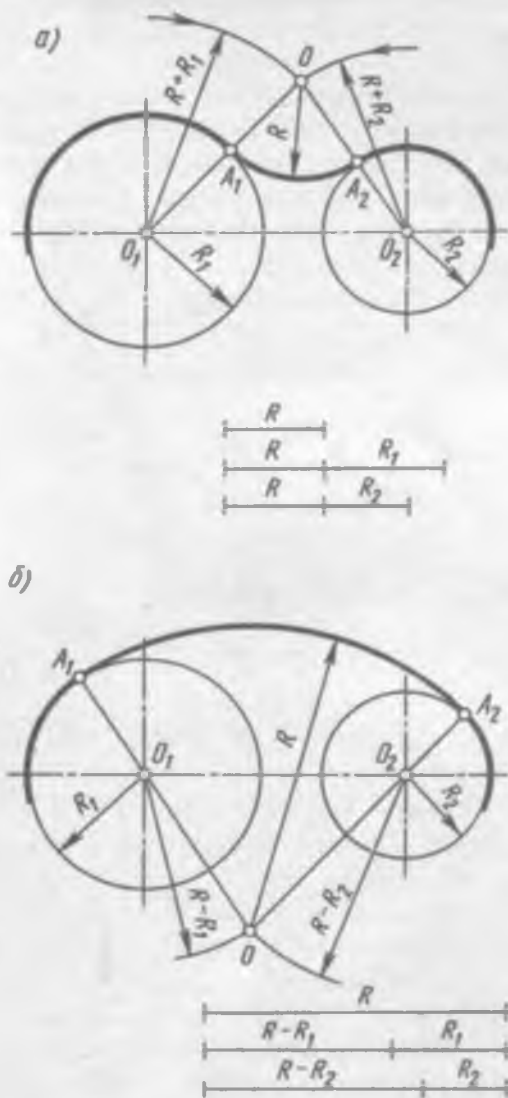


Рис. 33

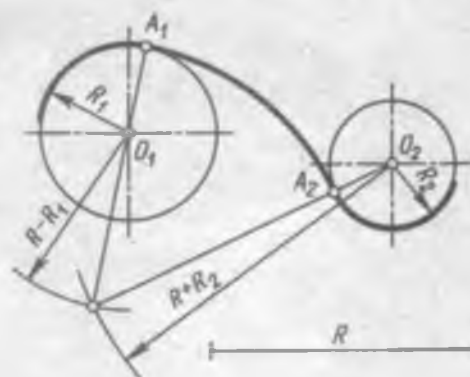


Рис. 34

Сопряжение дуги окружности и прямой линией второй дугой

В этом случае при построении сопрягающей дуги радиуса R_1 центр сопряжения O_1 лежит на пересечении геометрических мест точек, равноудаленных от прямой и дуги радиуса R на величину R_1 (рис. 35, а, б).

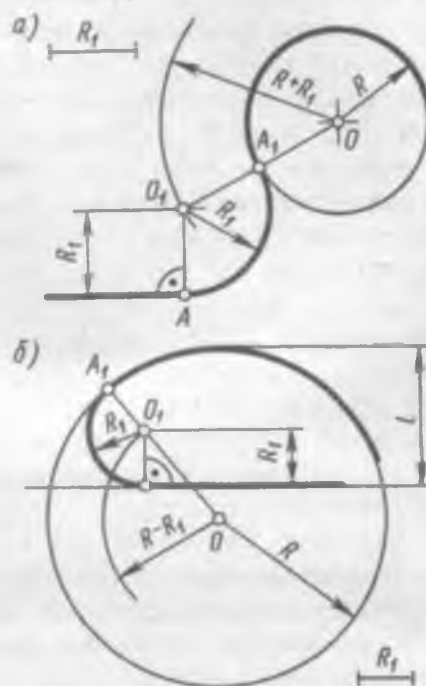


Рис. 35

Овалы

Овалами называют плавные выпуклые кривые, очерченные дугами окружностей разных радиусов. Они состоят из двух опорных окружностей с внутренними сопряжениями между ними. Овалы бывают трехцентровые и многоцентровые. Контуры ряда деталей (кулачки, фланцы, крышки и т. д.) очерчены овалами.

Построим овал по заданным осям. Пусть заданы большая AB и малая CD оси че-

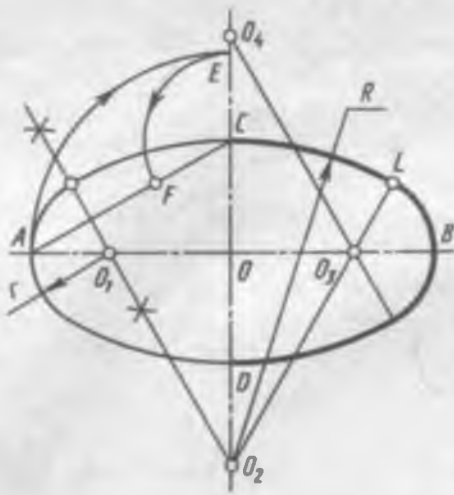


Рис. 36

тырехцентрового овала, очерченного двумя опорными дугами радиуса R и двумя сопрягающими дугами радиуса r , величину которых нужно определить путем построений. Соединим концы осей отрезком AC , на котором отложим разность CE большой и малой полуосей овала (рис. 36). К середине отрезка AF проведем перпендикуляр, который пересечет большую и малую оси овала в точках O_1 и O_2 . Эти точки и будут центрами сопрягающихся дуг овала, а точка сопряжения будет лежать на самом перпендикуляре.

Лекальные кривые

Плоские кривые, вычерченные с помощью лекал по предварительно построенным точкам, называются *лекальными*. К таким кривым относятся: эллипс, парабола, гипербола, циклоида, синусоида, эвольвента и т. д. Рассмотрим некоторые случаи построения лекальных кривых.

Эллипс — замкнутая плоская кривая второго порядка, для которой сумма расстояний от любой ее точки до двух точек-фокусов есть величина постоянная, равная большой оси эллипса.

Существует несколько способов построения эллипса. Можно построить эллипс по его большой AB и малой CD оси (рис. 37). На осях эллипса, как на диаметрах, строят две окружности, которые нужно разделить радиусами на несколько частей. Через точки деления большой окружности проводят прямые, параллельные малой оси эллипса, а через точки деления малой окружности — прямые, параллельные боль-



Рис. 37

шой оси эллипса. Точки пересечения этих прямых и являются точками эллипса.

Эллипс можно построить по двум сопряженным диаметрам MN и KL (рис. 38). Два диаметра называются сопряженными, если каждый из них делит пополам хорды, параллельные другому диаметру. На сопряженных диаметрах строят параллелограммы. Затем делят на равные части один из диаметров MN и стороны параллелограмма, параллельные другому диаметру, нумеруя их, как показано на чертеже. Из концов второго сопряженного диаметра KL через точки деления проводят лучи. В пересечении одноименных лучей получают точки эллипса.

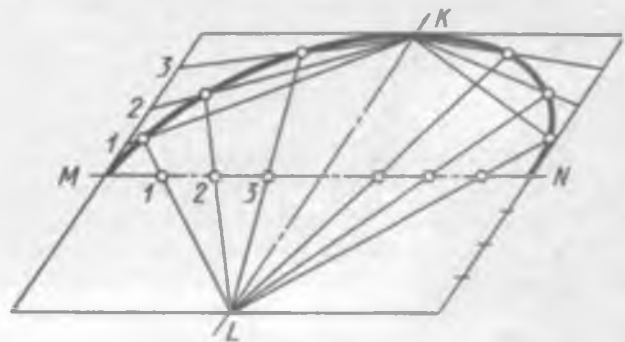
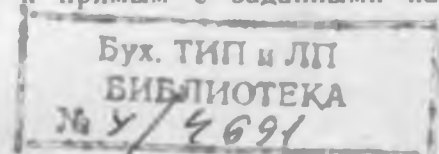


Рис. 38

Парабола — плоская незамкнутая кривая второго порядка, все точки которой равно удалены от данной точки — фокуса и от данной прямой — директрисы. Параболу можно построить по ее вершине O и какой-либо точке B (рис. 39). Для этого строят прямоугольник $OABC$ и делят его стороны на равные части. Из точек деления проводят лучи. В пересечении одноименных лучей получают точки параболы.

Можно построить параболу как кривую, касательную к прямым с заданными на



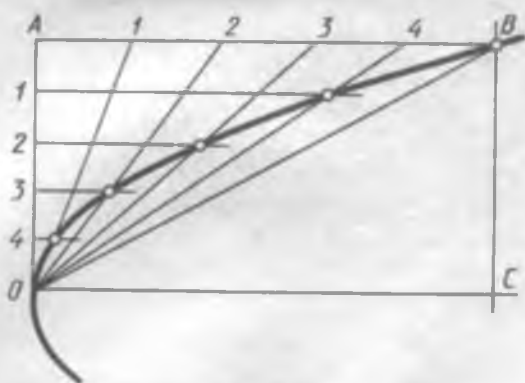


Рис. 39

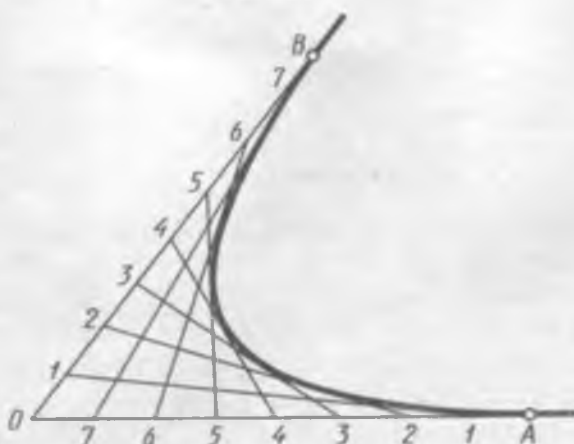


Рис. 40

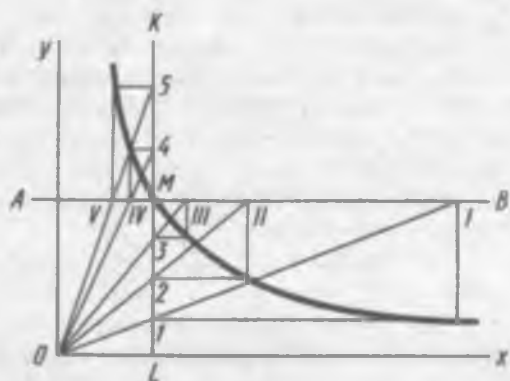


Рис. 41

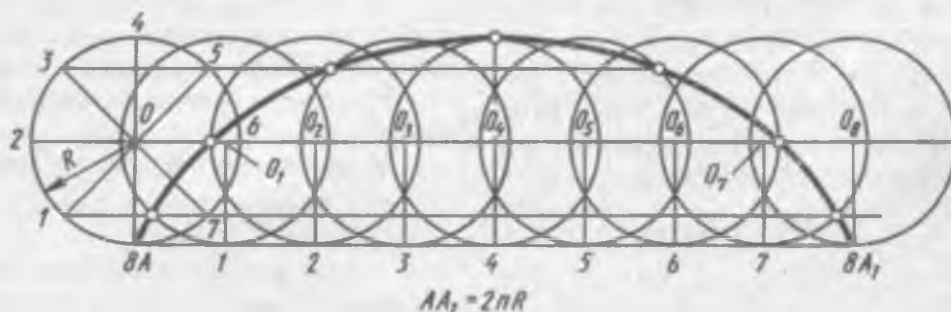


Рис. 42

них точками A и B (рис. 40). Стороны угла, образованного этими прямыми, делят на равные части и нумеруют точки деления. Одноименные точки соединяют прямыми. Параболу вычерчивают как огибающую этих прямых.

Гипербола — плоская незамкнутая кривая второго порядка, состоящая из двух веток, концы которых удаляются в бесконечность (стремясь к своим асимптотам). Каждая точка гиперболы обладает следующим свойством: разность ее расстояний от двух данных точек — фокусов есть величина постоянная, равная расстоянию между вершинами кривой. Гипербола, асимптоты которой взаимно перпендикулярны, называется равнобокой. Она широко применяется для построения диаграмм, когда задана своими координатами одна ее точка M (рис. 41). Тогда через заданную точку проводят линии AB и KL параллельно координатным осям. Из начала координат проводят серию лучей, пересекающих линии AB и KL . Из полученных точек пересечения проводят линии, параллельные координатным осям. В их пересечении получают точки гиперболы.

Циклоида — траектория точки A окружности, перекатываемой без скольжения по прямой. Для построения циклоиды от исходного положения точки A откладывают отрезок AA_1 . Окружность и этот отрезок делят на одинаковое число равных частей (рис. 42). Отмечают положения центра окружности при ее перекатывании $O_1, O_2, \dots, O_3$ и из этих центров описывают промежуточные положения окружности. Из них линиями, параллельными линии AA_1 , отмечают промежуточные положения точки A . Так, в пересечении прямой, проходящей через точку I , с окружностью, описанной из центра O_1 , получают первую точку

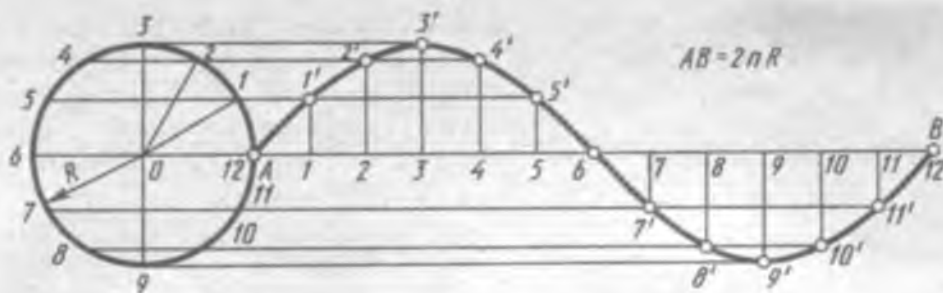


Рис. 43

циклоиды. Соединяя плавной кривой построенные точки, получают циклоиду.

Синусоида — плоская кривая, изображающая изменение синуса в зависимости от изменения его угла. Синусоиду можно построить, если разделить окружность на равные части (рис. 43). Отрезок прямой $AB = 2\pi R$ также разделить на такое же число равных частей. Из одноименных точек деления провести взаимно перпендикулярные линии. В пересечении этих линий получим точки, принадлежащие синусоиде.

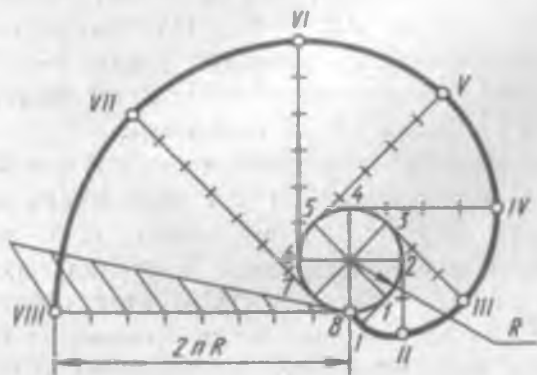


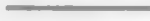
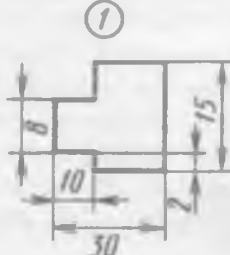
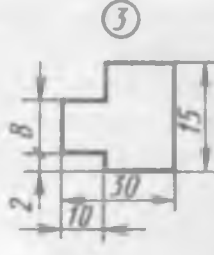
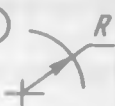
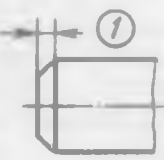
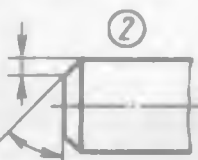
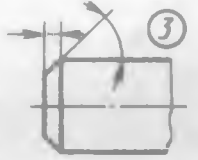
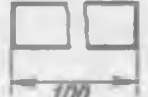
Рис. 44

Эвольвента — плоская кривая, являющаяся траекторией любой точки прямой линии, перекатываемой по окружности без скольжения. Для построения точек эвольвенты окружность делят на равные части (рис. 44). Через каждую точку деления проводят касательные к окружности, направленные в одну сторону. На касательной, проведенной через последнюю точку деления окружности, откладывают отрезок, равный длине окружности $2\pi R$, который делят на столько же равных частей. На первой касательной откладывают одно деление $\frac{2\pi R}{n}$, на второй — два и т. д. Полу-

ченные точки соединяют плавной кривой по лекалу, получают эвольвенту окружности.

Вопросы для самопроверки

1. Сколько листов формата А4 содержится в формате А1?
2. Как образуются дополнительные форматы?
3. Какие вы знаете масштабы?
4. Как обозначаются масштабы?
5. Какова толщина осевых, центровых, выносных и размерных линий?
6. Какие линии используются в качестве центровых для окружностей диаметром менее 12 мм?
7. Чем определяется размер шрифта?
8. Как определяется высота строчных букв?
9. На каком расстоянии друг от друга и от контурной линии проводят размерные линии?
10. Какие знаки используются для нанесения размеров?
11. Когда проставляют знак диаметра $\varnothing$, а когда знак радиуса R ?
12. Где наносят на чертеже размерные числа относительно размерной линии?
13. Как влияет масштаб изображения на величины наносимых на чертеже размеров?
14. Что такое уклон, как его обозначают на чертеже?
15. Что такое конусность, как ее обозначают на чертеже?
16. Как обозначают конические фаски?
17. Что называется сопряжением?
18. Какие виды сопряжений вы знаете?
19. Какими элементами определяется сопряжение?
20. Какие кривые второго порядка вы знаете?
21. Что такое эвольвента?

А. Укажите размеры дополнительного формата.			
① 841 × 1189	② 297 × 420	③ 420 × 891	④ 594 × 841
Б. Укажите масштаб увеличения.			
① М 1:10	② М 1:5	③ М 1:1	④ М 5:1
В. Каким размером шрифта по ГОСТ 2.304-82 написано слово «Деталь»?			
	① 5	② 7	③ 10
Г. Какую линию применяют в качестве размерной?			
① 	② 	③ 	④ 
Д. На каком чертеже правильно нанесены линейные размеры?			
① 	② 	③ 	④ 
Е. На каком чертеже правильно нанесен размер радиуса?			
① 	② 	③ 	④ 
Ж. На каком чертеже правильно нанесены размеры фаски под углом 30°?			
① 	② 	③ 	④ 
И. Какой знак определяет конусность поверхности?			
① 	② 	③ 	④ 
К. На каком чертеже правильно нанесен размер детали?			
① 	② 	③ 	④ 

Чертеж — это основной технический документ, который содержит изображения предметов (машин, сооружений и т. д.), выполненные с указанием размеров, масштаба, состава и т. п., однозначно разделяющих эти предметы и необходимых для их изготовления и контроля. Построение чертежа — процесс творческий, основанный на знании специальных законов и умении использовать эти законы на практике.

§ 4. Основные элементы пространства и отношения между ними

К основным формообразующим элементам пространства относятся точка, прямая и плоскость. Ими определяются простые трехмерные фигуры, из которых создаются более сложные объекты пространства. Точки будем обозначать прописными буквами латинского алфавита или арабскими цифрами: $A, B, C, \dots, 1, 2, 3, \dots$; прямые — строчными буквами латинского алфавита: $a, b, c, \dots$; плоскости — прописными буквами греческого алфавита: $\Gamma, \Lambda, \Pi, \Sigma, \Phi, \Psi, \Omega$.

Между элементами пространства существуют следующие отношения:

тождественность (совпадение) — $\equiv$
 $[A \equiv B],$

инцидентность (принадлежность) — $\in$
 $[A \in a],$

параллельность — $\parallel [a \parallel b],$

перпендикулярность — $\perp [a \perp \Sigma].$

Над элементами пространства можно выполнять следующие операции:

соединение — $\cup [A \cup B = a],$

пересечение — $\cap [m \cap n = K].$

§ 5. Метод проекций

Изображения объектов трехмерного пространства на плоскости получают методом проецирования. Основным изобразительным способом для геометрических элементов является линия. Она является не только проекцией линии. С помощью линий задают проекции: точки, плоскости, любой пространственной фигуры.

Аппарат проецирования включает в себя проецирующие лучи, проецируемый объект и плоскость, на которой получается изобра-

жение объекта (рис. 45). Изображение точки A на плоскости Π' — точка A' получается в пересечении проецирующего луча i , проходящего через точку A , с плоскостью Π' [$i \ni A; i \cap \Pi' = A'$].

Все лучи, проецирующие предмет, исходят из одной точки S , называемой центром проекций. Если эта точка находится на определенном расстоянии от плоскости проекций, то такое проецирование называется *центральной*. Если центр проекций удален в бесконечность, то все проецирующие лучи становятся параллельными и проецирование называется *параллельным*. В этом случае задается направление проецирования s . При проецировании совокупность проецирующих лучей образует различные геометрические фигуры. При проецировании прямой линии — это плоскость (рис. 46), при проецировании ломаной линии — поверхность призмы или пирамиды (рис. 47), при проецировании кривой линии — коническую или цилиндрическую поверхность (рис. 48). В отличие от проецируемых фигур эти фигуры называют *проецирующими*.

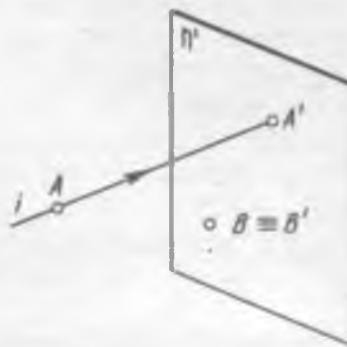


Рис. 45

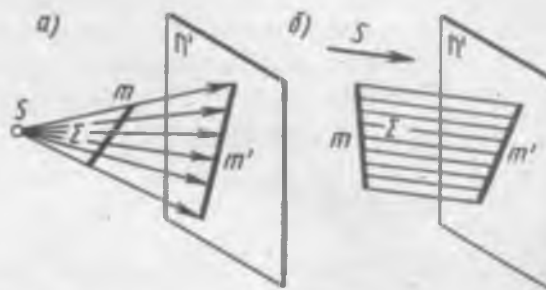


Рис. 46

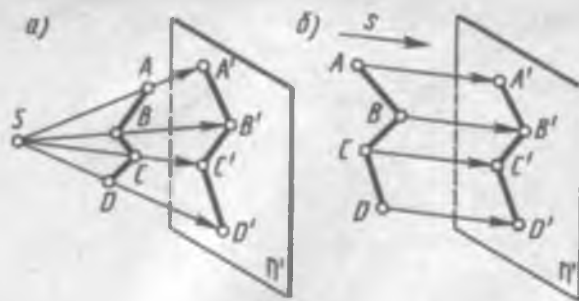


Рис. 47

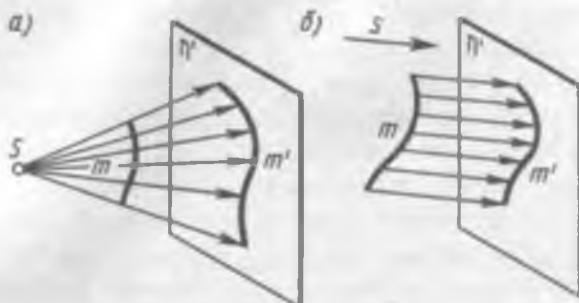


Рис. 48

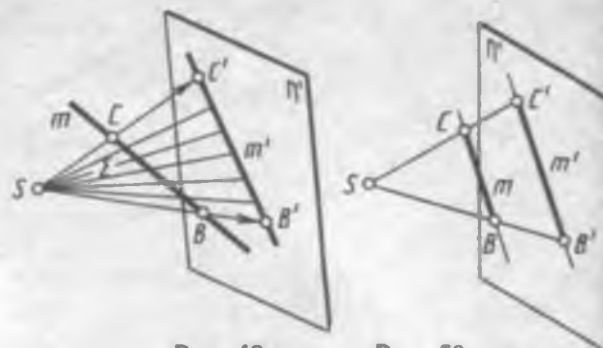


Рис. 49

Рис. 50

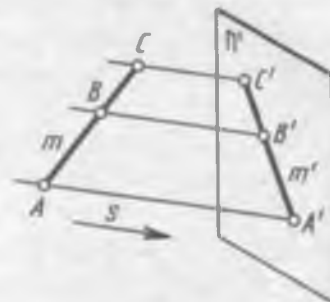


Рис. 51

§ 6. Свойства проекций

Проекция точки есть точка. При заданном центре S (или направлении s) проецирования любой точке A пространства соответствует на плоскости проекций Π' единственная точка A' . При этом проекция точки B , лежащей в плоскости проекций, совпадает с самой точкой (см. рис. 45).

Проекция прямой есть прямая. На рис. 46 лучи, проецирующие прямую m , создают плоскость Σ , которая пересекает плоскость проекций Π' по линии m' , являющейся проекцией линии m на плоскость Π' ; $\Sigma \ni m$; $\Sigma \cap \Pi' = m'$.

Проекция прямой определена, если известны проекции хотя бы двух ее точек (рис. 49).

Если в пространстве прямая параллельна плоскости проекций Π' , то ее проекция параллельна самой прямой (рис. 50). При этом при центральном проецировании проекции отрезков пропорциональны самим отрезкам, а при параллельном — равны им.

При параллельном проецировании сохраняется отношение величин отрезков прямой и их проекций (рис. 51).

$$\frac{AB}{BC} = \frac{A'B'}{B'C'}$$

При параллельном проецировании проекции параллельных прямых есть прямые параллельные (рис. 52).

Если прямые m и n в пространстве параллельны, то и проецирующие их плоскости Σ^m и Σ^n тоже будут параллельны. При пересечении их с плоскостью проекций Π' получаем $m' \parallel n'$.

Проекцией плоскости является плоскость проекций. Плоскость состоит из бесконечного множества точек. При проецировании этого множества проецирующие лучи заполняют все пространство, а их точки пересечения с плоскостью проекций Π' — всю плоскость проекций.

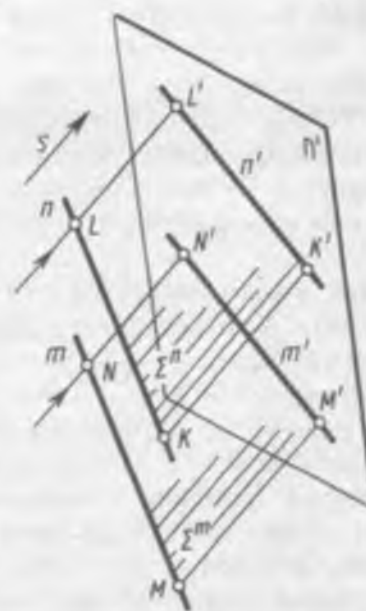


Рис. 52

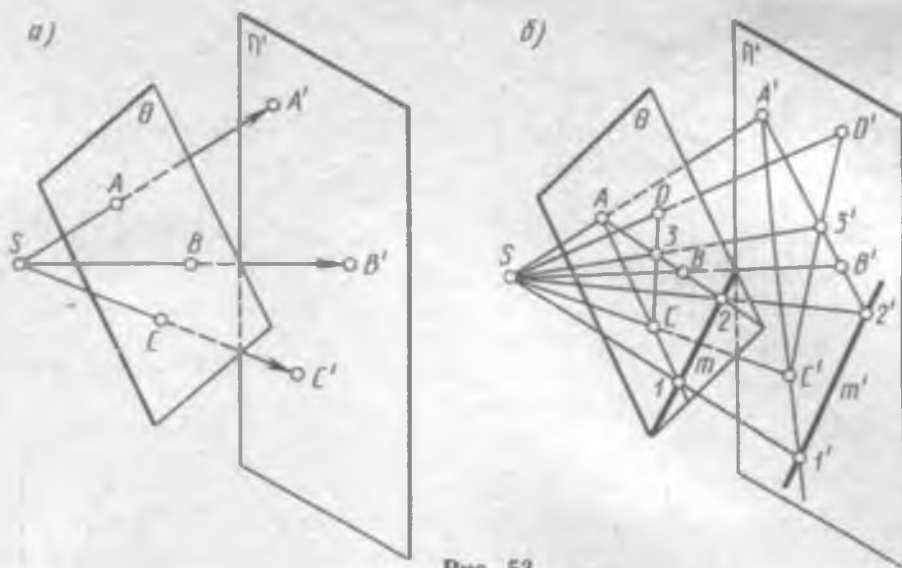


Рис. 53

Так как положение любой плоскости в пространстве определяется ее тремя точками, не лежащими на одной прямой, то проекция трех таких точек плоскости (рис. 53, а) устанавливает однозначное соответствие между проецирующей плоскостью Θ и плоскостью проекций Π' , которое позволяет определить проекции (рис. 53, б) любой точки D или прямой m этой плоскости.

Если плоскость параллельна плоскости проекций, то проекции ее плоских фигур при центральном проецировании подобны самим фигурам, а при параллельном — равны им (рис. 54).

Если плоскость угла параллельна плоскости проекций, величина проекции угла и при центральном, и при параллельном проецировании равна натуральной величине. На рис. 54, а $\angle ABC = \angle A'B'C'$, так как $\triangle ABC \sim \triangle A'B'C'$, а на рис. 54, б $\angle ABC = \angle A'B'C'$, так как $\triangle ABC = \triangle A'B'C'$.

При параллельном проецировании проекция фигуры не изменяется при параллельном переносе плоскости проекции (рис. 55).

Прямые и плоскости (поверхности) могут занимать в пространстве *проецирующее положение*, если с ними совпадают проецирующие лучи. При центральном проецировании это — прямые и плоскости, проходящие через центр проекций, пирамидальные и конические поверхности, у которых вершины совпадают с центром проецирования (рис. 56).

При параллельном проецировании это — прямые и плоскости, параллельные нап-

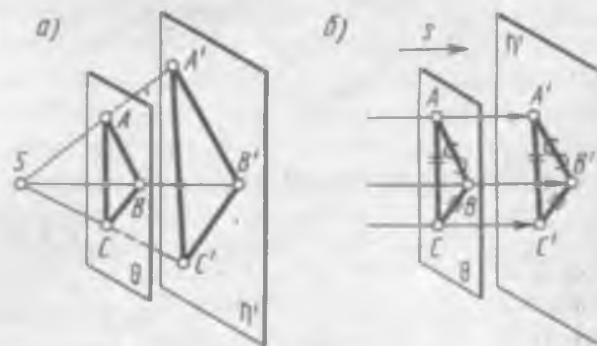


Рис. 54

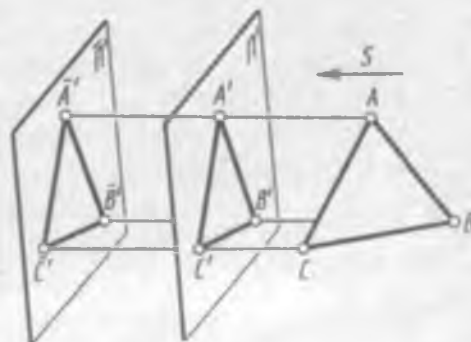


Рис. 55

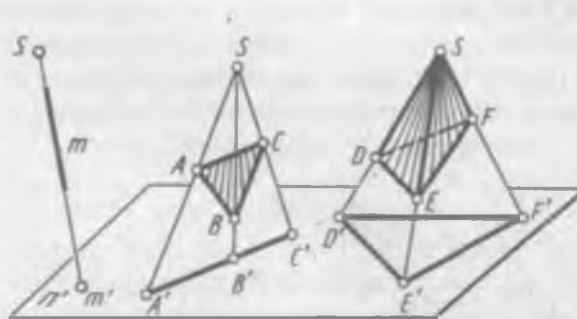


Рис. 56

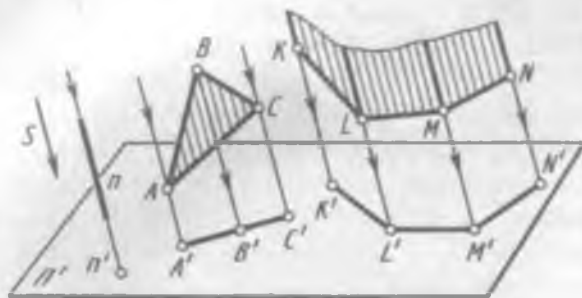


Рис. 57

равлению проецирования, призматические и цилиндрические поверхности, ребра и образующие которых параллельны направлению проецирования (рис. 57).

Все эти геометрические фигуры можно рассматривать состоящими из проецирующих лучей, каждый из которых изображается точкой. Отсюда следует, что проекциями прямых, плоскостей, поверхностей, занимающих проецирующее положение, есть точки или линии их пересечения с плоскостью проекций («вырожденные» проекции).

Ортогональное (прямоугольное) проецирование есть частный случай проецирования параллельного, когда все проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости проекций. Ортогональным проекциям присущи все свойства параллельных проекций, но при прямоугольном проецировании проекция отрезка всегда меньше самого отрезка (рис. 58), так как сам отрезок в пространстве является гипотенузой прямоугольного треугольника, а его проекция — катетом:

$$A'B' = AB \cos \alpha.$$

При прямоугольном проецировании прямой угол проецируется в натуральную величину, когда обе его стороны параллельны плоскости проекций и тогда, когда лишь одна из его сторон параллельна плоскости проекций, а вторая сторона не перпендикулярна этой плоскости проекций.

Теорема о проецировании прямого угла: Если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекций, а вторая ей не перпендикулярна, то при ортогональном проецировании прямой угол проецируется на эту плоскость в прямой же угол.

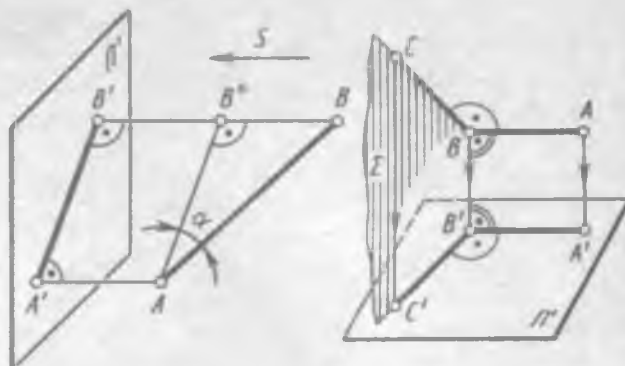


Рис. 58

Рис. 59

Пусть дан прямой угол ABC , у которого сторона AB параллельна плоскости Π' (рис. 59). Проецирующая плоскость Σ перпендикулярна плоскости Π' . Значит, $AB \perp \Sigma$, так как $AB \perp BC$ и $AB \perp BB'$, отсюда $AB \perp B'C'$. Но так как $AB \parallel A'B'$, то $A'B' \perp B'C'$, т. е. на плоскости Π' угол между $A'B'$ и $B'C'$ равен 90° .

Обратимость чертежа. Проецированием на одну плоскость проекций получается изображение, которое не позволяет однозначно определить форму и размеры изображенного предмета. Проекция A' (см. рис. 45) не определяет положение самой точки в пространстве, так как неизвестно, на какое расстояние она удалена от плоскости проекций Π' . Любая точка проецирующего луча, проходящего через точку A , будет иметь своей проекцией точку A' . Наличие одной проекции создает неопределенность изображения. В таких случаях говорят о **необратимости** чертежа, так как по такому чертежу невозможно воспроизвести оригинал. Для исключения неопределенности изображение дополняют необходимыми данными. В практике применяют различные способы дополнения однопроекционного чертежа. В данном курсе будут рассмотрены чертежи, получаемые ортогональным проецированием на две или более взаимно перпендикулярные плоскости проекций (комплексные чертежи) и путем перепроецирования вспомогательной проекции предмета на основную аксонометрическую плоскость проекций (аксонометрические чертежи).

Вопросы для самопроверки

1. Какие геометрические элементы включает в себя аппарат проецирования?
2. Какие способы проецирования вы знаете?

3. Какие проецирующие поверхности могут создавать проецирующие лучи?

4. Перечислите основные свойства проекций.

5. Чему равна проекция угла, плоскость которого параллельна плоскости проекций, при центральном проецировании?

6. В какие геометрические образы вырождаются проекции прямых и плоскостей (поверхностей), занимающих проецирующее положение?

7. Как читается теорема о проецировании прямого угла?

8. Как вы понимаете термин «обратимый чертеж»? Чем достигается обратимость чертежа?

§ 7. Комплексный чертеж точки

Комплексный чертеж состоит из двух или более связанных между собой ортогональных проекций предмета. Эти проекции получают на взаимно перпендикулярных плоскостях проекций.

Обычно одну из плоскостей проекций располагают горизонтально (рис. 60, а) и называют *горизонтальной плоскостью* проекций. В дальнейшем будем обозначать ее Π_1 . Проекции элементов пространства на ней $A_1, a_1, \Theta_1, \dots$ называются *горизонтальными проекциями* (точки, прямой, плоскости).

Вторую плоскость проекций располагают перед наблюдателем вертикально. Называется эта плоскость *фронтальной*, обозначается Π_2 , а проекции на ней $A_2, a_2, \Theta_2, \dots$ называются *фронтальными проекциями* (точки, прямой, плоскости).

Плоскости проекций Π_1 и Π_2 взаимно перпендикулярны, их линия пересечения называется *осью проекций*. Точку A пространства ортогонально проецируют на обе плоскости проекций:

$$AA_1 \perp \Pi_1; \quad AA_1 \cap \Pi_1 = A_1.$$

$$AA_2 \perp \Pi_2; \quad AA_2 \cap \Pi_2 = A_2.$$

Проецирующие лучи AA_1 и AA_2 взаимно перпендикулярны и создают в пространстве проецирующую плоскость $A_1A_1AA_2$, перпендикулярную к обеим плоскостям проекций. Эта плоскость пересекает плоскости проекций по линиям, проходящим через проекции точки A .

Чтобы получить плоский чертеж, совместим горизонтальную плоскость проекций Π_1 с фронтальной плоскостью Π_2 вращением вокруг оси $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ (рис. 60, б). Тогда обе проекции точки окажутся на одной линии, перпендикулярной оси $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$. Прямая A_1A_2 , соединяющая горизонтальную A_1 и фронтальную A_2 проекции точки, называется *вертикальной линией связи*.

Две связанные между собой ортогональные проекции точки однозначно определяют ее положение относительно плоскостей проекций. Если определить положение точки A относительно этих плоскостей (см. рис. 62, а) ее высотой $h(AA_1=h)$ и глубиной $f(AA_2=f)$, то эти величины на комплексном чертеже существуют как отрезки вертикальной линии связи (см. рис. 60, в). Это обстоятельство позволяет легко реконструировать чертеж, т. е. определить по чертежу положение точки относительно плоскостей проекций. Для этого достаточно в точке A_2 чертежа восстановить перпендикуляр к плоскости чертежа (считая ее фронтальной) длиной, равной глубине f . Конец этого перпендикуляра определит положение точки A относительно плоскости чертежа.

Может возникнуть необходимость в построении еще одного изображения предмета на третьей — *профильной* плоскости

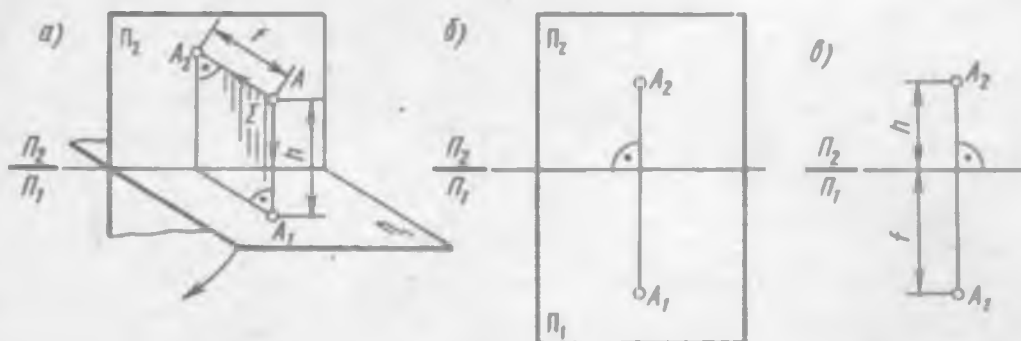


Рис. 60

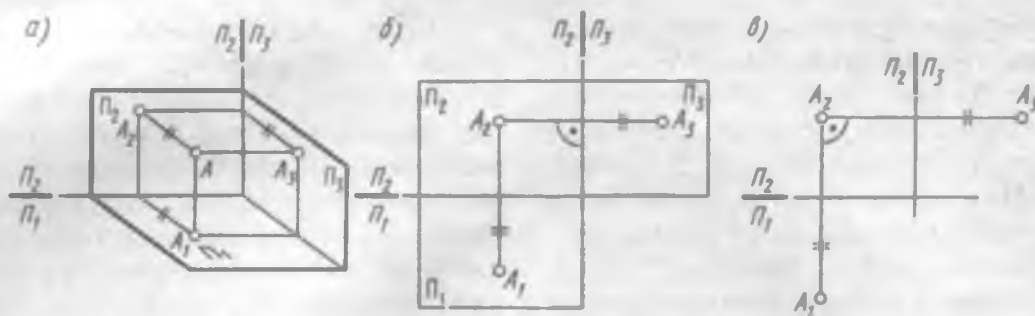


Рис. 61

проекций Π_3 . Эту плоскость располагают справа от наблюдателя перпендикулярно одновременно горизонтальной Π_1 и фронтальной Π_2 плоскостям проекций (рис. 61, а). Линия пересечения плоскостей Π_2 и Π_3 — новая ось проекций $\frac{\Pi_2}{\Pi_3}$, которая располагается на плоском чертеже (рис. 61, б) параллельно вертикальной линии связи A_1A_2 . Третья проекция точки A_3 — профильная, оказывается связанной с фронтальной проекцией A_2 новой линией связи — горизонтальной. Причем, $A_2A_3 \perp A_2A_1$ и $A_2A_3 \perp \frac{\Pi_2}{\Pi_3}$. Так как глубина точки AA_2 проецируется без искажения и на плоскость Π_1 и на плоскость Π_3 (см. рис. 61, а), то это обстоятельство позволяет построить профильную проекцию точки по ее горизонтальной и фронтальной проекциям (см. рис. 61, в). Для этого через фронтальную проекцию точки A_2 нужно провести горизонтальную линию связи $A_2A_3 \perp A_2A_1$. Затем в любом месте на чертеже провести ось проекций $\frac{\Pi_2}{\Pi_3} \perp A_2A_3$. Измерить глубину f точки на горизонтальном поле проекций и отложить ее по горизонтальной линии свя-

зи от оси проекций $\frac{\Pi_2}{\Pi_3}$. Получим профильную проекцию A_3 точки A .

Таким образом, на комплексном чертеже, состоящем из трех ортогональных проекций точки, две проекции находятся на одной линии связи; линии связи перпендикулярны соответствующим осям проекций; две проекции точки вполне определяют положение ее третьей проекции.

§ 8. Замена плоскостей проекций

Вышеуказанные свойства трехпроекционного чертежа позволяют строить новые проекции точки по имеющимся горизонтальной и фронтальной ее проекциям. Новую плоскость проекций (обозначим ее Π_4) можно расположить перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций $\Pi_4\Pi_1$ (рис. 62, а). Тогда проекция A_4 будет расположена на новой линии связи A_1A_4 , перпендикулярной новой оси проекций $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$. Новая плоскость проекций Π_4 заменяет фронтальную плоскость проекций Π_2 , поэтому высота точки A изображается одинаково в натуральную величину и на плоскости Π_2 и на плоскости Π_4 .

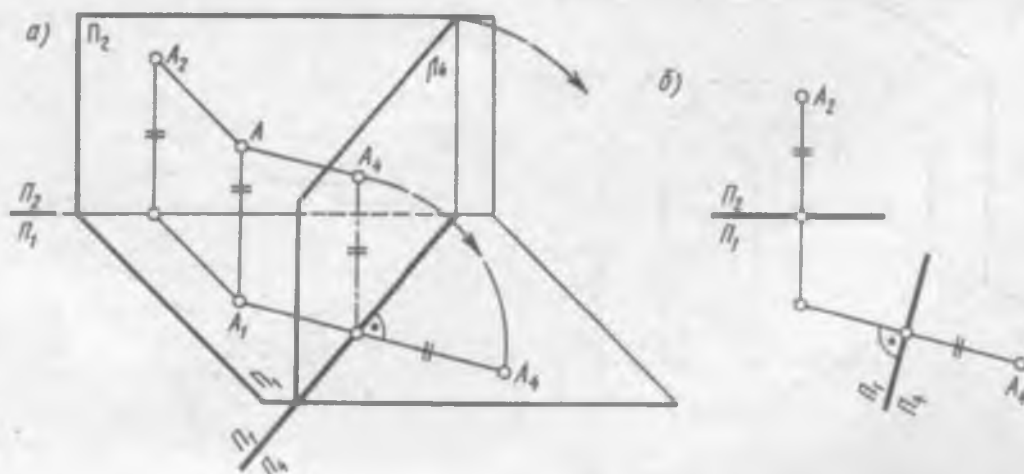


Рис. 62

Это обстоятельство позволяет определить положение проекции A_4 в системе плоскостей $\Pi_1 \perp \Pi_4$ (рис. 62, б) на комплексном чертеже. Для этого достаточно измерить высоту точки на заменяемой плоскости проекций Π_2 и отложить ее на новой линии связи от новой оси проекций — новая проекция точки A_4 будет построена.

Если новую плоскость проекций ввести взамен горизонтальной плоскости проекций, т. е. $\Pi_4 \perp \Pi_2$ (рис. 63, а), тогда в новой системе плоскостей новая проекция точки будет находиться на одной линии связи с фронтальной проекцией, причем, $A_2 A_4 \perp \frac{\Pi_2}{\Pi_4}$. В этом случае глубина точки одинакова — что на плоскости Π_1 , что на плоскости Π_4 . На этом основании строят A_4 (рис. 63, б) на линии связи $A_2 A_4$ на таком расстоянии от новой оси $\frac{\Pi_2}{\Pi_4}$, на каком A_1 находится от оси $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$.

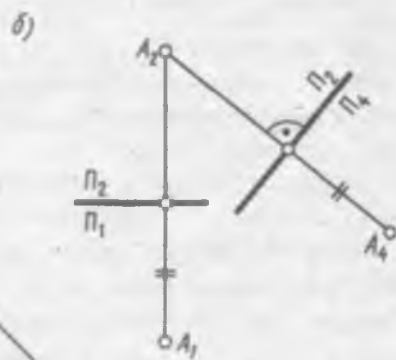
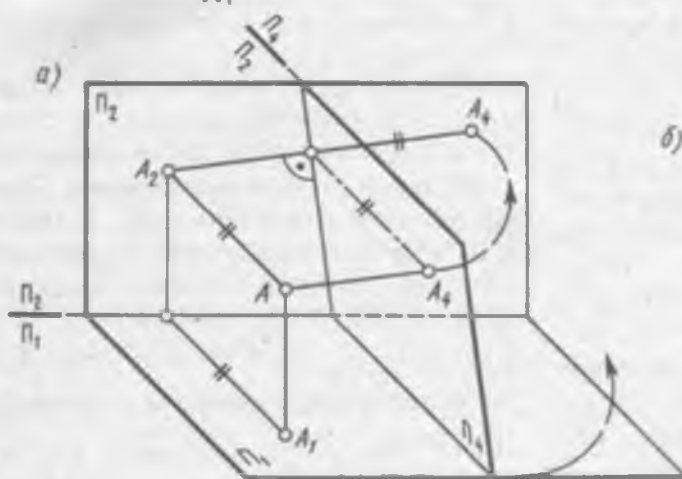


Рис. 63

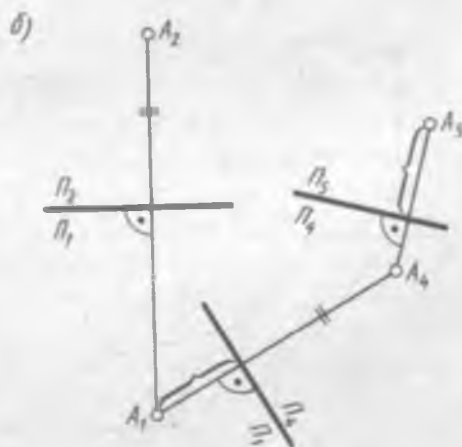
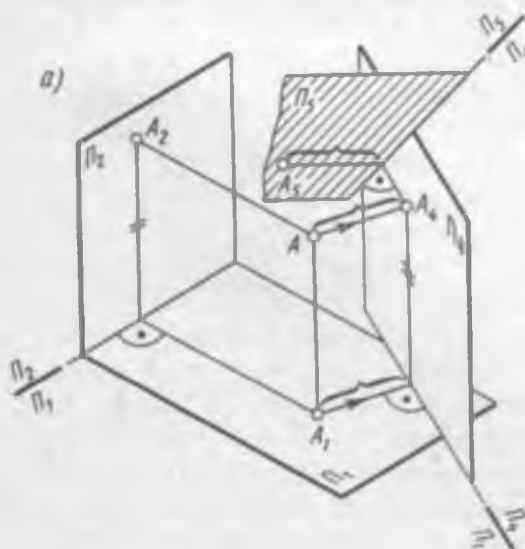


Рис. 64

Построение новых дополнительных проекций всегда связано с конкретными задачами, которые будут рассмотрены дальше. Возможно, что введение одной дополнительной плоскости проекций не даст желаемого результата, тогда вводят еще одну дополнительную плоскость Π_5 , располагая ее перпендикулярно уже введенной плоскости Π_4 (рис. 64, а), т. е. $\Pi_5 \perp \Pi_4$, и производят построения, аналогичные ранее рассмотренным. Теперь расстояния измеряют на заменяемой второй из основных плоскостей проекций (на рис. 64, б на плоскости Π_1) и откладывают их на новой линии связи $A_4 A_5$ от новой оси проекций $\frac{\Pi_5}{\Pi_4}$. В новой системе плоскостей $\Pi_4 \perp \Pi_5$ получают новый двухпроекционный чертеж, состоящий из ортогональных проекций A_4 и A_5 , связанных линией связи $A_4 A_5 \perp \frac{\Pi_4}{\Pi_5}$.

§ 9. Прямоугольные координаты точки

Три основные плоскости проекций ($\Pi_1 \perp \Pi_2 \perp \Pi_3$) могут рассматриваться и как координатные плоскости. Тогда оси проекций становятся координатными осями: Π_2 — осью абсцисс X ; Π_1 — осью ординат Y ; Π_3 — осью аппликат Z . Начало координат (точка O) располагается в точке пересечения осей координат (рис. 65).

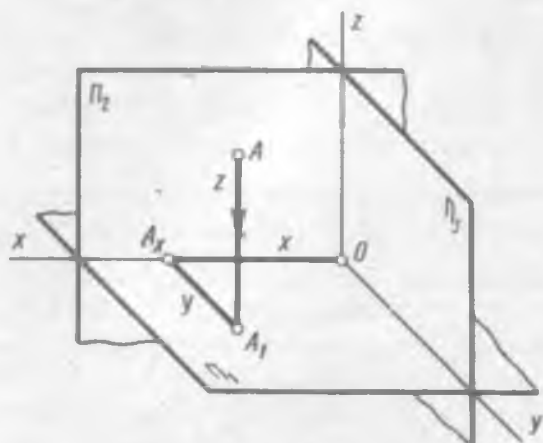


Рис. 65

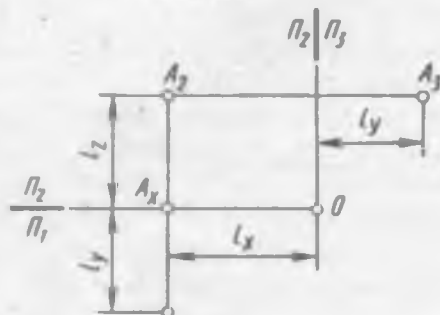


Рис. 66

Чтобы отнести точку A к натуральной системе координат $Oxyz$, надо построить ортогональную проекцию точки A на плоскости xOy . Затем проекцию A_1 ортогонально спроецировать на ось X в точку A_x . Тогда получим пространственную координатную ломаную AA_1A_xO , отрезки которой параллельны осям координат и соответственно называются:

OA_x — отрезком абсциссы; A_xA_1 — отрезком ординаты; A_1A — отрезком аппликаты.

Измерив координатные отрезки единицей длины l , получим три отвлеченных числа — три координаты точки A :

$$x = \frac{OA_x}{l} \text{ — абсцисса; } y = \frac{A_1A_1}{l} \text{ — ордината; } z = \frac{AA_1}{l} \text{ — аппликата.}$$

Если точка задана своими координатами $A(x, y, z)$, то можно построить ее комплексный чертеж, задав соответствующую единицу длины l (например, $l = 1$ мм). Абсцисса точки определяет положение вертикальной линии связи (рис. 66). Горизонтальная проекция точки определится величиной ординаты, а фронтальная — величиной аппликаты.

Вопросы для самопроверки

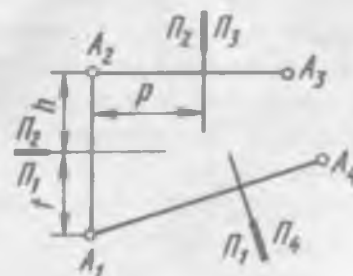
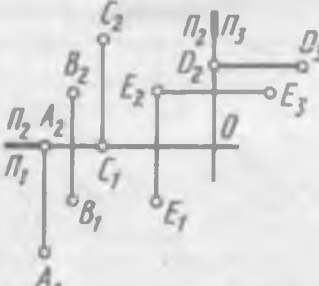
1. Какой чертеж называется комплексным?
2. Как называются и обозначаются основные плоскости проекций?
3. Что такое вертикальная линия связи? горизонтальная линия связи?
4. Как называется расстояние, определяющее положение точки относительно плоскости проекций Π_1, Π_2 ?
5. Как построить горизонтальную проекцию точки, если на чертеже имеется ее фронтальная и профильная проекции?
6. Как построить фронтальную проекцию точки по данным горизонтальной и профильной проекций точки?
7. Как построить дополнительную проекцию точки на плоскости $\Pi_4 \perp \Pi_2, \Pi_4 \perp \Pi_1, \Pi_5 \perp \Pi_4$?
8. Какие координаты точки можно определить по ее горизонтальной проекции? профильной проекции?
9. Как можно построить комплексный чертеж точки по ее координатам?

§ 10. Прямая. Задание и изображение на чертеже

Известно, что прямая линия l в пространстве определяется положением двух ее точек, например A и B . Значит, достаточно выполнить комплексный чертеж этих двух точек, а затем соединить одноименные проекции точек прямыми линиями, получим соответственно горизонтальную и фронтальную проекции прямой (рис. 67).

Профильную проекцию прямой можно построить с помощью профильных проекций точек A и B (рис. 67, б). Кроме того, профильную проекцию прямой можно построить, используя разность расстояний двух ее точек до фронтальной плоскости проекций, т. е. разность глубин точек

**КАРТА ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПО ТЕМЕ
«КОМПЛЕКСНЫЙ ЧЕРТЕЖ ТОЧКИ»**

А. Как называется плоскость проекций Π_2 ? ☐ 1 дополнительная ☐ 2 горизонтальная ☐ 3 фронтальная ☐ 4 профильная	Б. Как называется линия A_1A_2 ? ☐ 1 проекционная линия ☐ 2 ось проекций ☐ 3 вертикальная линия связи ☐ 4 горизонтальная линия связи В. Как называется проекция точки A_4 ? ☐ 1 горизонтальная ☐ 2 фронтальная ☐ 3 профильная ☐ 4 дополнительная
 Г. Какое расстояние нужно измерить для построения проекции A_4 ? ☐ 1 p ☐ 2 h ☐ 3 f ☐ 4 A_2A_3	 Д. Какая точка лежит в горизонтальной плоскости проекций ? ☐ 1 А ☐ 2 В ☐ 3 С ☐ 4 D Е. Какая из точек наиболее удалена от фронтальной плоскости проекций ? ☐ 1 А ☐ 2 С ☐ 3 D ☐ 4 Е
Ж. Ордината какой точки равна нулю ? ☐ 1 Е ☐ 2 D ☐ 3 С ☐ 4 В	И. У какой из точек равны все три координаты ? ☐ 1 В ☐ 2 С ☐ 3 D ☐ 4 Е
К. Какие координаты определяют точку, лежащую в профильной плоскости проекций ? ☐ 1 x и y ☐ 2 y и z ☐ 3 x и z ☐ 4 x, y и z	Л. С какой осью проекций совпадает ось ординат ? ☐ 1 $\frac{\Pi_1}{\Pi_2}$ ☐ 2 $\frac{\Pi_2}{\Pi_3}$ ☐ 3 $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ ☐ 4 $\frac{\Pi_1}{\Pi_3}$

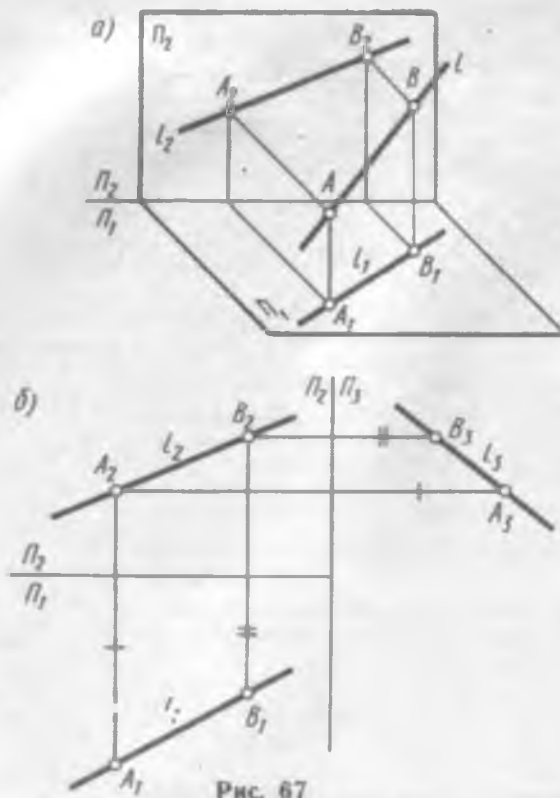


Рис. 67

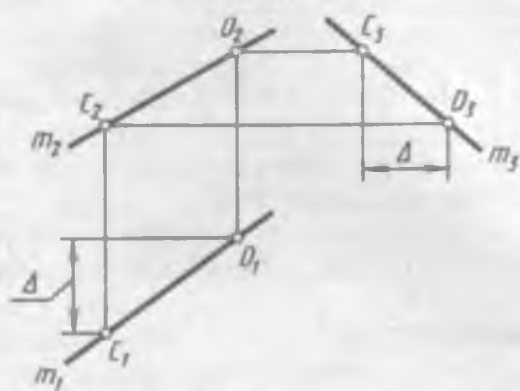


Рис. 68

(рис. 68). В этом случае отпадает необходимость наносить оси проекций чертежа. Этот способ, как более точный, и используется в практике выполнения технических чертежей.

Относительно плоскостей проекций прямая может занимать различное положение. Прямую, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций (см. рис. 67, 68), называют *прямой общего положения*. Прямую, параллельную или перпендикулярную одной из плоскостей проекций, называют *прямой частного положения*.

Прямые, параллельные одной из плоскостей проекций, называют *прямыми уровня*. Название их зависит от того, какой

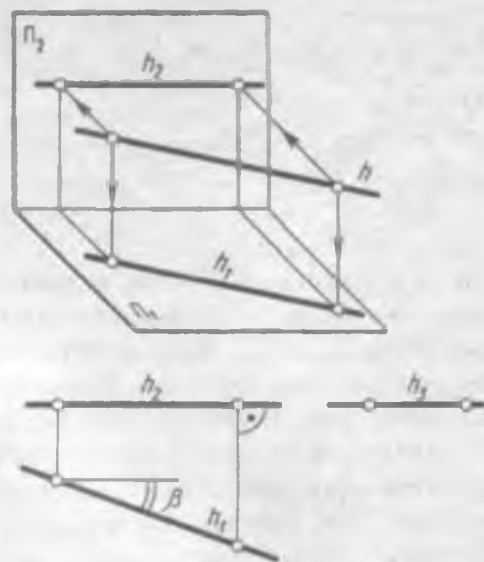


Рис. 69

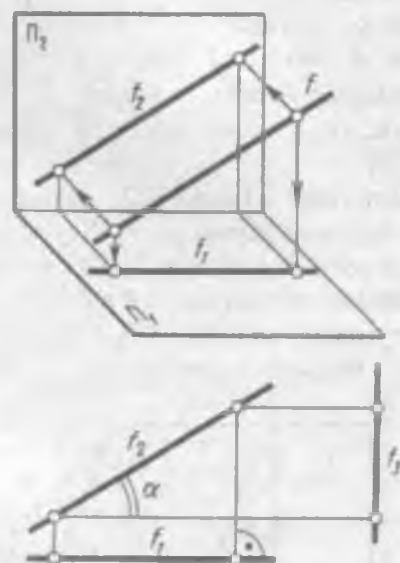


Рис. 70

плоскости они параллельны. Прямую, параллельную горизонтальной плоскости проекций, называют *горизонталью* и обозначают на чертежах h (рис. 69).

Прямую, параллельную фронтальной плоскости проекций, называют *фронталью* и обозначают f (рис. 70).

Прямую, параллельную профильной плоскости проекций, называют *профильной прямой* и обозначают p (рис. 71).

У прямой уровня одна проекция параллельна самой прямой и определяет углы наклона этой прямой к двум другим плоскостям проекций.

Параллельность одной из плоскостей проекций определяет расположение двух других проекций прямой уровня:

$$h_2 \parallel \frac{\Pi_2}{\Pi_1}; \quad h_3 \perp \frac{\Pi_2}{\Pi_3};$$

$$f_1 \parallel \frac{\Pi_2}{\Pi_1}; \quad f_3 \parallel \frac{\Pi_2}{\Pi_3};$$

$$p_1 \perp \frac{\Pi_2}{\Pi_1}; \quad p_2 \perp \frac{\Pi_2}{\Pi_1}.$$

или h_2 и f_1 перпендикулярны вертикальным линиям связи; p_1 и p_2 располагаются на одной вертикальной линии связи и при двухпроекционном чертеже должны быть определены двумя точками прямой p .

Прямые, перпендикулярные одной из плоскостей проекций, называются *проецирующими*. Эти прямые, будучи перпендикулярными одной плоскости проекций, оказываются параллельными двум другим плоскостям проекций. Поэтому у проецирующих прямых одна проекция превращается в точку, а две другие проекции параллельны самой прямой и совпадают на чертеже с направлением линий связи (рис. 72).

Различают (рис. 72) *горизонтально проецирующие* прямые (AB), *фронтально проецирующие* прямые (CD) и *профильно проецирующие* прямые (EF).

Две точки, лежащие на одной проецирующей прямой, называются *конкурирующими*.

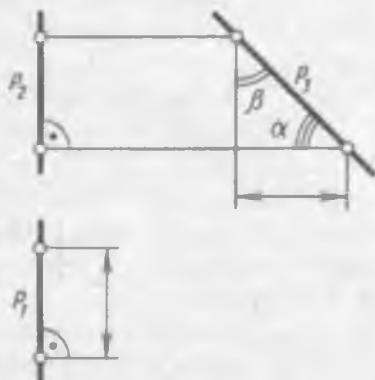
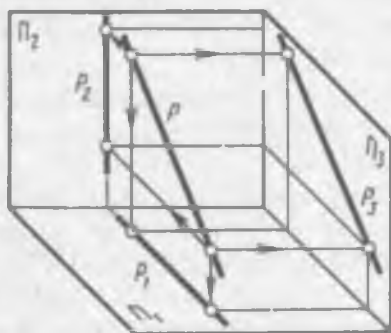


Рис. 71

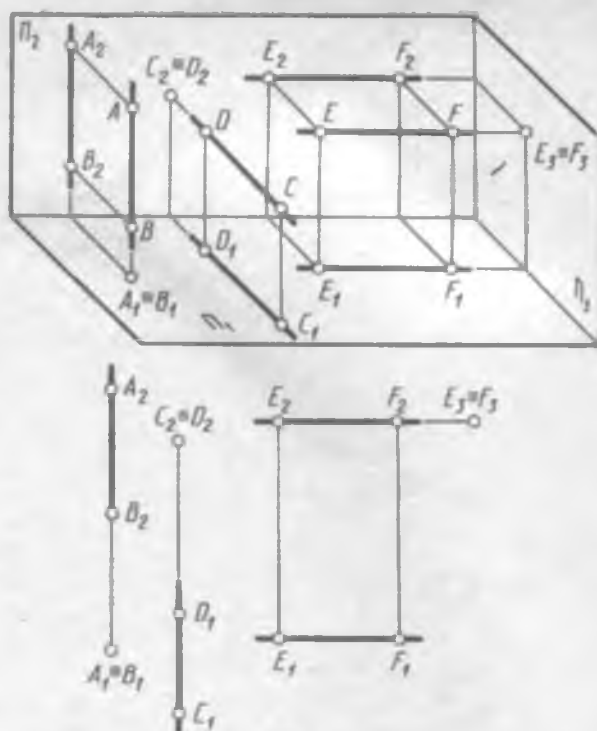


Рис. 72

Конкурирующие точки помогают определить видимость отдельных элементов предмета на данной плоскости проекций. Из двух горизонтально конкурирующих точек A и B (рис. 72) на плоскости Π_1 видима та, которая выше, т. е. A , а точка B оказывается под точкой A . Из двух фронтально конкурирующих точек C и D (рис. 72) на плоскости Π_2 видима та, которая ближе к наблюдателю (глубина которой больше), т. е. точка C , а точка D невидима, так как расположена за точкой C .

Из двух профильно конкурирующих точек E и F (рис. 72) на плоскости Π_3 видима та, которая левее, т. е. точка E .

§ 11. Определение натуральной величины отрезка

Если отрезок прямой занимает общее положение, то ни на одной основной плоскости проекций нельзя определить его истинную длину (см. рис. 68). Построить изображение отрезка в истинную величину на комплексном чертеже можно *способом прямоугольного треугольника*.

Возьмем отрезок AB ($A \in \Pi_1$) и построим его ортогональную проекцию на горизонтальной плоскости проекции (рис. 73, а). В пространстве при этом образуется пря-

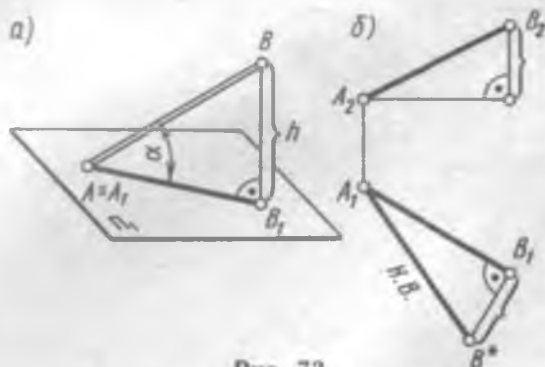


Рис. 73

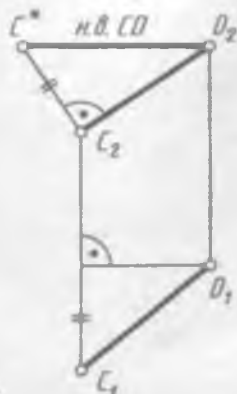


Рис. 74

прямоугольный $\triangle A_1BB_1$, в котором гипотенузой является сам отрезок, одним катетом — горизонтальная проекция этого отрезка, а вторым катетом — разность высот точек A и B отрезка. Так как по чертежу прямой определить разность высот точек ее отрезка не составляет труда, то можно построить на горизонтальной проекции отрезка (рис. 73, б) прямоугольный треугольник, взяв вторым катетом превышение одной точки над второй. Гипотенуза этого треугольника и будет натуральной величиной отрезка AB .

Аналогичное построение можно сделать на фронтальной проекции отрезка, только в качестве второго катета надо взять разность глубин его концов (рис. 74), измеренную на плоскости Π_1 .

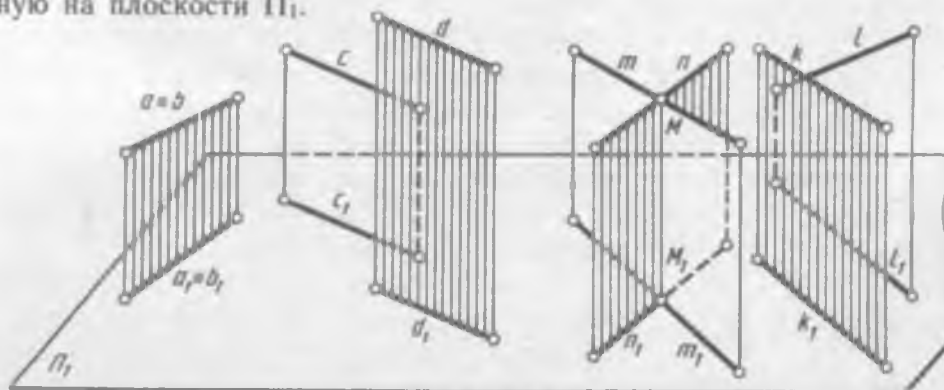


Рис. 75

Отрезок прямой общего положения спроецируется без искажения на плоскость, параллельную данному отрезку. Значит, натуральную величину отрезка можно определить заменой одной из основных плоскостей проекций на дополнительную плоскость проекций.

§ 12. Взаимное расположение двух прямых

Две прямые в пространстве (рис. 75) могут совпадать $a \equiv b$, быть параллельными $c \parallel d$, пересекаться $m \cap n$ и скрещиваться ($k \circ l$).

Если две прямые параллельны, то на комплексном чертеже (рис. 76) их одноименные проекции параллельны.

Если две прямые пересекаются в некоторой точке M , то проекции этой точки должны принадлежать одноименным проекциям прямых, т. е. точки пересечения одноименных проекций пересекающихся прямых должны лежать на одной линии связи (рис. 77):

$$m \cap n = M \rightarrow \begin{cases} m_1 \cap n_1 = M_1, \\ m_2 \cap n_2 = M_2. \end{cases}$$

Если две прямые скрещиваются, то их одноименные проекции могут пересекаться в точках, не лежащих на одной линии связи (рис. 78, а):

$a \circ b \rightarrow a_1 \cap b_1 = A_1(1_1)$ — горизонтально конкурирующие точки,
 $a_2 \cap b_2 = B_2(2_2)$ — фронтально конкурирующие точки, или одна пара проекций будет пересекаться, а вторая может быть параллельными прямыми (рис. 78, б):

$$\left. \begin{matrix} k_2 \cap l_2 \\ k_1 \parallel l_1 \end{matrix} \right\} \rightarrow k \circ l.$$

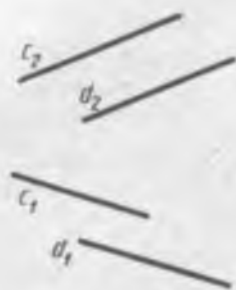


Рис. 76

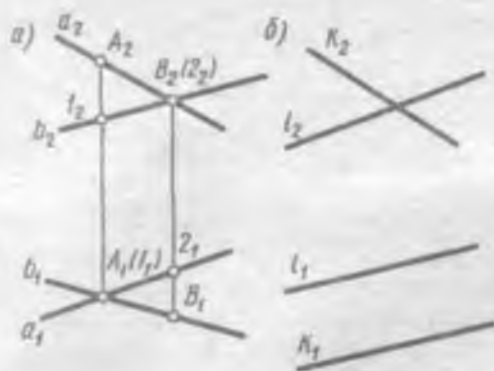


Рис. 77



Рис. 78

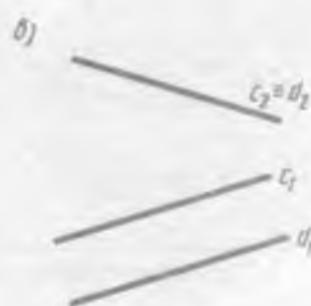
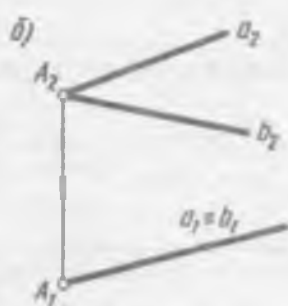
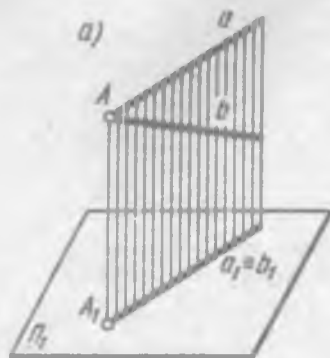


Рис. 79

Две прямые, параллельные или пересекающиеся, могут иметь общую проецирующую плоскость (рис. 79, а). Тогда их изображения на соответствующую плоскость проекций совпадут. Такие прямые называются *конкурирующими*:

$$a \cap b = A \rightarrow \begin{cases} a_2 \cap b_2 = A_2, \\ a_1 = b_1, \quad A_1 \in a_1(b_1). \end{cases}$$

Прямые a и b горизонтально конкурирующие, имеют общую горизонтально проецирующую плоскость (рис. 79, б). Прямые c и d (рис. 79, в) — фронтально конкурирующие, имеют общую фронтально проецирующую плоскость.

Вопросы для самопроверки

1. Чем определяется проекция прямой линии?
2. Как построить профильную проекцию прямой, не вводя оси проекций?
3. Какое положение может занимать прямая относительно плоскостей проекций?

4. Какие линии уровня вы знаете? Как располагаются проекции прямых уровня?

5. Какие проецирующие прямые вы знаете?

6. Какие точки называются конкурирующими?

7. Как определить видимость элементов пространства относительно данной плоскости проекций с помощью конкурирующих точек?

8. Может ли при параллельном проецировании (косоугольном и прямоугольном) проекция отрезка быть больше самого отрезка?

9. Как определить истинную величину отрезка по его комплексному чертежу?

10. Как могут быть расположены в пространстве две различные прямые?

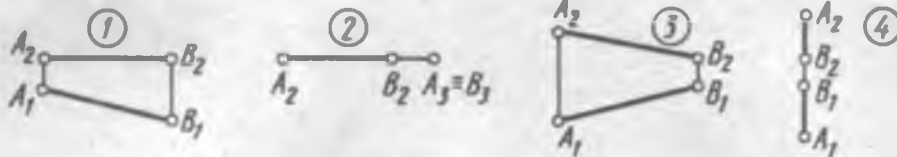
11. Как на комплексном чертеже располагаются проекции параллельных прямых и почему?

12. Как на комплексном чертеже располагаются точки пересечения пересекающихся прямых?

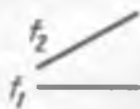
13. Как располагаются точки пересечения одноименных проекций двух скрещивающихся прямых?

14. Какие прямые называются конкурирующими?

А. Укажите комплексный чертеж отрезка прямой общего положения ?

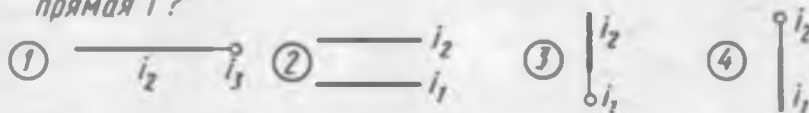


Б. Под каким углом прямая f наклонена к плоскости Π_3 ?

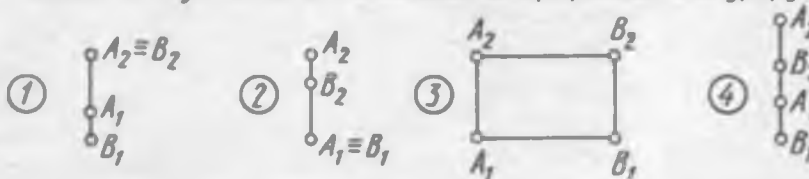


- ① 45° ② 30° ③ 60° ④ 0°

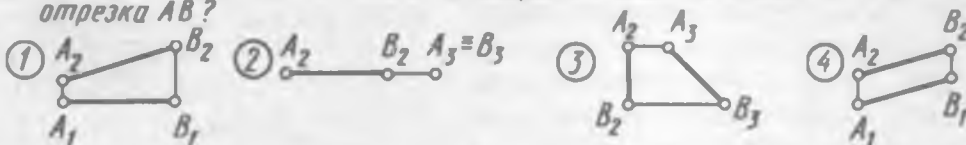
В. На каком чертеже изображена фронтально-проецирующая прямая i ?



Г. Какие из двух точек А и В являются профилно конкурирующими ?



Д. На каком чертеже ни одна из проекций не дает истинной длины отрезка АВ ?

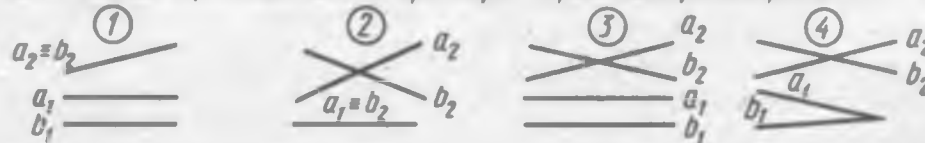


Е. Как расположены в пространстве прямые a и b ?



- ① пересекаются
② параллельны
③ скрещиваются

Ж. На каком чертеже заданы проекции пересекающихся прямых ?



Линия представляет собой множество последовательных положений точки, перемещающейся в пространстве. Прямая линия получается при прямолинейном движении точки без изменения направления движения. Если точка перемещается в одной плоскости, то образуется *плоская линия*. *Пространственная линия* не лежит всеми своими точками в одной плоскости. Плоскими линиями являются, например, окружность, эллипс, овал. Примером пространственной линии может служить винтовая линия.

При ортогональном проектировании проекции линий получаются как результат пересечения проецирующих цилиндров с плоскостями проекций (см. § 6), значит, проекциями плоских и пространственных кривых линий являются линии плоские. В общем случае секущая m кривой проецируется секущей ее проекции, а касательная t к кривой проецируется касательной к ее проекции (рис. 80). Проекции особых точек кривой (точек перегиба, возврата, излома, узловых точек) являются особыми точками и на проекции кривой, так как особые точки кривых связаны с касательными в этих точках.

На комплексном чертеже кривая линия задается своими проекциями, которые строят по проекциям отдельных точек, принадлежащих этой линии. Если плоскость кривой занимает проецирующее положение (рис. 81, а), то одна проекция этой кривой имеет форму прямой. У пространственной кривой все ее проекции — кривые линии (рис. 81, б).

Чтобы установить по чертежу, какая задана кривая (плоская или пространственная), необходимо выяснить, принадлежат ли все точки кривой одной плоскости. Заданная на рис. 81, б кривая является пространственной, так как точка D кривой не принадлежит плоскости, определяемой тремя другими точками A , B и E этой кривой.

Окружность — плоская кривая второго порядка, ортогональная проекция которой может быть окружностью и эллипсом (рис. 82). Для изображения окружности диаметра d на комплексном чертеже обязательно строят проекции центра O и двух ее диаметров. Удобнее всего строить проекции

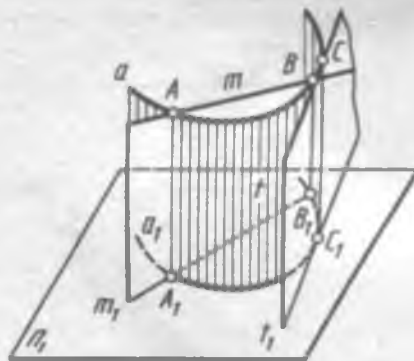


Рис. 80

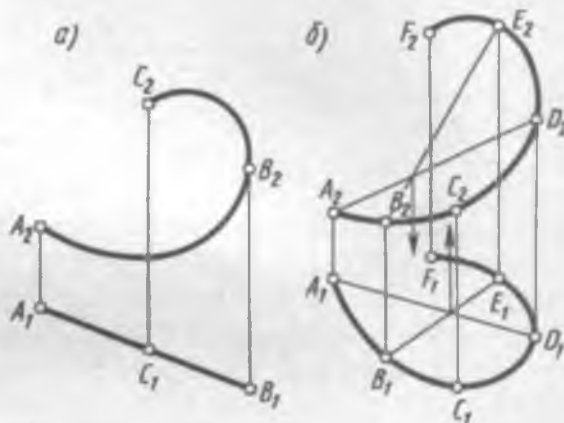


Рис. 81

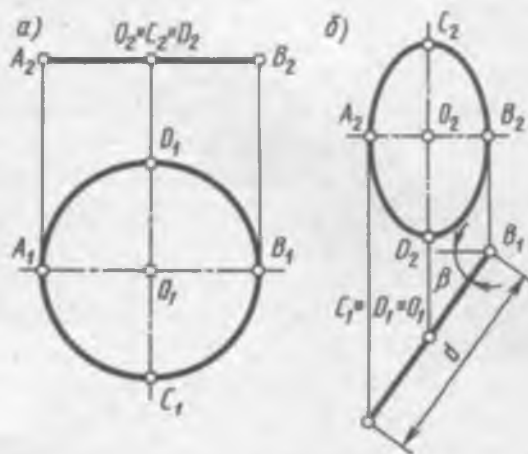


Рис. 82

диаметров, параллельных плоскостям проекций: $AB \parallel \Pi_1$; $CD \parallel \Pi_2$, $CD \perp \Pi_1$ (рис. 82, б). Фронтальная проекция окружности — эллипс — определяется малой осью эллипса $A_2B_2 = d \cos \beta$ и большой осью эллипса $C_2D_2 = d$.

Если плоскость окружности наклонена ко всем основным плоскостям проекций, то все три ее проекции есть эллипсы, которые

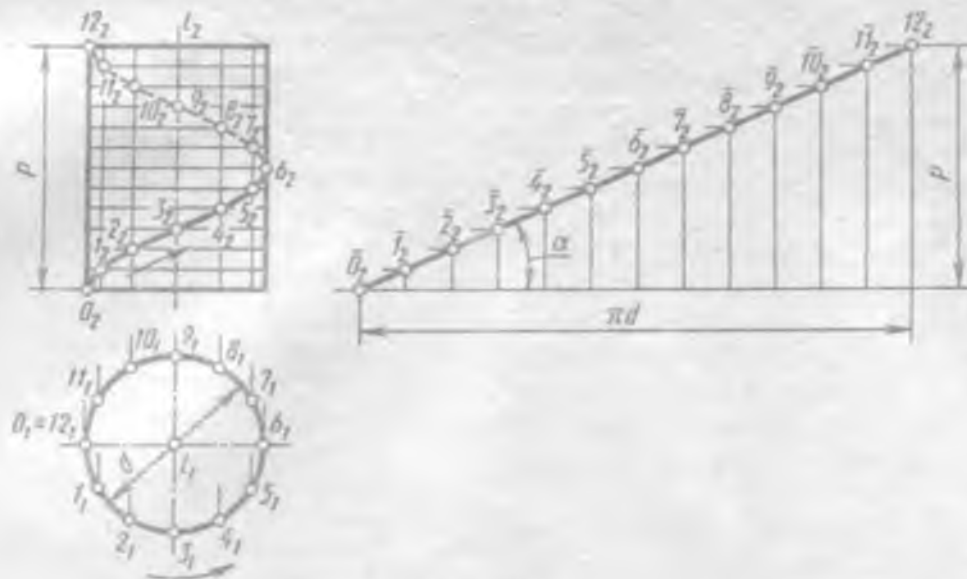


Рис. 83

можно построить по сопряженным диаметрам, являющимся проекциями тех диаметров окружности, которые параллельны плоскостям проекций (см. рис. 38).

Цилиндрическая винтовая линия (гелиса) — пространственная кривая, представляющая собой траекторию точки, выполняющей винтовое движение. Винтовое движение включает в себя равномерно поступательное движение точки по прямой и равномерно вращательное движение этой прямой с точкой вокруг оси i , которой прямая параллельна. Высота p , на которую точка поднимается по прямой за полный оборот, называется **шагом винтовой линии** (рис. 83). Если ось i винтовой линии перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, то горизонтальная проекция винтовой линии есть окружность, а фронтальная — синусоида.

Для построения фронтальной проекции винтовой линии при заданном диаметре d и шаге P нужно разделить и окружность и шаг на равное число частей. Построение проекций точек винтовой линии видно из чертежа (рис. 83). Цилиндрическую винтовую линию можно развернуть на плоскость. Развертка ее представляет собой прямую линию с углом подъема α , где

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{p}{\pi d}.$$

Вопросы для самопроверки

1. В чем различие между плоской и пространственной линиями?

2. Какие вы знаете плоские кривые линии? пространственные кривые?

3. Как изображается окружность на комплексном чертеже, если она лежит во фронтально проецирующей плоскости? во фронтальной плоскости уровня? в плоскости общего положения?

4. Как можно построить эллипс — прямоугольную проекцию окружности, расположенной во фронтально проецирующей плоскости?

5. В чем сущность винтового движения?

6. Какую линию называют гелисой?

7. Какие параметры определяют цилиндрическую винтовую линию?

8. Что является разверткой цилиндрической винтовой линии?

§ 14. Задание плоскости на чертеже

Любую плоскость определяют: 1) три точки, не лежащие на одной прямой $\Theta(A, B, C)$; 2) прямая и точка, не лежащая на этой прямой $\Theta(a, A; A \notin a)$; 3) две пересекающиеся прямые $\Theta(a \cap b)$; 4) две параллельные прямые $\Theta(a \parallel b)$; 5) любая плоская фигура, например треугольник $\Theta(ACB)$.

На комплексном чертеже проекции плоскости задаются, но не ограничиваются проекциями элементов, ее определяющих (рис. 84).

Относительно плоскостей проекций плоскость может занимать различное положение.

Плоскость, не перпендикулярная ни одной из основных плоскостей проекций, называется плоскостью *общего положения*. На комплексном чертеже проекции элемен-

В дальнейшем будем обозначать горизонтальную плоскость уровня Γ , фронтальную плоскость уровня — Φ , профильную уровня — Ψ . На рис. 87, а дан комплексный чертеж плоскости $\Gamma \parallel \Pi_1$, проходящей через точку A ; на рис. 87, б дан чертеж плоскости $\Phi \parallel \Pi_2$. $\Phi \equiv \Delta ABC$, $\Delta A_2 B_2 C_2$ — истинная величина треугольника ABC : на рис. 87, в выполнен комплексный чертеж плоскости $\Psi \parallel \Pi_3$; $\Psi(aA; A \notin a)$.

§ 15. Линии уровня в плоскости

В любой плоскости можно построить линии, параллельные плоскостям проекций. Их называют *линиями уровня плоскости*. *Горизонталь плоскости* — это линия плоскости, параллельная горизонтальной плоскости проекций (рис. 88). Построение горизонтали всегда начинают с ее фронтальной проекции: $h(A, I) \in \Theta(ABC)$; $h_2 \equiv A_2$; $h_2 \perp A_2 A_1$; $h_2 \cap B_2 C_2 = I_2$; $I_2 I_1 \parallel A_2 A_1$; $I_2 I_1 \cap B_1 C_1 = I_1$; $A_1 \cap I_1 = h_1$.

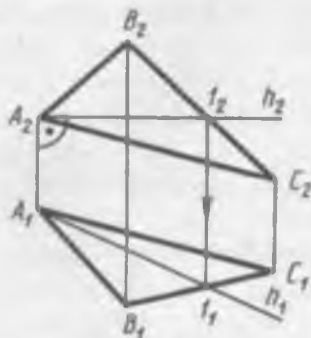


Рис. 88

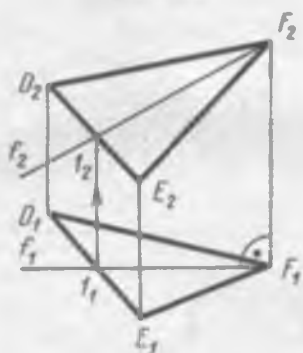


Рис. 89

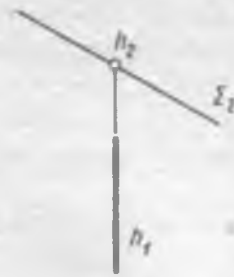


Рис. 90

Фронталь плоскости параллельна Π_2 (рис. 89), ее построение начинают с горизонтальной проекции:

$$\{F, I\} \in \mathcal{M}(DEF); f_1 \equiv F_1; f_1 \perp F_1 F_2; \\ f_1 \cap D_1 E_1 = I_1; I_1 I_2 \parallel F_1 F_2; I_1 I_2 \cap D_2 E_2 = I_2; \\ I_2 \cap F_2 = f_2.$$

Для плоскостей частного положения соответствующие линии уровня одновременно будут и проецирующими. На рис. 90 $h \equiv \Sigma$; $\Sigma \perp \Pi_2$; h есть фронтально проецирующая прямая.

Вопросы для самопроверки

1. Какими элементами пространства можно задать плоскость?
2. Как относительно плоскостей проекций может быть расположена плоскость?
3. Какие плоскости называются проецирующими? Что характерно для комплексного чертежа проецирующей плоскости?
4. Каким свойством обладают вырожденные проекции плоскостей частного положения?
5. Какие линии уровня плоскости вы знаете? Как они изображаются на комплексном чертеже?
6. Какое расположение на комплексном чертеже займут проекции фронтали и горизонтали горизонтально проецирующей плоскости?
7. Какие плоскости можно провести через фронтально проецирующую прямую?
8. Можно ли провести проецирующую плоскость через прямую общего положения?

тов, задающих плоскость, как правило, занимают общее положение (рис. 84).

Плоскости, перпендикулярные или параллельные основным плоскостям проекций, называются плоскостями *частного положения*.

Плоскость, перпендикулярная одной из плоскостей проекций, называется *проецирующей*. Все проецирующие плоскости будем обозначать Σ . В зависимости от того, какой плоскости проекций перпендикулярна проецирующая плоскость, ее называют: горизонтально проецирующей ($\Sigma \perp \Pi_1$), фронтально проецирующей ($\Sigma \perp \Pi_2$) и профильно проецирующей ($\Sigma \perp \Pi_3$).

У проецирующей плоскости на комплексном чертеже одна проекция есть прямая линия, на которой располагаются проекции всех точек, линий и фигур, лежащих в этой плоскости (рис. 85, а).

Эта вырожденная в прямую проекция плоскости вполне определяет положение плоскости относительно основных плоско-

стей проекций. Так, по рис. 85, а ясно, что плоскость $\Sigma(a \parallel b)$ есть горизонтально проецирующая и расположена под углом β к фронтальной и под углом γ к профильной плоскости проекций. На рис. 85, б дан комплексный чертеж фронтально проецирующей плоскости Σ , составляющей угол α с плоскостью Π_1 и угол γ с плоскостью Π_2 . $\Delta ABC \in \Sigma \rightarrow A_2 \in \Sigma_2, B_2 \in \Sigma_2, C_2 \in \Sigma_2$.

Проецирующая плоскость на комплексном чертеже может быть задана только своей «вырожденной» проекцией. На рис. 86 через точку A проведена профильно проецирующая плоскость ($\Sigma \perp \Pi_3$) под углом α к Π_1 .

Плоскость, параллельная одной из плоскостей проекций, называется *плоскостью уровня*. Такие плоскости являются дважды проецирующими, поэтому на комплексном чертеже у них две проекции имеют вид прямой, расположенной под прямым углом к линиям связи, а третья проекция дает изображение всех элементов, лежащих в этой плоскости в натуральную величину.

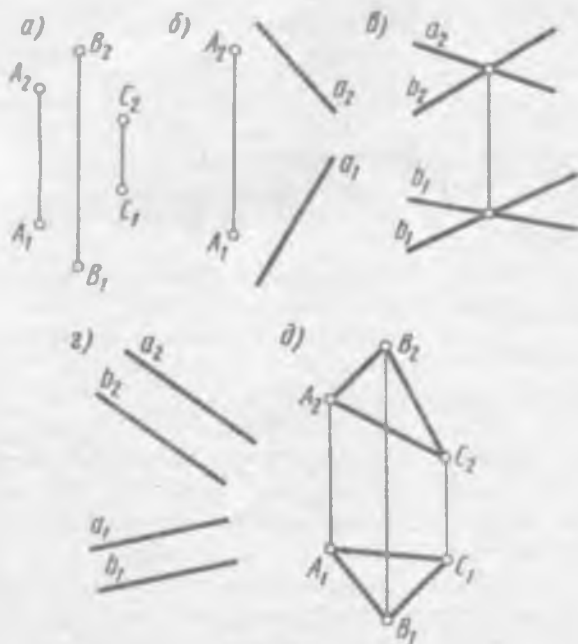


Рис. 84

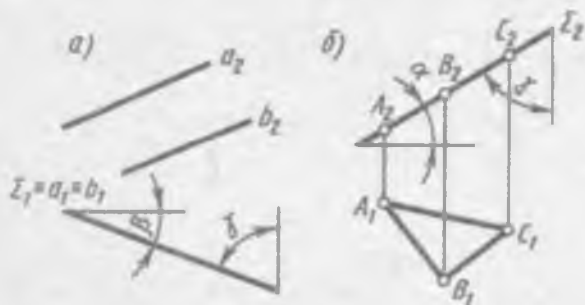


Рис. 85

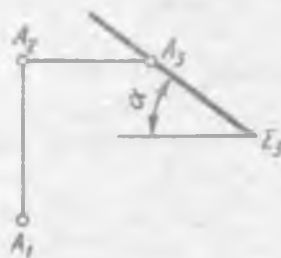


Рис. 86

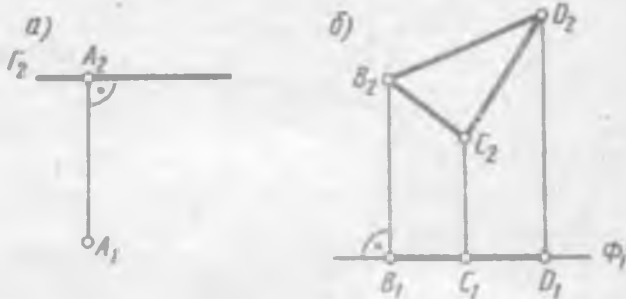
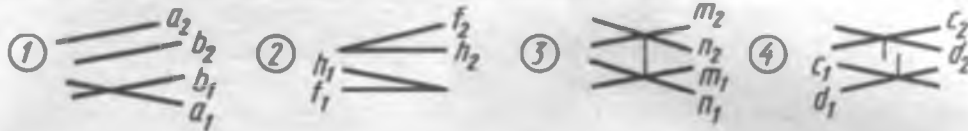


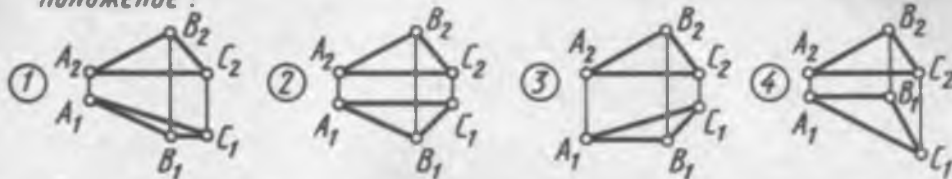
Рис. 87

**КАРТА ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПО ТЕМЕ
«КОМПЛЕКСНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЛОСКОСТИ»**

А. На каком чертеже задана плоскость двумя прямыми?



Б. На каком чертеже плоскость треугольника ABC занимает частное положение?

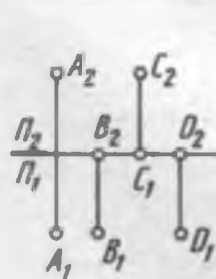


В. Какую плоскость нельзя провести через прямую a?



- ① общего положения
- ② проецирующую
- ③ уровня

Г. Принадлежат ли точки A, B, C и D одной плоскости?

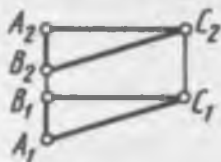


- ① принадлежат
- ② не принадлежат

Д. Какую плоскость можно задать точками A, B и D?

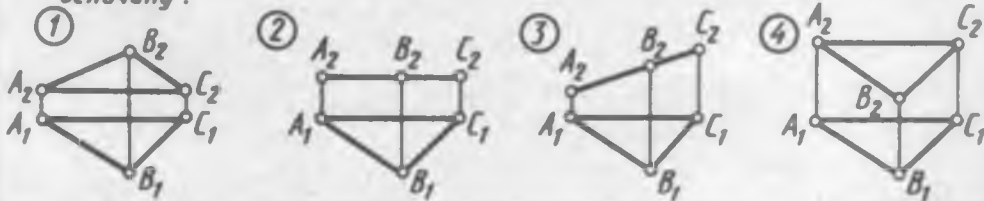
- ① профильную плоскость уровня
- ② фронтально проецирующую
- ③ общего положения
- ④ фронтальную плоскость уровня

Е. Какая сторона $\triangle ABC$ является фронталью?



- ① AB
- ② BC
- ③ AC

Ж. На каком чертеже имеется изображение $\triangle ABC$ в натуральную величину?



§ 16. Поверхности

Поверхность представляет собой множество последовательных положений линии, перемещающейся в пространстве. Эту линию называют *образующей поверхности*. Она может быть прямой или кривой. Кривая образующая может быть постоянного или переменного вида. Закон перемещения образующей может быть задан тоже линиями, но иного направления, чем образующая. Эти линии называют *направляющими*. Совокупность нескольких последовательных положений образующей и направляющих создает *каркас* поверхности (рис. 91). Не трудно видеть, что образующие l и направляющие m можно поменять местами. При этом поверхность получается одна и та же.

Любую поверхность можно получить различными способами. Так, прямой круговой цилиндр (рис. 92) можно создать вращением образующей l вокруг оси i , ей параллельной. Тот же цилиндр образуется перемещением окружности m с центром в точке O , скользящим по оси i . Любая кри-

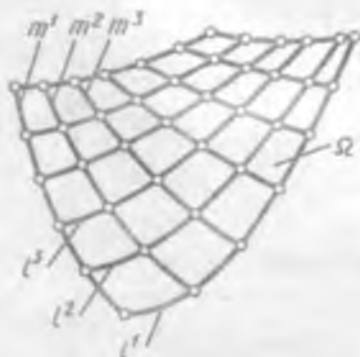


Рис. 91

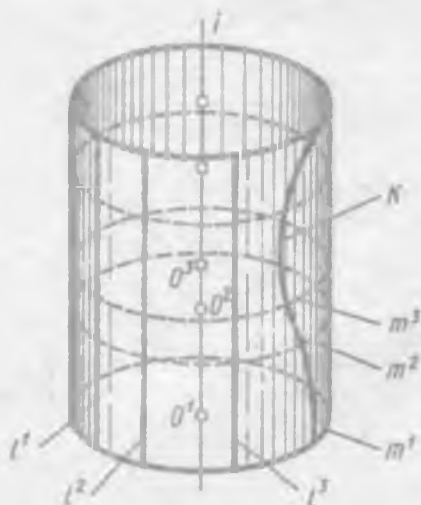


Рис. 92

вая k , лежащая на поверхности цилиндра, образует эту поверхность при своем вращении вокруг оси i .

На практике из всех возможных способов образования поверхности выбирают наиболее простой.

В зависимости от формы образующей все поверхности можно разделить на *линейчатые* (образующая — прямая линия) и *нелинейчатые* (образующая — кривая линия).

В линейчатых поверхностях выделяют поверхности *развертывающиеся*, совмещаемые всеми своими точками с плоскостью без разрывов и складок, и *неразвертывающиеся*, которые нельзя совместить с плоскостью без разрывов и складок.

К развертывающимся поверхностям относятся поверхности всех многогранников, цилиндрические, конические и торсовые поверхности. Все остальные поверхности — неразвертывающиеся.

Нелинейчатые поверхности могут быть с образующей постоянной формы (поверхности вращения и трубчатые поверхности) и с образующей переменной формы (канальные и каркасные поверхности).

Для задания поверхностей выбирают такую совокупность независимых геометрических условий, которая однозначно определяет данную поверхность в пространстве. Эта совокупность условий называется *определителем поверхности*. Определитель состоит из двух частей: геометрической, в которую входят основные геометрические элементы и соотношения между ними, и алгоритмической, содержащей последовательность и характер операций перехода от основных постоянных элементов и величин к переменным элементам поверхности, т. е. закон построения отдельных точек и линий данной поверхности.

Поверхность на комплексном чертеже задается проекциями геометрической части ее определителя с указанием способа построения ее образующих. На чертеже поверхности для любой точки пространства однозначно решается вопрос о принадлежности ее данной поверхности. Графическое задание элементов определителя поверхности обеспечивает обратимость чертежа, но не делает его наглядным. Для наглядности прибегают к построению проекций достаточно плотного каркаса образующих и к построению *очерковых линий*

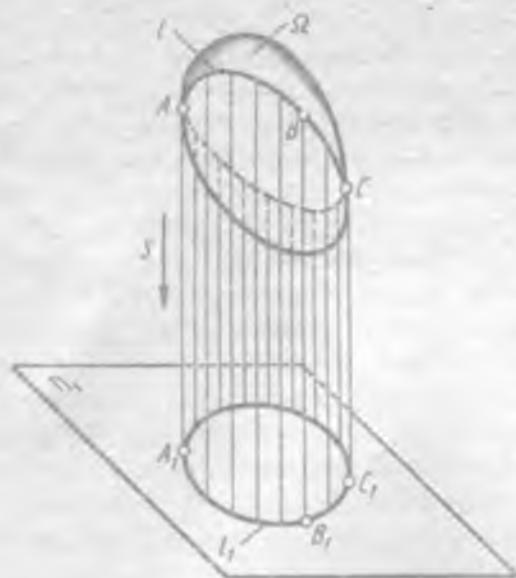


Рис. 93

поверхности (рис. 93). При проецировании поверхности Ω на плоскость проекций проецирующие лучи касаются этой поверхности в точках, образующих на ней некоторую линию l , которая называется *контурной линией*. Проекция контурной линии называется *очерком* поверхности. На комплексном чертеже любая поверхность имеет: на Π_1 — горизонтальный очерк, на Π_2 — фронтальный очерк, на Π_3 — профильный очерк поверхности.

Очерк включает в себя, кроме проекций линии контура, также проекции линий обреза.

Из существующего множества поверхностей в курсе инженерной графики будут рассмотрены все развертывающиеся поверхности (гранные, конические, цилиндрические, торсовые), некоторые поверхности вращения и винтовые поверхности.

§ 17. Гранные поверхности и многогранники

Гранные поверхности образуются перемещением прямолинейной образующей l по ломаной направляющей m . При этом, если одна точка S образующей неподвижна, создается *пирамидальная* поверхность (рис. 94, а), если же образующая при перемещении параллельна заданному направлению s , то создается *призматическая* поверхность (рис. 94, б).

Элементами гранных поверхностей являются: *вершина* S (у призматической поверхности она находится в бесконечности),



Рис. 94

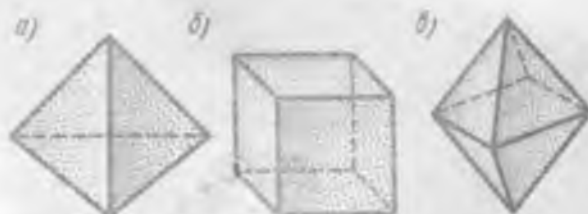


Рис. 95

грань (часть плоскости, ограниченная одним участком направляющей m и крайними относительно него положениями образующей l) и *ребро* (линия пересечения смежных граней).

Определитель пирамидальной поверхности включает в себя вершину S , через которую проходят образующие, и направляющую: $l \equiv S$; $l \cap m$.

Определитель призматической поверхности, кроме направляющей m , содержит направление s , которому параллельны все образующие l поверхности: $l \parallel s$; $l \cap m$.

Замкнутые гранные поверхности, образованные некоторым числом (не менее четырех) граней, называются *многогранниками*. Из числа многогранников выделяют группу правильных многогранников, у которых все грани правильные и конгруэнтные многоугольники, а многогранные углы при вершинах выпуклые и содержат одинаковое число граней. Например: *тетраэдр* — правильный четырехгранник (рис. 95, а), *гексаэдр* — куб (рис. 95, б), *октаэдр* — многогранник (рис. 95, в). Форму различных многогранников имеют кристаллы.

Пирамида — многогранник, в основании которого лежит произвольный многоугольник, а боковые грани — треугольники с общей вершиной S .

На комплексном чертеже пирамида задается проекциями ее вершин и ребер с учетом их видимости. Видимость ребер определяется с помощью конкурирующих точек (рис. 96).

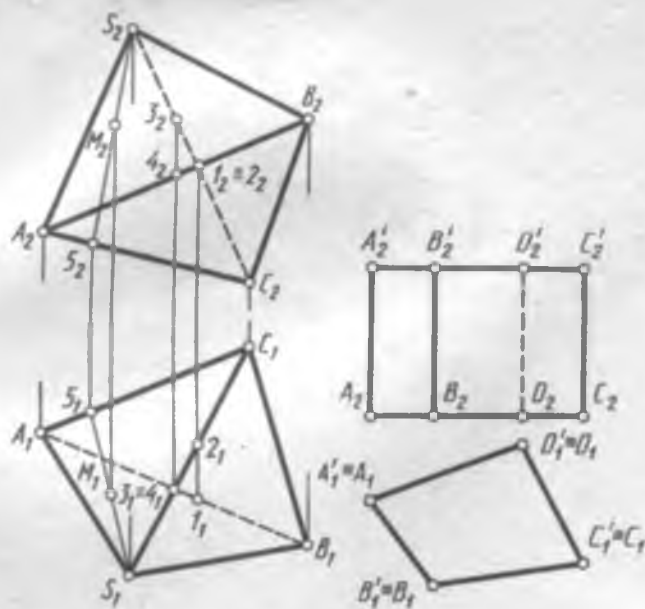


Рис. 96

Рис. 97

Призма — многогранник, у которого основания — два одинаковых и взаимно параллельных многоугольника, а боковые грани — параллелограммы. Если ребра призмы перпендикулярны плоскости основания, такую призму называют *прямой*. Если у призмы ребра перпендикулярны какой-либо плоскости проекций, то боковую поверхность ее называют *проецирующей*. На рис. 97 дан комплексный чертеж прямой четырехугольной призмы с горизонтально проецирующей поверхностью.

При работе с комплексным чертежом многогранника приходится строить на его поверхности линии. А так как линия есть совокупность точек, то необходимо уметь строить точки на поверхности.

Любую точку на гранной поверхности можно построить с помощью образующей, проходящей через эту точку. На рис. 96 в грани ACS построена точка M с помощью образующей $S—5$.

§ 18. Коническая и цилиндрическая поверхности

Коническая поверхность образуется перемещением прямолинейной образующей l по криволинейной направляющей m . При этом одна точка образующей всегда неподвижна и является вершиной конической поверхности (рис. 98, а). Определитель конической поверхности включает вершину S и направляющую m , при этом $l' \ni S$; $l' \cap m$.

Цилиндрическая поверхность образуется прямой l , пересекающей кривую направляющую m и параллельной заданному направлению s (рис. 98, б). Цилиндрическую поверхность можно рассматривать как частный случай конической поверхности с бесконечно удаленной вершиной S .

Определитель цилиндрической поверхности состоит из направляющей m и направления s образующих l , при этом $l' \parallel s$; $l' \cap m$.

Если образующие цилиндрической поверхности перпендикулярны плоскости проекций, то такую поверхность называют *проецирующей*. На рис. 98, в изображена фронтально проецирующая цилиндрическая поверхность.

Точки на конических и цилиндрических поверхностях строят с помощью образующих, проходящих через них. Линии на поверхностях, например линия a на рис. 98, в или горизонтали h на рис. 98, а, б, строятся с помощью отдельных точек, принадлежащих этим линиям.

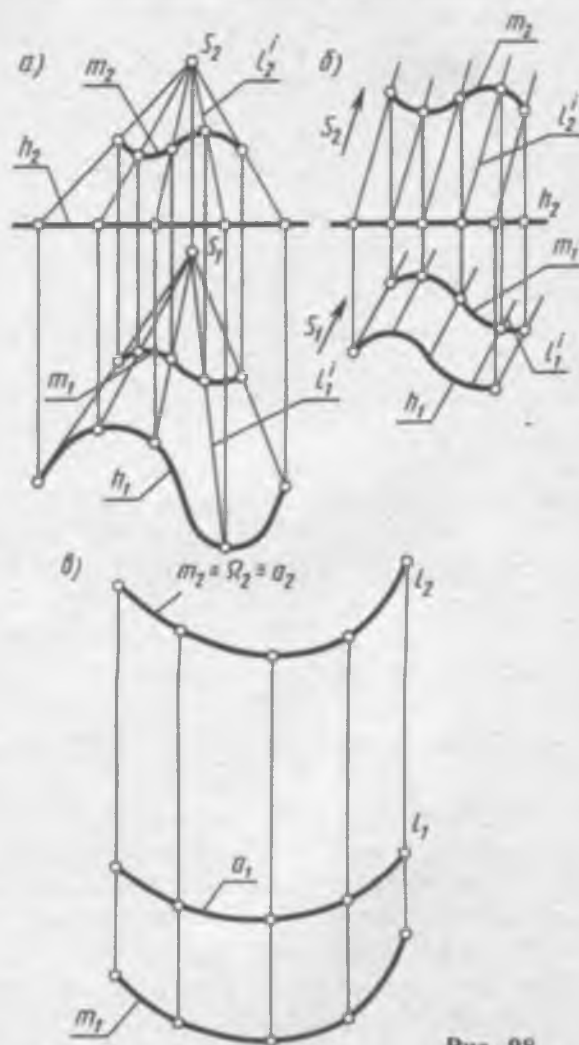


Рис. 98

§ 19. Торс

Торсом называется поверхность, образованная прямолинейной образующей l , касающейся при своем движении во всех своих положениях некоторой пространственной кривой m , называемой **ребром возврата** (рис. 99). Ребро возврата полностью задает торс и является геометрической частью определителя поверхности. Алгоритмической частью служит указание касательности образующих к ребру возврата.

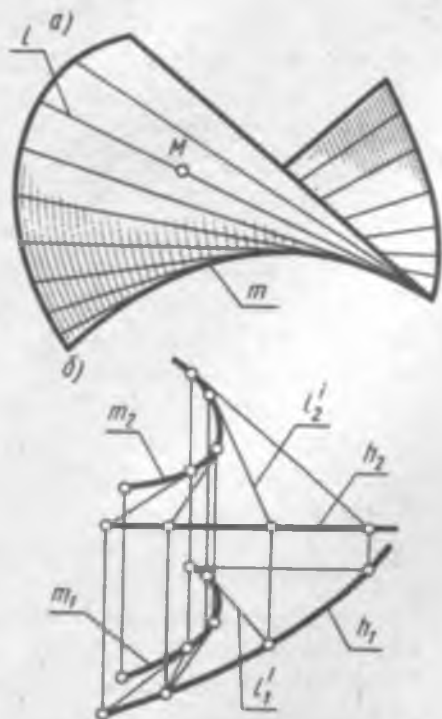


Рис. 99

Коническая поверхность является частным случаем торса, у которого ребро возврата m выродилось в точку S — вершину конической поверхности. Цилиндрическая поверхность — частный случай торса, у которого ребро возврата — точка в бесконечности.

§ 20. Винтовые поверхности

Винтовой поверхностью называется поверхность, создаваемая при винтовом движении образующей. Линейчатые винтовые поверхности называют **геликоидами**.

Прямой геликоид образуется движением прямолинейной образующей l по двум направляющим: винтовой линии m и ее оси i ; при этом образующая l пересекает вин-

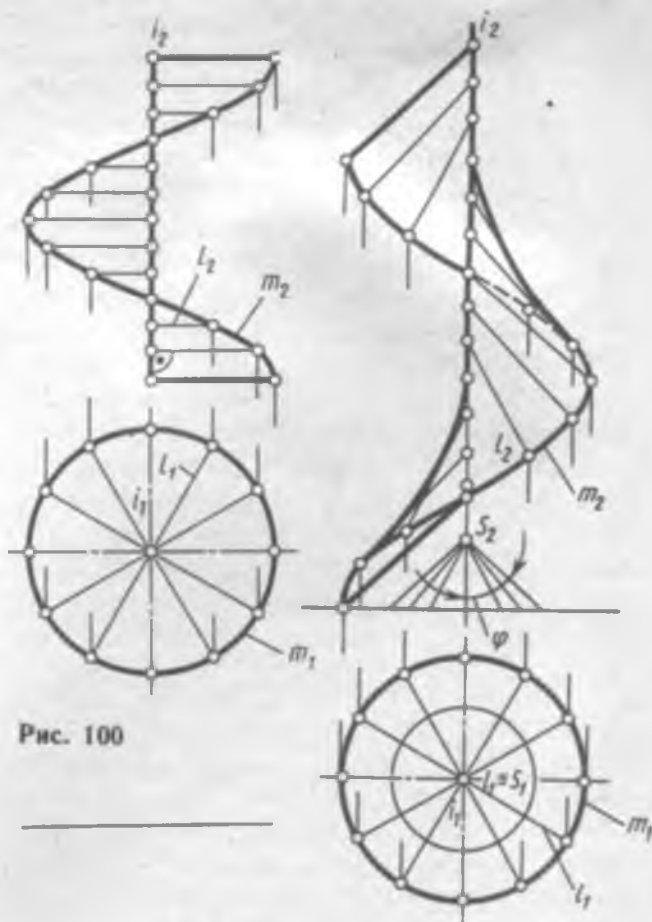


Рис. 101

товую ось i под прямым углом (рис. 100). Прямой геликоид используется при создании винтовых лестниц, шнеков, а также, в силовых резьбах, в станках.

Наклонный геликоид образуется движением образующей l по винтовой направляющей m и ее оси i так, что образующая l пересекает ось i под постоянным углом φ , отличным от прямого, т. е. в любом положении образующая l параллельна одной из образующих направляющего конуса с углом при вершине, равным 2φ (рис. 101). Наклонные геликоиды ограничивают поверхность витков резьбы.

§ 21. Поверхности вращения

Поверхности вращения образуются вращением линии l вокруг прямой i — оси вращения. Они могут быть линейчатыми, например конус или цилиндр вращения, и нелинейчатыми или криволинейными, например сфера. Определитель поверхности вращения включает образующую l и ось i . Криволинейная поверхность вращения образуется при вращении любой кривой вокруг оси (рис. 102).

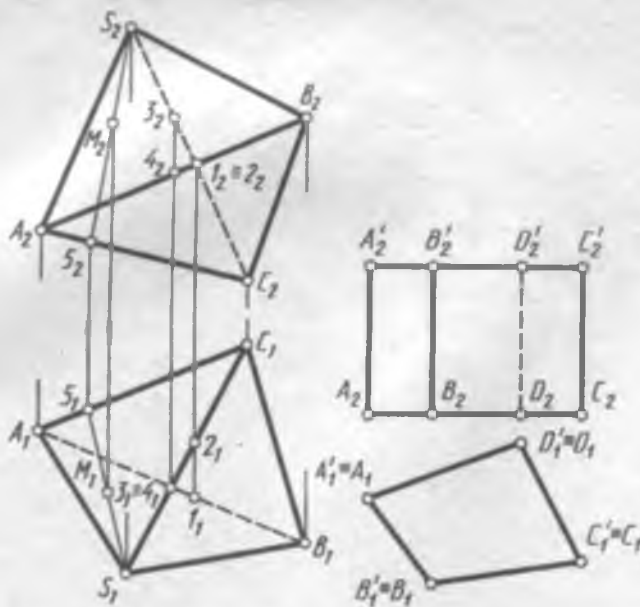


Рис. 96

Рис. 97

Призма — многогранник, у которого основания — два одинаковых и взаимно параллельных многоугольника, а боковые грани — параллелограммы. Если ребра призмы перпендикулярны плоскости основания, такую призму называют *прямой*. Если у призмы ребра перпендикулярны какой-либо плоскости проекций, то боковую поверхность ее называют *проецирующей*. На рис. 97 дан комплексный чертеж прямой четырехугольной призмы с горизонтально проецирующей поверхностью.

При работе с комплексным чертежом многогранника приходится строить на его поверхности линии. А так как линия есть совокупность точек, то необходимо уметь строить точки на поверхности.

Любую точку на гранной поверхности можно построить с помощью образующей, проходящей через эту точку. На рис. 96 в грани ACS построена точка M с помощью образующей $S-5$.

§ 18. Коническая и цилиндрическая поверхности

Коническая поверхность образуется перемещением прямолинейной образующей l по криволинейной направляющей m . При этом одна точка образующей всегда неподвижна и является вершиной конической поверхности (рис. 98, а). Определитель конической поверхности включает вершину S и направляющую m , при этом $l' \ni S$; $l' \cap m$.

Цилиндрическая поверхность образуется прямой l , пересекающей кривую направляющую m и параллельной заданному направлению s (рис. 98, б). Цилиндрическую поверхность можно рассматривать как частный случай конической поверхности с бесконечно удаленной вершиной S .

Определитель цилиндрической поверхности состоит из направляющей m и направления s образующих l , при этом $l' \parallel s$; $l' \cap m$.

Если образующие цилиндрической поверхности перпендикулярны плоскости проекций, то такую поверхность называют *проецирующей*. На рис. 98, в изображена фронтально проецирующая цилиндрическая поверхность.

Точки на конических и цилиндрических поверхностях строят с помощью образующих, проходящих через них. Линии на поверхностях, например линия a на рис. 98, в или горизонтали h на рис. 98, а, б, строятся с помощью отдельных точек, принадлежащих этим линиям.

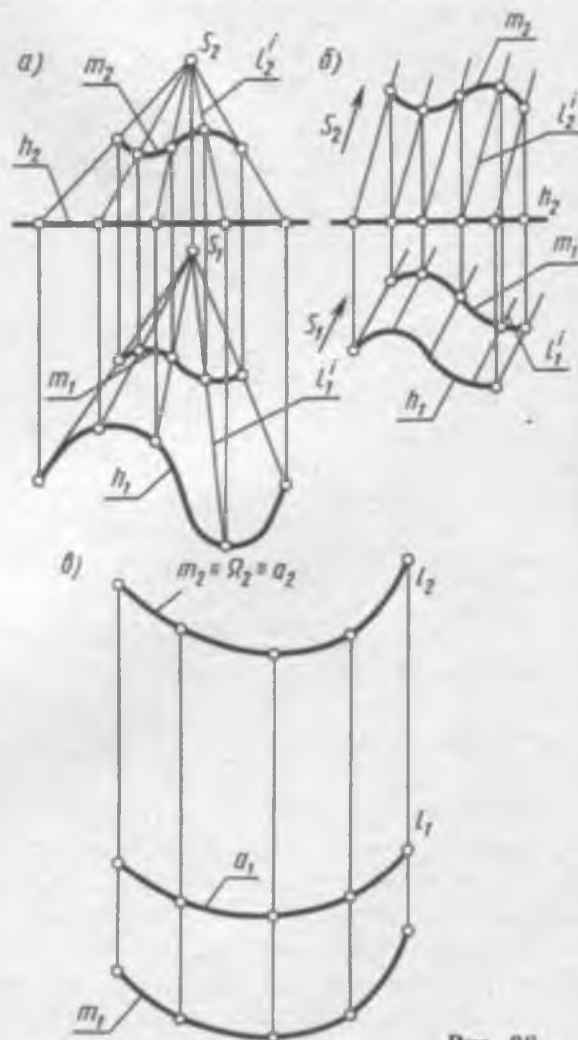


Рис. 98

§ 19. Торс

Торсом называется поверхность, образованная прямолинейной образующей l , касающейся при своем движении во всех своих положениях некоторой пространственной кривой m , называемой **ребром возврата** (рис. 99). Ребро возврата полностью задает торс и является геометрической частью определителя поверхности. Алгоритмической частью служит указание касательности образующих к ребру возврата.

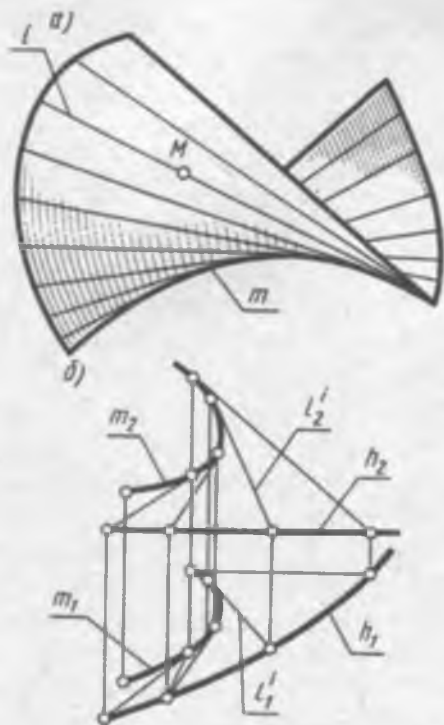


Рис. 99

Коническая поверхность является частным случаем торса, у которого ребро возврата m выродилось в точку S — вершину конической поверхности. Цилиндрическая поверхность — частный случай торса, у которого ребро возврата — точка в бесконечности.

§ 20. Винтовые поверхности

Винтовой поверхностью называется поверхность, создаваемая при винтовом движении образующей. Линейчатые винтовые поверхности называют **геликоидами**.

Прямой геликоид образуется движением прямолинейной образующей l по двум направляющим: винтовой линии m и ее оси i ; при этом образующая l пересекает вин-

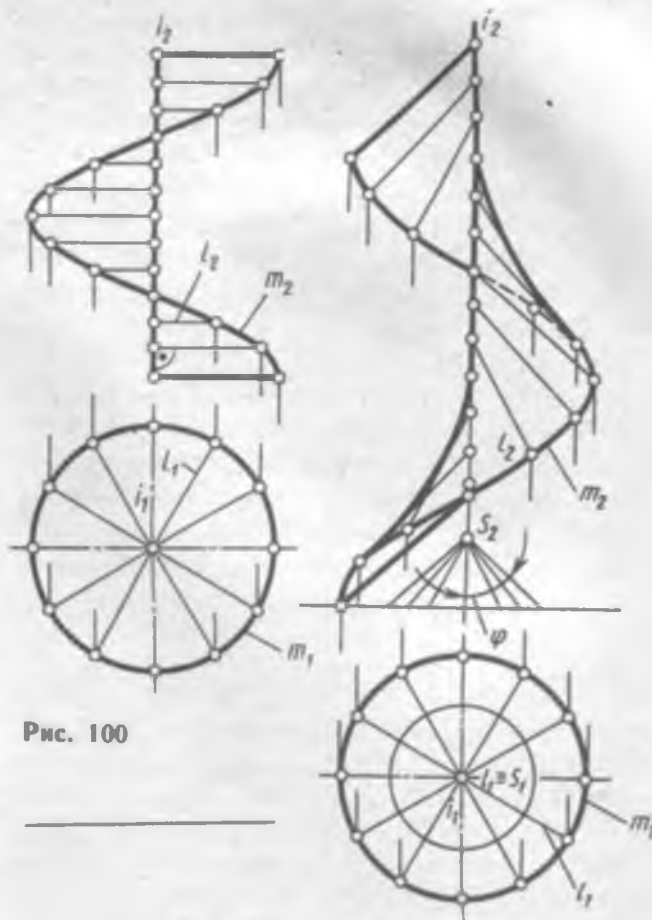


Рис. 100

Рис. 101

товую ось i под прямым углом (рис. 100). Прямой геликоид используется при создании винтовых лестниц, шнеков, а также в силовых резьбах, в станках.

Наклонный геликоид образуется движением образующей l по винтовой направляющей m и ее оси i так, что образующая l пересекает ось i под постоянным углом φ , отличным от прямого, т. е. в любом положении образующая l параллельна одной из образующих направляющего конуса с углом при вершине, равным 2φ (рис. 101). Наклонные геликоиды ограничивают поверхность витков резьбы.

§ 21. Поверхности вращения

Поверхности вращения образуются вращением линии l вокруг прямой i — оси вращения. Они могут быть линейчатыми, например конус или цилиндр вращения, и нелинейчатыми или криволинейными, например сфера. Определитель поверхности вращения включает образующую l и ось i . Криволинейная поверхность вращения образуется при вращении любой кривой вокруг оси (рис. 102).

Каждая точка образующей при вращении описывает окружность, плоскость которой перпендикулярна оси вращения. Такие окружности поверхности вращения называются *параллелями*. Наибольшую из параллелей называют *экватором*. Экватор определяет горизонтальный очерк поверхности, если $i \perp \Pi_1$. В этом случае параллелями являются горизонтали h этой поверхности.

Кривые на поверхности вращения, образующиеся в результате пересечения поверхности плоскостями, проходящими через ось вращения, называются *меридианами*. Все меридианы одной поверхности конгруэнтны. Фронтальный меридиан называют *главным меридианом*, он определяет фронтальный очерк поверхности вращения. Профильный меридиан определяет профильный очерк поверхности вращения.

Строить точки на криволинейных поверхностях вращения удобнее всего с помощью параллелей поверхности. На рис. 102 точка M построена на параллели h^4 .

Поверхности вращения нашли самое широкое применение в технике. Они ограничивают поверхности большинства машиностроительных деталей.

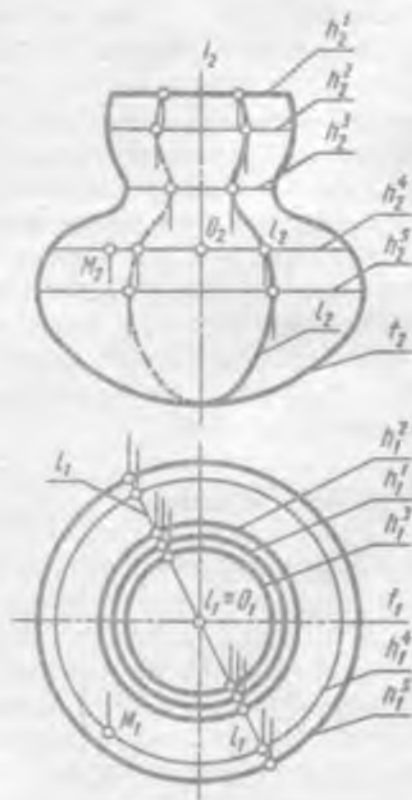


Рис. 102

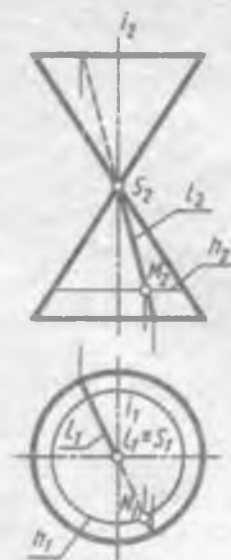


Рис. 103

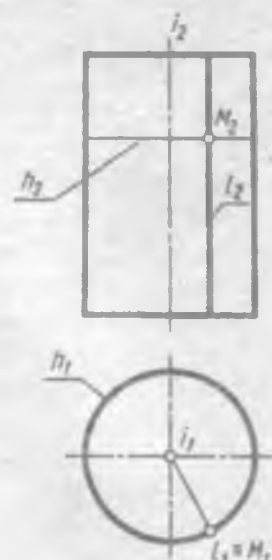


Рис. 104

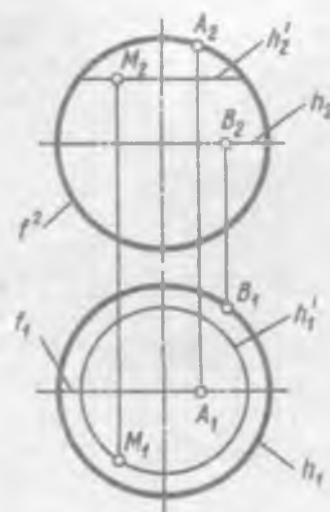


Рис. 105

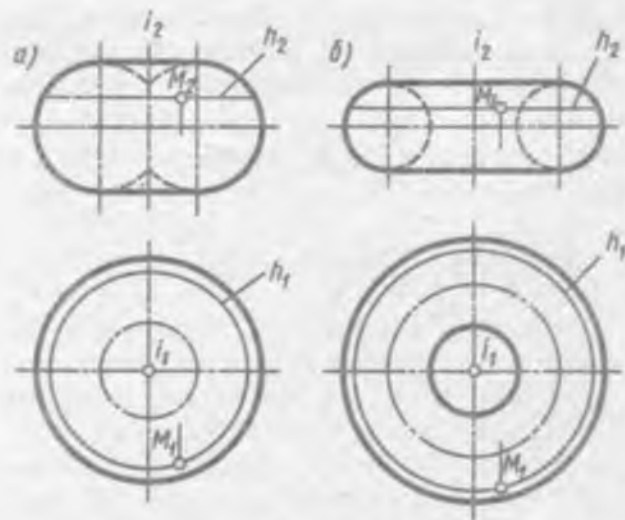


Рис. 106

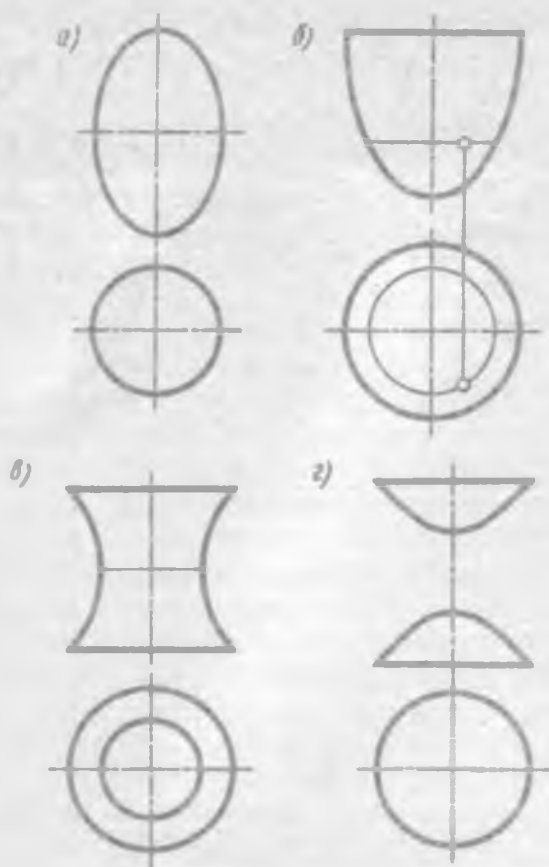


Рис. 107

Коническая поверхность вращения образуется вращением прямой l вокруг пересекающейся с ней прямой — оси i (рис. 103). Точка M на поверхности построена с помощью образующей l или параллели h . Эту поверхность называют еще конусом вращения или прямым круговым конусом.

Цилиндрическая поверхность вращения образуется вращением прямой l вокруг параллельной ей оси i (рис. 104). Эту поверхность называют еще цилиндром вращения или прямым круговым цилиндром.

Сфера образуется вращением окружности вокруг ее диаметра (рис. 105). Точка A на поверхности сферы принадлежит главному меридиану f , точка B — экватору h , а точка M построена на вспомогательной параллели h' .

Тор образуется вращением окружности или ее дуги вокруг оси, лежащей в плос-

кости окружности. Если ось расположена в пределах образующей окружности, то такой тор называется закрытым (рис. 106, а). Если ось вращения находится вне окружности, то такой тор называется открытым (рис. 106, б). Открытый тор называют еще *кольцом*.

Поверхности вращения могут быть образованы и другими кривыми второго порядка. **Эллипсоид вращения** (рис. 107, а) образуется вращением эллипса вокруг одной из его осей; **параболоид вращения** (рис. 107, б) — вращением параболы вокруг ее оси; **гиперболоид вращения однополостный** (рис. 107, в) образуется вращением гиперболы вокруг мнимой оси, а **двуполостный** (рис. 107, г) — вращением гиперболы вокруг действительной оси.

Вопросы для самопроверки

1. Что называется поверхностью?
2. Что такое каркас поверхности?
3. По каким признакам можно разделить поверхности на отдельные группы?
4. Что называется определителем поверхности? Что включает в себя определитель поверхности?
5. Как на комплексном чертеже изображаются поверхности?
6. Как образуются гранные поверхности?
7. Что в себя включает определитель пирамиды, призмы?
8. Как образуются коническая и цилиндрическая поверхности общего вида?
9. Из чего состоит определитель конической (цилиндрической) поверхности?
10. Дайте характеристику поверхности с ребром возврата?
11. Какие поверхности называются винтовыми?
12. В чем разница между прямым и наклонным геликоидами? Где они применяются?
13. Какие вы знаете поверхности вращения?
14. Какую поверхность называют тором?
15. Какие линии характерны для поверхностей вращения? Какова их роль в построении изображений поверхности?

**КАРТА ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
ПО ТЕМЕ «ПОВЕРХНОСТИ»**

А. Какую форму имеет образующая развертывающейся поверхности?

- ① плоская кривая ② прямая линия ③ пространственная кривая линия

Б. На каком чертеже точка А принадлежит конической поверхности?

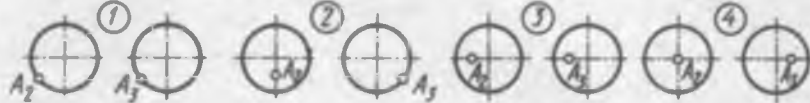


В. Как называется поверхность, определитель которой задан на комплексном чертеже?



- ① сфера ② цилиндр ③ конус ④ кольцо

Г. На каком чертеже точка А принадлежит поверхности сферы?



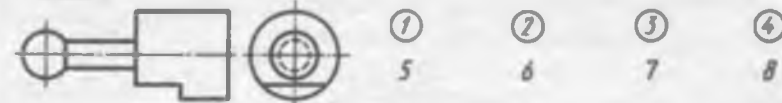
Д. Как изображается экватор поверхности вращения на фронтальной плоскости проекций, если ось поверхности перпендикулярна плоскости Π_1 ?

- ① окружностью ② отрезком прямой ③ эллипсом

Е. Какие поверхности ограничивают деталь?



Ж. Сколько поверхностей, включая плоскости, ограничивают данное тело?



И. Какая из линий сферы, горизонтальная проекция которой задана, является ее гладким меридианом?



- ① a ② b ③ c ④ d

§ 22. Способы преобразования комплексного чертежа

Решение пространственных задач на комплексном чертеже значительно упрощается, если интересующие нас элементы пространства занимают частное положение, т. е. располагаются параллельно или перпендикулярно плоскостям проекций. Получающиеся в этом случае «вырожденные» проекции помогают получить ответ на поставленную задачу или упростить ход ее решения. Чтобы добиться такого расположения геометрических элементов, комплексный чертеж преобразуют или перестраивают, исходя из конкретных условий. Преобразование чертежа отображает изменение положения геометрических образов или плоскостей проекций в пространстве. В основном используются два способа преобразования чертежа: способ замены плоскостей проекций (см. § 8) и способ вращения.

Так как частных положений у прямой два и у плоскости два, то существуют четыре исходные задачи для преобразования комплексного чертежа:

- прямую общего положения сделать прямой уровня;
- прямую уровня сделать проецирующей;
- плоскость общего положения сделать проецирующей;
- проецирующую плоскость сделать плоскостью уровня.

Способ замены плоскостей проекций

Сущность этого способа заключается в том, что пространственное положение заданных элементов остается неизменным, а изменяется система плоскостей проекций, на которых строятся новые изображения геометрических образов. Дополнительные плоскости проекций вводятся таким образом, чтобы на них интересующие нас элементы изображались в удобном для конкретной задачи положении.

Рассмотрим решение четырех исходных задач способом замены плоскостей проекций:

1. Преобразовать чертеж прямой общего положения так, чтобы относительно новой плоскости проекций прямая общего положения заняла положение прямой уровня.

Новую проекцию прямой, отвечающую поставленной задаче, можно построить на новой плоскости проекций Π_4 , расположив

ее параллельно самой прямой и перпендикулярно одной из основных плоскостей проекций, т. е. от системы плоскостей $\Pi_1 \perp \Pi_2$ перейти к системе $\Pi_4 \perp \Pi_1$ или $\Pi_4 \perp \Pi_2$. На чертеже новая ось проекций должна быть параллельна одной из основных проекций прямой. На рис. 108 построено изображение прямой l (A, B) общего положения в системе плоскостей $\Pi_1 \perp \Pi_4$, причем $\Pi_4 \parallel l$. Новые линии связи $A_1 A_4$ и $B_1 B_4$ проведены перпендикулярно новой оси $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$, параллельной горизонтальной проекции l_1 .

Новая проекция прямой дает истинную величину $A_4 B_4$ отрезка AB (см. § 11) и позволяет определить наклон прямой к горизонтальной плоскости проекций ($\alpha = l_1 \Pi_1$). Угол наклона прямой к фронтальной плоскости проекций ($\beta = l_1 \Pi_2$) можно определить, построив изображение прямой на другой дополнительной плоскости $\Pi_4 \perp \Pi_2$ (рис. 109).

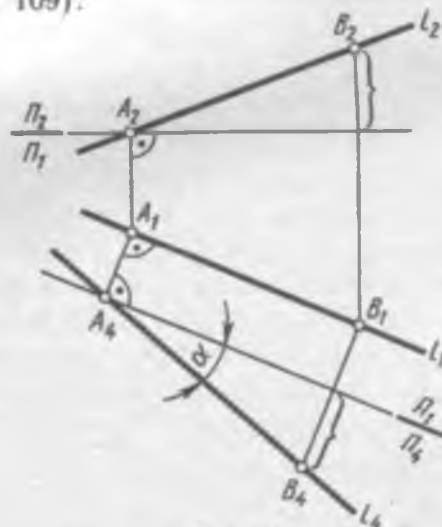


Рис. 108

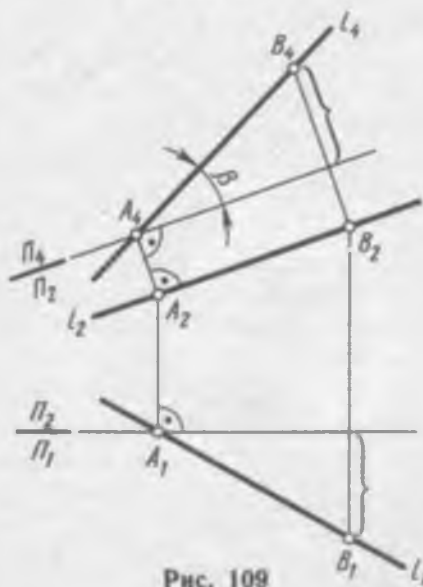


Рис. 109

II. Преобразовать чертеж прямой уровня так, чтобы относительно новой плоскости проекций она заняла проецирующее положение.

Чтобы на новой плоскости проекций изображение прямой было точкой (см. § 10), новую плоскость проекций нужно расположить перпендикулярно данной прямой уровня. Горизонталь будет иметь своей проекцией точку на плоскости $\Pi_4 \perp \Pi_1$ (рис. 110), а фронталь f — на $\Pi_4 \perp \Pi_2$.

Если требуется построить вырожденную в точку проекцию прямой l общего положения, то для преобразования чертежа потребуется произвести две последовательные замены плоскостей проекций. На рис. 111 исходный чертеж прямой l (A, B) преобразован следующим образом: сначала построено изображение прямой на плоскости $\Pi_4 \perp \Pi_2$, расположенной параллельно самой прямой l . В системе плоскостей $\Pi_2 \perp \Pi_4$ прямая заняла положение линии уровня ($A_2A_4 \perp \frac{\Pi_2}{\Pi_4}; \frac{\Pi_2}{\Pi_4} \parallel l_2$). Затем от системы

$\Pi_2 \perp \Pi_4$ осуществлен переход к системе $\Pi_4 \perp \Pi_5$, причем вторая новая плоскость проекций Π_5 перпендикулярна самой прямой l . Так как точки A и B прямой находятся на одинаковом расстоянии от плоскости Π_4 , то на плоскости Π_5 получаем изображение прямой в виде точки ($A_5 \equiv B_5 \equiv l_5$).

III. Преобразовать чертеж плоскости общего положения так, чтобы относительно новой плоскости проекций она заняла проецирующее положение.

Для решения этой задачи новую плоскость проекций нужно расположить перпендикулярно данной плоскости общего положения и перпендикулярно одной из основных плоскостей проекций. Это возможно сделать, если учесть, что направление ортогонального проецирования на новую плоскость проекций должно совпадать с направлением соответствующих линий уровня данной плоскости общего положения. Тогда все линии этого уровня на новой плоскости проекций изобразятся точками, которые и дадут «вырожденную» в прямую проекцию плоскости (см. § 14).

На рис. 112 дано построение нового изображения плоскости Θ (ABC) в системе плоскостей $\Pi_4 \perp \Pi_1$. Для этого в плоскости Θ построена горизонталь h (A, I) и новая плоскость проекции Π_4 расположена перпендикулярно горизонтали h . Графическое ре-

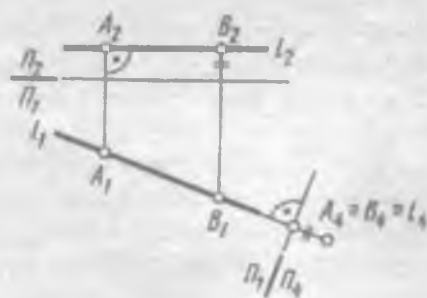


Рис. 110

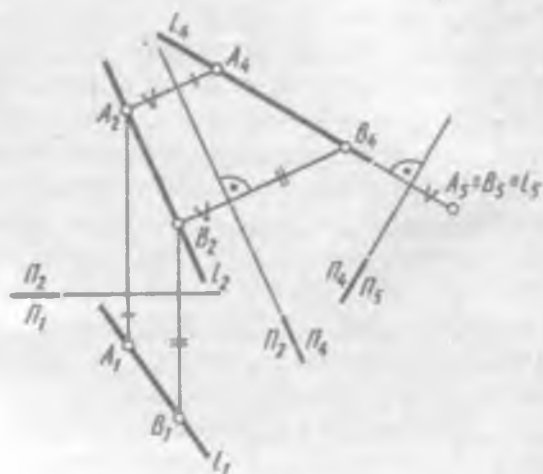


Рис. 111

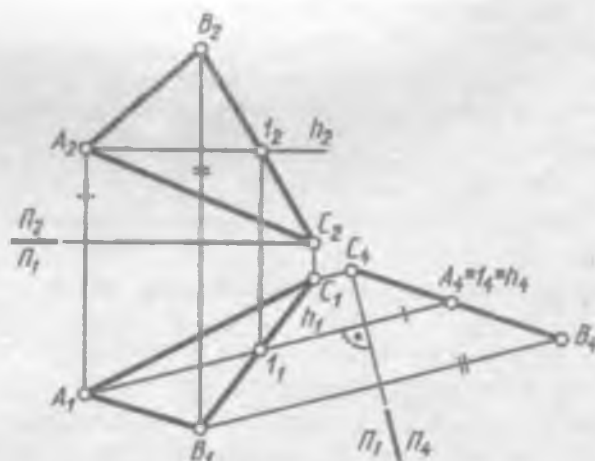


Рис. 112

шение третьей исходной задачи приводит к построению изображения плоскости в виде прямой линии, угол наклона которой к но-

вой оси проекций $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ определяет угол наклона α плоскости Θ (ABC) к горизонтальной плоскости проекций ($\alpha = \theta \hat{\Pi}_1$).

Построив изображение плоскости общего положения в системе $\Pi_2 \perp \Pi_4$ (Π_4 расположить перпендикулярно фронтали плоскости), можно определить угол наклона β этой плоскости к фронтальной плоскости проекций.

IV. Преобразовать чертеж проецирующей плоскости так, чтобы относительно новой плоскости она заняла положение плоскости уровня.

Решение этой задачи позволяет определить величины плоских фигур.

Новую плоскость проекций нужно расположить параллельно заданной плоскости. Если исходное положение плоскости было фронтально проецирующим, то новое изображение строят в системе $\Pi_2 \perp \Pi_4$, а если горизонтально проецирующим, то в системе $\Pi_1 \perp \Pi_4$. Новая ось проекций будет расположена параллельно вырожденной проекции проецирующей плоскости (см. § 14). На рис. 113 построена новая проекция $A_4B_4C_4$ горизонтально проецирующей плоскости $\Sigma (ABC)$ на плоскости $\Pi_4 \perp \Pi_1$.

Если в исходном положении плоскость занимает общее положение, а нужно получить изображение ее как плоскости уровня, то прибегают к двойной замене плоскостей проекций, решая последовательно задачу III, а затем задачу IV. При первой замене плоскость становится проецирующей, а при второй — плоскостью уровня (рис. 114).

В плоскости $\lambda (DEF)$ проведена горизонталь $h (D-1)$. По отношению к горизонтали проведена первая ось $\frac{\Pi_1}{\Pi_4} \perp h_1$. Вто-

рая новая ось проекций проведена параллельно вырожденной проекции плоскости, а новые линии связи — перпендикулярно вырожденной проекции плоскости. Расстояния для построения проекций точек на плоскости Π_5 нужно замерять на плоскости Π_1 от оси $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ и откладывать по новым линиям связи от новой оси $\frac{\Pi_4}{\Pi_5}$. Проекция $D_5E_5F_5$ треугольника DEF конгруэнтна самому треугольнику DEF .

Способ вращения

Сущность этого способа заключается в том, что при неизменном положении основных плоскостей проекций изменяется положение заданных геометрических элементов относительно плоскостей проекций путем их вращения вокруг некоторой оси до тех пор, пока эти элементы не займут частное положение в исходной системе плоскостей.

В качестве осей вращения удобнее всего выбирать проецирующие прямые или пря-

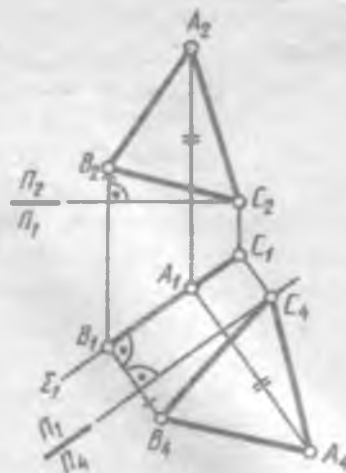


Рис. 113

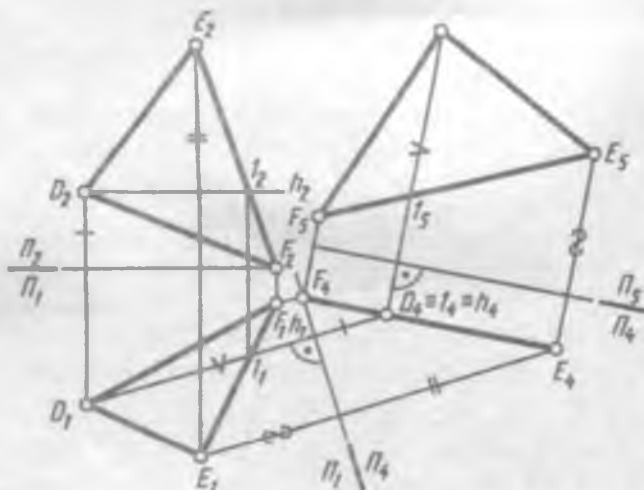


Рис. 114

мые уровни, тогда точки будут вращаться в плоскостях, параллельных или перпендикулярных плоскостям проекций.

При вращении вокруг горизонтально проецирующей прямой i горизонтальная проекция A_1 точки A перемещается по окружности, а фронтальная A_2 — по прямой, перпендикулярной фронтальной проекции плоскости вращения Γ_2 (рис. 115). При этом расстояние между горизонтальными проекциями двух точек A и B (рис. 116) при их повороте на один и тот же угол ω остается неизменным ($A_1B_1 = \bar{A}_1\bar{B}_1$).

Аналогичные выводы можно сделать и для вращения вокруг фронтально проецирующей прямой. При вращении плоской фигуры вокруг оси, перпендикулярной плоскости проекций, проекция ее на эту плоскость не изменяется ни по величине, ни по форме, так как не изменяется наклон плоской фигуры к этой плоскости проекций,

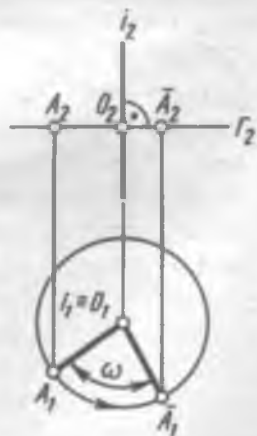


Рис. 115

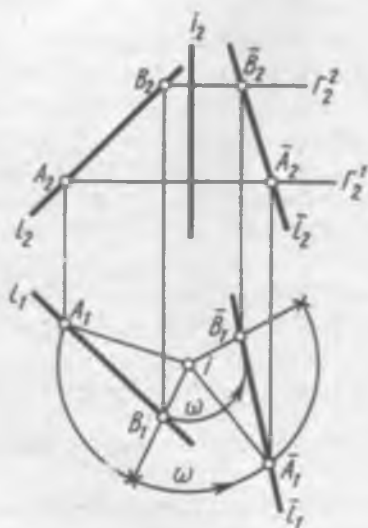


Рис. 116

а меняется лишь положение этой проекции относительно линий связи. Вторая же проекция на плоскости, параллельной оси вращения, изменяется и по форме и по величине. Проекции точек на этой плоскости проекций находятся на прямых, перпендикулярных исходным линиям связи. Пользуясь этими свойствами, можно применить для преобразования чертежа способ вращения, не задаваясь изображением оси вращения и не устанавливая величину радиуса вращения. Это — способ *плоскопараллельного перемещения*, при котором все точки геометрической фигуры перемещаются во взаимно параллельных плоскостях без изменения действительного вида и размеров этой фигуры (рис. 117).

Рис. 117

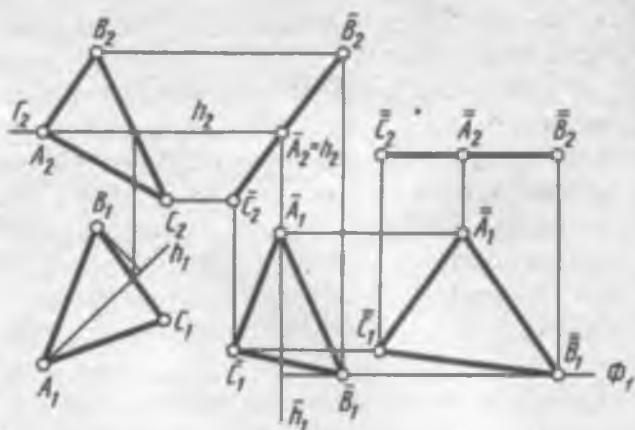


Рис. 118

проецирующее положение с помощью горизонтали h , которую расположим как фронтально проецирующую прямую в ее плоскости вращения $\Gamma \parallel \Pi_1$. При этом $\Delta A_1 B_1 C_1 = \Delta \bar{A}_1 \bar{B}_1 \bar{C}_1$, а плоскости вращения точек B и C параллельны плоскости Γ .

Рис. 118

Вторым перемещением ΔABC расположен параллельно плоскости Π_1 . Без изменения оставлена вырожденная фронтальная проекция треугольника $(\bar{A}_2, \bar{B}_2, \bar{C}_2 = (\bar{A}_2, \bar{B}_2, \bar{C}_2)$, а новая горизонтальная проекция, дающая истинную величину ΔABC , получена построением новых горизонтальных проекций точек $\bar{A}_1$, $\bar{B}_1$ и $\bar{C}_1$ в результате их вращения в параллельных фронтальных плоскостях уровня $(\bar{B}_1 \in \Phi; \bar{B} \in \Phi)$.

Рис. 118

На этом примере рассмотрено решение третьей и четвертой исходных задач путем преобразования комплексного чертежа пло-

Рис. 118

скости общего положения способом плоскопараллельного перемещения.

Если в качестве оси вращения взять линию уровня, то истинную величину плоской фигуры общего положения можно построить одним поворотом, т. е. избежать двойного преобразования чертежа, что имело место в замене плоскостей проекций и плоскопараллельном перемещении. На рис. 118 построено изображение $\triangle ABC$ ($\bar{A}_1\bar{B}_1\bar{C}_1$) после поворота его вокруг горизонтали $h(C, I)$ до положения, совмещенного с горизонтальной плоскостью уровня $\Gamma \in h$. Так как горизонталь проходит через точку C , то последняя неподвижна при вращении треугольника. Нужно повернуть только точки A и B вокруг горизонтали до совмещения их с плоскостью $\Gamma \parallel \Pi_1$. Точка A вращается в горизонтально проецирующей плоскости Σ^A , перпендикулярной оси вращения. Центр вращения O точки A лежит на оси вращения. В момент, когда в результате вращения точка A окажется в плоскости Γ , т. е. совместится с горизонтальной плоскостью уровня, ее горизонтальная проекция $\bar{A}_1$ будет удалена от горизонтальной проекции оси вращения h_1 на расстояние, равное истинной величине радиуса вращения R^A точки A . Натуральную величину R^A можно построить, как гипотенузу O_1A прямоугольного треугольника (см. § 11), одним катетом которого является горизонтальная проекция радиуса A_1O_1 , а вторым — разность высот точек A и O . Построив совмещенную горизонтальную проекцию точки A , легко построить изображение всего треугольника $\bar{A}_1\bar{B}_1\bar{C}_1$ в совмещенном с плоскостью Γ по-

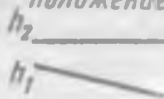
ложении, используя неподвижную точку I и плоскость вращения точки B ($\Sigma_1^B \perp h_1$). Фронтальная проекция $\triangle ABC$ выродится в прямую и совместится с проекцией Γ_2 плоскости совмещения.

Аналогичные действия выполняют при вращении плоской фигуры вокруг ее фронтали. Совмещение в этом случае ведется с фронтальной плоскостью уровня ($\Phi \parallel \Pi_2$), проходящей через ось вращения — фронталь.

Вопросы для самопроверки

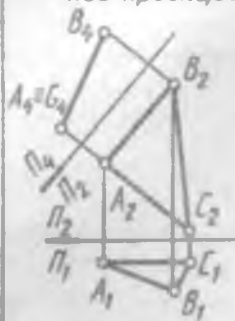
1. Зачем необходимо преобразование комплексного чертежа?
2. Какие вы знаете способы преобразования чертежа?
3. Какие основные задачи решаются путем преобразования чертежа?
4. В чем сущность способа замены плоскостей проекций?
5. Как надо расположить новые плоскости проекций, чтобы отрезок прямой общего положения спроецировался в натуральную величину, в точку?
6. Как нужно расположить новую плоскость проекций, чтобы плоскость общего положения стала проецирующей?
7. При каком расположении плоской фигуры можно определить ее истинную величину путем замены только одной плоскости проекций?
8. В чем сущность преобразования чертежа способом вращения?
9. Какие линии используются в качестве осей вращения?
10. Как изменяется фронтальная проекция предмета при вращении его вокруг фронтально проецирующей прямой?

А. Как нужно расположить новую плоскость проекций Π_4 , чтобы прямая h заняла в новой системе плоскостей проецирующее положение?



- ① $\Pi_4 \perp \Pi_2$ ② $\Pi_4 \perp \Pi_1$ ③ $\Pi_4 \parallel \Pi_2$ ④ $\Pi_4 \perp \Pi_3$

Б. Какая из основных плоскостей проекций заменена на Π_4 при построении проекции ΔABC в виде отрезка прямой линии?

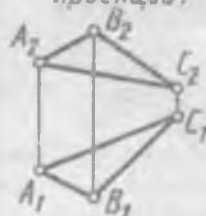


- ① Π_3 ② Π_2 ③ Π_1

В. Как выбрано направление новой оси проекций при построении $A_4B_4C_4$?

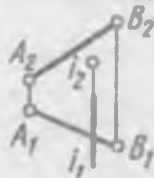
- ① $\frac{\Pi_4}{\Pi_2} \parallel A_2B_2$ ② $\frac{\Pi_4}{\Pi_2} \perp A_2C_2$ ③ $\frac{\Pi_4}{\Pi_2} \parallel B_1C_1$

Г. Каким из способов преобразования чертежа рациональнее всего построить изображение ΔABC в положении, параллельном плоскости проекций?



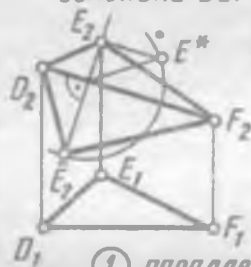
- ① заменой плоскостей проекций
② плоско-параллельным перемещением
③ вращением вокруг проецирующей прямой
④ вращением вокруг линии уровня

Д. Как изменяется фронтальная проекция отрезка AB при вращении его вокруг фронтально проецирующей оси i ?



- ① от A_2B_2 до истинной величины AB ② не изменяется ③ от A_2B_2 до точки

Е. Каким способом построена новая фронтальная проекция треугольника DEF ?



- ① заменой плоскостей проекций ② вращением вокруг проецирующей прямой ③ вращением вокруг линии уровня

Ж. Как расположился ΔDEF относительно плоскостей проекций после преобразования чертежа?

- ① параллельно Π_1 ② параллельно Π_2 ③ параллельно Π_3
④ перпендикулярно Π_2

§ 23. Позиционные задачи

Позиционными называют задачи, связанные с решением на комплексном чертеже вопросов взаимного расположения геометрических образов. Наибольший практический интерес здесь представляют две группы задач: задачи на взаимную принадлежность и задачи на взаимное пересечение.

Задачи на взаимную принадлежность органически включаются во все ранее рассмотренные вопросы гл. II, так как любая линия есть производная точки, а любая поверхность есть производная линии.

Точка принадлежит плоскости, если она принадлежит линии плоскости; прямая линия принадлежит плоскости, если две ее точки принадлежат плоскости (см. рис. 88).

Точка принадлежит поверхности, если она принадлежит конкретной линии поверхности (см. рис. 105). Желательно, чтобы линия поверхности была графически простой, т. е. или прямой, или окружностью, чтобы не усложнять построений на комплексном чертеже. Для правильного выбора этой линии нужно знать, какие семейства линий несет на себе та или иная поверхность.

Задачи на взаимное пересечение связаны с построением точек, принадлежащих одновременно двум рассматриваемым геометрическим образам (прямой и плоскости, двум плоскостям, плоскости и поверхности, двум поверхностям). Каждую из этих общих точек строят в пересечении двух вспомогательных линий. Вспомогательные линии должны быть графически простыми и принадлежать одной вспомогательной поверхности (плоскости). Выбор вспомогательных поверхностей, несущих в себе вспомогательные линии, зависит от формы пересекающихся поверхностей. Совокупность построенных общих точек дает линию пересечения.

Пересечение прямой с плоскостью

Точка пересечения прямой l с плоскостью Θ (ABC) определяется построением вспомогательной прямой линии $m \in \Theta$ (ABC), лежащей в одной проецирующей плоскости с данной прямой l (рис. 119). Вспомогатель-

ная прямая m взята в горизонтально проецирующей плоскости Σ , причем $m = \Sigma \cap \Theta$. Тогда горизонтальная проекция определяется горизонтальными проекциями точек 1 и 2 пересечения линий BC и AC со вспомогательной плоскостью Σ .

$$B_1C_1 \cap \Sigma_1 = 1_1; \quad A_1C_1 \cap \Sigma_1 = 2_1; \quad m_1 = 1_1 \cup 2_1.$$

Фронтальные проекции точек 1 и 2 определяют фронтальную проекцию m_2 . В пересечении фронтальных проекций прямых m и l определяется фронтальная проекция точки K , принадлежащей и прямой l и плоскости Θ .

Видимость прямой и плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций определяется с помощью горизонтально конкурирующих точек 2 и 3, а видимость относительно фронтальной плоскости проекций — с помощью фронтально конкурирующих точек 3 и 4.

Если плоскость занимает частное положение, то одна проекция точки пересечения прямой с плоскостью определяется сразу в пересечении вырожденной проекции плоскости с соответствующей проекцией прямой (рис. 120).

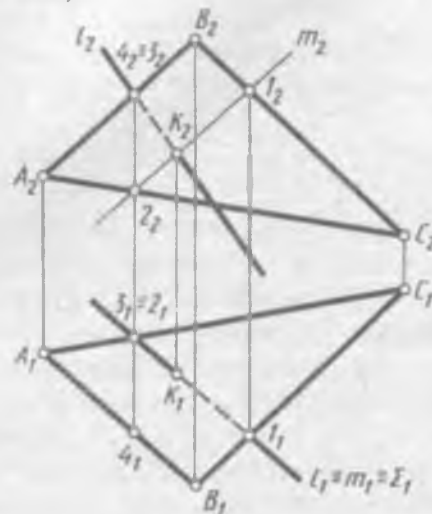


Рис. 119

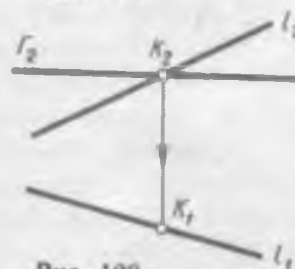


Рис. 120

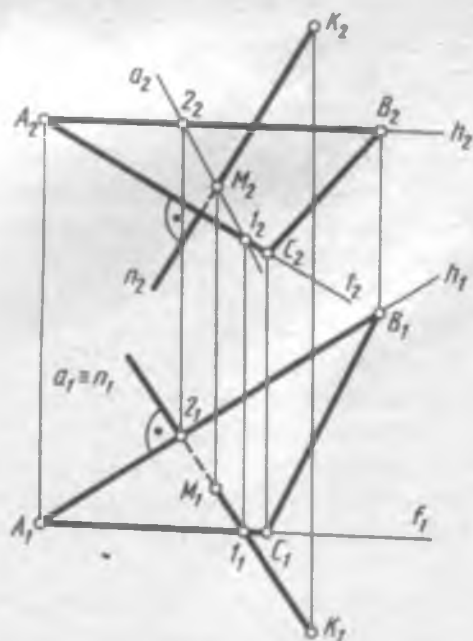


Рис. 121

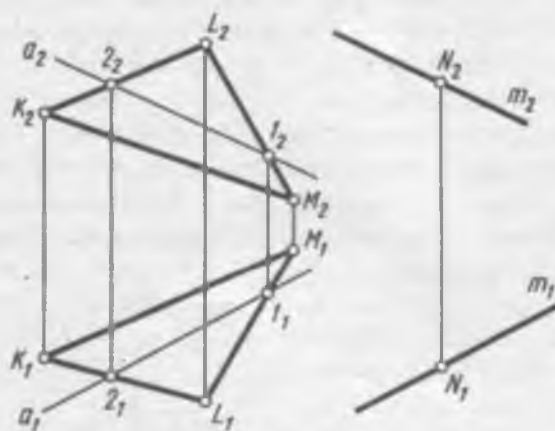


Рис. 122

Если прямая пересекает плоскость под прямым углом, то на комплексном чертеже проекции этой прямой располагаются перпендикулярно проекциям соответствующих линий уровня плоскости на основании теоремы о проецировании прямого угла (см. § 6).

На рис. 121 построены проекции основания M перпендикуляра n , проведенного к плоскости $\Theta (ABC)$ из точки K пространства. В $\triangle ABC$ имеем: AB — горизонталь ($A_2B_2 \perp A_2A_1$), AC — фронталь ($A_1C_1 \perp A_1A_2$). Поэтому проекции перпендикуляра $n \ni K$ располагаются: $n_1 \perp A_1B_1$ и $n_2 \perp A_2C_2$. Основание перпендикуляра на плоскости построено с помощью вспомогательной линии a плоскости, лежащей в одной с перпендикуляром n горизонтально проецирующей плоскости ($a \cap n = M$).

Если прямая пересекает плоскость в бесконечности, то имеет место параллельность прямой с плоскостью. На рис. 122 построена прямая m , проходящая через точку N и параллельная плоскости треугольника KLM . На комплексном чертеже параллельность прямой и плоскости доказывается тем, что $m_1 \parallel a_1$ и $m_2 \parallel a_2$; $a \in KLM$.

Взаимное пересечение плоскостей

Для построения линии пересечения двух плоскостей необходимо найти две точки этой линии. Если одна из пересекающихся плоскостей занимает частное положение (рис. 123), то ее вырожденная проекция (Σ_2) включает в себя и проекцию (a_2) линии пересечения плоскостей.

Фронтально проецирующая плоскость Σ пересекает линии AB и AC плоскости $\Theta (ABC)$ общего положения в точках 1 и 2 , которые и определяют линию их пересечения: $a(1, 2) = \Sigma \cap \Theta$.

Если обе пересекающиеся плоскости занимают общее положение, то их линию пересечения можно построить в исходной системе плоскостей проекций, дважды решив задачу на пересечение прямой одной плоскости со второй плоскостью, или в новой системе плоскостей проекций, построив изображение одной из пересекающихся плоскостей как плоскости проецирующей.

На рис. 124, а построена линия пересечения двух треугольников ABC и DEF путем построения точки M пересечения линии AB с плоскостью $\triangle DEF$ и точки N пересечения линии EF с плоскостью $\triangle ABC$:

1) $AB \in \Sigma^1 (\Sigma^1 \perp \Pi_2)$; $\Sigma^1 \cap DEF = 1-2(I_2 - 2_2; I_1 - 2_1)$; $I_1 - 2_1 \cap A_1B_1 = M_1$; $M_1M_2 \parallel A_1A_2$; $M_1M_2 \cap A_2B_2 = M_2$; $M(M_1; M_2)$;

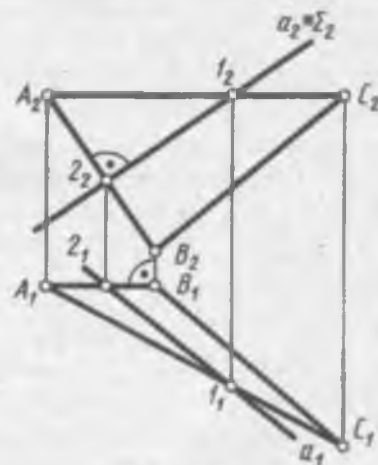
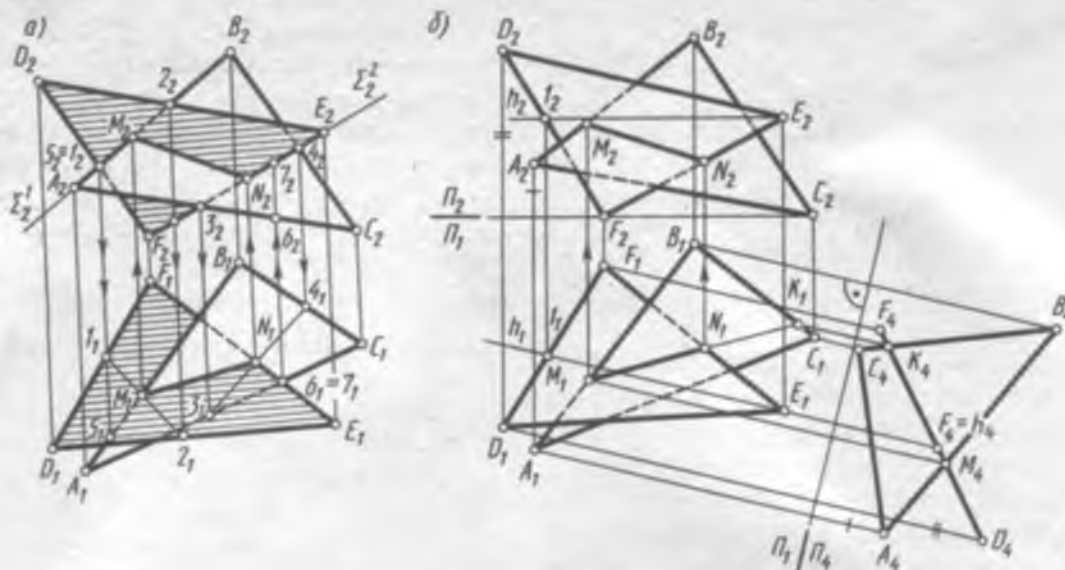


Рис. 123


$$2) EF \in \Sigma^2(\Sigma^2 \perp \Pi_2); \Sigma^2 \cap ABC = 3 - 4(3_2 - 4_2; 3_1 - 4_1); 3_1 - 4_1 \cap E_1 F_1 = N_1; N_1 N_2 \parallel A_1 A_2; N_1 N_2 \cap E_2 F_2 = N_2; N(N_1, N_2);$$

3) $M_1 \cup N_1 = M_1 N_1$; $M_2 \cup N_2 = M_2 N_2$;

4) $ABC \cap DEF = MN$.

Видимость пересекающихся плоскостей на фронтальной плоскости проекций определена с помощью фронтально конкурирующих точек 1 и 5. Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций использованы горизонтально конкурирующие точки 6 и 7.

На рис. 124, б эта же линия пересечения построена с помощью дополнительных проекций данных плоскостей на плоскости Π_4 , относительно которой плоскость DEF занимает проецирующее положение. Дополнительные проекции построены из условия, что горизонталь $h \in DEF$ проецируется в точку на плоскости $\Pi_4 \perp h$: Новые линии связи проведены через незаменяемые горизонтальные проекции точек A, B, C, D, E, F параллельно h_1 , а новая ось проекций —

$$\frac{P_1}{P_2} \perp h_1. \text{ Замеренные на плоскости } P_2$$

высоты точек определили их проекции на плоскости Π_4 .

$A_4B_4C_4 \cap D_4E_4F_4 = M_4K_4$, так как $A_4B_4 \cap D_4E_4F_4 = M_4$, а $B_4C_4 \cap D_4E_4F_4 = K_4$. По направлению новых линий связи определяем горизонтальную проекцию линии MK (M_1K_1). Отмечаем точку пересечения стороны EF с линией MK : $E_1F \cap M_1K_1 = N_1$.

Точки отрезка NK не имеют общих точек с плоскостью $\triangle DEF$.

В частном случае две плоскости могут пересекаться в бесконечности (тогда имеет место *параллельность плоскостей*) или *под прямым углом*.

Для выявления этих случаев на комплексном чертеже следует помнить, что у параллельных плоскостей две пересекающиеся прямые одной плоскости параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости, а если две плоскости взаимно перпендикулярны, то одна из пересекающихся плоскостей проходит через перпендикуляр к другой плоскости.

На рис. 125 плоскость $\triangle ABC$ параллельна плоскости $\triangle DEF$, так как $A_1B_1 \parallel D_1E_1$ и $A_1C_1 \parallel D_1F_1$, а $A_2B_2 \parallel D_2E_2$ и $A_2C_2 \parallel D_2F_2$.

На рис. 123 вычерчены две пересекающиеся взаимно перпендикулярные плос-

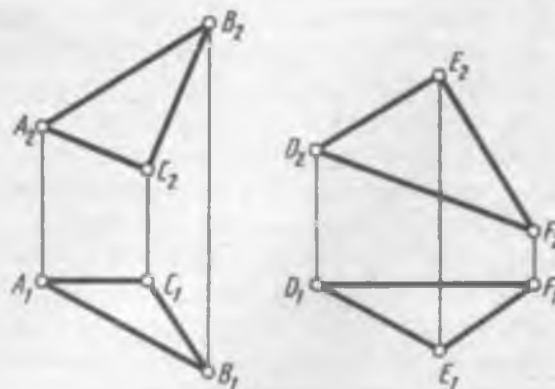


Рис. 125

кости: одна фронтально проецирующая Σ (Σ_2), а вторая — общего положения (ABC) — содержит в себе перпендикуляр AB к плоскости Σ ($AB \parallel \Pi_2$; $A_2B_2 \perp \Sigma_2$).

Пересечение поверхности плоскостью

В сечении поверхности плоскостью получается плоская линия, которую строят по отдельным точкам. При этом сначала строят *опорные* точки, лежащие на контурных линиях поверхности, а также точки на ребрах и линиях основания поверхности. Если проекция линии пересечения этими точками не определяется полностью, то строят дополнительные, промежуточные между опорными, точки. Чертеж всегда можно преобразовать так, чтобы секущая плоскость стала проецирующей (см. рис. 130), поэтому рассмотрим случаи пересечения поверхностей плоскостями частного положения, считая секущую плоскость прозрачной.

При пересечении *гранной поверхности* с *плоскостью* получается плоская ломаная линия. Для ее построения достаточно определить точки пересечения ребер и сторон основания, если имеет место пересечение основания, и соединить построенные точки с учетом их видимости (рис. 126). Так как секущая плоскость Σ занимает фронтально проецирующее положение, то точки пересечения ребер определяются без дополнительных построений:

$$AS \cap \Sigma = 1(1_2; 1_1),$$

$$BS \cap \Sigma = 2(2_2; 2_1),$$

$$CS \cap \Sigma = 3(3_2; 3_1).$$

Так как грань ACS относительно плоскости Π_1 невидима, то и линия $1-3_1$ тоже невидима.

В сечении *цилиндрической поверхности вращения* плоскостью могут быть получены следующие линии (рис. 127):

окружность, если секущая плоскость Γ перпендикулярна оси вращения поверхности;

эллипс, если секущая плоскость Σ не перпендикулярна и не параллельна оси вращения;

две образующие прямые, если секущая плоскость Ψ параллельна оси поверхности.

На плоскость Π_1 , перпендикулярную оси вращения поверхности, окружность и эллипс на поверхности цилиндра проецируются в окружность, совпадающую с проекцией всей поверхности.

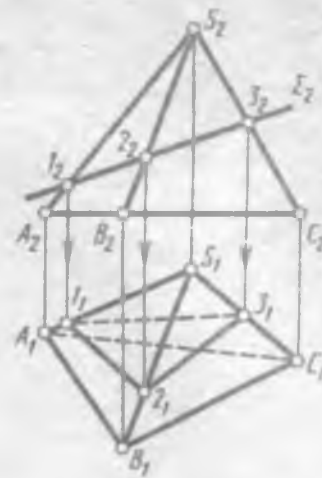


Рис. 126

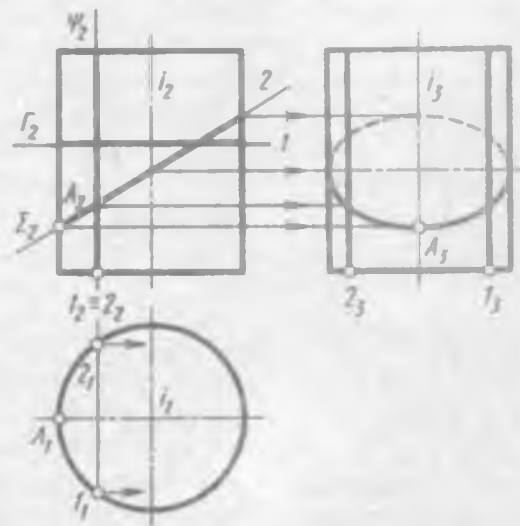


Рис. 127

В сечении *конической поверхности вращения* плоскостью могут быть получены следующие линии (рис. 128, а — д):

окружность, если секущая плоскость Γ перпендикулярна оси вращения (а);

эллипс, если секущая плоскость Σ^1 пересекает все образующие поверхности (б);

парабола, если секущая плоскость (Σ^2) параллельна только одной образующей ($S-1$) поверхности (в);

гипербола, если секущая плоскость (Σ^3) параллельна двум образующим ($S-5$ и $S-6$) поверхности (г);

две образующие (прямые), если секущая плоскость (Σ^4) проходит через вершину S поверхности (д).

Проекции кривых линий сечений плоскостью конуса строятся по отдельным точкам (точки 2, 4 на рис. 128, б).

При пересечении *сферы* плоскостью всегда получается окружность. Если секущая

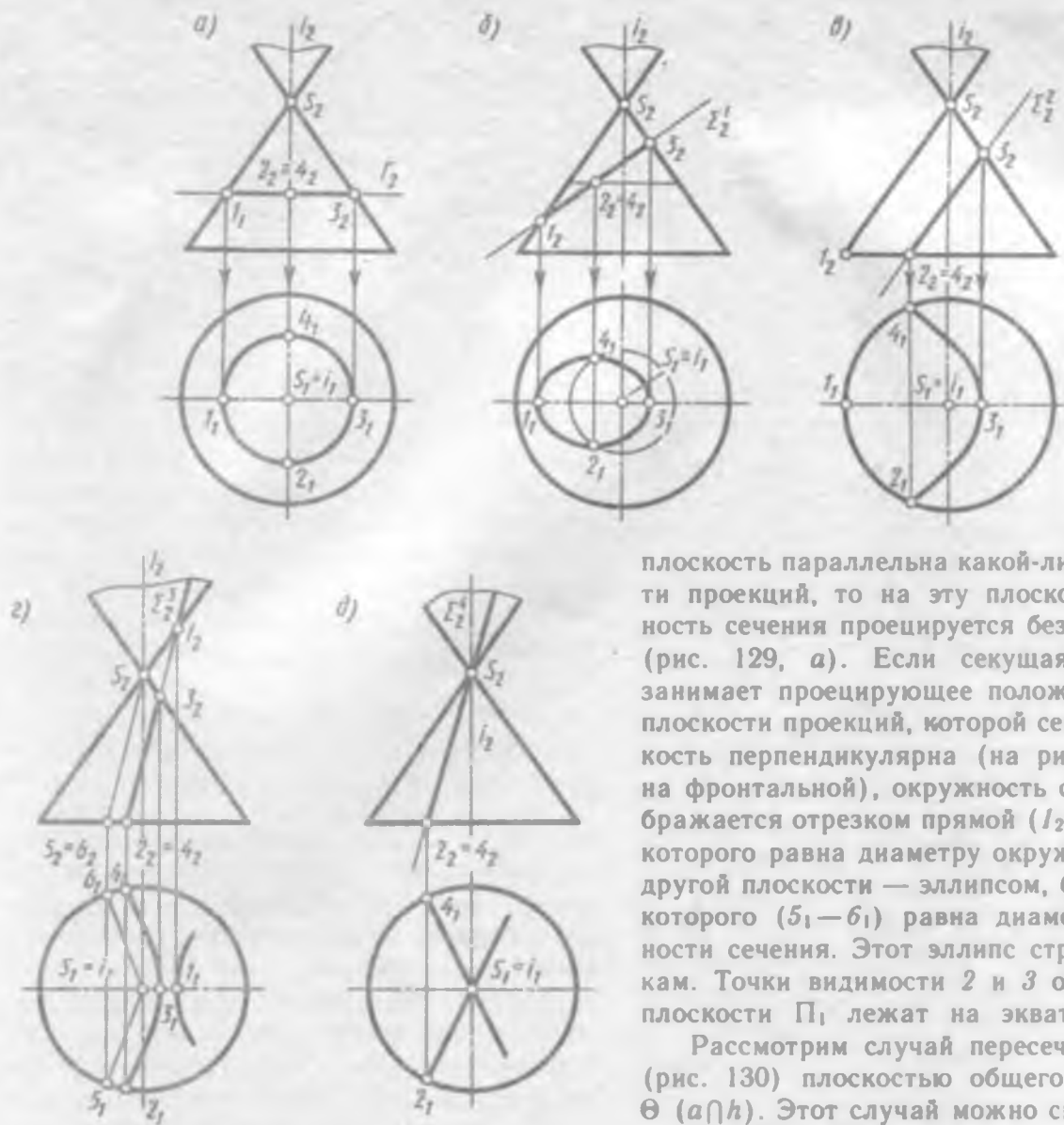


Рис. 128

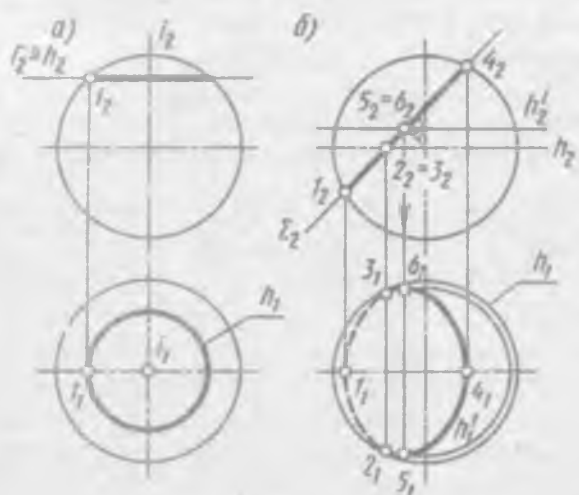


Рис. 129

плоскость параллельна какой-либо плоскости проекций, то на эту плоскость окружность сечения проецируется без искажения (рис. 129, а). Если секущая плоскость занимает проецирующее положение, то на плоскости проекций, которой секущая плоскость перпендикулярна (на рис. 129, б — на фронтальной), окружность сечения изображается отрезком прямой (l_2-4_2), длина которого равна диаметру окружности, а на другой плоскости — эллипсом, большая ось которого (5_1-6_1) равна диаметру окружности сечения. Этот эллипс строят по точкам. Точки видимости 2 и 3 относительно плоскости Π_1 лежат на экваторе сферы.

Рассмотрим случай пересечения сферы (рис. 130) плоскостью общего положения Θ ($a \cap h$). Этот случай можно свести к предыдущему (см. рис. 129, б), если построить дополнительные изображения сферы и секущей плоскости на плоскости $\Pi_4 \perp \Pi_1$, причем $\Pi_4 \perp h(\Theta)$. Тогда плоскость Θ станет проецирующей $\Theta \perp \Pi_4$ в новой системе плоскостей (см. рис. 130). На чертеже оси проекций проходят через центр сферы. На плоскости Π_4 отмечаем проекции опорных точек: A_4 — самой низкой точки сечения, B_4 — самой высокой, дающих величину диаметра d окружности сечения с центром в точке $O(O_4)$; $E_4 \equiv F_4$ — на экваторе сферы — точек видимости линии сечения относительно плоскости Π_1 ; $C_4 \equiv D_4 \equiv O_4$ — горизонтального диаметра CD , определяющего большую ось эллипса — горизонтальной проекции окружности сечения. Горизонтальная проекция сечения — эллипс — легко строится по большой $C_1 D_1$ и малой $A_1 B_1$ осям. Фронтальная проекция окружност-

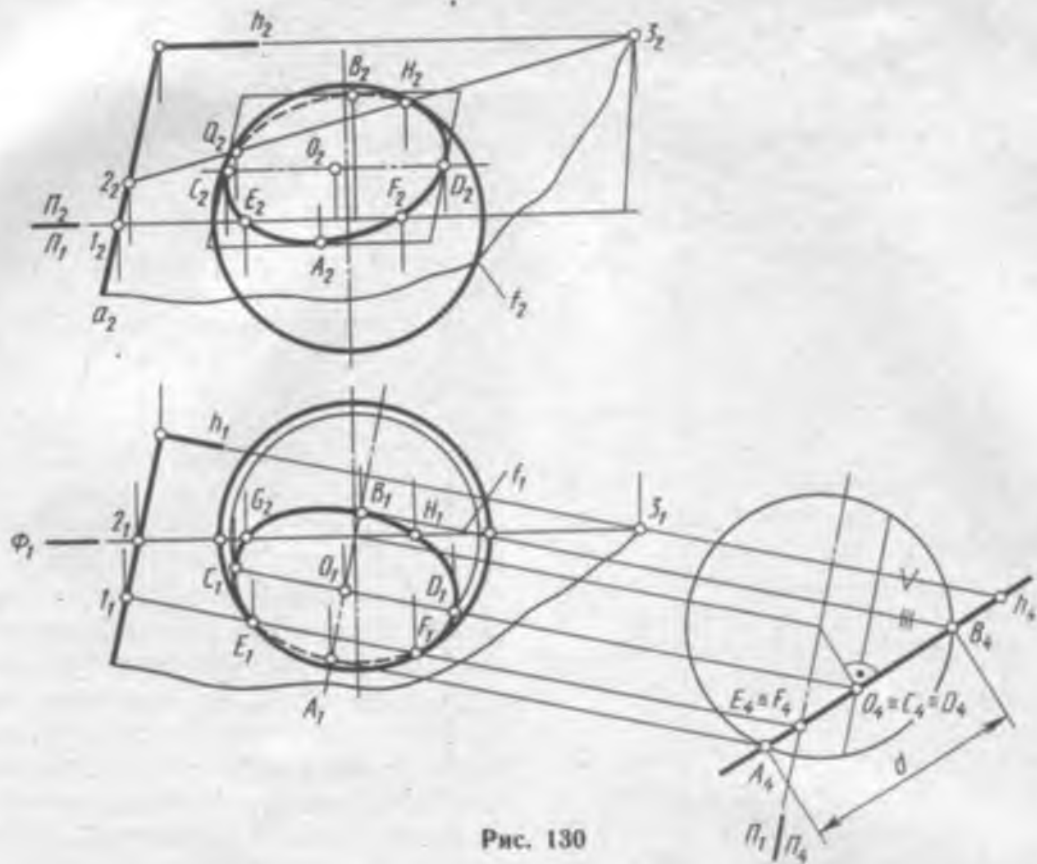


Рис. 130

ти тоже эллипс, который можно построить по сопряженным диаметрам A_2B_2 и C_2D_2 (высоты этих точек отмечены и на плоскости Π_2 и на плоскости Π_4) с помощью описанного параллелограмма. Видимость окружности сечения относительно плоскости Π_2 определяется точками G и H , полученными в пересечении главного меридиана сферы f с плоскостью Θ . Для этого взята вспомогательная фронтальная плоскость уровня Φ :

$\Phi \ni f$; $\Phi \cap \Theta = 2-3$; $f_2 \cap 2_2-3_2 = H_2$ и G_2 .

Линии среза получаются при пересечении поверхности вращения плоскостью, па-

раллельной оси вращения поверхности. Линии среза часто встречаются на поверхностях деталей технической формы. На рис. 131 построена линия среза комплексной поверхности, состоящей из поверхностей сферы и конуса, фронтальной плоскостью уровня Φ . Линия среза включает линию пересечения сферы ($B_2-A_2-C_2$) — часть окружности радиуса r — и линию пересечения конуса ($B_2-D_2-C_2$) — ветвь гиперболы, которую строят по отдельным точкам. В качестве вспомогательных секущих плоскостей для построения промежуточных точек берут плоскости, перпендикулярные оси вращения поверхностей.

Некоторые общие сведения о построении линии пересечения двух поверхностей

Линия пересечения двух поверхностей в общем виде представляет собой пространственную кривую, которая может распадаться на две части и более. Эти части могут быть и плоскими кривыми. При пересечении граничных поверхностей в общем случае получается пространственная ломаная линия. Обычно линию пересечения двух поверхностей строят по отдельным точкам. Сначала определяют опорные точки в пересечении контурных линий каждой по-

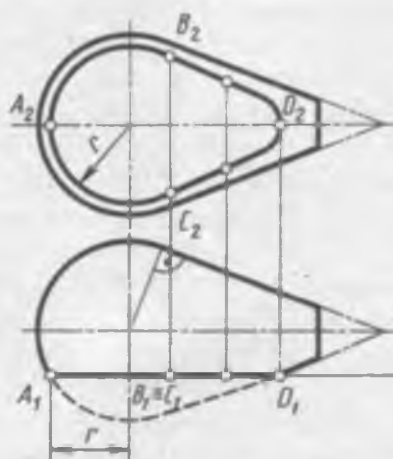


Рис. 131



Рис. 132

верхности с другой поверхностью. Опорные точки позволяют видеть, в каких пределах расположены проекции линии пересечения и где между ними имеет смысл определить промежуточные или случайные точки. При этом нужно иметь в виду, что проекции линии пересечения всегда располагаются в пределах площади наложения одноименных проекций пересекающихся поверхностей (рис. 132).

Общим способом построения точек линии пересечения двух поверхностей является способ вспомогательных поверхностей. Вспомогательная поверхность пересекает данные поверхности по линиям (желательно графически простым). В пересечении этих линий получают точки, принадлежащие обеим поверхностям, т. е. точки их линий пересечения. В качестве вспомогательных поверхностей обычно используют или плоскости, или сферы. Отсюда и способы построения линий пересечения поверхностей — способ вспомогательных секущих плоскостей и способ вспомогательных сфер.

Способ вспомогательных секущих плоскостей

Секущие плоскости могут быть общего и частного положения. Плоскости общего положения имеют ограниченное применение. Их удобно использовать при построении линий пересечения конических (пирамидальных) и цилиндрических (призматических) поверхностей общего вида, когда основания этих поверхностей расположены в одной и той же плоскости.

Рассмотрим на примере пересечения конуса вращения со сферой построение их линии пересечения методом вспомогательных секущих плоскостей частного положения (рис. 133). Сначала отмечаем очевидные общие A и B точки поверхностей

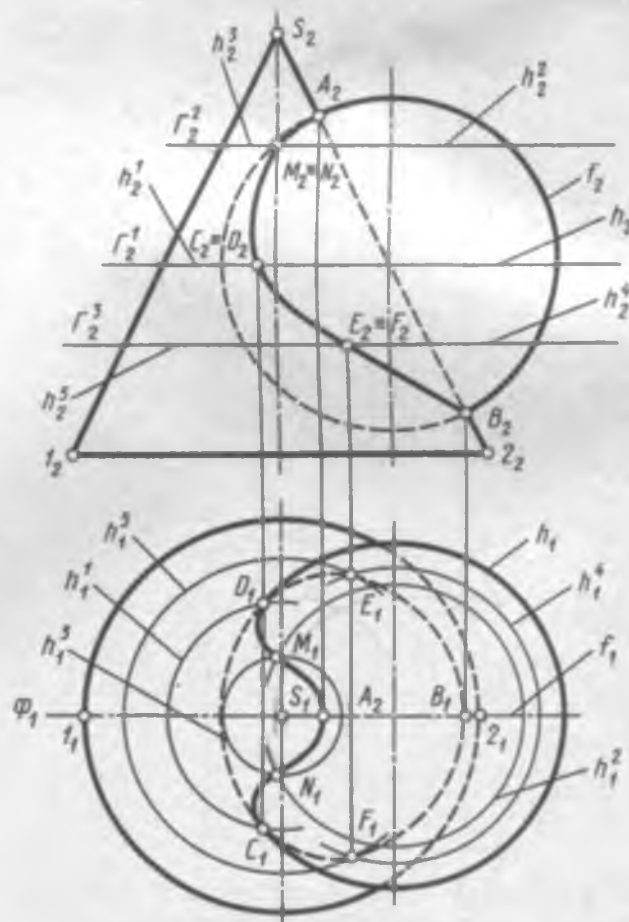


Рис. 133

в пересечении их главных меридианов l и $l-s-2$, так как поверхности имеют общую фронтальную плоскость симметрии Φ (Φ_1). $f_2 \cap S_2 - 2_2 = A_2(B_2)$; $A_2A_1(B_2B_1) \parallel \parallel S_2S_1$; $A_2A_1(B_2B_1) \cap f_1 = A_1(B_1)$.

Эти опорные точки являются наивысшей A и наинизшей B точками линии пересечения, а также точками видимости линии на плоскости Π_2 .

Брать вспомогательные фронтальные плоскости, параллельные Π_2 , для построения следующих точек неудобно, так как они будут пересекать конус по гиперболам. Графически простые линии (окружности параллелей) на данных поверхностях получаются от пересечения их горизонтальными плоскостями уровня Γ .

Первую такую вспомогательную плоскость Γ^1 берем на уровне экватора сферы h . Эта плоскость пересекает конус по параллели h^1 . В пересечении этих параллелей находятся точки видимости линии пересечения относительно плоскости Π_1 : $h_1 \cap h^1 = C_1(D_1)$; $C_1C_2 \parallel S_1S_2$; $C_1C_2 \cap h_2(h^2) = C_2(D_2)$.

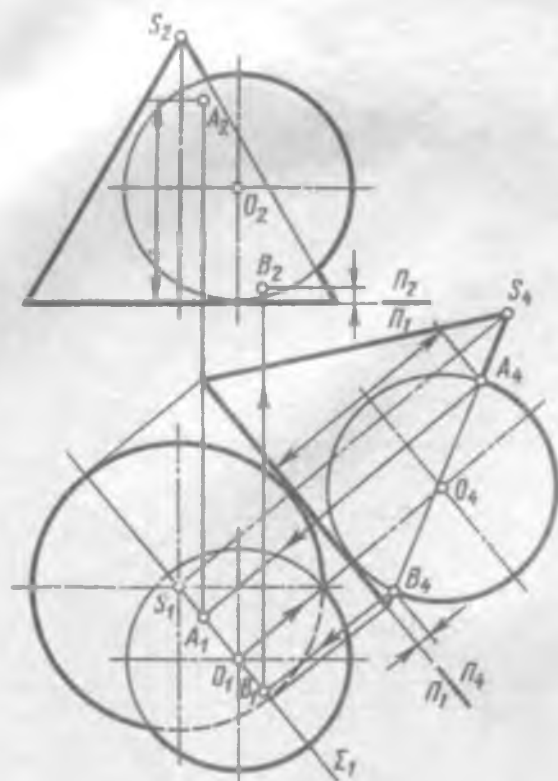


Рис. 134

Промежуточные точки M и N верхней части линии пересечения построены с помощью вспомогательной плоскости Γ^2 , пересекающей поверхности по параллелям h^2 и h^3 $h^2 \cap h^3 = M(N)$. Аналогично построены точки E и F нижнего участка линии пересечения с помощью вспомогательной плоскости Γ^3 : $h^4 \cap h^5 = E(F)$.

Соединяем одноименные проекции построенных точек с учетом их видимости плавными кривыми и получаем проекции искомой линии пересечения.

Если пересекающиеся поверхности вращения не имеют общей фронтальной плоскости симметрии (рис. 134), то самую высокую A и самую низкую B точки линии пересечения поверхностей легко определить, построив изображения этих поверхностей на плоскости Π_4 , параллельной осевой плоскости Σ (Σ_1) данных поверхностей. Можно строить проекции всей линии пересечения в системе плоскостей $\Pi_1 \perp \Pi_4$, а затем построить ее фронтальную проекцию в проекционной связи с горизонтальной проекцией, замеряя высоты точек на плоскости Π_4 , так как это показано на рис. 134 для точек A и B .

Пересечение соосных поверхностей вращения

Соосными поверхностями вращения называются поверхности, имеющие общую ось вращения. На рис. 135 изображены соосные цилиндр и сфера (рис. 135, а), соосные конус и сфера (рис. 135, б) и соосные цилиндр и конус (рис. 135, в).

Соосные поверхности вращения всегда пересекаются по окружностям, плоскости которых перпендикулярны оси вращения. Этих общих для обеих поверхностей окружностей столько, сколько существует точек пересечения очерковых линий поверхностей. Поверхности на рис. 135 пересекаются по окружностям, создаваемым точками 1 и 2 пересечения их главных меридианов.

Способ вспомогательных сфер

Особенности пересечения соосных поверхностей вращения позволяют в качест-

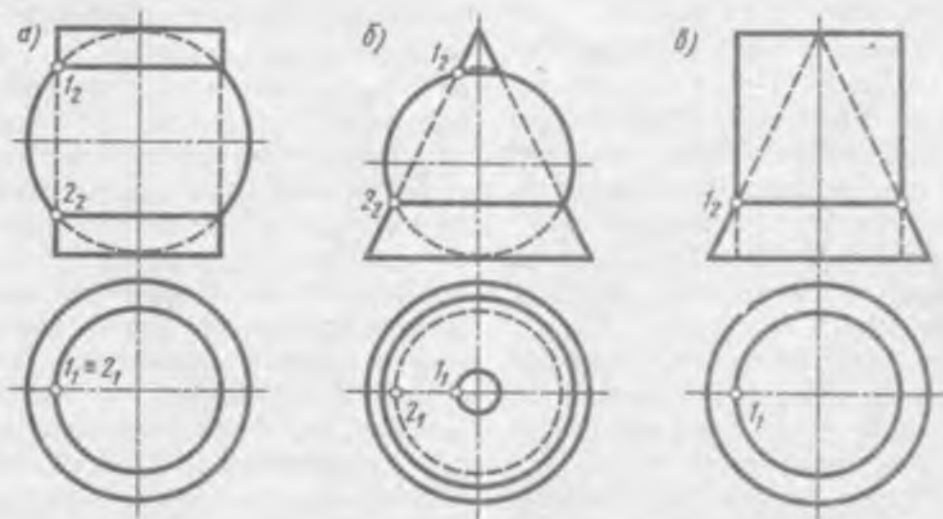


Рис. 135

ве вспомогательных поверхностей при построении линии пересечения поверхностей использовать сферы, соосные с данными поверхностями. Вспомогательная сфера пересекает каждую из данных поверхностей по окружности. В пересечении этих окружностей получают точки, принадлежащие искомой линии пересечения. Если оси поверхностей пересекаются, то вспомогательные сферы проводят из одного центра (точки пересечения осей), а линию пересечения строят способом вспомогательных концентрических сфер.

Для использования вспомогательных концентрических сфер при построении линии пересечения необходимо выполнение следующих условий:

1) пересечение поверхностей вращения;
2) оси поверхностей — пересекающиеся прямые — параллельны одной из плоскостей проекций, т. е. имеется общая плоскость симметрии;

3) нельзя использовать способ вспомогательных секущих плоскостей, так как они не дают графически простых линий на поверхностях.

Обычно способ вспомогательных сфер используется в сочетании со способом вспомогательных секущих плоскостей. На рис. 136 построена линия пересечения двух конических поверхностей вращения с пересекающимися во фронтальной плоскости уровня Φ (Φ_1) осями вращения. Значит главные меридианы этих поверхностей пересекаются и дают в своем пересечении точки видимости линии пересечения относительно плоскости Π_2 или самую высокую A и самую низкую B точки. В пересечении горизонтального меридиана h и параллели h^1 , лежащих в одной вспомогательной секущей плоскости Γ (Γ_2), определены точки видимости C и D линии пересечения относительно плоскости Π_1 . Использовать вспомогательные секущие плоскости для построения дополнительных точек линии пересечения нецелесообразно, так как плоскости, параллельные Φ , будут пересекать обе поверхности по гиперболам, а плоскости, параллельные Γ , будут давать в пересечении поверхностей окружности и гиперболы. Вспомогательные горизонтально или фронтально проецирующие плоскости, проведенные через вершину одной из поверхностей, будут пересекать их по образующим и эллипсам.

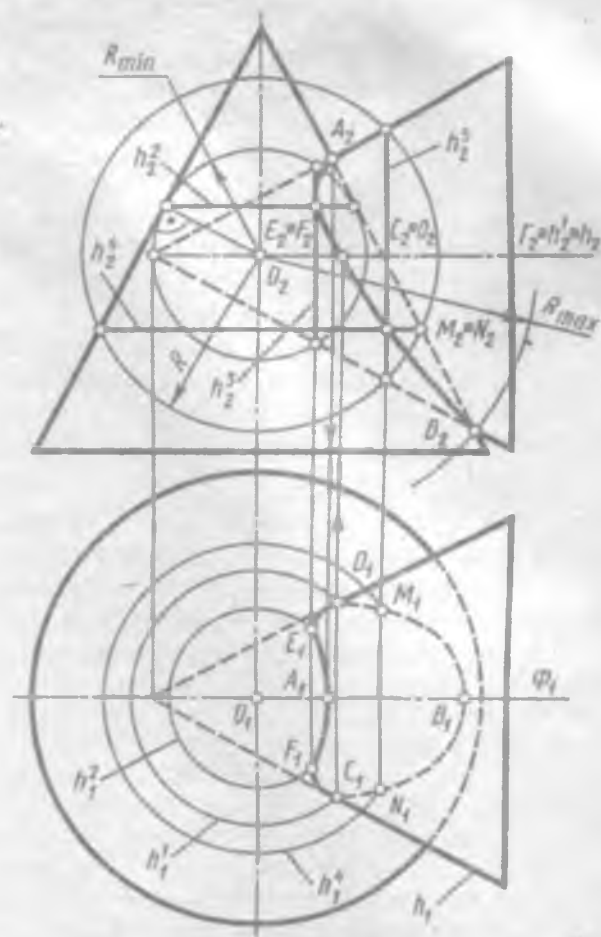


Рис. 136

В данном примере выполнены условия, позволяющие применение вспомогательных сфер для построения точек линии пересечения. Оси поверхностей вращения пересекаются в точке O ($O_1; O_2$), которая является центром вспомогательных сфер, радиус сфер изменяется в пределах $R_{\min}^* < R < R_{\max}^*$. Радиус максимальной сферы определяется расстоянием от центра O наиболее удаленной точки B ($R_{\max}^* = O_2B_2$), а радиус минимальной сферы определяется как радиус сферы, касающейся одной поверхности (по окружности h^2) и пересекающей другую (по окружности h^3).

Плоскости этих окружностей перпендикулярны осям вращения поверхностей. В пересечении этих окружностей получаем точки E и F , принадлежащие линии пересечения поверхностей: $h_2^2 \cap h_1^2 = E_2(F_2)$; $E_2E_1 \parallel A_2A_1$; $E_2E_1 \cap h_1^2 = E_1$; $F_2F_1 \cap h_1^2 = F_1$.

Промежуточная сфера радиуса R пересекает поверхности по окружностям h^4 и h^5 , в пересечении которых находятся точки

M и N : $h_2^1 \cap h_2^2 = M_2(N_2)$; $M_2 M_1 \parallel A_2 A_1$;
 $M_2 M_1 \cap h_1^1 = M_1$; $N_2 N_1 \cap h_1^1 = N_1$.

Соединяя одноименные проекции построенных точек с учетом их видимости, получаем проекции линии пересечения поверхностей.

Особые случаи пересечения поверхностей вращения

На рис. 137 изображены три случая пересечения цилиндра и конуса вращения. В первом случае цилиндр врезается в конус, потому что, если вписать в конус сферу с центром в точке пересечения осей поверхностей, то радиус ее будет больше радиуса цилиндра. Все образующие цилиндра пересекаются с поверхностью конуса. Во втором случае конус врезается в цилиндр, так как сфера, вписанная в цилиндр,

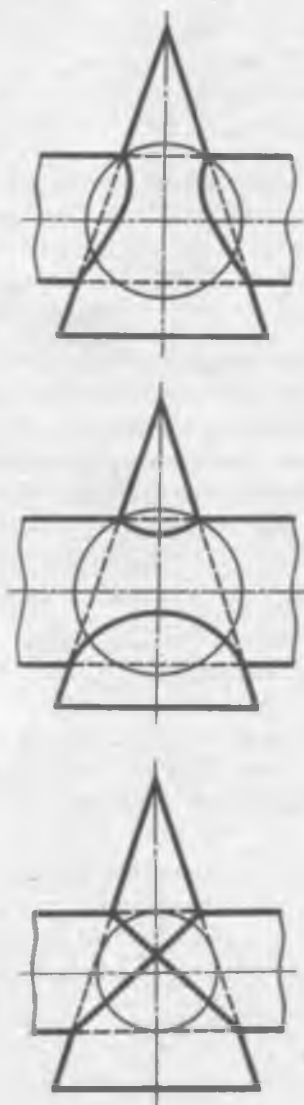


Рис. 137

пересекает конус. Все образующие конуса пересекают поверхность цилиндра. В третьем случае сфера, вписанная в одну поверхность, касается второй поверхности, и в пересечении участвуют все образующие и цилиндра и конуса. В этом случае пространственная линия пересечения поверхностей распадается на две плоские кривые (эллипсы).

Это положение подтверждается теоремой Монжа: Если две поверхности второго порядка описаны вокруг третьей поверхности второго порядка, то они пересекаются по двум кривым второго порядка. Такие поверхности имеют две точки, в которых они касаются друг друга, или говорят, что поверхности имеют двойное прикосновение. Линия пересечения двух поверхностей вращения, имеющих двойное прикосновение, распадается на две кривые второго порядка, плоскости которых проходят через прямую, соединяющую точки прикосновения (рис. 138). Две цилиндрические поверхности вращения одного диаметра касаются друг друга в точках A и B или имеют общие

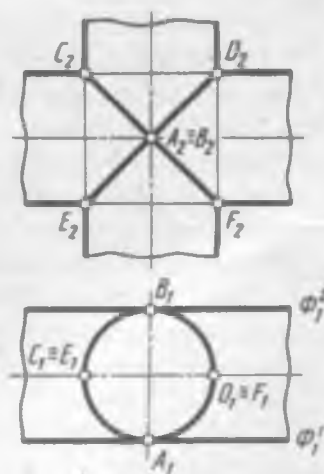


Рис. 138

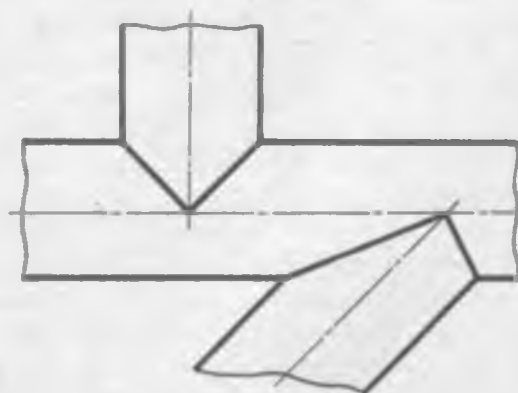


Рис. 139

касательные плоскости Φ^1 и Φ^2 . Линия AB занимает фронтально проецирующее положение, поэтому плоскости кривых пересечения будут фронтально проецирующими. Эллипсы $ACBF$ и $AEBD$ изображаются отрезками прямых на фронтальной плоскости проекций и окружностями, совпадающими с вырожденной проекцией вертикального цилиндра, на горизонтальной плоскости проекций. Это положение широко используется при изображении пересекающихся труб или отверстий одного диаметра (рис. 139).

Линии перехода

В конструкциях технических деталей часто при пересечении поверхностей используют сопрягающую поверхность, которая осуществляет плавный переход от одной поверхности к другой (рис. 140).

Чтобы не строить две близко расположенные линии пересечения сопрягающей поверхности с основными поверхностями, на чертеже проводят условно одну линию, выполняя ее тонкой сплошной линией. Эту линию и называют *линией перехода*. Линия перехода заканчивается в точках пересечения очерковых линий основных поверхностей (рис. 140, а) и заменяется более простыми (циркульными) кривыми.

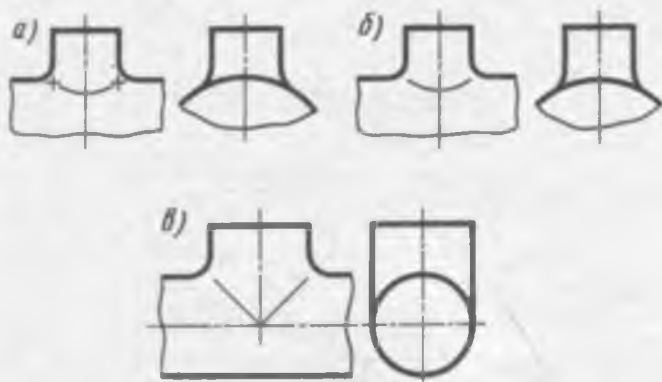
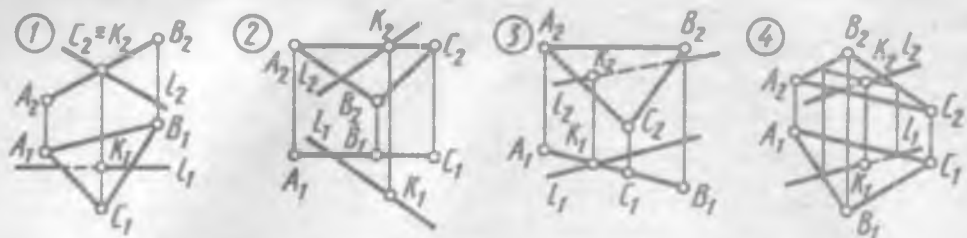


Рис. 140

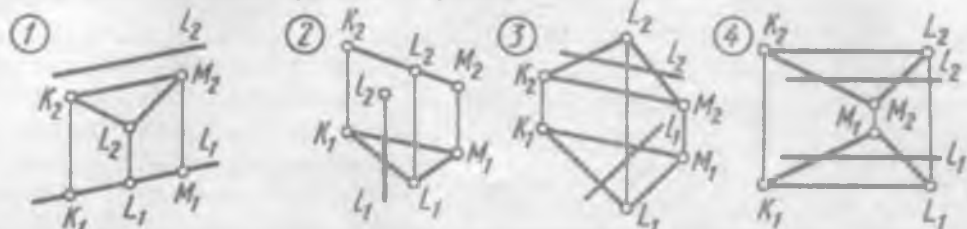
Вопросы для самопроверки

1. Какие задачи называются позиционными?
2. Как на комплексном чертеже построить проекции точки, принадлежащей плоскости, поверхности?
3. Как построить линию, принадлежащую плоскости, поверхности?
4. Какова последовательность решения на комплексном чертеже задач на пересечение?
5. Как относительно друг друга могут быть расположены в пространстве прямая линия и плоскость?
6. Как построить проекции отрезка перпендикуляра, проведенного из точки пространства к плоскости общего положения?
7. Какая прямая является линией пересечения плоскости общего положения с горизонтальной плоскостью уровня? с горизонтально проецирующей плоскостью?
8. По какой линии пересекаются две фронтально проецирующие плоскости?
9. Как определяется видимость при пересечении двух плоскостей общего положения?
10. Как строится линия пересечения поверхности плоскостью?
11. Какие линии могут быть получены в сечении прямого кругового цилиндра, конуса, сферы?
12. Что такое линия среза?
13. Как строят линию пересечения двух поверхностей?
14. Какие вспомогательные поверхности удобно использовать при построении точек линии пересечения двух поверхностей?
15. В чем сущность способа вспомогательных секущих плоскостей в построении линии пересечения двух поверхностей?
16. Какие поверхности называют соосными?
17. По каким линиям пересекаются соосные поверхности вращения?
18. Когда можно использовать вспомогательные сферы при построении линии пересечения двух поверхностей?
19. По каким линиям пересекаются два прямых круговых цилиндра одного диаметра, если их оси пересекаются? Почему?
20. Какую линию называют линией перехода и как она вычерчивается при изображении пересекающихся поверхностей?

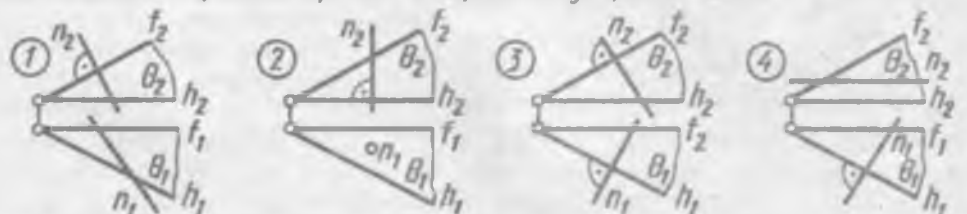
А. На каком чертеже правильно построена точка К пересечения прямой l с плоскостью ABC и показана видимость прямой?



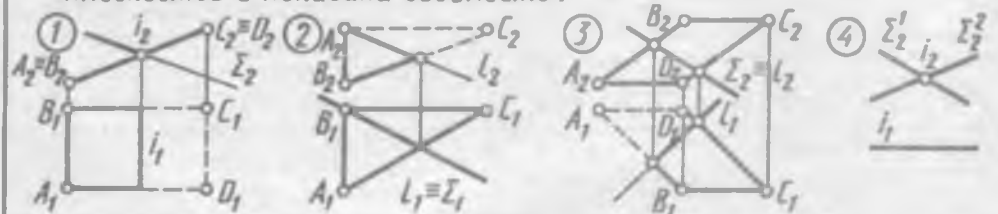
Б. На каком чертеже прямая l параллельна плоскости KLM ?



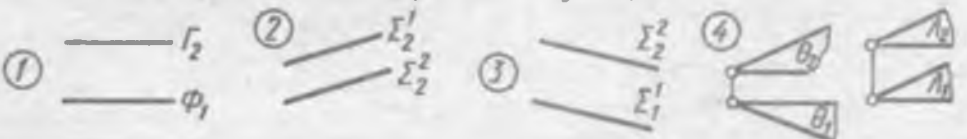
В. На каком чертеже прямая n перпендикулярна плоскости $\theta(hnf)$?



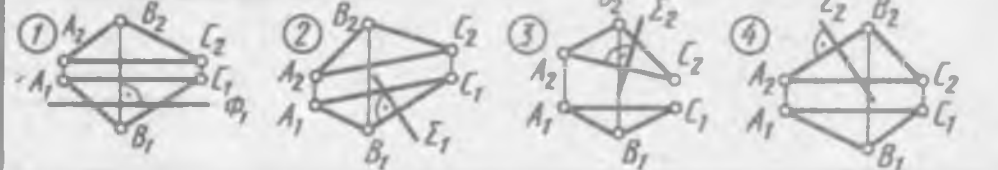
Г. На каком чертеже правильно построена линия пересечения двух плоскостей и показана видимость?



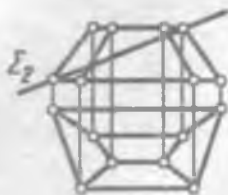
Д. На каком чертеже заданы проекции двух параллельных плоскостей?



Е. На каком чертеже заданы проекции двух взаимно перпендикулярных плоскостей?

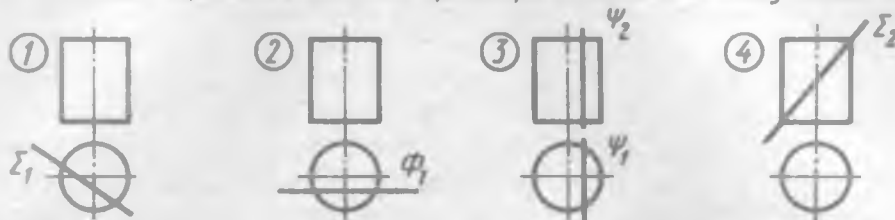


А. Какая плоская фигура получается в сечении данного многогранника плоскостью Σ ?

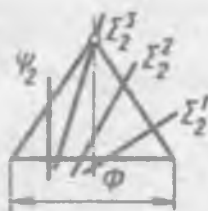


- ① треугольник
② трапеция
③ четырехугольник
④ пятиугольник

Б. На каком чертеже в сечении цилиндра плоскостью получается эллипс?



В. В сечении какой плоскостью конуса вращения получается парабола?



- ① Σ^1
② Σ^2
③ Σ^3
④ Ψ

Г. Какие точки линии пересечения цилиндра с плоскостью МНР являются точками видимости на профильной плоскости проекций?

- ① $A \cup B$
② $C \cup D$
③ $F \cup K$
④ $E \cup L$

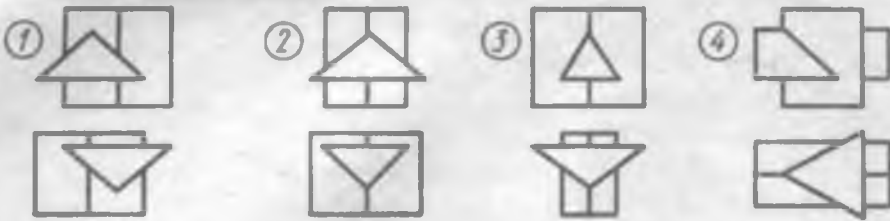
Д. Каким отрезком измеряется истинная величина малой оси эллипса, полученная в сечении цилиндра плоскостью МНР?

- ① $A_4 B_4$
② $F_1 K_1$
③ $C_2 D_2$
④ $C_1 D_1$

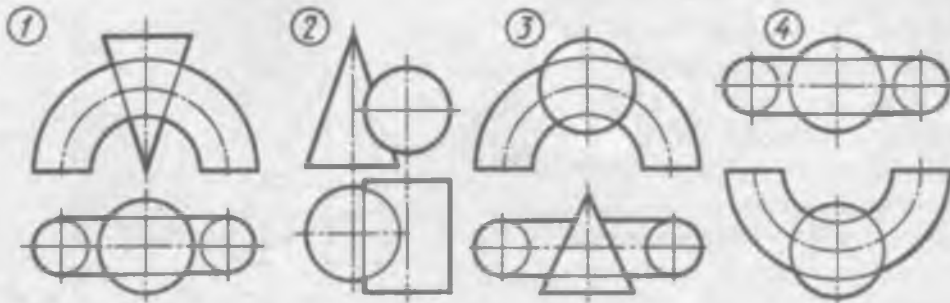
Е. На каком чертеже правильно выполнена профильная проекция шара с вырезом?



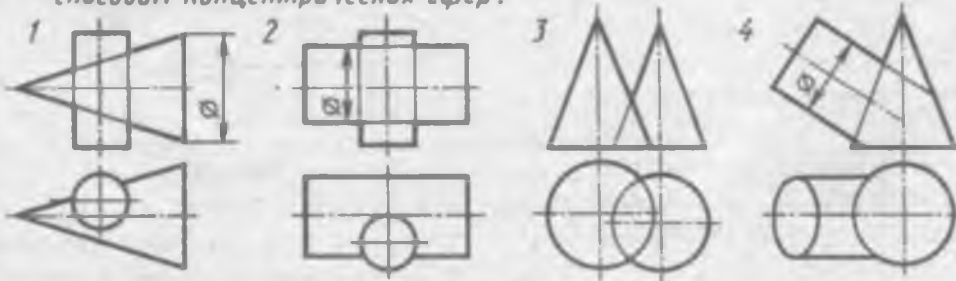
А. На каком чертеже линия пересечения данных призм является одной ломаной линией?



Б. На каком чертеже целесообразно применять фронтальные плоскости уровня для построения линии пересечения поверхностей?



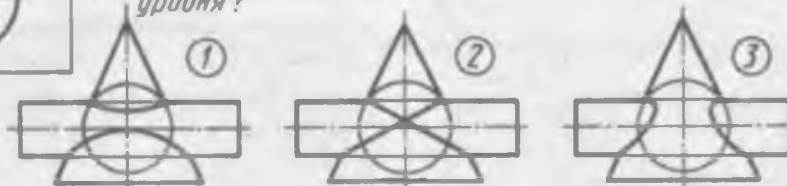
В. На каком чертеже можно построить линию пересечения поверхностей способом концентрических сфер?



Г. Какая линия получится при пересечении данных поверхностей?



Д. На каком чертеже правильно изображена линия пересечения цилиндра и конуса вращения, если оси их расположены в одной фронтальной плоскости уровня?



§ 24. Метрические задачи

Метрическими называют задачи, связанные с определением на комплексном чертеже истинных величин расстояний, углов и плоских фигур.

Первая группа задач включает в себя определение расстояний от точки до другой точки, до прямой, до плоскости, до поверхности; от прямой до другой прямой, плоскости; от плоскости до плоскости. При этом расстояние от прямой до плоскости и между плоскостями измеряется в случае их параллельности.

Вторая группа задач включает в себя определение углов между пересекающимися или скрещивающимися прямыми, между прямой и плоскостью, между плоскостями (определение величины двугранного угла).

Третья группа задач связана с определением истинной величины плоской фигуры и части поверхности (развертки).

Любая из перечисленных задач может быть решена с применением преобразования комплексного чертежа.

Рассмотрим решение некоторых из перечисленных задач.

Расстояние от точки до точки определяется длиной отрезка прямой, соединяющей эти точки. Эта задача решается или способом прямоугольного треугольника (см. § 11) или построением дополнительного изображения отрезка на новой плоскости проекций, параллельной этому отрезку (см. § 22, задача 1).

Расстояние от точки до прямой измеряется отрезком перпендикуляра, проведенного из точки к прямой. Отрезок этого перпендикуляра изображается в натуральную величину на плоскости в том случае, если он проведен к проецирующей прямой. Значит, нужно преобразовать чертеж данной прямой, сделав ее в новой системе плоскостей проекций проецирующей (см. § 22, задача 2). На рис. 141 определено расстояние от точки M до прямой AB :

$$1) \Pi_2 \perp \Pi_1 \rightarrow \Pi_1 \perp \Pi_4; \Pi_4 \parallel AB; \frac{\Pi_4}{\Pi_1} \parallel A_1 B_1;$$

$$2) \Pi_1 \Pi_4 \rightarrow \Pi_4 \perp \Pi_5; \Pi_5 \perp AB; \frac{\Pi_4}{\Pi_5} \perp A_4 B_4;$$

$$3) M_5 K_5 — \text{истинное расстояние от точки } M \text{ до прямой } AB;$$

4) Чтобы построить проекции перпендикуляра MK в исходной системе плоскостей, строят основание перпендикуляра — точку

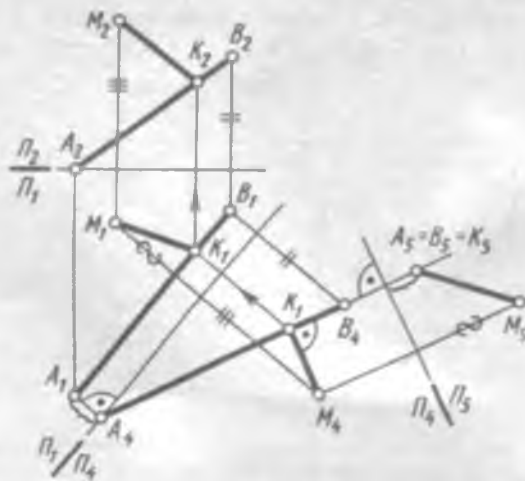


Рис. 141

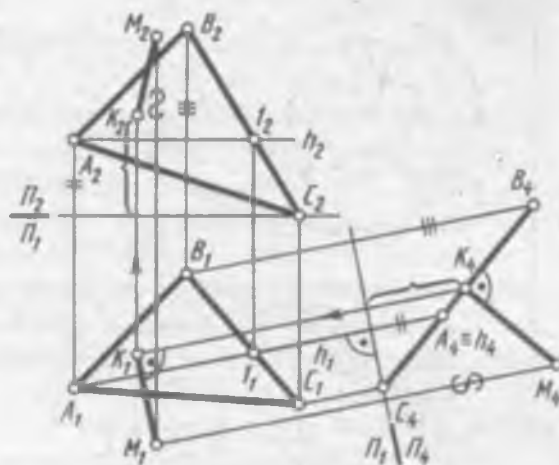


Рис. 142

K — на прямой AB из условия, что в системе $\Pi_4 \perp \Pi_5$ он занимает положение линии уровня, т. е. $M_4 K_4 \perp A_4 B_4$. Горизонтальная и фронтальная проекции точки K определяются по линиям связи из условия принадлежности ее прямой AB .

Расстояние от точки до плоскости измеряется отрезком перпендикуляра, опущенного из точки на плоскость. Так как перпендикуляр к проецирующей плоскости есть линия уровня, то удобно иметь на чертеже «вырожденную» проекцию данной плоскости, т. е. преобразовать чертеж (см. § 22, задача 3). На рис. 142 построены проекции перпендикуляра MK , отрезок которого определяет расстояние от точки M до плоскости Θ (ABC):

$$1) \Pi_1 \perp \Pi_2 \rightarrow \Pi_1 \perp \Pi_4; \Pi_4 \perp \Theta; \frac{\Pi_1}{\Pi_4} \perp h_1; h(A, I) \in \Theta;$$

$$2) M_4 K_4 \perp \Theta_4 — \text{истинная величина расстояния от точки } M \text{ до плоскости } \Theta;$$

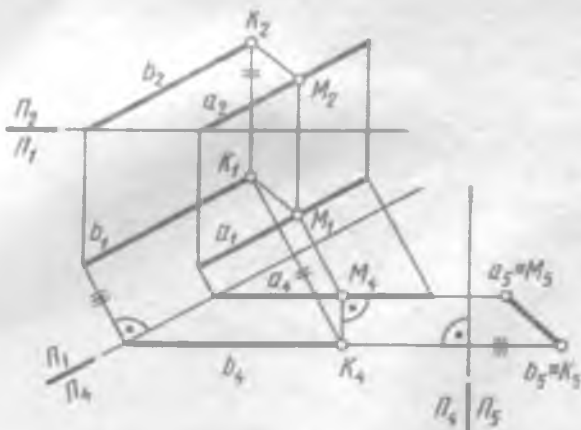


Рис. 143

3) $M_1K_1 \perp K_4K_1$ или $\parallel \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$;

4) K_2 построена с помощью высоты точки K , измеренной на плоскости Π_4 .

Расстояние между параллельными прямыми измеряется отрезком перпендикуляра между ними. На рис. 143 определено расстояние между прямыми a и b путем преобразования чертежа прямых. Сначала построено изображение прямых на плоскости $\Pi_4 \perp \Pi_1$. В этой системе плоскостей прямые занимают положение линий уровня:

$$a(b) \parallel \Pi_4, \frac{\Pi_1}{\Pi_4} \parallel a_1(b_1).$$

В системе плоскостей $\Pi_4 \perp \Pi_5$ прямые занимают проецирующее по отношению к плоскости Π_5 положение: $\Pi_5 \perp a(b); \frac{\Pi_4}{\Pi_5} \perp$

$\perp a_4(b_4)$. Отрезок M_5K_5 между вырожденными проекциями прямых определяет истинную величину расстояния между прямыми a и b . Построения проекций перпендикуляра MK в исходной системе плоскостей проекций аналогичны рассмотренным ранее.

Для определения расстояния между скрещивающимися прямыми необходимо одну из прямых сделать проецирующей в новой системе плоскостей проекций.

Расстояние от прямой до плоскости, параллельной прямой, измеряется отрезком перпендикуляра, опущенного из любой точки прямой на плоскость. Значит, достаточно плоскость общего положения преобразовать в положение проецирующей плоскости, взять на прямой точку, и решение задачи будет сведено к определению расстояния от точки до плоскости.

Расстояние между параллельными плоскостями измеряется отрезком перпендикуля-

ра между ними, который легко строится, если плоскости займут проецирующее положение в новой системе плоскостей проекций, т. е. опять используется третья исходная задача преобразования чертежа.

Истинную величину плоских углов удобно определять, преобразуя исходный чертеж способом вращения вокруг линии уровня.

Истинная величина угла между пересекающимися прямыми c и d (рис. 144) определена следующим образом: плоскость угла повернута вокруг своей фронтальной плоскости уровня Φ (Φ_1), проходящей через фронталь f . Проекция $\bar{M}_2$ совмещения вершины M угла между прямыми c и d находится на проекции Σ_2 фронтально проецирующей плоскости Σ , в которой вращается точка M . Определив с помощью прямоугольного треугольника $O_2M_2M^*$ натуральную величину радиуса вращения r и отложив ее на проекции Σ_2 от фронтальной проекции центра вращения, получаем изображение точки M на плоскости Π_2 в совмещенном с плоскостью Φ положении. Соединяя фронтальные проекции неподвижных точек 1 и 2 с построенной точкой M_2 , получаем проекции $\bar{c}_2$ и $\bar{d}_2$, совмещенных с плоскостью Φ прямых c и d . Угол α между прямыми $\bar{c}_2$ и $\bar{d}_2$ определяет натуральную величину искомого угла между пересекающимися прямыми c и d .

Эта задача также может быть решена способом замены плоскостей проекций. Для этого двойной заменой плоскостей проекций нужно сделать плоскость угла плоскостью уровня, решив последовательно сначала третью исходную задачу, а затем — четвертую.

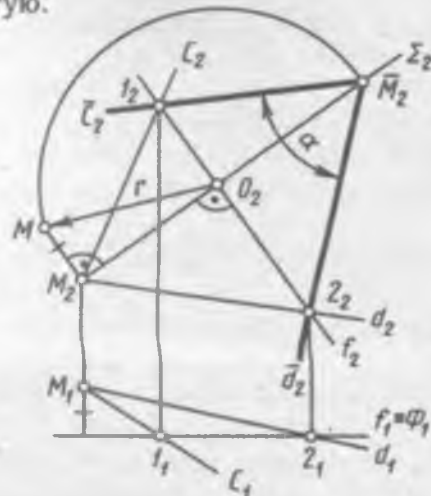


Рис. 144

Натуральная величина угла между скрещивающимися прямыми определяется как угол между двумя пересекающимися прямыми, параллельными данным скрещивающимся прямым.

Угол α между прямой l и плоскостью Θ может быть определен через дополнительный угол β между заданной прямой l и перпендикуляром n к данной плоскости, проведенном из любой точки прямой (рис. 145). Угол β дополняет искомый угол α до 90° . Определив истинную величину угла β путем вращения вокруг прямой уровня плоскости угла, образованного прямой l и перпендикуляром n , остается дополнить его до прямого угла. Этот дополнительный угол и даст истинную величину угла α между прямой l и плоскостью Θ .

Истинная величина двугранного угла — угла между двумя плоскостями Θ и λ — может быть определена или путем замены плоскостей проекций с целью преобразования ребра двугранного угла в проецирующую прямую (задачи 1 и 2) или, если ребро не задано, как угол между двумя перпендикулярами n^1 и n^2 , проведенными к данным плоскостям (см. § 23) из произвольной точки M пространства (рис. 146). В плоскости этих перпендикуляров при точке M получаем два плоских угла α и β , которые соответственно равны линейным углам двух смежных двугранных углов, образованных плоскостями Θ и λ . Определив истинную величину углов между перпендикулярами n^1 и n^2 путем вращения вокруг

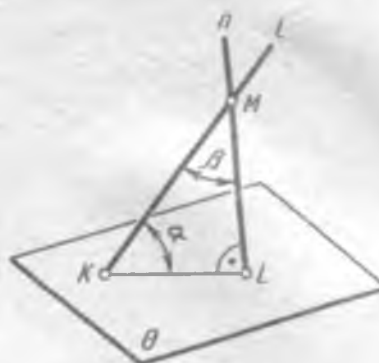


Рис. 145

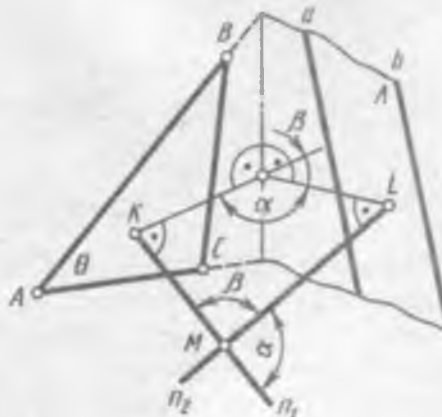


Рис. 146

прямой уровня тем самым определим и линейный угол двугранного угла, образованного плоскостями Θ и λ .

Истинная величина плоской фигуры определяется путем преобразования чертежа либо способом замены плоскостей проекций (рис. 147, а), последовательным

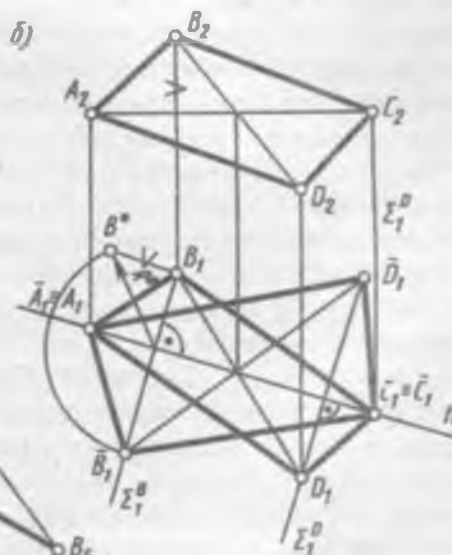
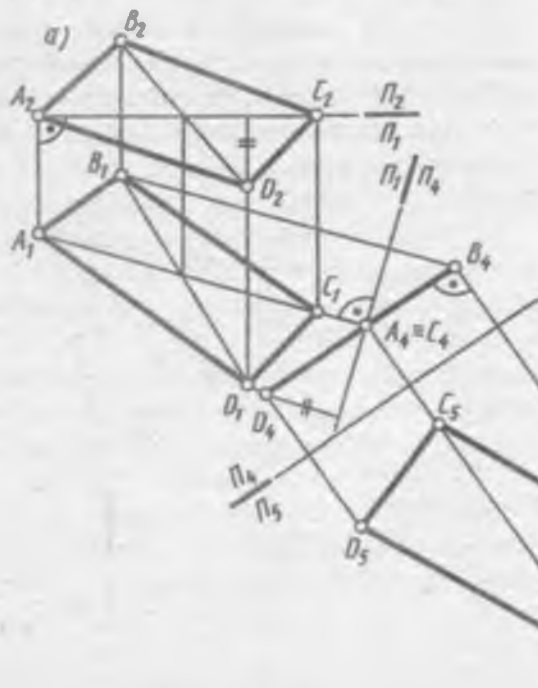


Рис. 147

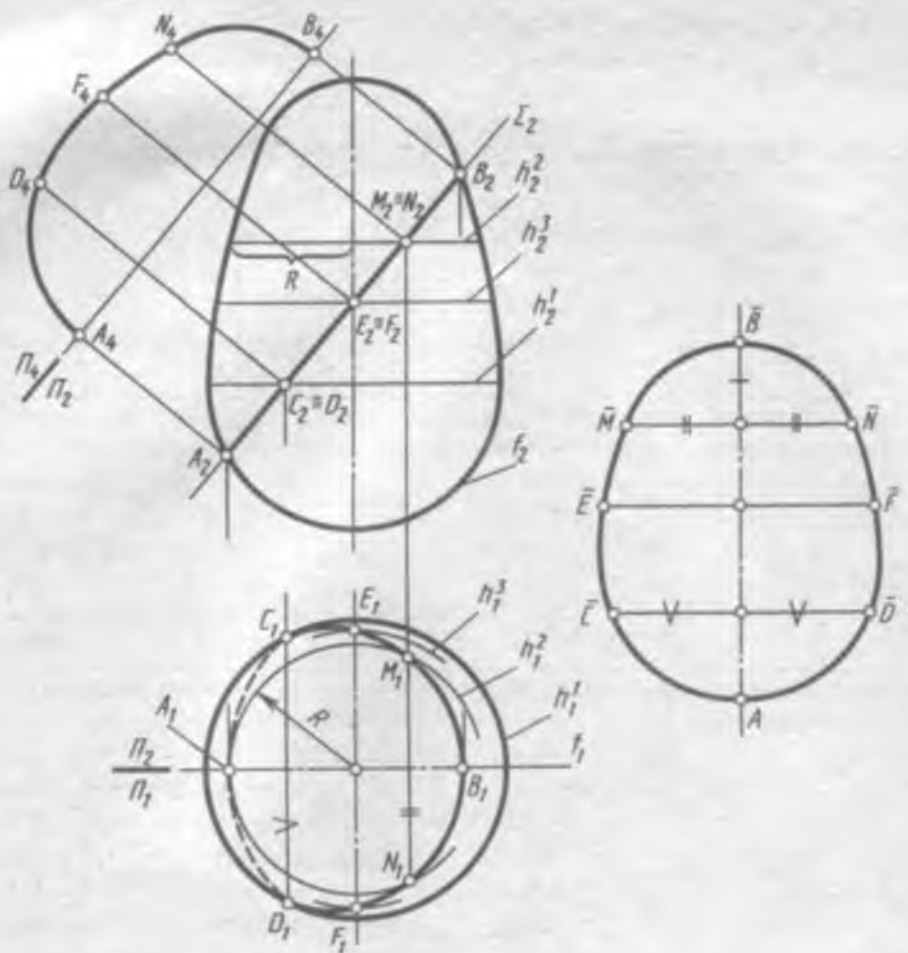


Рис. 148

решением 3-й и 4-й основных задач, либо способом вращения вокруг линии уровня плоскости этой фигуры до совмещения с соответствующей плоскостью уровня (рис. 147,б).

При определении истинной величины фигуры сечения поверхности проецирующей плоскостью достаточно одной замены плоскостей проекций (исходная задача 3). В этом случае истинную величину фигуры сечения можно легко построить путем непосредственного замера расстояний точек фигуры «вдоль сечения» и «поперек сечения» (рис. 148).

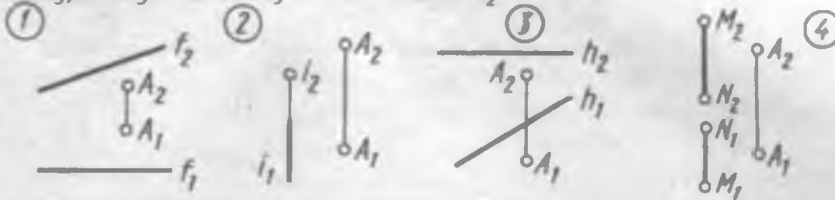
Длина фигуры сечения AB изображается в истинную величину на плоскости Π_2 , так как является отрезком фронтали секущей плоскости. Расстояние между симметричными точками «поперек сечения» изображается в натуральную величину на плоскости Π_1 , так как являются отрезками горизонталей секущей плоскости Σ .

Вопросы для самопроверки

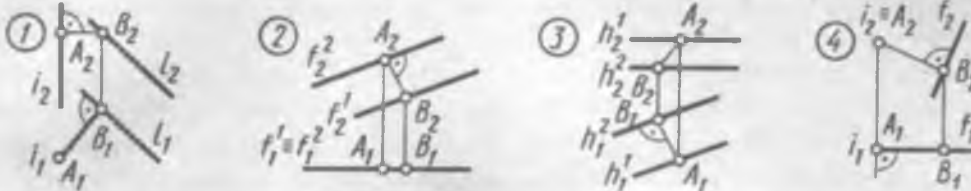
1. Какие задачи называются метрическими?
2. Какие группы задач выделяют в метрических задачах?
3. Как на комплексном чертеже определить расстояние между двумя точками пространства? от точки до прямой? от точки до плоскости?
4. Как определить кратчайшее расстояние между двумя параллельными прямыми? скрещивающимися прямыми? от прямой до плоскости?
5. Какие построения необходимо выполнить на чертеже, чтобы определить натуральную величину угла между двумя пересекающимися прямыми общего положения?
6. Как по чертежу определить истинную величину угла между двумя плоскостями общего положения, если ребро образованного ими двугранного угла не задано?
7. Какие вы знаете способы построения истинной величины фигуры сечения поверхности плоскостью общего положения?

КАРТА ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
ПО ТЕМЕ «МЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ»

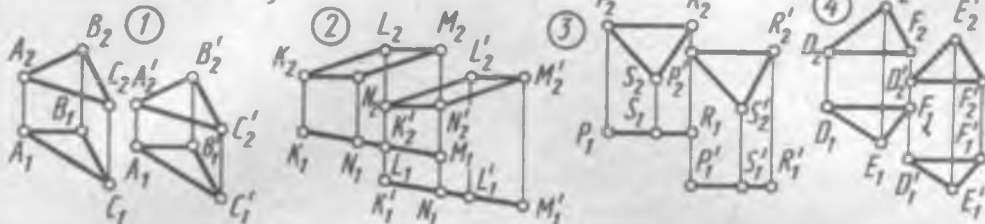
А. На каком чертеже расстояние от точки A до прямой изображается в натуральную величину на плоскости Π_2 ?



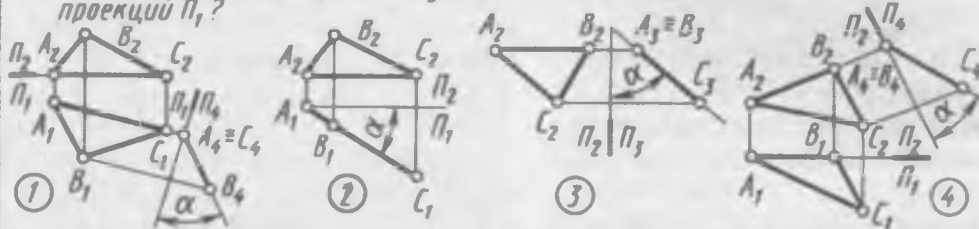
Б. На каком чертеже требуются дополнительные построения для определения истинной величины АВ расстояния между двумя прямыми?



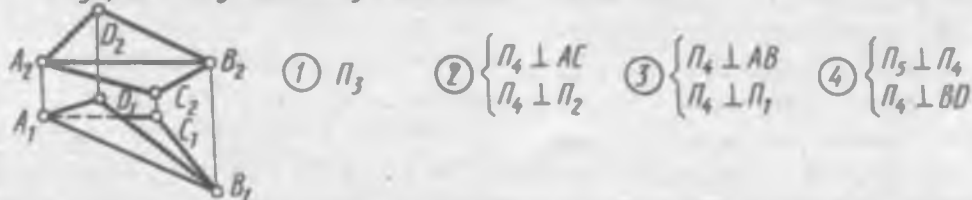
В. Между какими параллельными плоскостями расстояние определяется на плоскости Π_3 ?



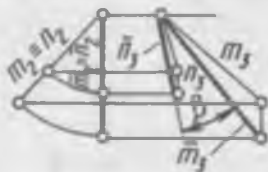
Г. На каком чертеже определен угол наклона α плоскости к плоскости проекций Π_1 ?



Д. На какой плоскости проекций можно определить истинную величину двугранного угла между плоскостями ABC и ABD ?



Е. Каким способом определена истинная величина угла β между прямыми m и n ?



- ① вращением вокруг фронтали
- ② заменой плоскостей проекций
- ③ плоско-параллельным перемещением
- ④ вращением вокруг фронтальной проецирующей оси

§ 25. Развертки поверхностей

Разверткой поверхности называют плоскую фигуру, получаемую при совмещении поверхности с плоскостью. При разворачивании поверхности на плоскости каждой точке поверхности соответствует единственная точка на развертке; линия поверхности переходит в линию развертки; длины линий, величины плоских углов и площадей, ограниченных замкнутыми линиями, остаются неизменными.

Построение разверток поверхностей имеет большое практическое применение при изготовлении различных конструкций и изделий из листового материала. При этом возникает необходимость изготовления из листового материала поверхностей не только разворачивающихся, но и неразворачивающихся (см. § 16). Теоретически точно разворачиваются только гранные поверхности, торсы, конические и цилиндрические поверхности. В практике при разворачивании конических и цилиндрических поверхностей общего вида их аппроксимируют вписанными гранными поверхностями. Чем больше граней содержит вписанная поверхность, тем точнее развертка. Построенные таким образом развертки — *приближенные*.

Для построения разверток неразворачивающихся поверхностей их разбивают на части, которые можно приближенно заменить разворачивающимися поверхностями. Затем строят развертки этих частей, которые в сумме дают *условную* развертку неразворачивающейся поверхности.

Изыскание и применение наиболее простых способов разверток поверхностей имеют

большое практическое значение, так как приводят к экономии материалов и уменьшают затраты рабочей силы.

Развертки пирамидальных и конических поверхностей строят способом триангуляции (способом треугольников). Построение разверток этих поверхностей сводится к многократному построению истинных величин треугольников, из которых состоит поверхность разворачиваемой пирамиды или которой заменяют разворачиваемую коническую поверхность. На рис. 149 построена полная развертка пирамиды $SABC$, усеченной фронтально проецирующей плоскостью Σ (Σ_2).

Сначала нужно построить развертку боковой поверхности всей пирамиды (фигуру $\bar{S}\bar{C}\bar{A}\bar{B}\bar{C}$), состоящую из натуральных величин боковых граней. Для этого необходимо определить истинную величину боковых ребер. На рис. 149 истинная величина ребер AS , BS и CS построена способом прямоугольного треугольника. В данном случае одним катетом взято превышение точки S над точками A , B и C , а вторым катетом — горизонтальная проекция соответствующего ребра. Гипотенузы S_2C^* , S_2B^* и S_2A^* дают истинную величину боковых ребер. Основание пирамиды расположено горизонтально, поэтому на плоскости Π_1 мы имеем истинную величину и самого основания ΔABC , и его сторон AB , BC , AC .

Каждая боковая грань на развертке строится как треугольник по трем сторонам. CS — самое короткое боковое ребро, поэтому рациональнее мысленно разрезать поверхность пирамиды по этому ребру.

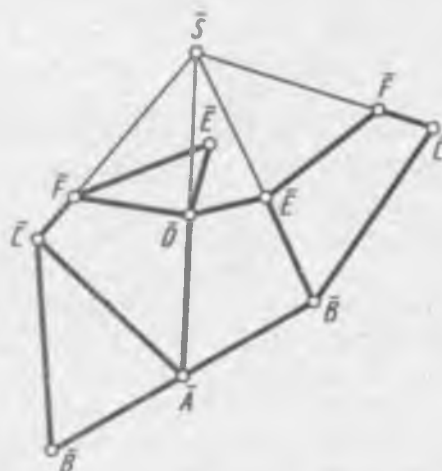
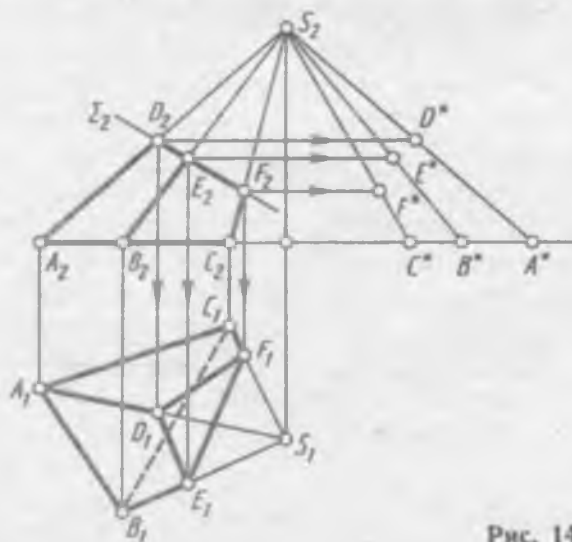


Рис. 149

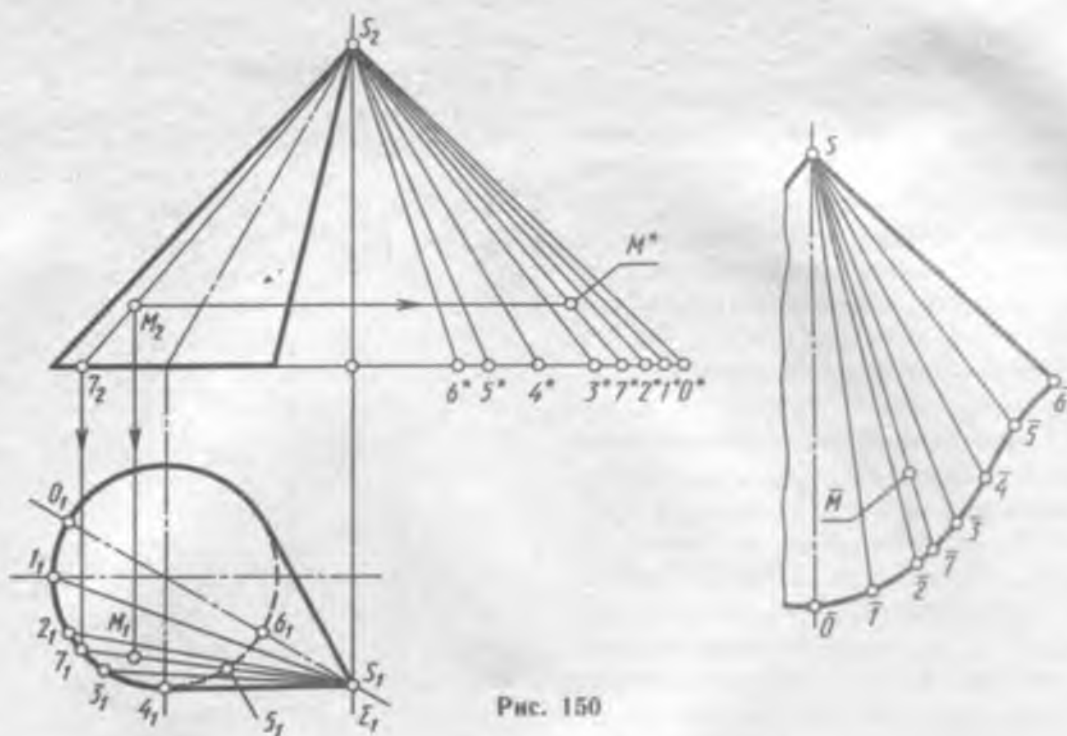


Рис. 150

Для нанесения на развертку точек $\bar{D}$, $\bar{E}$ и $\bar{F}$, соответствующих вершинам сечения пирамиды плоскостью Σ , нужно определить истинные расстояния этих точек от вершины S . После построения развертки боковой поверхности усеченной части пирамиды нужно пристроить к ней треугольники $\bar{ABC}$ и $\bar{DEF}$, дающие истинную величину основания и сечения пирамиды.

На рис. 150 способом триангуляции построена развертка конической поверхности, которая заменена поверхностью вписанной в нее двенадцатиугольной пирамиды. Развертка представляет собой симметричную фигуру, так как поверхность имеет плоскость симметрии Σ . В этой плоскости лежит самая короткая образующая $S - 6$. По ней и сделан разрез поверхности. Самая длинная образующая $S - 0$ является осью симметрии развертки поверхности. Натуральные величины образующих определены с помощью прямоугольных треугольников, как в предыдущей задаче на рис. 149. От оси симметрии $\bar{S} - \bar{0}$ строим шесть в одну сторону и шесть в другую сторону примыкающих друг к другу треугольников с общей вершиной $\bar{S}$. Каждый из треугольников строится по трем сторонам, при этом две стороны равны истинным величинам образующих, а третья — хорде, стягивающей дугу окружности основания между соседними точками деления. Построенные на развертке точки $\bar{0}$, $\bar{1}$, $\bar{2}$, ... соединяются

плавной кривой. На развертке поверхности нанесена точка $M(\bar{M})$ с помощью образующей $S - 7$.

Развертка конической поверхности вращения представляет собой сектор круга

с углом при вершине $\varphi = \frac{R'}{l} 360^\circ$, где

R' — радиус окружности основания, а l — длина образующей. На рис. 151 построена развертка поверхности прямого кругового конуса. Центральный угол φ определен длиной развертки окружности основания. Ее построим с помощью хорд соседних точек деления окружности основания, в которую вписан правильный двенадцатиугольник, т. е. коническая поверхность условно заменена поверхностью вписанной

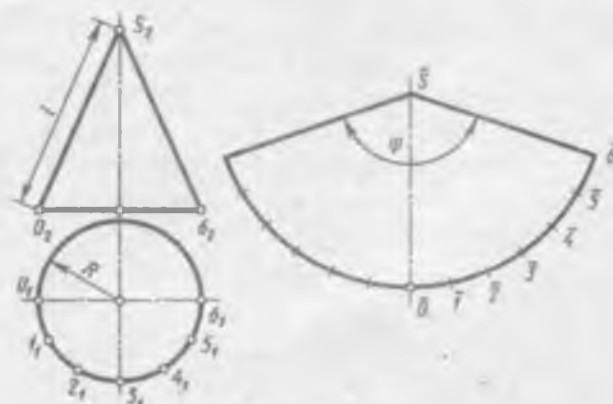
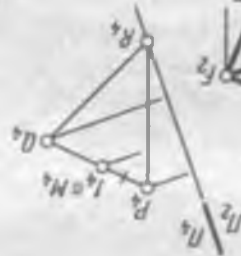
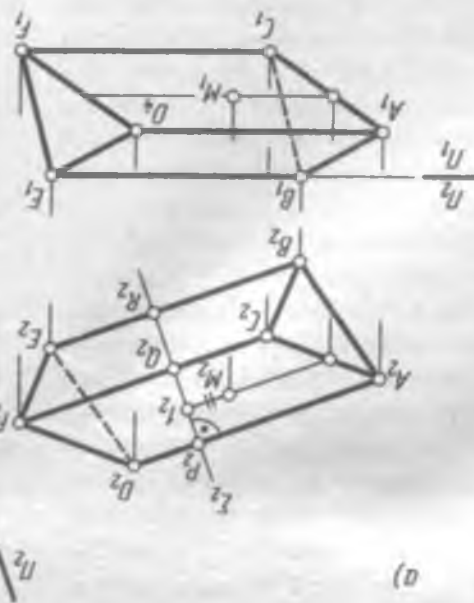
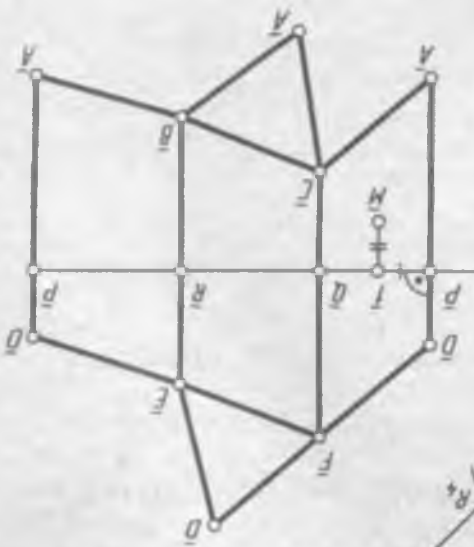
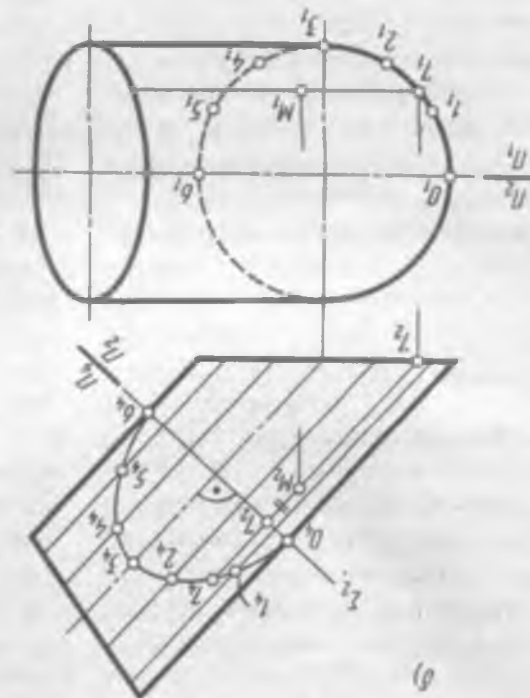
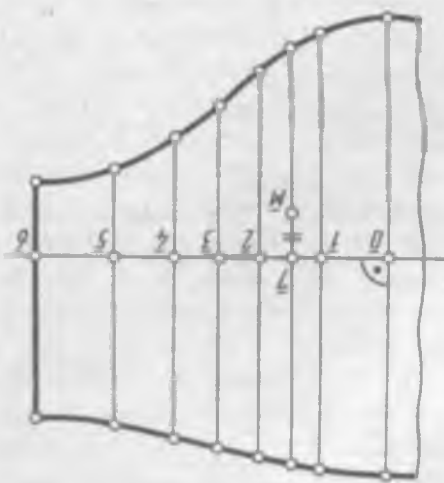
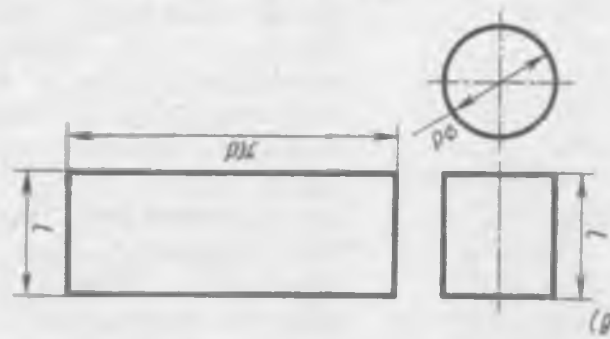


Рис. 151



правильной двенадцатиугольной пирамиды, а для построения развертки применен способ триангуляции.

Развертки призматических и цилиндрических поверхностей строят способом *нормального сечения*. Поверхность рассекают плоскостью, перпендикулярной ее образующим (ребрам), и определяют истинную величину нормального сечения. Линию нормального сечения разворачивают в прямую. Тогда образующие (ребра) поверхности при развертке ее на плоскость располагаются перпендикулярно развертке линии нормального сечения, которую принимают за базу отсчета размеров образующих (ребер).

На рис. 152, а построена полная развертка поверхности треугольной призмы $ABCDEF$. Так как боковые ребра призмы BE , AD и CF параллельны плоскости Π_2 , то они в истинную длину изображены на фронтальной плоскости проекций. Плоскость нормального сечения Σ (Σ_2) является фронтально проецирующей. Нормальное сечение PQR призмы построено в натуральную величину на плоскости Π_4 , параллельной плоскости Σ и перпендикулярной плоскости Π_2 . Линию нормального сечения разворачиваем в прямую и через точки $\bar{P}$, $\bar{Q}$, $\bar{R}$ и $\bar{P}$ проводим прямые, перпендикулярные развертке линии нормального сечения. На каждом из построенных перпендикуляров откладывают по обе стороны от линии $\bar{P}\bar{P}$ отрезки боковых ребер, измеренные на плоскости Π_2 (до нормального сечения и после него). Отмечаем точки ребер на развертке $\bar{A}$ и $\bar{D}$; $\bar{C}$ и $\bar{F}$; $\bar{B}$ и $\bar{E}$, соединяем их отрезками прямых, которые дают истинную величину сторон основания призмы. Присоединяя к развертке боковой поверхности призмы оба основания (треугольники $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ и $\bar{D}\bar{E}\bar{F}$), получаем полную развертку призмы. На развертку призмы нанесены точка M , принадлежащая грани $ACFD$ призмы, с помощью вспомогательной прямой, параллельной ребрам призмы и пересекающей нормальное сечение в точке I .

На рис. 152, б построена развертка боковой поверхности эллиптического ци-

линдра, в который для построения развертки вписана двенадцатиугольная призма. Поверхность имеет фронтальную плоскость симметрии. Самая длинная образующая — нулевая, самая короткая — шестая, по ней и сделан разрез поверхности. Развертка — фигура симметричная относительно нулевой образующей. Истинная величина половины нормального сечения поверхности плоскостью Σ , построенная на плоскости Π_4 , — эллипс. Разворачиваем дугу полуэллипса в прямую $\bar{O}-\bar{b}$ с помощью хорд $\bar{O}_1-\bar{I}_1, \dots, \bar{5}_1-\bar{6}_1$, заменяющих кривые участки эллипса. В точках $\bar{O}$, $\bar{I}_1, \dots, \bar{b}$ на развертке восстанавливаем перпендикуляры, по которым откладываем натуральную длину участков образующих поверхности (до нормального сечения и после него), измеренную на плоскости Π_2 . Концы отрезков соединяем плавными кривыми, которые являются разверткой оснований поверхности.

С помощью седьмой образующей на развертку нанесена точка M поверхности.

Развертка цилиндрической поверхности вращения (прямого кругового цилиндра) представляет собой прямоугольник (рис. 152, в), одна сторона которого равна длине образующей l , а вторая — длине окружности основания πd .

Вопросы для самопроверки

1. Что называется разверткой поверхности?
2. Какие поверхности относятся к развертываемым поверхностям?
3. Можно ли построить развертку неразвертываемой поверхности?
4. Каким способом строят развертки пирамидальных (конических) поверхностей? В чем его сущность?
5. Какую форму имеет развертка поверхности прямого кругового конуса?
6. Каким способом строят развертки призматических (цилиндрических) поверхностей?
7. Что собой представляет развертка поверхности прямого кругового цилиндра?
8. Как нанести на развертку поверхности точку, ей принадлежащую?

§ 26. Аксонометрические проекции

Аксонометрическая проекция, или аксонометрия, дает наглядное изображение предмета на одной плоскости.

Изображение предмета в аксонометрии получается путем параллельного проецирования его на выбранную плоскость проекций. При этом предмет жестко связывают с натуральной системой координат $Oxyz$ (см. § 9). Аксонометрический чертеж получается состоящим из параллельной проекции предмета, дополненной изображением координатных осей с натуральными масштабными отрезками по этим осям. Слово *аксонометрия* означает *осеизмерение*.

Образование аксонометрической проекции рассмотрим на примере построения аксонометрии точки A , отнесенной к натуральной системе координат $Oxyz$ (рис. 153). Натуральные координаты точки A получают измерением отрезков координатной ломаной AA_1A_2O натуральным масштабом e . При параллельном проецировании по направлению s на плоскости аксонометрических проекций Π' получим аксонометрическую проекцию A' данной точки, аксонометрическую проекцию $A'A_1'A_2'O'$ координатной ломаной и аксонометрическую проекцию $O'x'y'z'$ натуральной системы координат, на осях которой будут находиться единичные аксонометрические масштабные отрезки e'_x, e'_y, e'_z .

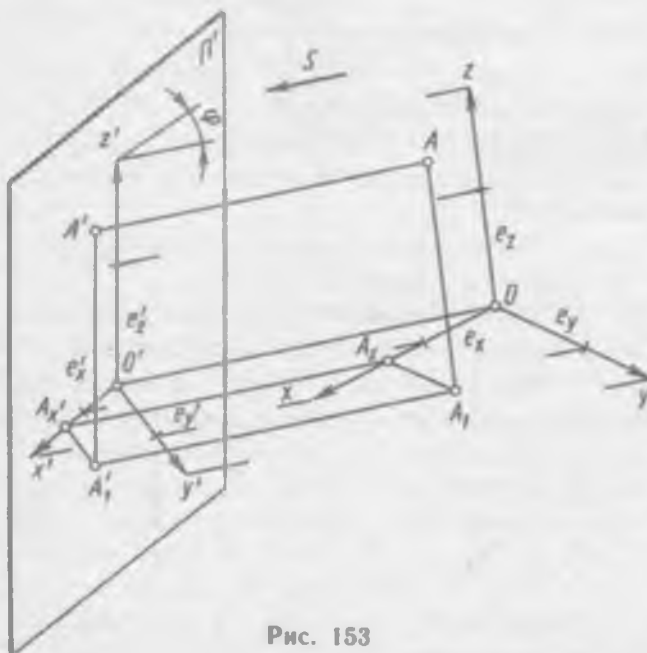


Рис. 153

Аксонометрическая проекция A' горизонтальной проекции точки A (первичной) называется *вторичной* проекцией точки A . Совокупность всех этих проекций и составляет аксонометрию точки A .

На аксонометрическом чертеже вторичная и аксонометрическая проекции предмета обеспечивают метрическую определенность и обратимость однокартинного изображения.

В аксонометрических проекциях сохраняются все свойства параллельных проекций (см. § 6).

На практике измерения вдоль аксонометрических осей выполняют в одинаковых единицах — миллиметрах, поэтому единичные натуральные масштабные отрезки и их аксонометрию на чертежах не указывают.

Коэффициенты искажения по осям в аксонометрии определяют отношением аксонометрических координатных отрезков к их натуральной величине при одинаковых единицах измерения.

Натуральные коэффициенты искажения обозначают — по оси x :

$$u = \frac{O'A'_x}{OA_x};$$

$$\text{по оси } y: v = \frac{A'_yA'_1}{A_yA_1}; \quad \text{по оси } z: w = \frac{A'_zA'_1}{A_zA_1}.$$

Виды аксонометрии

В зависимости от направления проецирования аксонометрические проекции разделяют на *косоугольные* (направление проецирования s не перпендикулярно плоскости аксонометрических проекций) и *прямоугольные* (направление проецирования перпендикулярно плоскости аксонометрических проекций).

В зависимости от сравнительной величины коэффициентов искажения по осям различают три вида аксонометрии:

Изометрия — все три коэффициента искажения равны между собой: $u = v = w$.

Диметрия — два коэффициента искажения равны между собой и отличаются от третьего: $u = v \neq w$; $v = w \neq u$; $u = w \neq v$.

Триметрия — все три коэффициента искажения не равны между собой: $u \neq v \neq w$.

Основное предложение аксонометрии сформулировано немецким геометром К. Польке: Три произвольной длины отрезка прямых, лежащих в одной плоскости и выходящих из одной точки под произвольными углами друг к другу, представляют параллельную проекцию трех равных отрезков, отложенных на прямоугольных координатных осях от начала.

Согласно этой теореме любые три прямые в плоскости, исходящие из одной точки и не совпадающие между собой, можно принять за аксонометрические оси. Любые произвольной длины отрезки на этих прямых, отложенные от точки их пересечения, можно принять за аксонометрические масштабы.

Эта система аксонометрических осей и масштабов является параллельной проекцией некоторой прямоугольной системы координатных осей и натуральных масштабов, т. е. аксонометрические масштабы можно задавать совершенно произвольно, а коэффициенты искажения при этом связаны следующим соотношением: $u^2 + v^2 + w^2 = 2 + \operatorname{ctg}^2 \varphi$,

где φ — угол между направлением проецирования и плоскостью аксонометрических проекций (рис. 153). Для прямоугольной аксонометрии, когда $\angle \varphi = 90^\circ$, это соотношение принимает вид

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2, \quad (1)$$

т. е. сумма квадратов коэффициентов искажения равна двум.

При прямоугольном проецировании может быть получена только одна изометрическая проекция и бесконечное множество диметрических и триметрических проекций. ГОСТ 2.317—69 (СТ.СЭВ 1979—79) предусматривает применение в инженерной графике двух прямоугольных аксонометрий: *прямоугольной изометрии* и *прямоугольной диметрии* с коэффициентами искажения $u = w = 2v$.

Для прямоугольной изометрии из соотношения (1) получаем

$$3u^2 = 2 \quad \text{или} \quad u = v = w = \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0,82$$

т. е. отрезок координатной оси длиной 100 мм в прямоугольной изометрии изобразится отрезком аксонометрической оси длиной 82 мм. При практических построениях пользоваться такими коэффициентами искажения не совсем удобно, поэтому

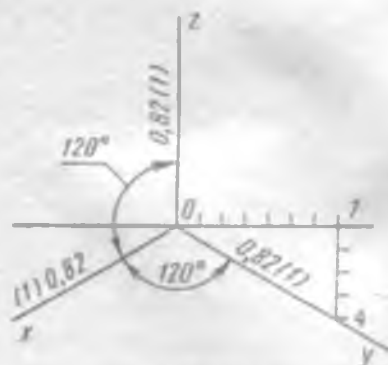


Рис. 154

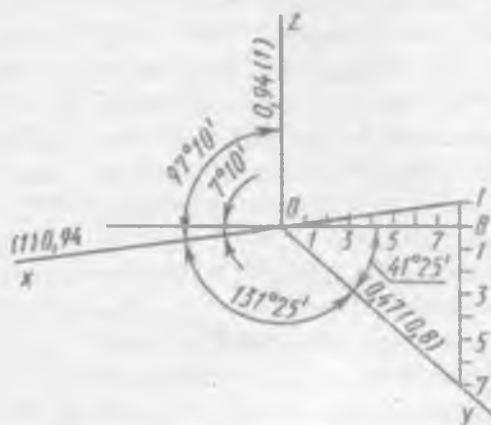


Рис. 155

ГОСТ 2.317—69 рекомендует пользоваться приведенными коэффициентами искажения: $u = v = w = 1$.

Построенное таким образом изображение будет больше самого предмета в 1,22 раза, т. е. масштаб изображения в прямоугольной изометрии будет $M^1 1,22:1$.

Аксонометрические оси в прямоугольной изометрии располагаются под углом 120° друг к другу (рис. 154).

Для прямоугольной диметрии из соотношения (1) имеем

$$u^2 + \left(\frac{u}{2}\right)^2 + u^2 = 2;$$

$$u^2 = \frac{8}{9}; \quad u = w = \sqrt{\frac{8}{9}} \approx 0,94; \quad v \approx 0,47$$

В соответствии с ГОСТ 2.317—69 практические построения в прямоугольной диметрии следует выполнять, пользуясь приведенными коэффициентами искажения: $u = w = 1$ и $v = 0,5$.

Расположение осей стандартной прямоугольной диметрии показано на рис. 155. Аксонометрический масштаб для прямоугольной диметрии будет $M^1 1,06:1$.

Изображение окружности в аксонометрии представляет особый интерес, особенно

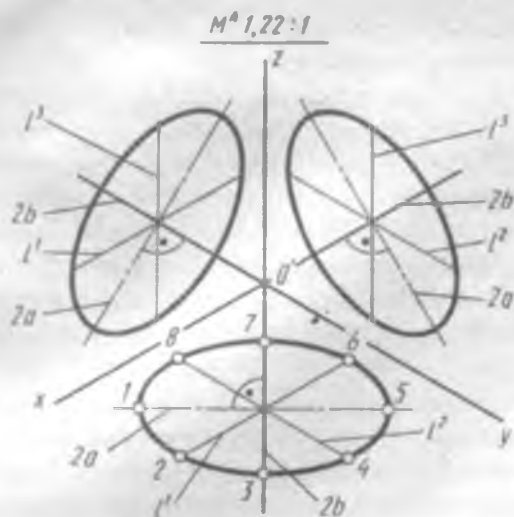


Рис. 156

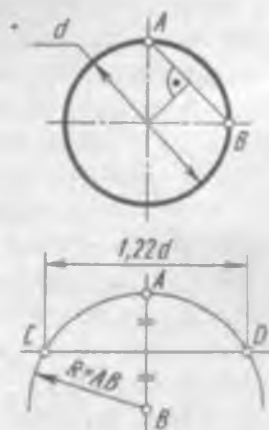


Рис. 157

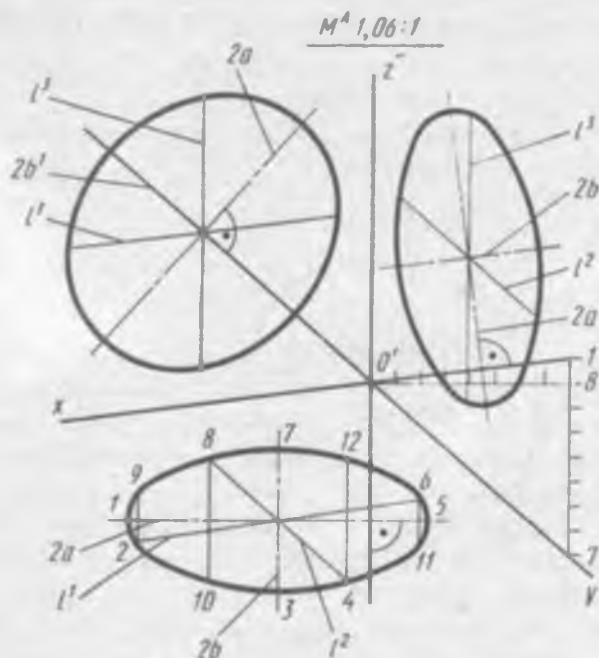


Рис. 158

окружностей, принадлежащих координатным или им параллельным плоскостям. В общем случае окружность проецируется в эллипс, если плоскость окружности расположена под углом к плоскости проекций (см. § 13). Следовательно, аксонометрией окружности будет эллипс. Для построения прямоугольной аксонометрии окружностей, лежащих в координатных или им параллельных плоскостях, руководствуются правилом: *большая ось эллипса перпендикулярна аксонометрии той координатной оси, которая отсутствует в плоскости окружности.*

В прямоугольной изометрии равные окружности, расположенные в координатных плоскостях, проецируются в равные эллипсы (рис. 156).

Размеры осей эллипсов при использовании приведенных коэффициентов искажения равны:

большая ось $2a = 1,22d$, малая ось $2b = 0,71d$, где d — диаметр изображаемой окружности.

Диаметры окружности, параллельные координатным осям, проецируются отрезками, параллельными изометрическим осям, изображаются равными диаметру окружности: $l^1 = l^2 = l^3 = d$, при этом $l^1 \parallel x$; $l^2 \parallel y$ и $l^3 \parallel z$.

Эллипс, как изометрию окружности, можно построить по восьми точкам, ограничивающим его большую и малую оси и проекции диаметров, параллельных координатным осям.

В практике инженерной графики эллипс, являющийся изометрией окружности, лежащей в координатной или ей параллельной плоскости, можно заменить четырехцентровым овалом, имеющим такие же оси: $2a = 1,22d$ и $2b = 0,71d$. На рис. 157 показано построение осей такого овала для изометрии окружности диаметра d .

В прямоугольной диметрии равные окружности диаметра d , лежащие в координатных плоскостях xOy и yOz , проецируются в равные эллипсы, большая ось которых $2a = 1,06d$, а малая — $2b = 0,35d$, если пользуемся приведенными коэффициентами искажения. Окружность, расположенная в плоскости xOz , проецируется в эллипс с осями: большая ось $2a = 1,06d$, малая ось $2b^1 = 0,95d$ (рис. 158). Диаметры окружности, параллельные координатным осям, спроецируются в отрезки, параллельные осям диметрии:

$l^1 = l^3 = d$; $l^2 = 0,5d$, при этом $l^1 \parallel Ox$; $l^2 \parallel Oy$; $l^3 \parallel Oz$.

Можно построить кроме указанных точек еще четыре точки, симметричные точкам, ограничивающим проекции диаметров, параллельных координатным осям. Тогда эллипсы, как диметрию окружности, можно построить по его двенадцати точкам.

Для построения аксонометрии окружности, расположенной в проецирующей плоскости или плоскости общего положения, нужно выделить на окружности некоторое число точек, построить аксонометрию этих точек и соединить их плавной кривой — получим искомый эллипс — аксонометрию окружности (рис. 159).

На окружности, расположенной в горизонтально проецирующей плоскости, взято 8 точек (1, 2, ..., 8). Сама окружность отнесена к натуральной системе координат (рис. 159, а). Проводим оси прямоугольной изометрии и, используя приведенные коэффициенты искажения, строим вторичную проекцию окружности $1'_1, \dots, 5'_1$ по координатам x и y (рис. 159, б). Достаивая аксонометрические координатные ломаные для каждой из восьми точек, получаем их изометрию ($1', 2', \dots, 8'$). Соединяем плавной кривой изометрические проекции всех точек и получаем изометрию заданной окружности.

Изображение геометрических поверхностей в аксонометрии рассмотрим на примере построения стандартной прямо-

угольной изометрии усеченного прямого кругового конуса (рис. 160).

На комплексном чертеже изображен конус вращения, усеченный горизонтальной плоскостью уровня, расположенной на высоте z от нижнего основания, и профильной плоскостью уровня, дающей в сечении на поверхности конуса гиперболу с вершиной в точке A . Проекции гиперболы построены по отдельным ее точкам.

Отнесем конус к натуральной системе координат $Oxyz$. Построим проекции натуральных осей на комплексном чертеже и отдельно их изометрическую проекцию. Построение изометрии начинаем с построения эллипсов верхнего и нижнего оснований, которые являются изометрическими проекциями окружностей оснований. Малые оси эллипсов совпадают с направлением изометрической оси Oz (см. рис. 156). Большие оси эллипсов перпендикулярны малым. Величины эллипсов осей определяются в зависимости от величин диаметра окружности (d — нижнего основания и d_1 — верхнего основания). Затем строят изометрию сечения конической поверхности профильной плоскости уровня, которая пересекает основание по прямой, отстоящей от начала координат на величину x_A и параллельной оси Oy .

Изометрия точек гиперболы строится по координатам, замеряемым на комплексном чертеже и откладываемым без изменения вдоль соответствующих изометрических

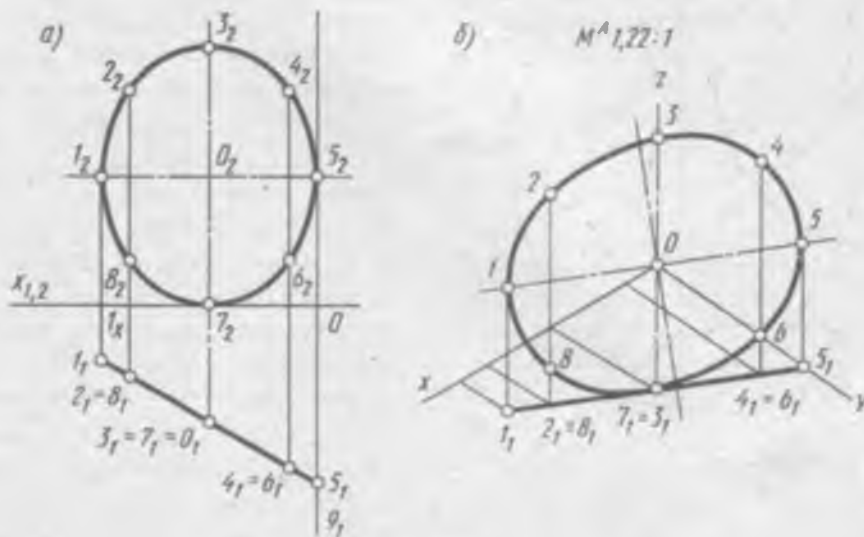


Рис. 159

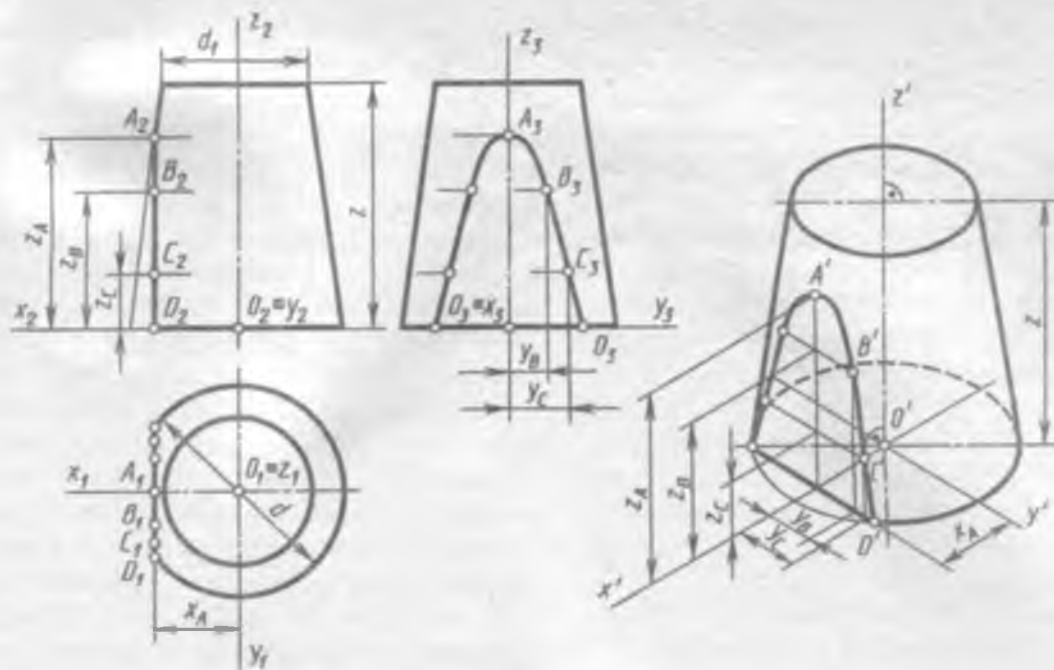


Рис. 160

ких осей, так как приведенные коэффициенты искажения $u = v = w = 1$. Изометрические проекции точек гиперболы соединяем плавной кривой. Построение изображения конуса заканчивается проведением очерковых образующих касательно к эллипсам оснований. Невидимая часть эллипса нижнего основания проводится штриховой линией.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое аксонометрия?
2. Как получается аксонометрический чертеж? Какую проекцию называют вторичной?
3. Что такое показатель (коэффициент) искажения?
4. Какие виды аксонометрии вы знаете?
5. Как располагаются оси прямоугольной изометрии? Чему равны натуральные и при-

веденные показатели искажения в прямоугольной изометрии?

6. Каков масштаб изображения в стандартной прямоугольной изометрии?

7. Как располагаются оси прямоугольной диметрии? Чему равны натуральные и приведенные коэффициенты искажения в прямоугольной диметрии?

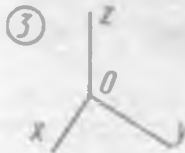
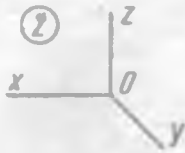
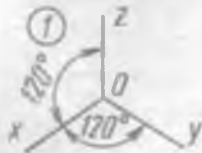
8. Каков масштаб изображения в стандартной прямоугольной диметрии?

9. Как построить изометрию окружности, расположенную во фронтально проецирующей плоскости?

10. Сформулируйте правило выбора направления большой оси эллипса — прямоугольной аксонометрии окружности, расположенной в координатной плоскости или плоскости, ей параллельной?

11. Чему равны большая и малая оси эллипса в прямоугольной изометрии? в прямоугольной диметрии?

А. На каком чертеже вычерчены оси стандартной прямоугольной диметрии?



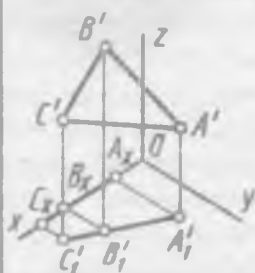
Б. Для какой аксонометрической оси используется приведенный коэффициент искажения, равный 0,5, в диметрии?

① x

② y

③ z

В. Укажите вторичную проекцию треугольника ABC?



① $A'B'C'$

② $A_x B_x C_x$

③ $A_1 B_1 C_1$

Г. Чему равна большая ось AB и малая ось CD эллипса – прямоугольной изометрии окружности, расположенной в плоскости xOz ?

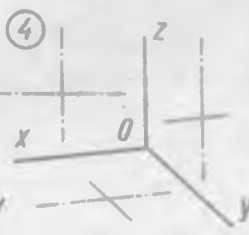
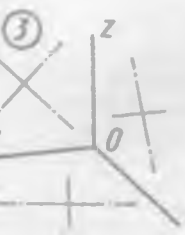
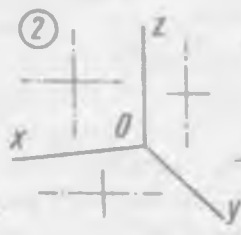
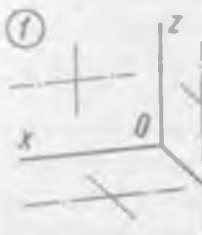
① $AB = 1,06d$
 $CD = 0,35d$

② $AB = 1,22d$
 $CD = 0,71d$

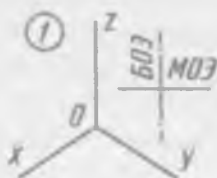
③ $AB = 1,06d$
 $CD = 0,95d$

④ $AB = 1,3d$
 $CD = 0,54d$

Д. На каком чертеже правильно вычерчены направления большой и малой осей эллипсов – прямоугольной диметрии окружностей?



Е. На каком чертеже правильно вычерчено направление большой и малой осей эллипса – прямоугольной изометрии окружности, расположенной в координатной плоскости yOz ?



Правила изображения предметов (изделий, сооружений и их составных элементов) на чертежах установлены ГОСТ 2.305—68.

Изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. При этом предмет располагается между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба, внутри которого располагается изображаемый предмет (рис. 161). Грани 1, 2 и 3 соответствуют фронтальной, горизонтальной и профильной плоскостям проекций.

Грани куба с полученными на них изображениями совмещают с плоскостью чертежа (рис. 162). При этом грань 6 можно расположить и рядом с гранью 4 (рис. 163).

Изображение на фронтальной плоскости проекций (на грани 1) считается главным. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы

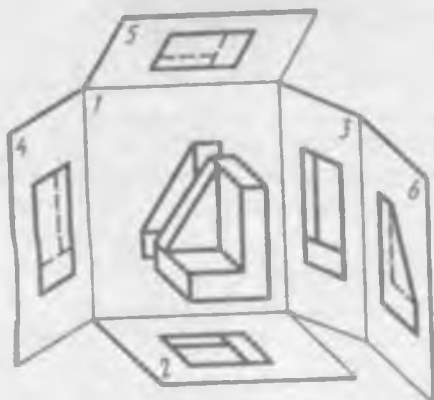


Рис. 161

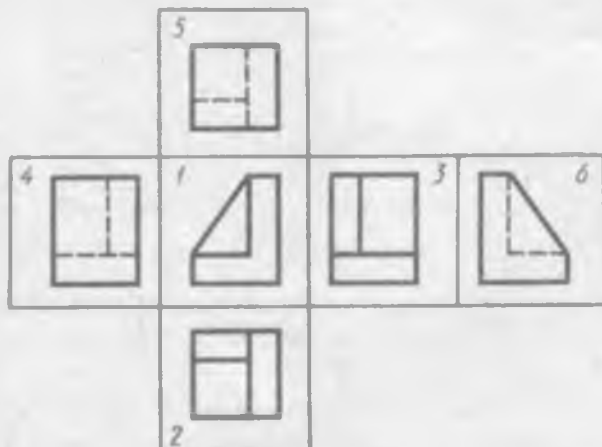


Рис. 162

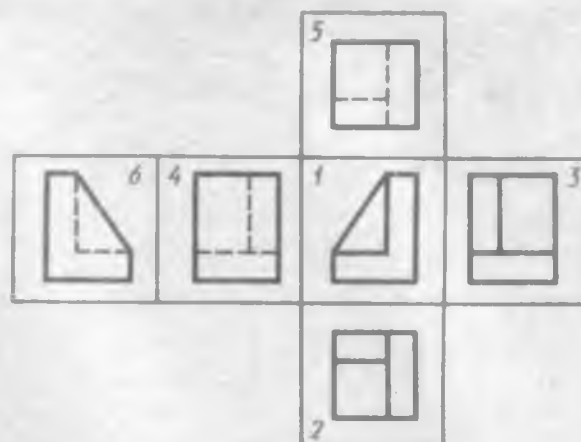


Рис. 163

изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета, несло наибольшую информацию о нем. Практикой установлены рекомендации по выбору главного изображения предмета в зависимости от его конструктивных и технологических особенностей (см. § 42, 43).

В зависимости от своего содержания изображения разделяются на виды, разрезы, сечения.

§ 27. Виды

Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

По содержанию и характеру выполнения виды разделяются на основные, дополнительные и местные.

ГОСТ 2.305—68 устанавливает следующее название основных видов, получаемых на основных плоскостях проекций (см. рис. 161): 1 — вид спереди (главный вид); 2 — вид сверху; 3 — вид слева; 4 — вид справа; 5 — вид снизу; 6 — вид сзади.

Основные виды обычно располагаются в проекционной связи между собой. В этом случае название видов на чертеже надписывать не нужно.

Если какой-либо вид смещен относительно главного изображения, проекционная связь его с главным видом нарушена, то над этим видом выполняют надпись по типу *Вид А* (рис. 164), подчеркивая ее тонкой сплошной линией.

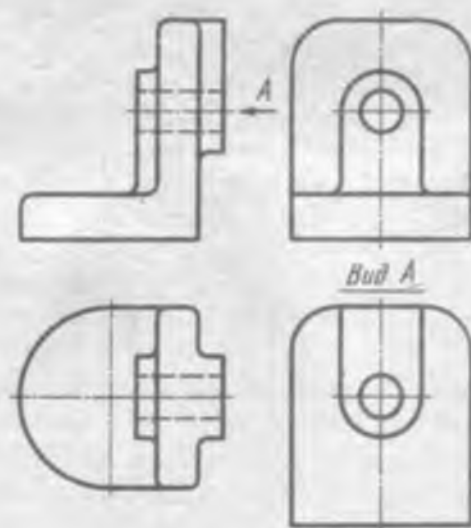


Рис. 164

Направление взгляда должно быть указано стрелкой, обозначенной той же прописной буквой русского алфавита, что и в надписи над видом. Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать приведенным на рис. 165.

Если виды находятся в проекционной связи между собой, но разделены какими-либо изображениями или расположены не на одном листе, то над ними также выполняются надписи.

Дополнительный вид получается проецированием предмета или части его на дополнительную плоскость проекций, не параллельную основным плоскостям (рис. 166). Такое изображение необходимо выполнять в том случае, когда какая-либо часть предмета не изображается без искажения формы и размеров на основных плоскостях проекций. Дополнительная плоскость проекций в этом случае может быть расположена перпендикулярно одной из основных плоскостей проекций.

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим основным видом, обозначать его не нужно (рис. 166, а). В остальных случаях дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже надписью типа *Вид А* (рис. 166, б), а у связанного с дополнительным видом изображения нужно поставить стрелку, указывающую направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением.

Дополнительный вид можно повернуть, сохраняя при этом положение, принятое для

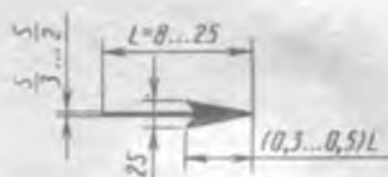


Рис. 165

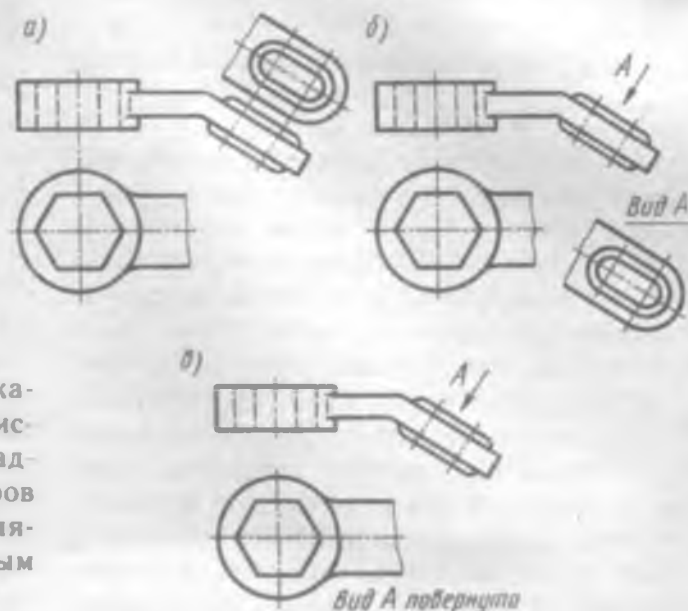


Рис. 166

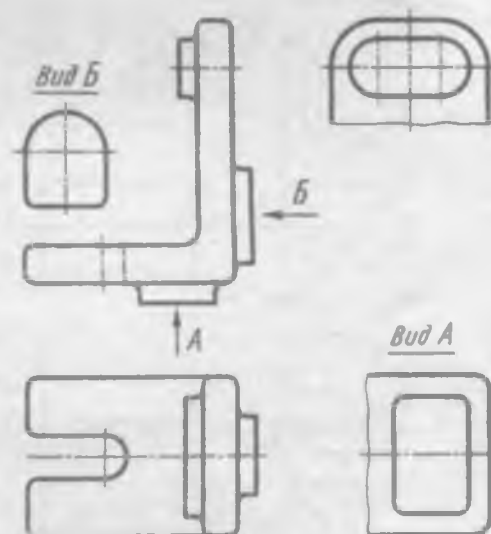


Рис. 167

данного предмета на главном изображении. При этом к надписи нужно добавить слово «повернуто» (рис. 166, в).

Местным видом называется изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета (рис. 167).

Если местный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, то его не обозначают. В остальных случаях местные виды обозначаются подобно видам дополнительным, местный вид может быть ограничен линией обрыва (*Вид А* на рис. 167).

Построение третьего вида предмета по двум данным

Чтобы успешно выполнять и читать чертежи, надо научиться строить третье изображение (обычно — вид слева) предмета по двум данным его изображениям — главному виду и виду сверху, которые заданы на чертеже.

Прежде всего, нужно выяснить форму отдельных частей поверхности изображенного предмета. Для этого оба заданных изображения нужно рассматривать одновременно. Полезно при этом иметь в виду, каким поверхностям соответствуют наиболее часто встречающиеся изображения: треугольник, четырехугольник, окружность, шестиугольник и др.

На виде сверху в форме треугольника могут изображаться (рис. 168,а): треугольная призма 1, треугольная 2 и четырехугольная 3 пирамиды, конус вращения 4.

Изображение в виде четырехугольника (квадрата) могут иметь на виде сверху (рис. 168,б): цилиндр вращения 6, треугольная призма 8, четырехугольные призмы 7 и 10, а также другие предметы, ограниченные плоскостями или цилиндрическими поверхностями 9.

Форму круга могут иметь на виде сверху (рис. 168,в): шар 11, конус 12 и цилиндр 13 вращения, другие поверхности вращения 14.

Вид сверху в форме правильного шестиугольника имеет правильная шестиугольная призма (рис. 168,г), ограничивающая поверхности гаек, болтов и других деталей.

Определив форму отдельных частей поверхности предмета, надо мысленно представить изображение их на виде слева и всего предмета в целом.

Для построения третьего вида необходимо определить, какие линии чертежа целесообразно принять за базовые для отсчета размеров изображений предмета. В качестве

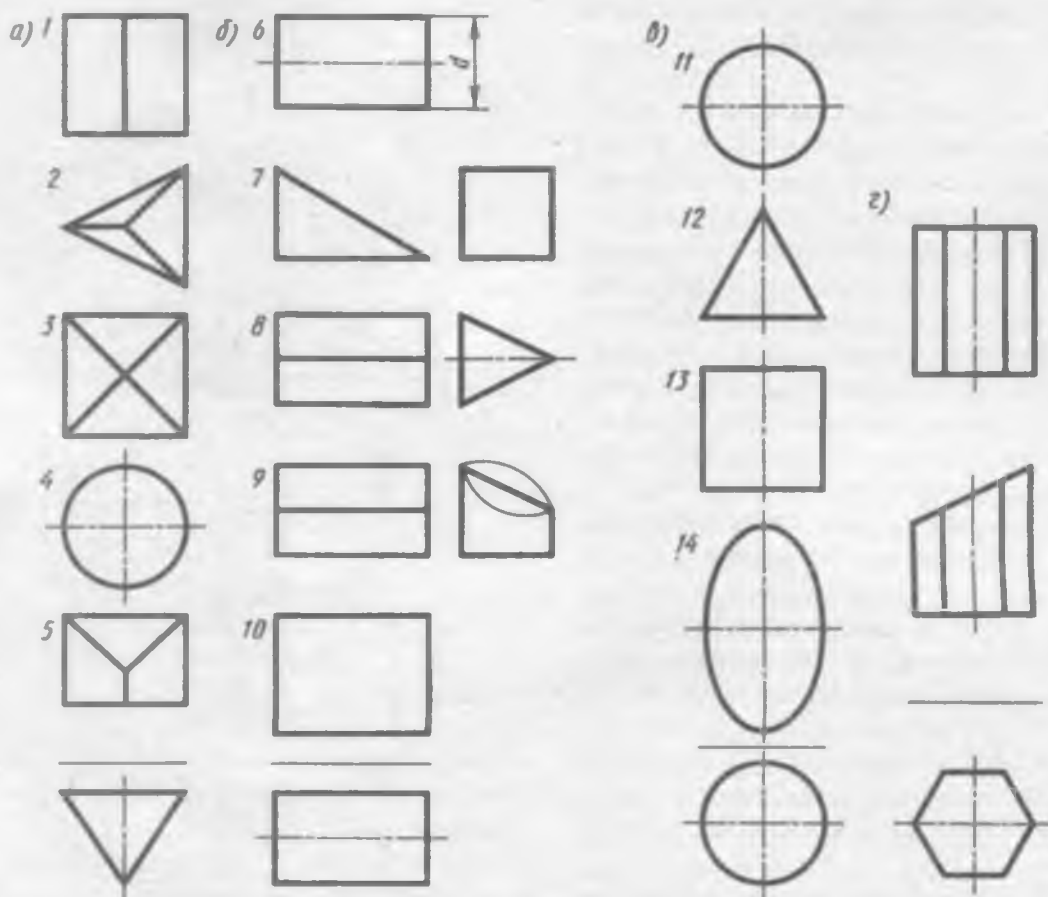


Рис. 168

таких линий принимают обычно осевые линии (проекции плоскостей симметрии предмета) и проекции плоскостей оснований предмета.

Разберем построение вида слева на примере (рис. 169): по данным главному виду и виду сверху построить вид слева изображенного предмета.

Сопоставив оба изображения, устанавливаем, что поверхность предмета включает в себя поверхности: правильной шестиугольной 1 и четырехугольной 2 призм, двух цилиндров 3 и 4 вращения и усеченного конуса 5 вращения. Предмет имеет фронтальную плоскость симметрии Φ , которую удобно принять за базу отсчета размеров по ширине отдельных частей предмета при построении его вида слева. Высоты отдельных участков предмета отсчитываются от нижнего основания предмета и контролируются горизонтальными линиями связи.

Форма многих предметов усложняется различными срезами, вырезами, пересечением составляющих поверхностей. Тогда предварительно нужно определить форму линий пересечения, а строить их по отдельным точкам, вводя обозначения проекций точек, которые после выполнения построений могут быть удалены с чертежа.

На рис. 170,а построен вид слева предмета, поверхность которого образована поверхностью вертикального цилиндра вращения с Т-образным вырезом в его верхней части и цилиндрическим отверстием с фронтально проецирующей поверхностью. В качестве базовых плоскостей взяты плоскость нижнего основания и фронтальная плоскость симметрии Φ . Изображение Т-образного выреза на виде слева построено с помощью точек контура выреза A, B, C, D и E , а линия пересечения цилиндрических поверхностей — с помощью точек K, L, M и им симметричных. При построении третьего вида учтена симметрия предмета относительно плоскости Φ .

Построение наглядного изображения предмета можно выполнять по его комплексному чертежу, выбрав вид аксонометрической проекции. На рис. 170,б построена стандартная прямоугольная изометрия предмета с использованием приведенных коэффициентов искажения. Начало координат (точка O) взято в центре нижнего основания предмета.

Вычертив оси изометрии и установив масштаб изображения ($M^A 1,22:1$), отме-

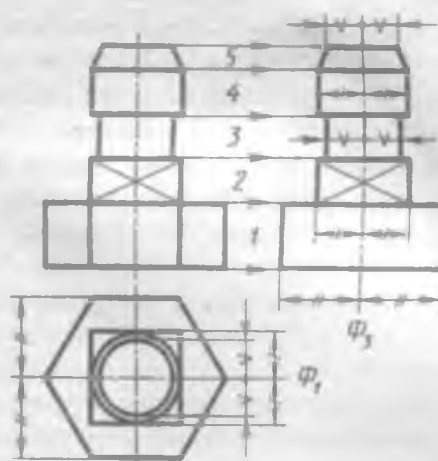
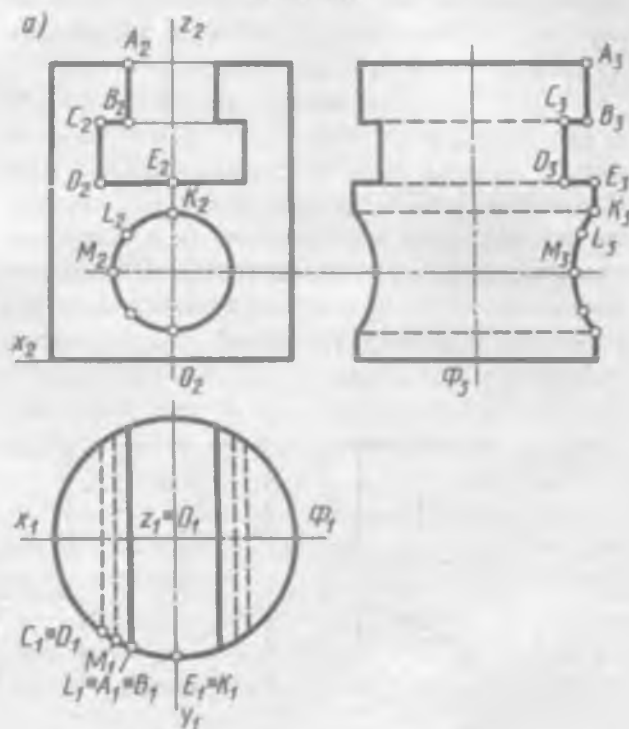


Рис. 169



б)

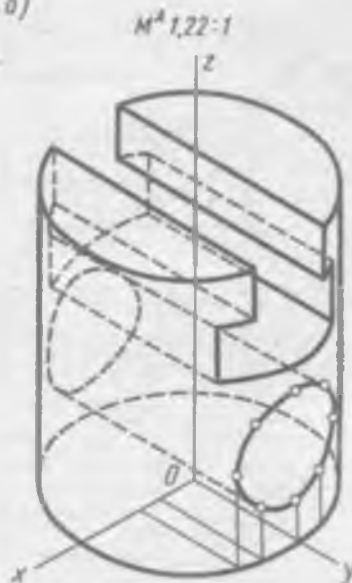


Рис. 170

чаем центры окружностей верхнего и нижнего оснований цилиндра, а также окружностей, ограничивающих Т-образный вырез. Вычерчиваем эллипсы, являющиеся изометрией окружностей (см. § 26). Затем проводим линии, параллельные координатным осям, которые ограничивают вырез в цилиндре. Изометрию линии пересечения сквозного цилиндрического отверстия, ось которого параллельна оси Oy , с поверхностью основного цилиндра строим по отдельным точкам, используя те же точки (K , L , M и им симметричные), что и при построении вида слева. Затем удаляем вспомогательные линии и обводим окончательно изображение с учетом видимости отдельных частей предмета.

§ 28. Разрезы

Разрезом называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

Разрезы применяются для изображения внутренних поверхностей предмета, чтобы избежать большого количества штриховых линий, которые могут перекрывать друг друга при сложном внутреннем строении предмета и затруднять чтение чертежа.

Чтобы выполнить разрез, необходимо: в нужном месте предмета мысленно провести секущую плоскость (рис. 171,а); часть предмета, находящегося между наблюдателем и секущей плоскостью, мысленно отбросить (рис. 171,б);

оставшуюся часть предмета спроецировать на соответствующую плоскость проекций, изображение выполнить или на месте соответствующего вида, или на свободном поле чертежа (рис. 171,в);

плоскую фигуру, лежащую в секущей плоскости, заштриховать;

при необходимости дать обозначение разреза.

Классификация разрезов

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на:

простые — при одной секущей плоскости; *сложные* — при нескольких секущих плоскостях.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы разделяются:

горизонтальные — секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций;

вертикальные — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций;

наклонные — секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого.

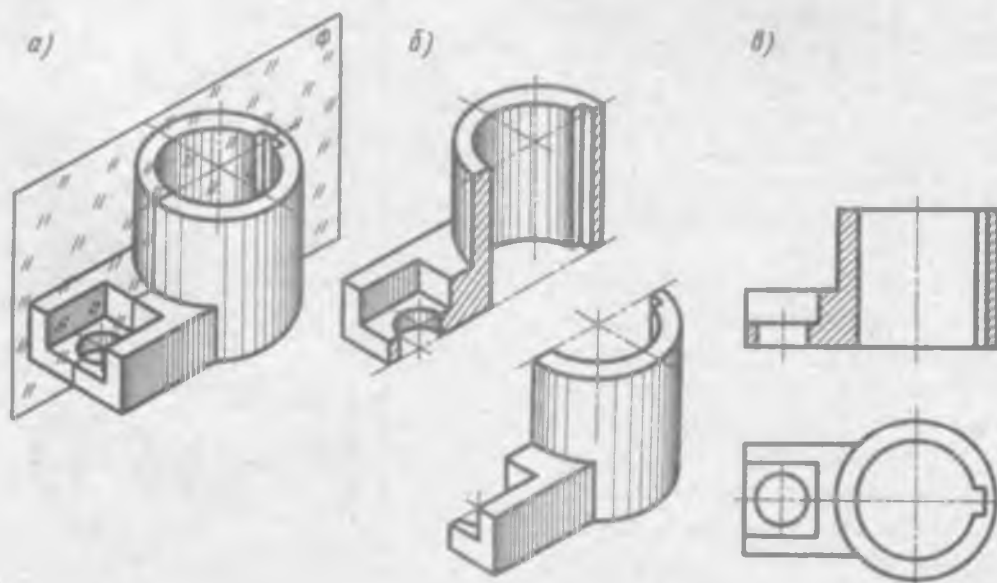


Рис. 171

Вертикальный разрез называют *фронтальным*, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, и *профильным*, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций.

Сложные разрезы бывают *ступенчатыми*, если секущие плоскости параллельны между собой, и *ломаными*, если секущие плоскости пересекаются между собой.

Разрезы называются *продольными*, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета, и *поперечными*, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета.

Местные разрезы служат для выявления внутреннего строения предмета в отдельном ограниченном месте. Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой тонкой линией.

Обозначение разрезов

Положение секущей плоскости указывают разомкнутой линией сечения. Начальный и конечный штрихи линии сечения не должны пересекать контур соответствующего изображения. На начальном и конечном штрихах нужно ставить стрелки, указывающие направление взгляда (рис. 172). Стрелки должны наноситься на расстоянии 2...3 мм от внешнего конца штриха. При сложном разрезе штрихи разомкнутой линии сечения проводят также у перегибов линии сечения.

Около стрелок, указывающих направление взгляда, с внешней стороны угла, образованного стрелкой и штрихом линии сечения, на горизонтальной строке наносят прописные буквы русского алфавита (рис. 173). Буквенные обозначения присваиваются в

алфавитном порядке без повторений и без пропусков, за исключением букв *Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь*.

Сам разрез должен быть отмечен надписью по типу *А — А* (всегда двумя буквами, через тире и подчеркнuto).

Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета, а разрез выполнен на месте соответствующего вида в проекционной связи и не разделен каким-либо другим изображением, то для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов отмечать положение секущей плоскости не нужно и разрез надписью не сопровождать. На рис. 171 фронтальный разрез не обозначен.

Простые наклонные разрезы и сложные разрезы обозначают всегда.

Примеры построения и обозначения разрезов на чертежах

На рис. 174 выполнен горизонтальный разрез *А — А* на месте вида сверху. Плоская фигура, лежащая в секущей плоскости, — фигура сечения — заштрихована, а видимые поверхности, расположенные под секущей плоскостью, ограничены контурными линиями и не заштрихованы.

На рис. 175 выполнен профильный разрез на месте вида слева в проекционной связи с главным видом. Секущая плоскость

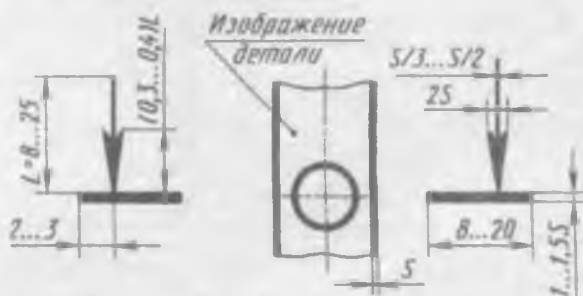


Рис. 172



Рис. 173

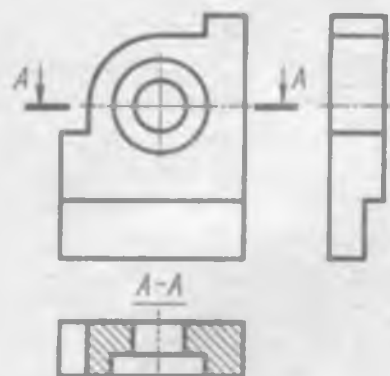


Рис. 174

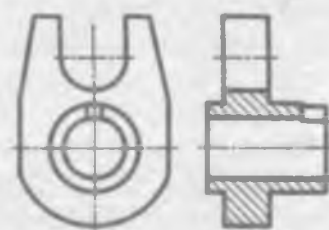


Рис. 175

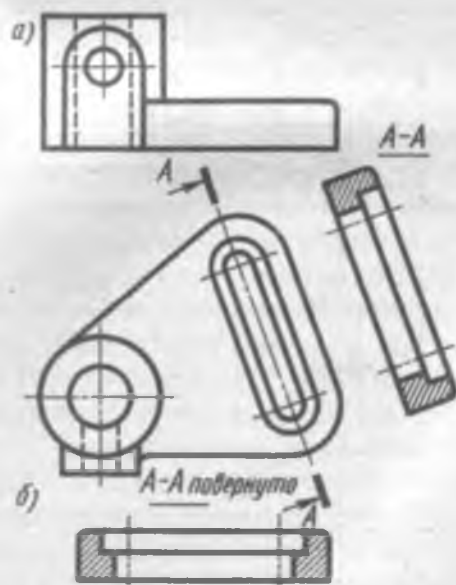


Рис. 176

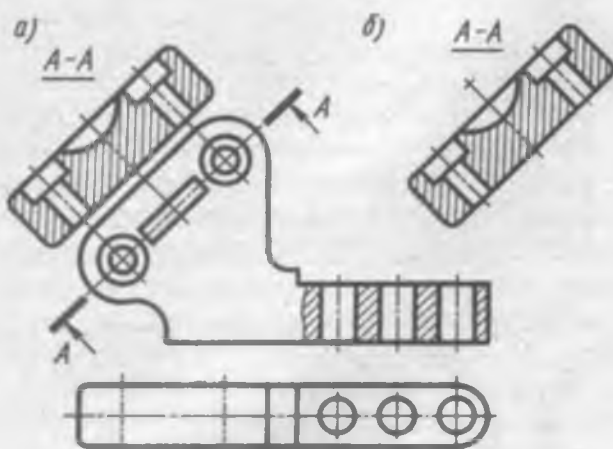


Рис. 177

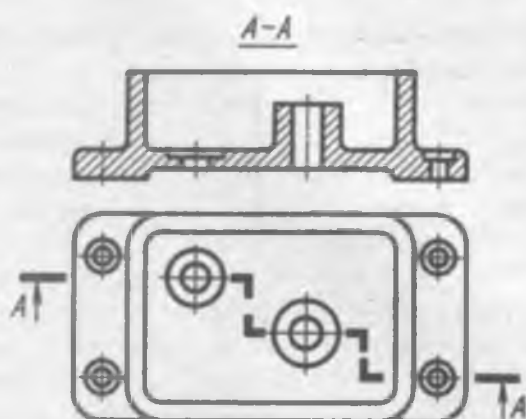


Рис. 178

является профильной плоскостью симметрии предмета, поэтому разрез не обозначается.

На рис. 176 выполнен вертикальный разрез $A-A$, полученный секущей плоскостью, не параллельной ни фронтальной, ни профильной плоскостям проекций. Такие разрезы можно строить в соответствии с направ-

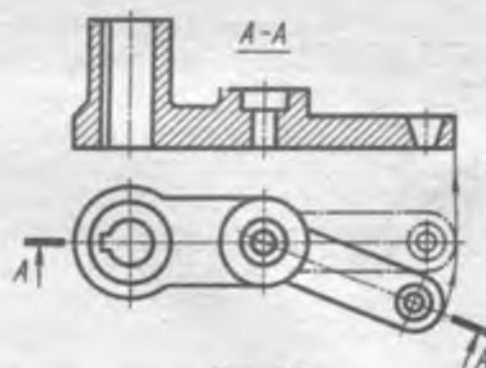


Рис. 179

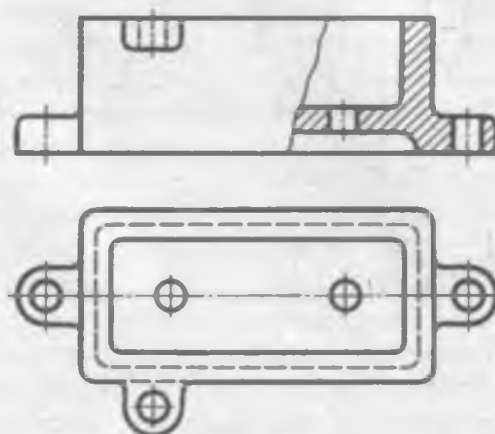


Рис. 180

лением, указанным стрелками (рис. 176,а), или располагать в любом удобном месте чертежа, а также с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В этом случае в обозначении разреза добавляется слово *повернуто* (рис. 176,б).

Наклонный разрез выполнен на рис. 177. Его можно вычерчивать в проекционной связи в соответствии с направлением, указанным стрелками (рис. 177,а), или располагать в любом месте чертежа (рис. 177,б).

На этом же рисунке на главном виде выполнен местный разрез, показывающий сквозные цилиндрические отверстия в основании детали.

На рис. 178 на месте главного вида вычерчен сложный фронтальный ступенчатый разрез, выполненный тремя фронтальными параллельными плоскостями. При выполнении ступенчатого разреза все параллельные секущие плоскости мысленно совмещаются в одну, т. е. сложный разрез оформляется, как простой. На сложном разрезе переход от одной секущей плоскости к другой не отражается.

При построении ломаных разрезов (рис. 179) одну секущую плоскость распола-

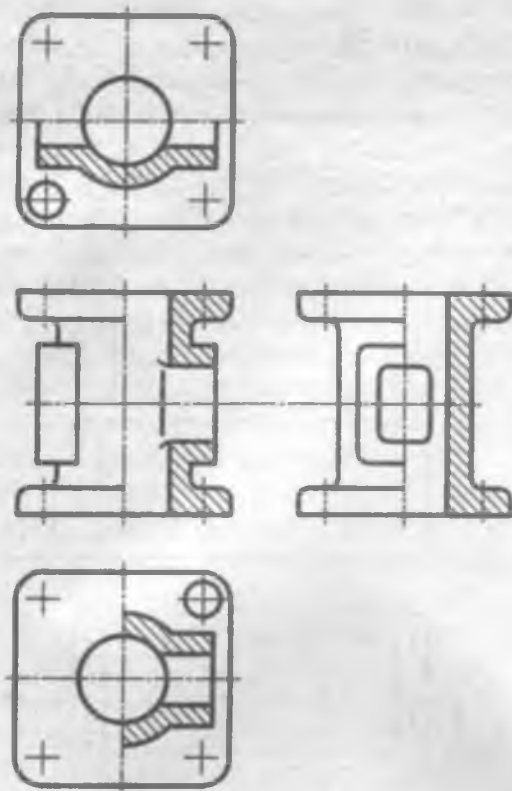


Рис. 181

гают параллельно какой-либо основной плоскости проекций, а вторую секущую плоскость поворачивают до совмещения с первой. Вместе с секущей плоскостью поворачивают и расположенную в ней фигуру сечения и разрез выполняют в повернутом положении фигуры сечения.

Соединение части вида с частью разреза в одном изображении предмета согласно ГОСТ 2.305—68 допускается. При этом границей между видом и разрезом служит сплошная волнистая линия (рис. 180).

Если соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является фигурой симметричной, то разделяющей их линией служит ось симметрии. На рис. 181 выполнены четыре изображения детали, причем на каждом из них половина вида соединена с половиной соответствующего разреза. На главном виде и виде слева разрез располагают справа от вертикальной оси симметрии, а на видах сверху и снизу — справа от вертикальной или снизу от горизонтальной оси симметрии.

Если контурная линия предмета совпадает с осью симметрии (рис. 182), то границу между видом и разрезом указывают волнистой линией, которую проводят так, чтобы сохранить изображение ребра.

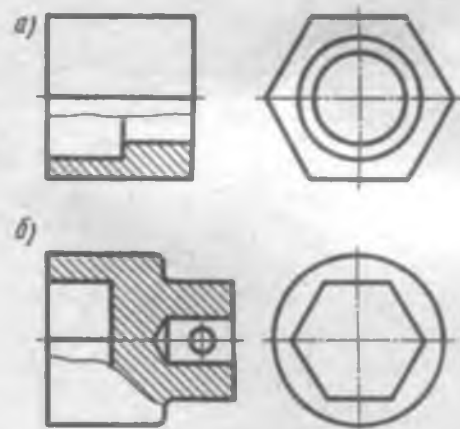


Рис. 182

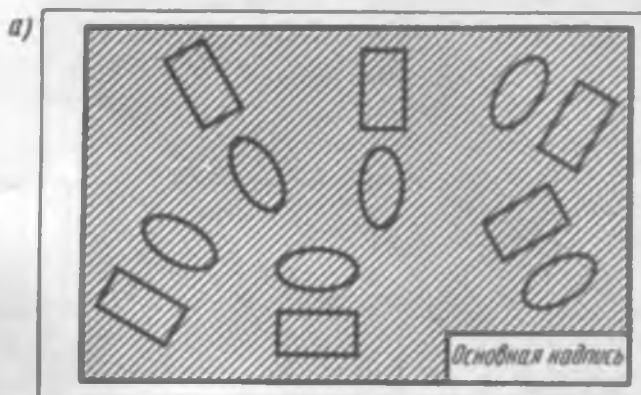


Рис. 183

Штриховка фигуры сечения, входящей в разрез, должна выполняться согласно ГОСТ 2.306—68 (СТ СЭВ 860—78). Цветные, черные металлы и их сплавы обозначают в сечениях штриховкой сплошными тонкими линиями толщиной от $S/3$ до $S/2$, которые проводят параллельно между собой под углом 45° к линиям рамки чертежа (рис. 183,а). Линии штриховки можно наносить с наклоном влево или вправо, но в одну и ту же сторону на всех изображениях одной и той же детали. Если линии штриховки, проведенные под углом 45° к линиям рамки чертежа, совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то можно располагать линии штриховки под углом 30° или 60° (рис. 183,б). Расстояние между параллельными линиями штриховки выбирают в пределах от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку.

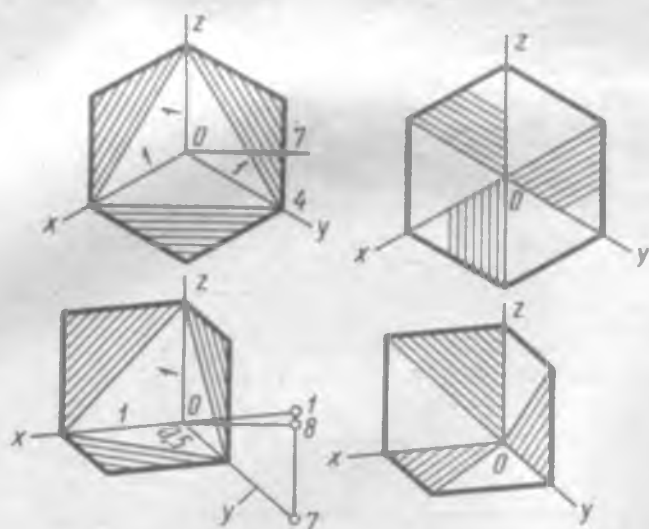


Рис. 184

Неметаллические материалы (пластмассы, резина и др.) обозначаются штриховкой пересекающимися взаимно перпендикулярными параллельными линиями (штриховка «в клетку»), наклонными под углом 45° к линиям рамки (рис. 183,б).

Угол наклона линий штриховки в аксонометрии определяется диагоналями параллелограммов, построенных на аксонометрических осях с учетом коэффициентов искажения (рис. 184).

Пример. Выполнить фронтальный разрез, половину профильного разреза соединить с половиной вида слева предмета, заданного на рис. 185,а. Построить наглядное изображение в прямоугольной диметрии, удалив одну четвертую часть предмета.

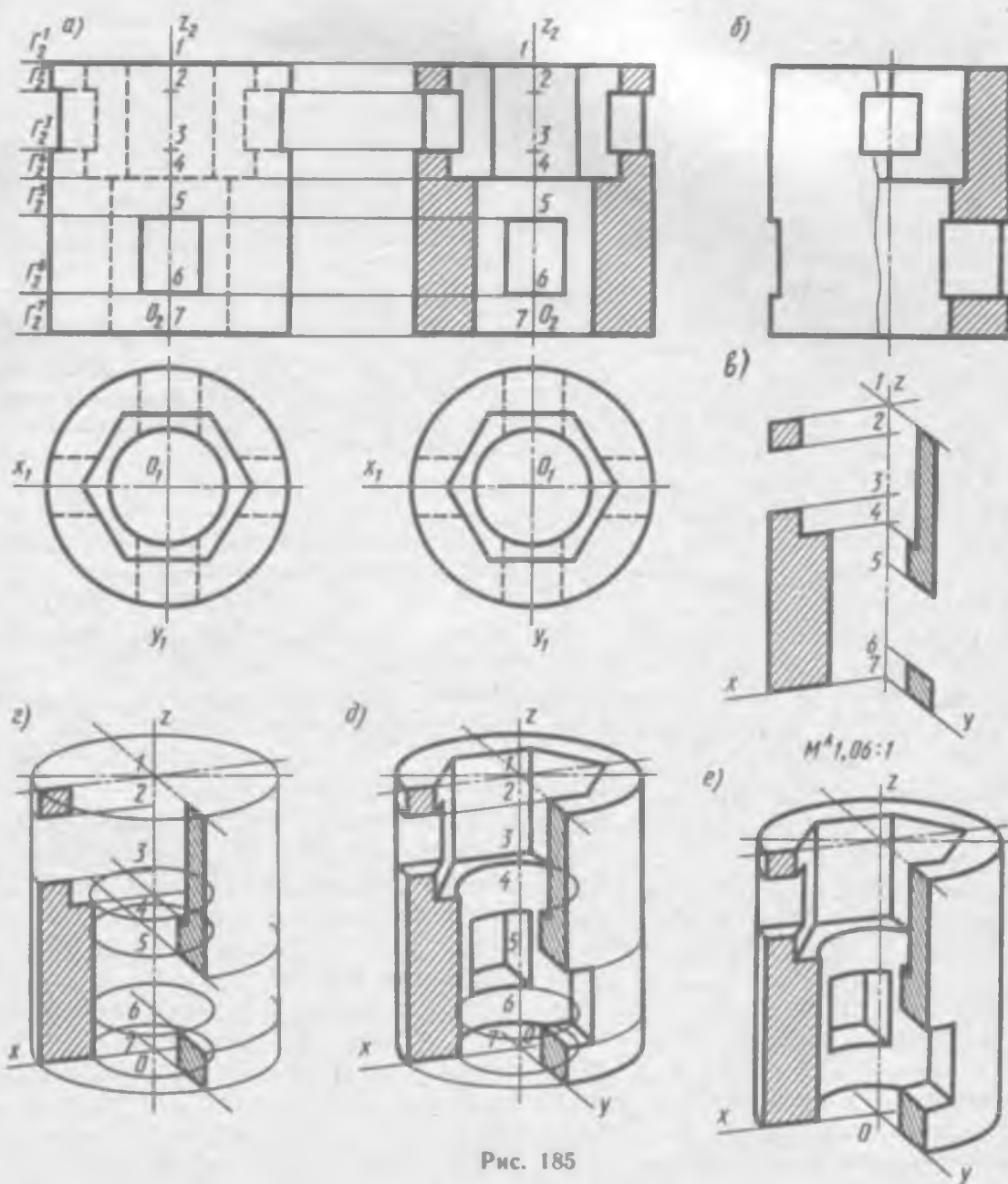


Рис. 185

Анализируя данные изображения предмета, приходим к выводу, что предмет представляет собой цилиндр с двумя сквозными призматическими горизонтальными и двумя вертикальными внутренними отверстиями, из которых одно имеет поверхность правильной шестиугольной призмы, а второе — цилиндрическую поверхность. Нижнее призматическое отверстие пересекает поверхность наружного и внутреннего цилиндров, а верхнее четырехгранное призматическое отверстие пересекает наружную поверхность цилиндра и внутреннюю поверхность шестигранного призматического отверстия.

Фронтальный разрез предмета (рис. 185,б) выполняется фронтальной плоскостью симметрии предмета и вычерчен на месте главного вида, а профильный разрез — профильной плоскостью симметрии предмета, поэтому ни тот, ни другой обозначать не нужно. Вид слева и профильный разрез представляют собой симметричные фигуры, их половины можно было бы разграничить осью симметрии, если бы не изображение ребра шестигранного отверстия, совпадающего с осевой линией. Поэтому отделяем часть вида слева от профильного разреза волнистой линией, изображая большую часть разреза.

Для построения наглядного изображения отмечаем на заданном чертеже (рис. 185,а) положение проекций координатных осей и на оси Oz отмечаем центры 1, 2..., 7 фигур предмета, расположенных в горизонтальных плоскостях $\Gamma^1, \Gamma^2, \dots, \Gamma^7$; это верхнее и нижнее основания предмета, основания внутренних отверстий.

Для передачи внутренних форм предмета выполним вырез 1/4 части предмета координатными плоскостями xOz и yOz .

Плоские фигуры, получаемые при этом, уже построены на комплексном чертеже, так как они являются половинами фронтального и профильного разрезов предмета (рис. 185,б).

Построение наглядного изображения начинаем с проведения осей диметрии и указания масштаба $M_{\text{д}} 1,06:1$ (см. § 26). На оси Z отмечаем положение центров 1, 2..., 7 (рис. 185,в), расстояния между ними берем с главного вида предмета. Через отмеченные точки проводим оси диметрии. Затем строим в диметрии фигуры сечения, сначала в плоскости xOz , а затем в плоскости yOz . Размеры координатных

отрезков берем с комплексного чертежа (рис. 185,б), при этом размеры по оси y сокращаем в два раза.

Выполняем штриховку сечений, затем строим эллипсы — диметрию окружностей, расположенных в горизонтальных плоскостях (рис. 185,г).

Проводим контурные линии наружного цилиндра, внутренних вертикальных отверстий, строим основания этих отверстий (рис. 185,д); вычерчиваем видимые линии пересечения горизонтальных отверстий с наружной и внутренними поверхностями.

Затем удаляем вспомогательные линии построения, проверяем правильность выполнения чертежа и обводим чертеж линиями требуемой толщины (рис. 185,е).

§ 29. Сечения

Сечением называется изображение фигуры, получаемой при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости (рис. 186). Сечение, как и разрез, — изображение условное, так как фигура сечения отдельно от предмета не существует: ее мысленно отрывают и изображают на свободном поле чертежа. Сечения входят в состав разреза и существуют как самостоятельные изображения.

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на *вынесенные* (рис. 187) и *наложенные* (рис. 188). Предпочтение следует отдать сечениям вынесенным, которые можно располагать в разрыве между частями одного и того же изображения (рис. 189).

По форме сечения делят на *симметричные* (см. рис. 188, 189) и *несимметричные* (см. рис. 187).

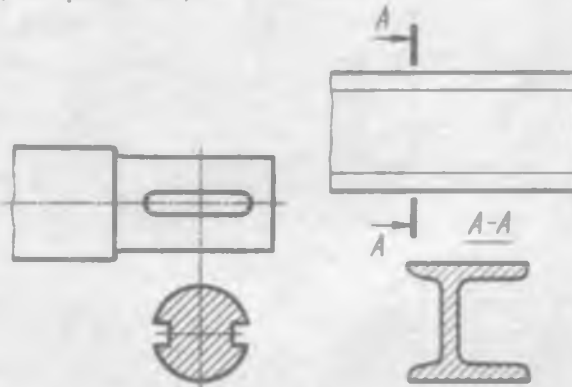


Рис. 186

Рис. 187



Рис. 188

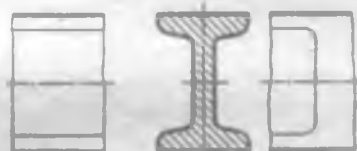


Рис. 189

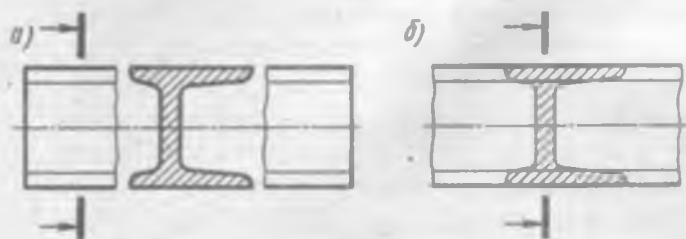


Рис. 190

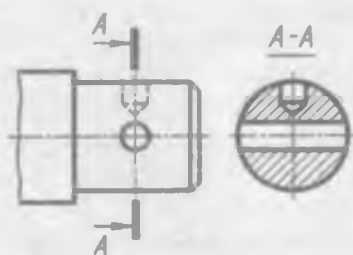


Рис. 191



Рис. 192

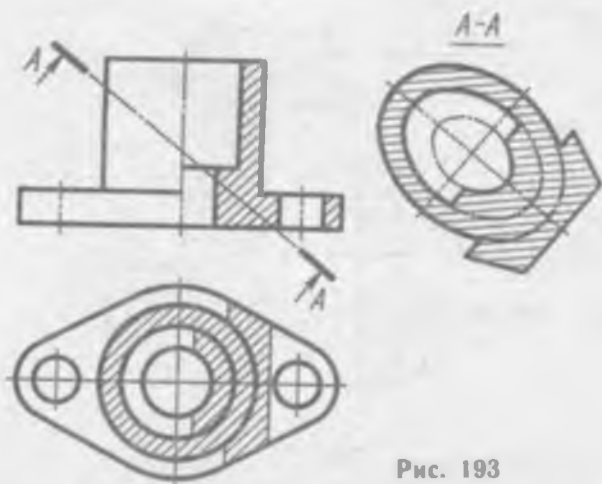


Рис. 193

Контур вынесенного сечения вычерчивают сплошными основными линиями, а наложенного — сплошными тонкими, причем контур основного изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

Обозначение сечений в общем случае аналогично обозначению разрезов, т. е. положение секущей плоскости указывают линией сечения, на которой наносят стрелки, дающие направление взгляда и обозначенные одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Над сечением в этом случае выполняют надпись по типу *A — A* (см. рис. 187).

Для несимметричных наложенных сечений или выполненных в разрыве основного изображения линию сечения со стрелками проводят, но буквами не обозначают (рис. 190). Наложное симметричное сечение (см. рис. 188), симметричное сечение, выполненное в разрыве основного изображения (см. рис. 189), вынесенное симметричное сечение, выполненное по следу секущей плоскости (см. рис. 186), оформляют без нанесения линии сечения.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления вычерчивают полностью (рис. 191).

Если секущая плоскость проходит через сквозное некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы (рис. 192).

Наклонные сечения получают от пересечения предмета наклонной плоскостью, составляющей с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого. На чертеже наклонные сечения выполняют по типу вынесенных сечений. Наклонное сечение предмета нужно строить как совокупность наклонных сечений составляющих его геометрических тел. Построение наклонных сечений основано на применении способа замены плоскостей проекций (см. § 8, 22, 24).

При вычерчивании наклонного сечения нужно определить, какие поверхности, ограничивающие предмет, пересекаются секущей плоскостью, и какие линии получаются от пересечения этих поверхностей данной секущей плоскостью (см. § 23). На рис. 193 построено наклонное сечение *A — A*. Секущая плоскость основание предмета пере-

секает по трапеции, внутренние и наружную цилиндрические поверхности — по эллипсам, центры которых лежат на основной вертикальной оси предмета. Чтение формы наклонного сечения упрощается, если построить горизонтальную проекцию наклонного сечения, как наложенное сечение.

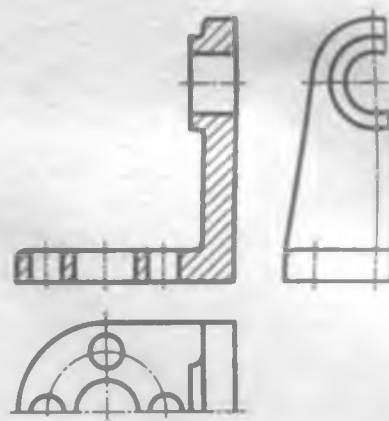


Рис. 194

§ 30. Условности и упрощения при построении изображений предметов

При выполнении различных изображений предмета ГОСТ 2.305—68 рекомендует применять некоторые условности и упрощения, которые, сохраняя ясность и наглядность изображения, сокращают объем графических работ.

Если вид, разрез или сечение являются фигурами симметричными, то можно вычерчивать только половину изображения или немного более половины изображения, ограничивая его волнистой линией (рис. 194).



Рис. 195



Рис. 196

Рис. 197

Допускается упрощенно изображать линии среза и линии перехода (см. § 23); вместо лекальных кривых проводить дуги окружности и прямые линии (рис. 195), а плавный переход от одной поверхности к другой показывать условно (рис. 196) или совсем не показывать (рис. 197).

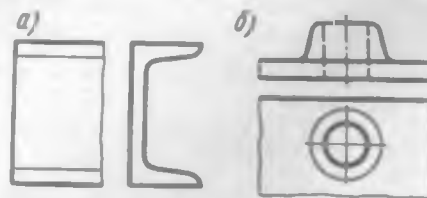


Рис. 198

Допускается незначительную конусность или уклон изображать увеличенными. На тех изображениях, где уклон или конусность отчетливо не выявляются, проводят только одну линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном (рис. 198,а) или меньшему основанию конуса (рис. 198,б).

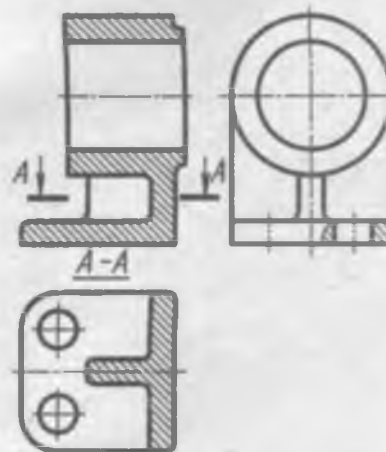


Рис. 199

При выполнении разрезов показывают нерассеченными непустотелые валы, рукоятки, винты, шпонки, заклепки. Шарики всегда изображают нерассеченными.

Такие элементы, как спицы, тонкие стенки, ребра жесткости, показывают в разрезе незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (рис. 199). Если в подобных элементах имеется отверстие или углубление, то делают местный разрез (рис. 200).

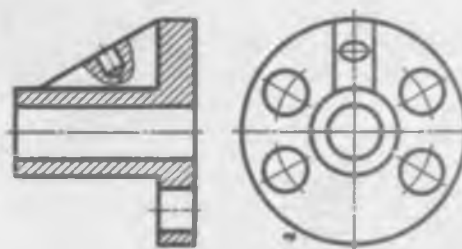


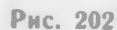
Рис. 200

Отверстия, расположенные на круглом фланце и не попадающие в секущую плоскость, показывают в разрезе так, словно они находятся в секущей плоскости (рис. 200).



Более подробно правила изображения предметов изложены в ГОСТ 2.305—68 (СТ СЭВ 363—77).

Выносным элементом называется дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета,



При применении выносного элемента соответствующее место основного изображения отмечают замкнутой сплошной тонкой линией (окружностью, овалом) с обозначением римской цифрой порядкового номера выносного элемента на полке линии-выноски. У выносного элемента делается надпись

по типу $\frac{1}{M 2:1}$ (рис. 202). Выносной элемент располагают возможно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

23. Как обозначают выносные элементы?

**КАРТА ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
ПО ТЕМЕ «ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ»**

А. Какой разрез целесообразно выполнить для детали, изображенной на комплексном чертеже?

- ① простой ② ступенчатый ③ поперечный ④ ломаный



Б. Как правильно обозначить этот разрез?



- ① разрез А-А ② А-А ③ А-А ④ А-А повернуто

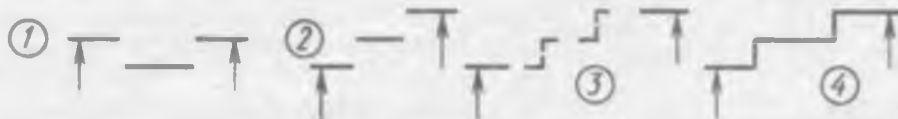
В. Сколько секущих плоскостей использовано при выполнении разреза детали?



- ① две ② три ③ четыре ④ пять



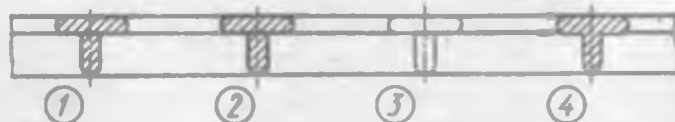
Г. Какое обозначение расположения секущих плоскостей соответствует выполненному разрезу?



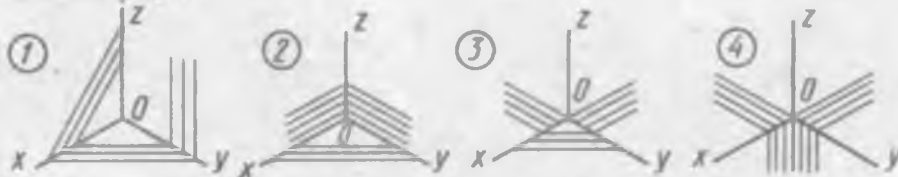
Д. А. Какое изображение соответствует сечению А-А?



Е. Какое сечение выполнено правильно?

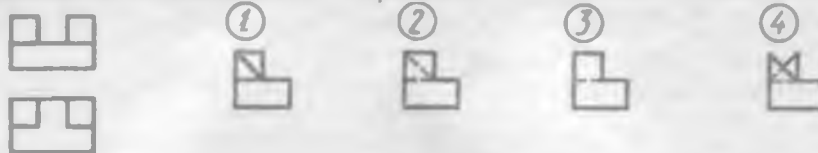


Ж. На каком рисунке выполнена схема штриховки в прямоугольной изометрии?



**КАРТА ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
ПО ТЕМЕ «РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ»**

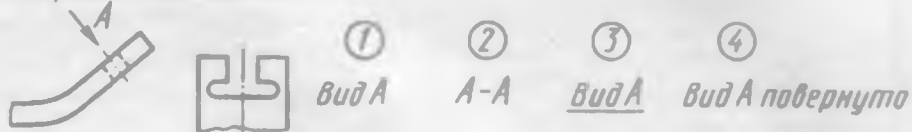
А. Какое из изображений не может быть видом следа предмета, изображенного на комплексном чертеже?



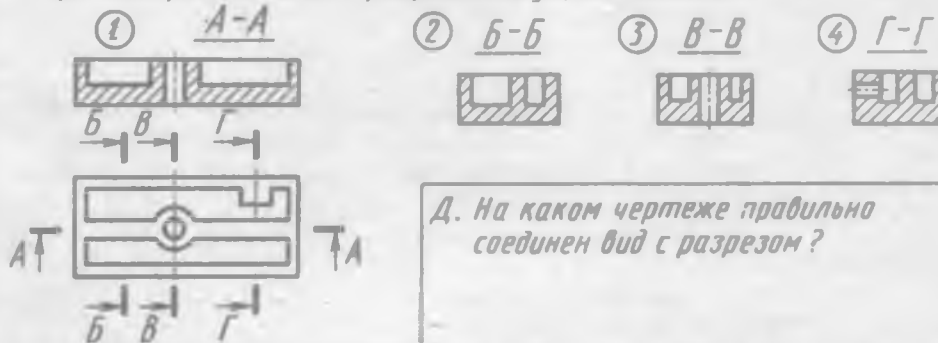
Б. Принимая вид по стрелке А за главный, укажите изображение, соответствующее виду следа.



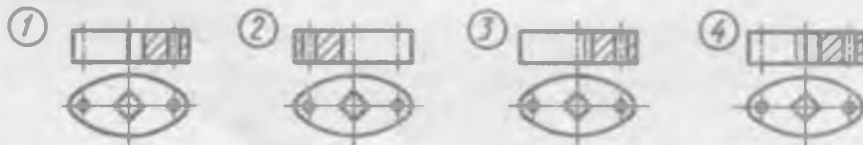
В. Какую надпись нужно сделать над изображением, полученным по направлению стрелки А?



Г. При построении какого разреза допущена ошибка?



Д. На каком чертеже правильно соединен вид с разрезом?



Е. На каком чертеже правильно выполнен разрез?



ГЛАВА VI. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ ИЗДЕЛИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

Согласно ГОСТ 2.101—68 *изделием* называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Простейшим видом изделия является деталь. *Деталь* — это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например: валик из одного куска металла, болт, гайка и т. п.

При изготовлении машин, приборов, аппаратов детали, входящие в них, тем или иным способом соединяются между собой. Одним из видов соединений деталей является *резьбовое соединение*.

Резьбовое соединение может обеспечивать относительную неподвижность деталей или перемещение одной детали относительно другой. Основным соединяющим элементом в резьбовом соединении является резьба.

§ 32. Изображение и обозначение резьбы

Общие сведения о резьбах

Резьбой называется поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности. При этом образуется винтовой выступ соответствующего профиля, ограниченный винтовыми и цилиндрическими или коническими поверхностями (рис. 203).

Резьбы классифицируются по форме поверхности, на которой она нарезана (цилиндрические, конические), по расположению резьбы на поверхности стержня или отверстия (наружные, внутренние), по форме профиля (треугольная, прямоугольная,

трапецидальная, круглая), назначению (крепежные, крепежно-уплотнительные, ходовые, специальные и др.), направлению винтовой поверхности (левые и правые) и по числу заходов (однозаходные и многозаходные).

Все резьбы делят на две группы: стандартные и нестандартные; у стандартных резьб все их параметры определяются стандартами.

Основные параметры резьбы определены ГОСТ 11708—66. Резьбу характеризуют три диаметра: наружный $d(D)$, внутренний $d_1(D_1)$ и средний $d_2(D_2)$.

По рекомендации СТ СЭВ диаметры наружной резьбы обозначают d , d_1 , d_2 , а внутренней резьбы в отверстии — D , D_1 и D_2 (рис. 204).

Наружный диаметр резьбы $d(D)$ — диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной или впадин внутренней резьбы. Этот диаметр для большинства резьб является определяющим и входит в условное обозначение резьбы.

Профиль резьбы — контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось (см. рис. 203, 204).

Угол профиля резьбы — угол между боковыми сторонами профиля (см. рис. 204).

Шаг резьбы P — расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы (см. рис. 203).

Ход резьбы t — расстояние между ближайшими одноименными боковыми сторона-

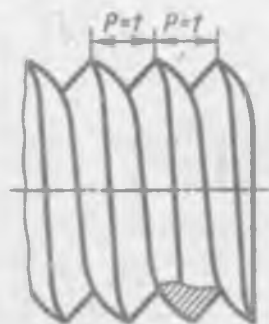


Рис. 203

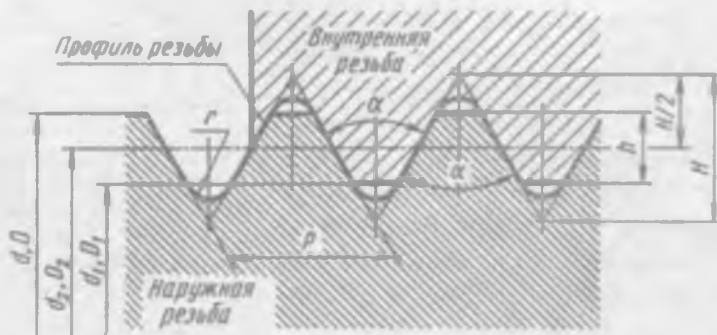


Рис. 204

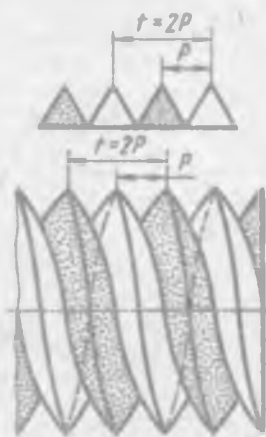


Рис. 205

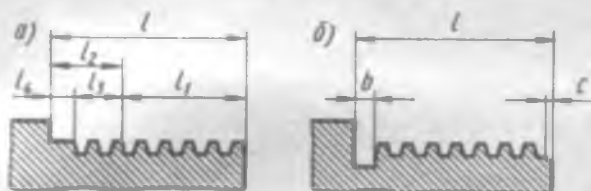


Рис. 206

ми профиля, принадлежащего одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы (рис. 203, 205). В однозаходной резьбе ход равен шагу, а в многозаходной — произведению шага P на число заходов n ($t = nP$).

На рис. 206 — длина резьбы l , длина резьбы с полным профилем l_1 . Сбег резьбы l_3 — участок неполного профиля в зоне перехода резьбы в гладкую часть предмета.

Недовод резьбы l_4 — величина ненарезанной части поверхности между концом сбega и опорной поверхностью детали.

Недорез резьбы l_2 включает в себя сбег и недовод резьбы. Чтобы устранить сбег или недорез резьбы, выполняют проточку b .

Чтобы облегчить ввинчивание резьбового стержня, на конце резьбы выполняют коническую фаску c под углом 45° .

Стандартные резьбы общего назначения

Резьба метрическая (СТ СЭВ 180—75 и 181—75) является основной крепежной резьбой. Эта резьба однозаходная, преимущественно правая, существует с крупным и мелким шагом. Профилем метрической резьбы служит равносторонний треугольник. Выступы и впадины резьбы притуплены (рис. 207).

Резьба трубная цилиндрическая (СТ СЭВ 1157—78) имеет профиль в виде равнобедренного треугольника с углом при вершине 55° (рис. 208), вершины и впадины скруглены. Эту резьбу применяют в трубопроводах и трубных соединениях.

Резьба трапецидальная (СТ СЭВ 639—77 и 185—75) служит для передачи движения и усилий. Профиль трапецидальной резьбы — равнобокая трапеция с углом между боковыми сторонами 30° (рис. 209). Для каждого диаметра резьбы стандарт предусматривает три различных шага. Трапецидальная резьба может быть однозаходной и многозаходной, правой и левой.

Резьба упорная (СТ СЭВ 1781—79) имеет профиль неравнобокой трапеции

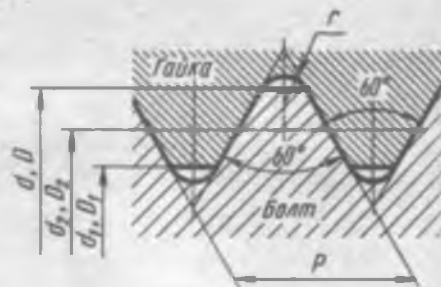


Рис. 207

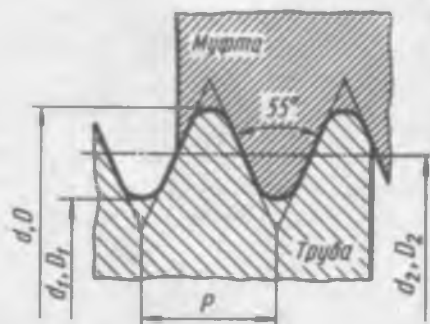


Рис. 208

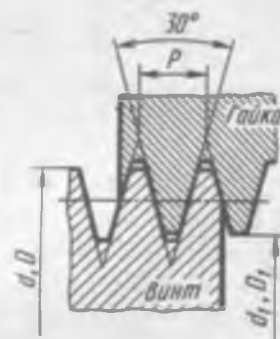


Рис. 209

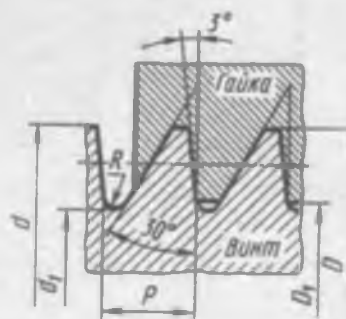


Рис. 210

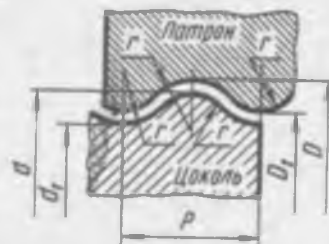


Рис. 211

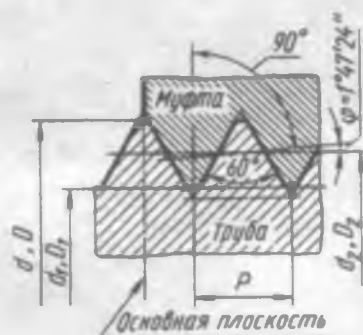


Рис. 212

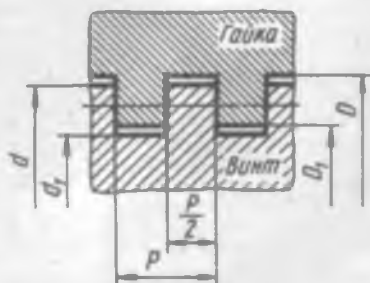


Рис. 213

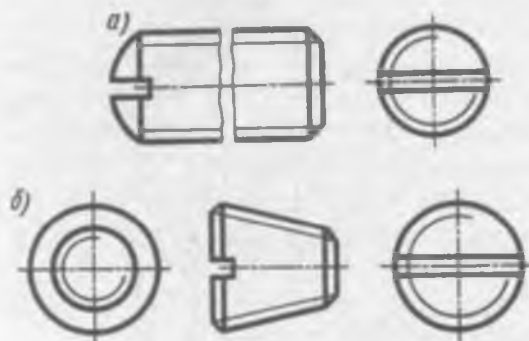


Рис. 214

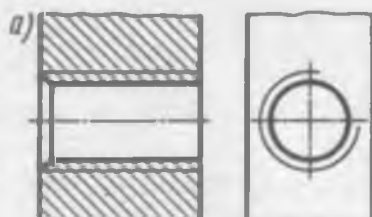


Рис. 215

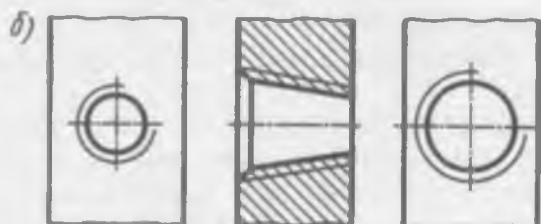


Рис. 216

(рис. 210), впадины профиля закруглены, для каждого диаметра имеет три различных шага. Служит для передачи движения с большими осевыми нагрузками.

Резьба круглая для цоколей и патронов (СТ СЭВ 307—76), для предохранительных стекол и светильников (ГОСТ 8587—71), для санитарно-технической арматуры (ГОСТ 13536—68) имеет профиль, полученный сопряжением двух дуг одного радиуса (рис. 211).

Резьба коническая дюймовая с углом профиля 60° (ГОСТ 6111—52) применяется для герметических соединений в трубопроводах машин и станков, нарезается на конической поверхности с конусностью 1:16 (рис. 212).

Резьба трубная коническая (СТ СЭВ 1159—78) имеет профиль, аналогичный профилю резьбы трубной цилиндрической, применяется в вентилях и газовых баллонах. Возможно соединение труб, имеющих коническую резьбу (конусность 1:16), с изделиями, имеющими трубную цилиндрическую резьбу.

Специальные резьбы — это резьбы со стандартным профилем, но отличающиеся от стандартных размером диаметра или шага резьбы, и резьбы с нестандартным профилем.

Нестандартные резьбы — квадратная и прямоугольная (рис. 213) — изготавливаются по индивидуальным чертежам, на которых заданы все параметры резьбы.

Изображение резьбы на чертеже см. в ГОСТ 2.311—68 (СТ СЭВ 284—76).

На стержне резьбу изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями — по внутреннему диаметру (рис. 214).

В отверстии резьбу изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими линиями — по наружному диаметру (рис. 215).

На изображениях, полученных проецированием резьбовой поверхности на плоскость, перпендикулярную ее оси, сплошную тонкую линию проводят дугой на $\frac{3}{4}$ длины окружности, разомкнутую в любом месте. Сплошную тонкую линию при изображении резьбы проводят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.

Видимая граница резьбы проводится сплошной основной линией в конце полного

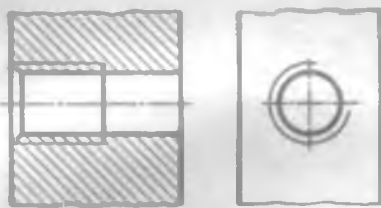


Рис. 217

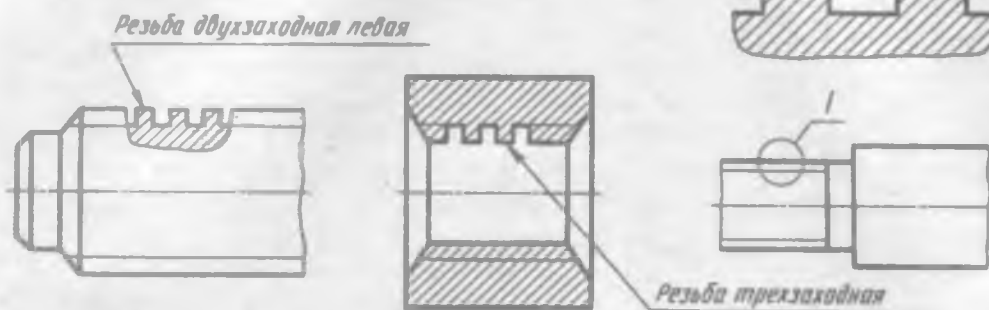


Рис. 218

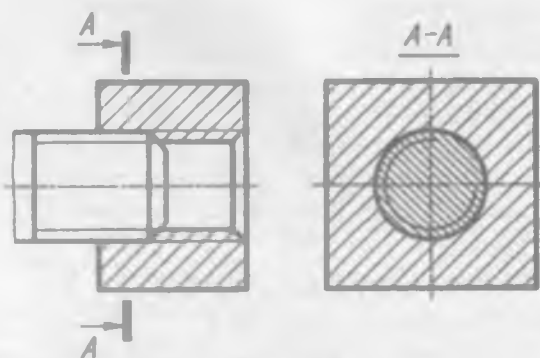


Рис. 219

профиля резьбы до линии наружного диаметра резьбы. Сбег резьбы изображается сплошной тонкой линией, как показано на рис. 216.

Фаски на резьбовом стержне или в резьбовом отверстии, не имеющие специального конструктивного назначения, не изображаются в проекции на плоскость, перпендикулярную оси стержня или отверстия. Сплошная тонкая линия изображения резьбы должна пересекать линию границы фаски (рис. 216, 217). Штриховку в разрезах и сечениях доводят до сплошной основной линии.

Резьбу с нестандартным профилем изображают, как показано на рис. 218, со всеми размерами и дополнительными данными с добавлением слова *резьба*.

В резьбовых соединениях резьба условно вычерчивается на стержне, а в отверс-

тии — только та часть резьбы, которая не закрыта стержнем (рис. 219).

Обозначение резьбы включает в себя: вид резьбы, размер, шаг и ход резьбы, поле допуска, класс прочности, направление резьбы, номер стандарта.

Вид резьбы условно обозначается:

M — метрическая резьба (СТ СЭВ 180—75);

G — трубная цилиндрическая резьба (СТ СЭВ 1157—78);

T_p — трапецидальная резьба (СТ СЭВ 639—77 и 185—79);

S — упорная резьба (СТ СЭВ 1781—79)

R_a — круглая резьба (СТ СЭВ 307—76);

R_h — трубная коническая наружная (СТ СЭВ 1159—78);

R_c — внутренняя коническая (СТ СЭВ 1159—78);

R_p — внутренняя цилиндрическая (СТ СЭВ 1159—78);

K — коническая дюймовая резьба (ГОСТ 6111—52).

Размер конических резьб и трубной цилиндрической резьбы условно обозначается в дюймах ($1'' = 25,4$ мм), у всех остальных резьб наружный диаметр резьбы представляется в миллиметрах.

Шаг резьбы не указывают для метрической резьбы с крупным шагом и для дюймовых резьб, в остальных случаях он указывается. Для многозаходных резьб в обоз-

начения резьбы входит ход резьбы, а шаг проставляется в скобках.

Направление резьбы указывают только для левой резьбы (*L H*).

Поле допуска и класс точности резьбы на учебных чертежах можно не проставлять.

Примеры обозначения резьб:

M 30 — метрическая резьба с наружным диаметром 30 мм и крупным шагом резьбы;

M 30 × 1,5 — метрическая резьба с наружным диаметром 30 мм и мелким шагом 1,5 мм;

G 1 1/2 — A — трубная цилиндрическая резьба с размером $1\frac{1}{2}$ ", класс точности *A*;

Tr 40 × 6 — трапецидальная резьба однозаходная с наружным диаметром 40 мм и шагом 6 мм;

Tr 20 × 8 (P4) — трапецидальная резьба двухзаходная с наружным диаметром 20 мм, ходом 8 мм и шагом 4 мм;

S 80 × 10 — упорная резьба однозаходная с наружным диаметром 80 мм и шагом 10 мм;

S 80 × 20 (P10) — упорная резьба двухзаходная с наружным диаметром 80 мм, ходом 20 мм и шагом 10 мм;

R_d 16 — резьба круглая с наружным диаметром 16 мм;

R_d 16 LH — резьба круглая с диаметром 16 мм, левая;

R 1 1/2 — резьба трубная коническая с размером $1\frac{1}{2}$ ";

K 1 1/2 ГОСТ 6111—52 — резьба коническая дюймовая с размером $1\frac{1}{2}$ ".

Обозначения резьб согласно ГОСТ 2.311—68 относят к наружному диаметру, как показано на рис. 220.

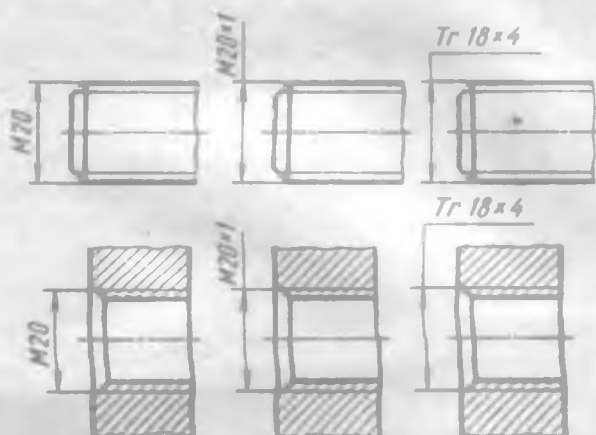


Рис. 220

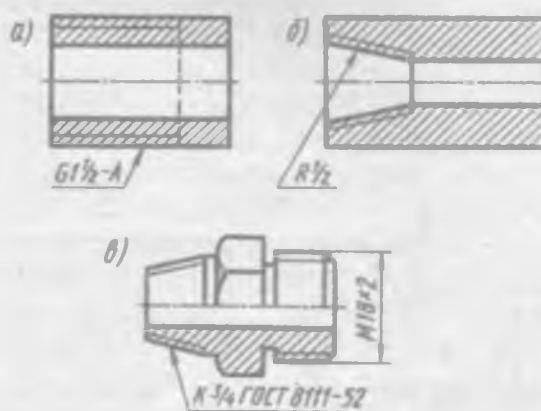


Рис. 221

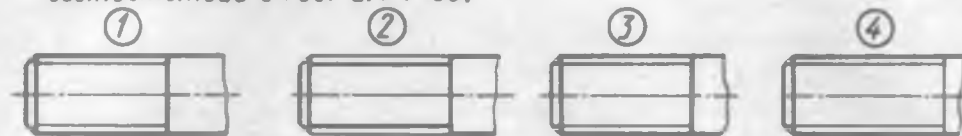
Обозначение конических резьб и трубной цилиндрической резьбы наносят, как показано на рис. 221.

**КАРТА ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
ПО ТЕМЕ «ИЗОБРАЖЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ»**

А. Укажите изображение, соответствующее профилю метрической резьбы.



Б. На каком чертеже изображение резьбы выполнено в полном соответствии с ГОСТ 2.311-68?



В. На каком чертеже допущена ошибка в изображении резьбы?



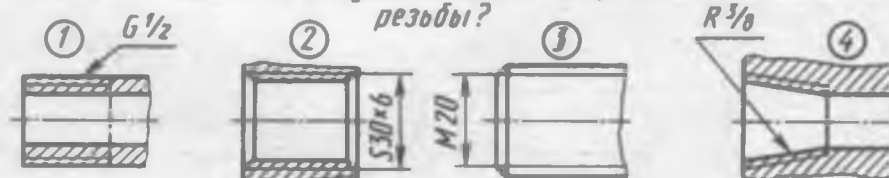
Г. Укажите условное обозначение резьбы трапецеидальной.

- ① S ② G ③ Tr ④ Rd

Д. Укажите условное обозначение метрической резьбы с мелким шагом:

- ① S60 × 10 (P5) ③ Tr 20 × 4
② M60 × 4 ④ R 1 1/2

Е. На каком чертеже допущена ошибка в простановке обозначения резьбы?



Ж. Какой из размеров соответствует условному проходу?



- ① L ② D ③ d₁ ④ d

§ 33. Изображение и обозначение стандартных резьбовых изделий

К стандартным резьбовым изделиям относятся крепежные резьбовые детали (болты, винты, гайки, шпильки), которые изготавливаются в соответствии с ГОСТ 1759—70. Техническими требованиями установлены 12 классов прочности для винтов, болтов и шпилек и 7 классов прочности — для гаек. ГОСТ 1759—70 устанавливает также виды и условное обозначение покрытий для крепежных изделий.

Структура условных обозначений крепежных деталей включает в себя:

- 1 — наименование изделия (болт, винт и т. д.);
- 2 — исполнение (исполнение 1 не указывают);
- 3 — обозначение резьбы метрической и ее диаметр;
- 4 — шаг резьбы (для мелкой метрической);
- 5 — обозначения поля допуска резьбы;
- 6 — длину болта, винта, шпильки в мм;
- 7 — класс прочности;
- 8 — марку стали или сплава;
- 9 — обозначение вида покрытия;
- 10 — толщину покрытия в мм;
- 11 — номер стандарта на конструкцию крепежного изделия и его размеры.

На учебных чертежах позиции 5, 7, 8, 9, 10 в курсе инженерной графики можно не включать в условное обозначение изделия, так как назначать обоснованно эти

параметры без специальных знаний нельзя.

Болт представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом конце. Болты используются (вместе с гайками, шайбами) для скрепления двух или нескольких деталей. Существуют различные типы болтов, отличающихся друг от друга по форме и размерам головки и стержня, по шагу резьбы, по точности изготовления и по исполнению.

Болты с шестигранными головками имеют от трех (рис. 222) до пяти исполнений: исполнение 1 — без отверстий (в головке и стержне); исполнение 2 — с отверстием на резьбовой части стержня; исполнение 3 — с двумя отверстиями в головке болта.

При изображении болта на чертеже выполняют два вида (рис. 223) по общим правилам и наносят размеры длины l болта, длины резьбы l_0 , размер под ключ S и обозначение резьбы Md . Высота H головки в длину болта не включается. Гиперболы, образованные пересечением конической фаски головки болта с ее гранями, заменяются дугами окружности.

Примеры условных обозначений болтов:

Болт $M12 \times 60$ ГОСТ 7798—70 — с шестигранной головкой, первого исполнения, с резьбой $M12$, шаг резьбы крупный, длина болта 60 мм.

Болт $2M12 \times 1,25 \times 60$ ГОСТ 7798—70 — с мелкой метрической резьбой $M12 \times 1,25$, второго исполнения, длина 60 мм.

Винт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого вы-

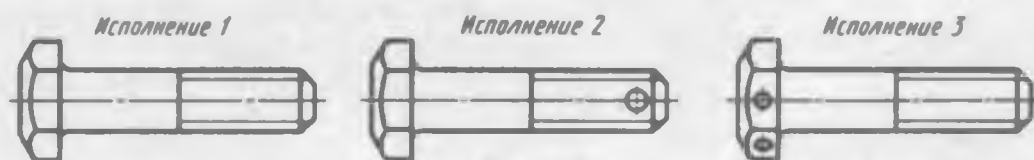
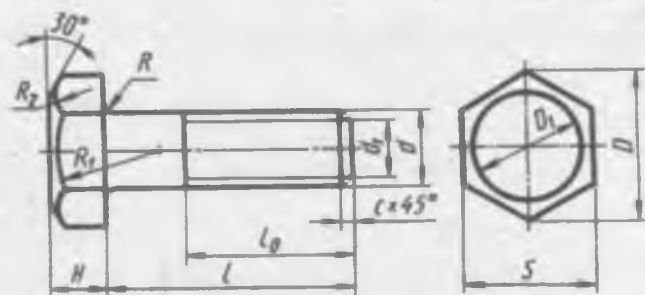
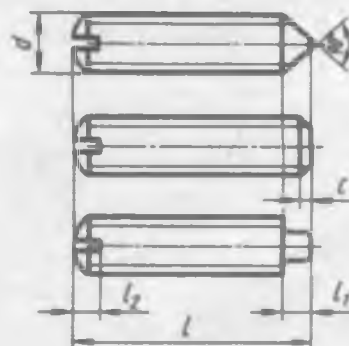


Рис. 222



$$\begin{aligned}
 H &= 0,7d & d_1 &= 0,85d & R &= 0,08d & L_0 &= 2d + 6 \text{ мм} \\
 D &= 2d & c &= 0,15d & R_1 &= 1,5d \\
 D_1 &= 1,6d & S &= 1,7d & R_2 &= \text{определяют построением}
 \end{aligned}$$

Рис. 223



$$L_1 = L_2 = 0,4d$$

Рис. 224

полнена резьба, а на другом имеется головка. По назначению винты разделяются на крепежные и установочные. Крепежные винты применяются для соединения деталей путем ввертывания винта резьбовой частью в одну из соединяемых деталей.

Установочные винты используются для взаимного фиксирования деталей. Их стержень нарезан полностью, они имеют нажимной конец цилиндрической или конической формы или плоский конец (рис. 224).

Крепежные винты бывают четырех исполнений: исполнение 1 — диаметр резьбы больше диаметра гладкой части стержня (рис. 225); исполнение 2 — диаметр резьбы равен диаметру гладкой части; исполнение 3 и 4 — головка винта имеет крестообразный шлиц для отвертки.

В зависимости от условий работы винты изготавливаются (рис. 226) с цилиндрической головкой (ГОСТ 1491—72), полу-круглой головкой (ГОСТ 17473—72), полу-



Рис. 225

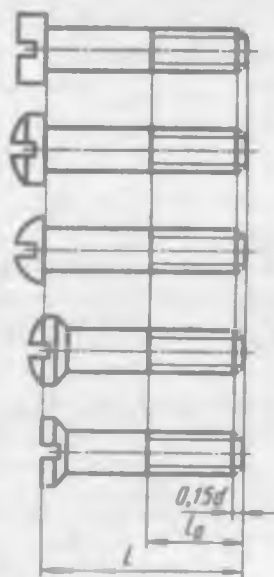


Рис. 226

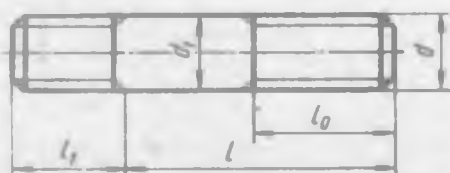


Рис. 227

потайной головкой (ГОСТ 17474—72) или потайной головкой (ГОСТ 17475—72) со шлицем, а также с головкой под ключ и с рифлением.

Высота головки в длину винта не входит, исключение составляют винты с потайной головкой (рис. 226).

На чертеже форму винта со шлицем полностью передает одно изображение на плоскости, параллельной оси винта. При этом указывают размер резьбы, длину l винта, длину нарезанной части ($l_0 = 2d + 6$ мм) и условное обозначение винта по соответствующему стандарту.

Примеры условных обозначений винтов:

Винт М12×50 ГОСТ 1491—72 — с цилиндрической головкой, первого исполнения, с резьбой М12 с крупным шагом, длиной 50 мм.

Винт 2М12×1,25×50 ГОСТ 17475—72 — с потайной головкой, второго исполнения, с мелкой метрической резьбой диаметром 12 мм и шагом 1,25 мм, длина винта 50 мм.

Шпилька представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах (рис. 227). Шпилька служит для соединения двух или нескольких деталей. Один конец шпильки l_1 ввертывается в резьбовое отверстие детали, а на другой конец l_0 навинчивается гайка. Выпускают шпильки с двумя одинаковыми по длине резьбовыми концами для деталей с гладкими сквозными отверстиями. Длина гладкой части стержня шпильки должна быть не менее $0,5 d$.

Конструкция и размеры шпилек определяются стандартами в зависимости от длины резьбового конца:

ГОСТ 22032—76 $l_1 = 1,0 d$ } шпилька ввертывается в сталь, бронзу, латунь;

ГОСТ 22034—76 $l_1 = 1,25 d$ } шпилька ввертывается в чугун;

ГОСТ 22036—76 $l_1 = 1,6 d$
ГОСТ 22038—76 $l_1 = 2d$ } шпилька ввертывается в легкие сплавы.

ГОСТ 22040—76 $l = 2,5d$

При изображении шпильки вычерчивают только один вид на плоскости, параллельной оси шпильки, и указывают размеры резьбы, длину l шпильки и ее условное обозначение.

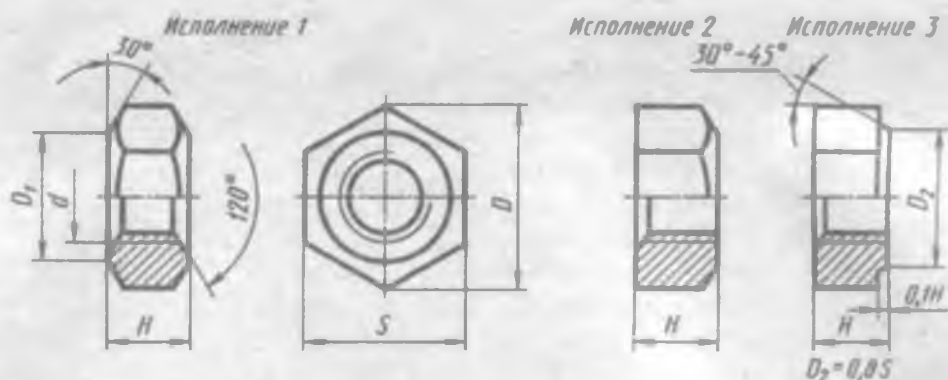


Рис. 228

Примеры условного обозначения шпилек:

Шпилька М8×60 ГОСТ 22038—76 — с крупной метрической резьбой диаметром 8 мм, длина шпильки 60 мм, предназначена для ввертывания в легкие сплавы, длина ввинчиваемого конца 16 мм.

Шпилька М8×1,0×60 ГОСТ 22038—76 — та же, но с мелким шагом резьбы — 1,0 мм.

Гайка — крепежная деталь с резьбовым отверстием в центре. Применяется для навинчивания на болт или шпильку до упора в одну из соединяемых деталей. В зависимости от назначения и условий работы гайки выполняют шестигранными, круглыми, барашковыми, фасонными и т. д. Наибольшее применение имеют гайки шестигранные. Их изготавливают трех исполнений: исполнение 1 — с двумя коническими фасками (рис. 228); исполнение 2 — с одной конической фаской; исполнение 3 — без фасок, но с коническим выступом с одного торца.

Форму гайки на чертеже вполне передают два ее вида: на плоскости проекций, параллельной оси гайки, совмещают половину вида с половиной фронтального разреза и на плоскости, перпендикулярной оси гайки, со стороны фаски. На чертеже указывают размер резьбы, размер S под ключ и дают обозначение гайки по стандарту.

Примеры условного обозначения гаск:

Гайка М12 ГОСТ 5915—70 — первого исполнения, с диаметром резьбы 12 мм, шаг резьбы крупный.

Гайка 2М12×1,25 ГОСТ 5915—70 — второго исполнения, с мелкой метрической резьбой диаметром 12 мм и шагом 1,25 мм.

Шайба представляет собой точеное или штампованное кольцо, которое подкладывают под гайку, головку винта или болта в

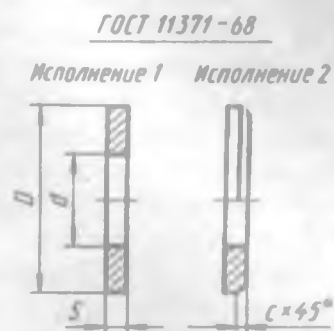


Рис. 229

резьбовых соединениях. Плоскость шайбы увеличивает опорную поверхность и предохраняет деталь от задиров при завинчивании гайки ключом. С целью предохранения резьбового соединения от самопроизвольного развинчивания в условиях вибрации и знакопеременной нагрузки применяют шайбы пружинные по ГОСТ 6402—70 и шайбы стопорные, имеющие выступы-лапки.

Круглые шайбы по ГОСТ 11371—68 (СТ СЭВ 280—76 и 281—76) имеют два исполнения (рис. 229): исполнение 1 — без фаски, исполнение 2 — с фаской. Форму круглой шайбы вполне передает одно изображение на плоскости, параллельной оси шайбы. Внутренний диаметр шайбы обычно на 0,5...2,0 мм больше диаметра стержня болта, на который шайба надевается. В условное обозначение шайбы и включается диаметр резьбы стержня, хотя сама шайба резьбы не имеет.

Примеры условного обозначения шайбы. Шайба 20 ГОСТ 11371—68 — круглая, первого исполнения, для болта с резьбой М20.

Та же шайба, но второго исполнения имеет условное обозначение — Шайба 2.20 ГОСТ 11371—68.

Соединительные детали трубопроводов (муфты, угольники, тройники и т. д.) представляют собой резьбовые изделия, изготовленные из ковкого чугуна и предназна-

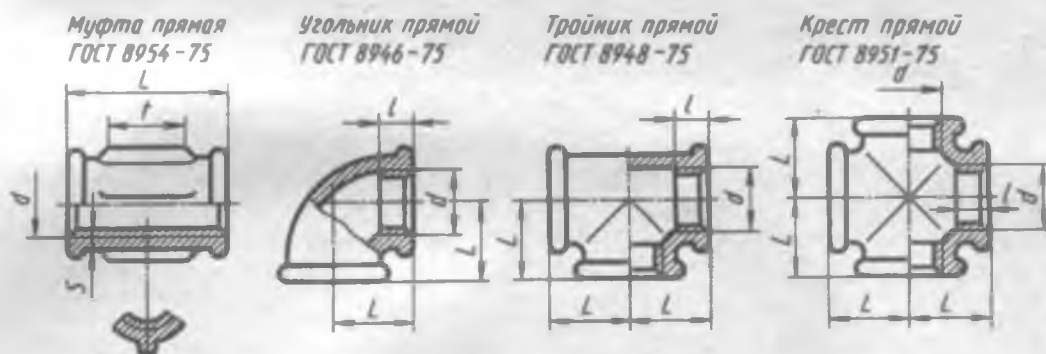


Рис. 230

ченные для соединения труб в трубопроводах (рис. 230). Трубы используются в коммуникациях, транспортирующих жидкость или газ, а также для прокладки кабелей.

Конструкция и размеры соединительных деталей трубопроводов определены стандартами. Концы труб имеют резьбу наружную, а соединительные детали — внутреннюю. Основным параметром деталей трубных соединений является условный проход D_y — внутренний диаметр трубы в миллиметрах, для которой предназначено это изделие. Соединительные детали трубопроводов имеют покрытие в основном цинковое.

Примеры условных обозначений соединительных деталей трубопроводов:

Муфта длинная 20 ГОСТ 8955—75 — прямая, неоцинкованная, для труб с условным проходом 20 мм.

Угольник Ц-25 ГОСТ 8946—75 — прямой, оцинкованный, для труб с условным проходом 25 мм.

§ 34. Изображения резьбовых соединений

Резьбовые соединения являются неподвижными разъемными соединениями. К ним относят соединения деталей с помощью болтов, винтов, шпилек, гаек и соединительных деталей трубопроводов.

Изображение резьбового соединения состоит из изображений резьбовых и соединяемых деталей.

Различают конструктивное, упрощенное и условное изображения крепежных деталей и их соединений. При конструктивном изображении размеры деталей и их элементов точно соответствуют стандартам. При упрощенном изображении размеры крепежных деталей определяют по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы и упрощенно вычерчивают фаски, шлицы, резьбу в глухих отверстиях и т. д.

Условные изображения используются

при диаметрах стержней крепежных деталей 2 мм и менее. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей установлены ГОСТ 2.315—68. В настоящем разделе приводятся упрощенные изображения крепежных деталей в резьбовых соединениях, рекомендуемые в учебных чертежах.

Болтовое соединение состоит из болта, гайки, шайбы и соединяемых деталей. В соединяемых деталях просверливают сквозные отверстия диаметром $d_0 = (1,05... 1,10)d$, где d — диаметр резьбы болта. В отверстия вставляют болт, надевают на него шайбу и навинчивают до упора гайку (рис. 231).

Длину болта определяют по формуле $l = H_1 + H_2 + S_{ш} + H + K$, где H_1 и H_2 — толщина соединяемых деталей; $S_{ш}$ — толщина шайбы, $S_{ш} = 0,15 d$; H — высота гайки, $H = 0,8 d$; K — длина выступающего стержня болта, $K = 0,35 d$.

Расчетную длину болта округляют до ближайшей стандартной длины болта.

На чертеже болтового соединения (рис.

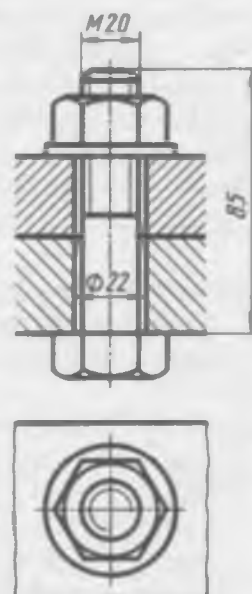


Рис. 231

231) выполняют не менее двух изображений — на плоскости проекций, параллельной оси болта, и на плоскости проекций, перпендикулярной его оси (со стороны гайки). При изображении болтового соединения в разрезе болт, гайку и шайбу показывают неразрезанными. Головку болта и гайку на главном виде изображают тремя гранями. Смежные детали штрихуют с наклоном в разные стороны.

На чертеже болтового соединения указывают три размера: диаметр резьбы, длину болта и диаметр отверстия под болт.

Условные обозначения болта, гайки и шайбы записываются в спецификации сборочного чертежа (см. § 47).

Шпильковое соединение состоит из шпильки, шайбы, гайки и соединяемых деталей. Соединение деталей шпилькой применяется, когда нет места для головки болта или когда одна из соединяемых деталей имеет значительную толщину. В этом случае экономически нецелесообразно сверлить глубокое отверстие и ставить болт большой длины. Соединение шпилькой уменьшает массу конструкции. Одна из соединяемых шпилькой деталей имеет углубление с резьбой — гнездо под шпильку, которая ввинчивается в него концом l_1 (см. рис. 227). Остальные соединяемые детали имеют сквозные гладкие отверстия диаметром $d_0 = (1,05 \dots 1,10)d$, где d — диаметр резьбы шпильки.

Гнездо сначала высверливается на глубину l_2 , которая на $0,5 d$ больше ввинчиваемого конца шпильки, а затем в гнезде нарезается резьба. На входе в гнездо выполняется фаска $c=0,15d$ (рис. 232). При ввинченной в гнездо шпильке соединение деталей дальше осуществляется как в случае болтового соединения.

Длину шпильки определяют по формуле $l = H_2 + S_{ш} + H + K$, где H_2 — толщина присоединяемой детали; $S_{ш}$ — толщина шайбы; H — высота гайки; K — длина выступающего конца шпильки над гайкой.

Расчетную длину шпильки округляют до стандартного значения.

На чертеже шпилечного соединения линия раздела соединяемых деталей должна совпадать с границей резьбы ввинчиваемого резьбового конца шпильки (рис. 233). Гнездо под шпильку оканчивается конической поверхностью с углом 120° . Нарезать резьбу до конца гнезда практически невозможно, но на сборочных чертежах

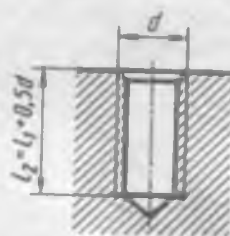


Рис. 232

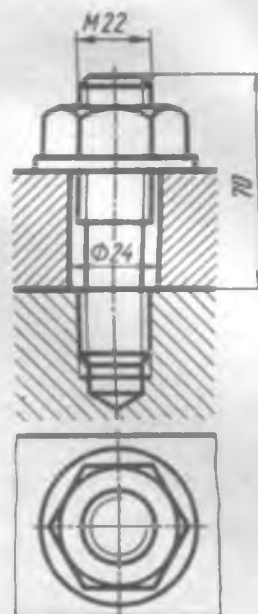


Рис. 233

допускается изображать резьбу на всю глубину гнезда. На чертеже шпилечного соединения указывают те же размеры, что и на чертеже болтового соединения. Штриховку в резьбовом соединении шпильки с деталью, в которую шпилька ввинчена, в разрезе доводят до сплошной основной линии резьбы на шпильке и в гнезде.

Соединение винтом включает соединяемые детали и винт с шайбой. В соединениях винтами с потайной головкой и установочными винтами шайбу не ставят.

У одной из соединяемых деталей должно быть гнездо с резьбой для конца винта, а в другой — гладкое сквозное отверстие диаметром $d_0 = (1,05 \dots 1,10)d$. Если применяется винт с потайной или полупотайной головкой, то соответствующая сторона отверстия детали должна быть раззенкована под головку винта (рис. 234).

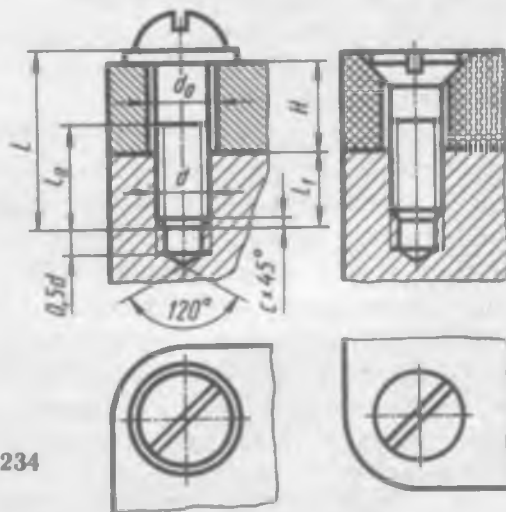


Рис. 234

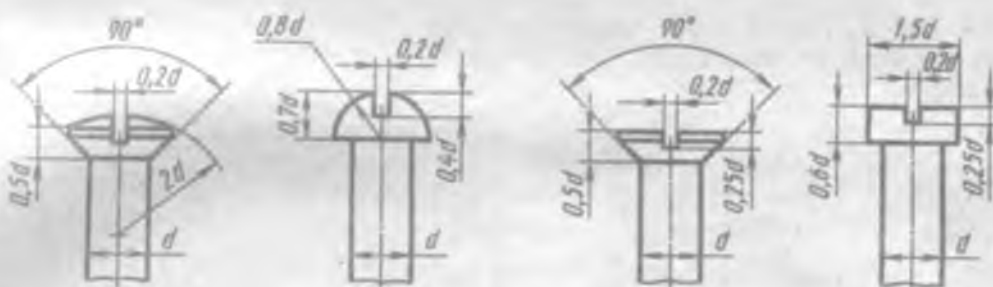


Рис. 235

Длина винта определяется по формуле $l = H + S_{\text{ш}} + l_1$, где H — толщина присоединяемой детали; $S_{\text{ш}}$ — толщина шайбы; l_1 — длина ввинченного резьбового конца винта, которая назначается для соответствующего материала, как для шпильки.

Расчетная длина винта округляется до стандартного значения длины.

Изображение винтового соединения на чертеже выполняется подобно болтовому соединению по относительным размерам. Относительные размеры головок винтов указаны на рис. 235.

На винтовом соединении граница резьбы на стержне винта должна находиться внутри гладкого отверстия, запас резьбы, неиспользованной при ввинчивании, равен примерно трем шагам резьбы (ЗР). Если диаметр головки винта меньше 12 мм, то шлиц рекомендуется изображать одной утолщенной линией. На виде сверху шлиц в головке показывается повернутым на 45° . На чертеже соединения наносят три размера: диаметр резьбы, длину винта, диаметр отверстия для прохода винта.

Трубное соединение состоит из соединяемых труб и соединительных деталей трубопроводов. При соединении двух труб муфтой кроме муфты в соединение входит контргайка и прокладка (рис. 236).

Чертежи трубных соединений выполняются по размерам их деталей, как конструктивные чертежи, без упрощений. Перед тем как приступить к вычерчиванию трубо-

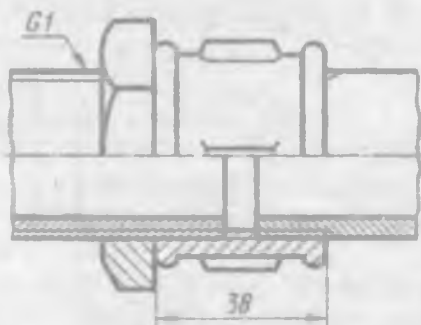


Рис. 236

го соединения, необходимо по значению условного прохода D , подобрать по таблицам соответствующих стандартов размеры труб и соединительных частей.

Более подробно правила выполнения чертежей труб и трубопроводов изложены в ГОСТ 2.411—72.

Винтовые (ходовые) соединения относятся к подвижным разъемным соединениям. В этих соединениях одна деталь перемещается относительно другой детали по резьбе. Обычно в этих соединениях применяется резьба: трапецеидальная, упорная, прямоугольная или квадратная. Чертежи винтовых соединений выполняются по общим правилам.

Вопросы для самопроверки

1. Какими параметрами определяется резьба?
2. В чем разница между шагом и ходом резьбы?
3. По каким признакам классифицируют резьбу?
4. Как на чертеже изображается резьба на стержне, в отверстии, в соединении?
5. Какие вы знаете стандартные резьбы? Как условно их обозначают?
6. Какие параметры входят в обозначение резьбы?
7. Как обозначаются резьбы на чертежах?
8. Какие вы знаете стандартные резьбовые изделия?
9. Как изображают болт на чертеже?
10. Какова структура условного обозначения болта?
11. Что представляет собой шпилька? Каково ее условное обозначение?
12. Какие вы знаете разновидности винтов?
13. Как условно обозначают винты на чертежах?
14. Что такое гайка? Каково условное обозначение гаек?
15. Какие вы знаете соединительные детали трубопроводов? Каково их назначение?
16. Что такое условный проход?
17. Какая резьба нарезается в соединительных деталях трубопроводов?
18. Какой основной параметр входит в условное обозначение соединительных деталей трубопроводов?
19. Из каких элементов состоит болтовое соединение?

20. Сколько изображений и какие выполняют на чертеже болтового соединения?

21. Какая разница между болтовым и шпильным соединением? Какое соединение экономичнее?

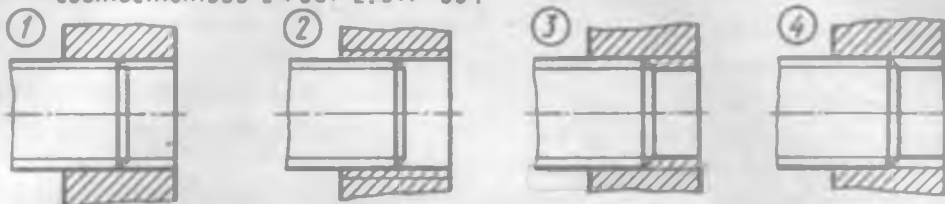
22. Как определить глубину гнезда под шпильку, под винт?

23. Какие размеры проставляют на чертежах соединений болтового, шпильного, винтового?

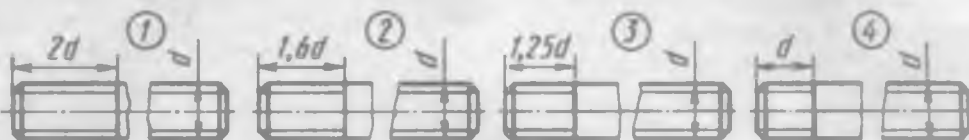
24. Как выбирают размеры для вычерчивания трубных соединений?

**КАРТА ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ И СОЕДИНЕНИЯ»**

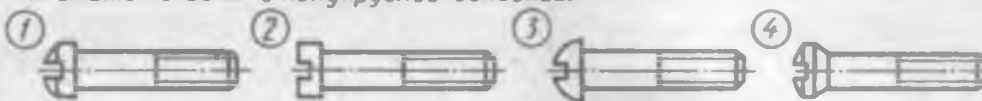
А. На каком чертеже резьбовое соединение вычерчено в полном соответствии с ГОСТ 2.311-68?



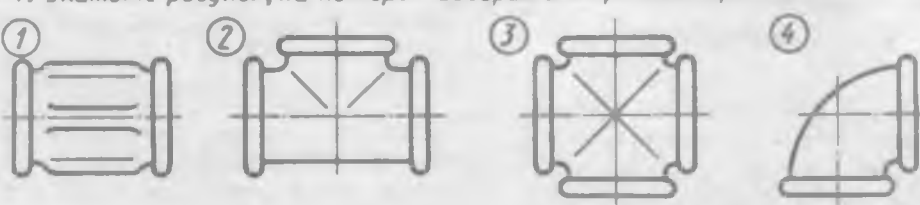
Б. Какая шпилька должна ввинчиваться в алюминий?



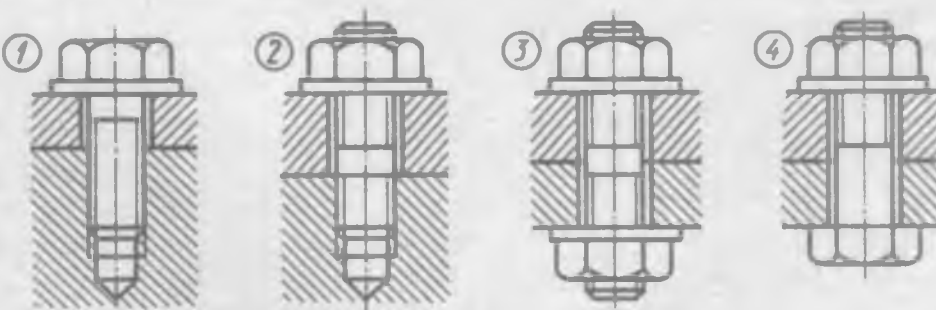
В. Укажите винт с полукруглой головкой.



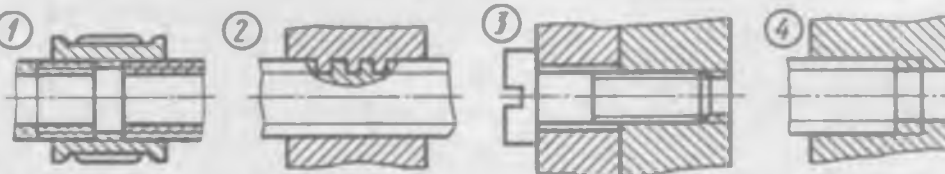
Г. Укажите рисунок, на котором изображен тройник прямой.



Д. Какое из резьбовых соединений является болтовым соединением?



Е. Какое из соединений является соединением ходового винта и гайки?



ГЛАВА VII. ИЗОБРАЖЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ, ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ, ПРУЖИН

В технике соединения деталей обеспечивают определенное взаимное их положение в процессе работы. Соединения могут быть *подвижными* и *неподвижными*. Неподвижные соединения разделяют на *разъемные*, допускающие разборку и повторную сборку соединяемых деталей без их разрушения и повреждения, и *неразъемные*, с жесткой механической связью, сохраняющейся в течение всего срока службы изделия, вследствие чего разборка таких соединений невозможна без разрушений или повреждений самих деталей или связующих их элементов.

В предыдущей главе подробно были рассмотрены резьбовые разъемные неподвижные соединения и винтовые (ходовые) разъемные подвижные соединения.

В машиностроении используются еще специальные соединения в передачах (зубчатых, цепных, ременных и др.), обеспечивающих передачу движения, и соединения с помощью пружин (цилиндрических, конических, тарельчатых и др.), обеспечивающих возвращение детали в исходное положение после снятия нагрузки.

§ 35. Разъемные соединения деталей

Кроме рассмотренных ранее резьбовых соединений к разъемным соединениям относятся: соединения зубчатые (шлицевые), шпоночные, штифтовые, шплинтовые, клиновые, соединения сочленением.

Соединения штифтами (рис. 237) — цилиндрическими или коническими (СТ СЭВ

239—75 и 240—75) — используются для точной взаимной фиксации скрепляемых деталей. Цилиндрические штифты обеспечивают неоднократную сборку и разборку деталей.

Шплинты (СТ СЭВ 220—75) применяют для ограничения осевого перемещения деталей (рис. 238) и стопорения корончатых гаек.

Клиновые соединения (рис. 239) обеспечивают легкую разборку соединяемых деталей. Грани клиньев имеют уклон от $1/5$ до $1/40$.

В соединениях сочленением (рис. 240) выступ одной детали входит в паз или отверстие другой детали, детали поворачи-

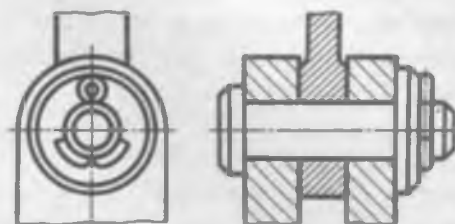


Рис. 238

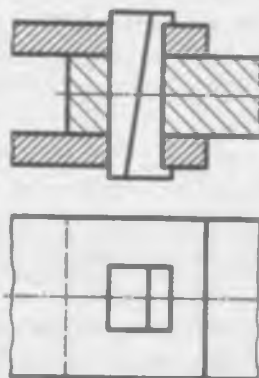


Рис. 239

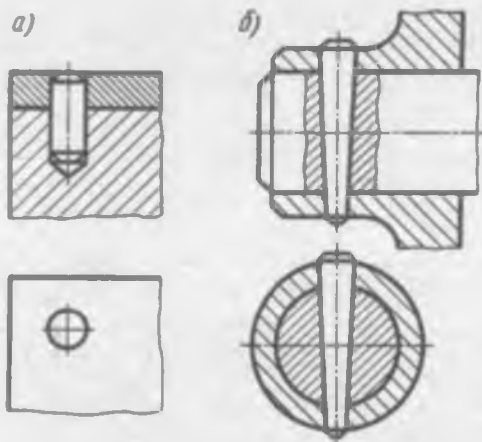


Рис. 237

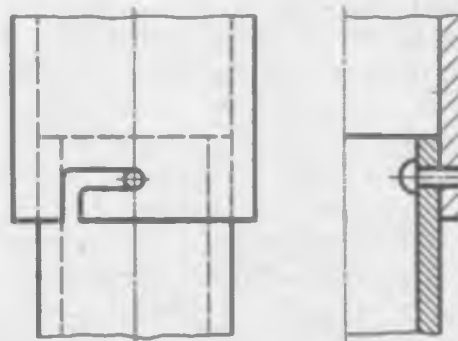


Рис. 240

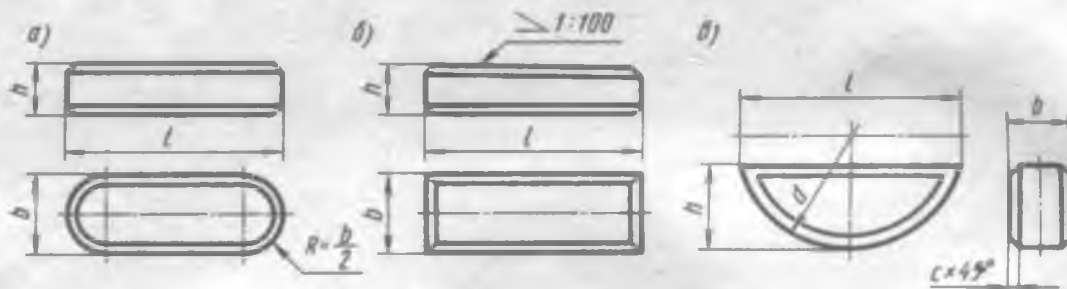


Рис. 241

ваются одна относительно другой, и тем обеспечивается их соединение.

Соединение шпоночное состоит из вала, колеса и шпонки.

Шпонка (рис. 241) представляет собой деталь призматической (шпонки призматические и клиновые) или сегментной (шпонки сегментные) формы, размеры которой определены стандартом. Шпонки применяют для передачи крутящего момента.

В специальную канавку-паз на валу закладывается шпонка. На вал насаживают колесо так, чтобы паз в ступице колеса попал на выступающую часть шпонки. Размеры пазов на валу и в ступице колеса должны соответствовать поперечному сечению шпонки.

Размеры призматических шпонок определяются СТ СЭВ 189—79. Размеры соединений с клиновыми шпонками определяют СТ СЭВ 645—77, размеры соединений с сегментными шпонками — СТ СЭВ 647—77.

Шпонки призматические бывают обыкновенные (СТ СЭВ 189—79) и направляющие. Направляющие шпонки крепят к валу винтами, их применяют, когда колесо перемещается вдоль вала.

По форме торцов шпонки бывают трех исполнений: исполнение 1 — оба торца закруглены; исполнение 2 — один торец закруглен, второй — плоский; исполнение 3 — оба торца плоские.

Рабочими поверхностями у шпонок призматических и сегментных являются боковые грани, а у клиновых — верхняя и нижняя широкие грани, одна из которых имеет уклон 1:100.

Поперечные сечения всех шпонок имеют форму прямоугольников с небольшими фасками или скруглениями. Размеры сечений шпонок выбирают в зависимости от диаметра вала, а длина шпонок — в зависимости от передаваемых усилий.

Условные обозначения шпонок определяются стандартами и включают в себя: наименование, исполнение, размеры $b \times h \times l$, номер стандарта.

Пример условного обозначения шпонки: Шпонка 10×8×60 СТ СЭВ 189—79 — призматическая, первого исполнения, с размерами поперечного сечения 10×8 мм, длина 60 мм.

Чертежи шпоночных соединений выполняются по общим правилам. Шпоночное соединение показывают во фронтальном разрезе осевой плоскостью (рис. 242). Шпонку при этом изображают неразрезанной, на валу выполняют местный разрез. Вторым изображением шпоночного соединения служит сечение плоскостью, перпендикулярной оси вала. Зазор между основанием паза во втулке (ступице колеса) и шпонкой показывают увеличенным (ГОСТ 2.303—68).

Зубчатое (шлицевое) соединение представляет собой многошпоночное соединение, в котором шпонки выполнены заодно с валом и расположены параллельно его оси. Зубчатые соединения, как и шпоночные, используются для передачи крутящего момента, а также в конструкциях, требующих перемещения деталей вдоль оси вала, например в коробках скоростей.

Благодаря большому числу выступов на валу зубчатое соединение может пере-

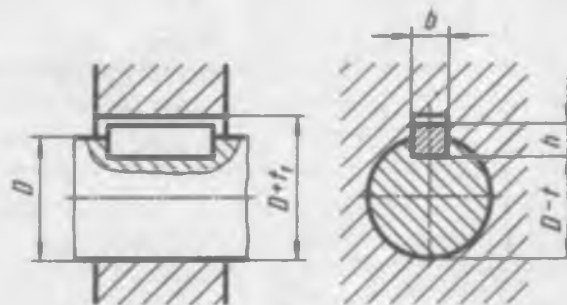


Рис. 242

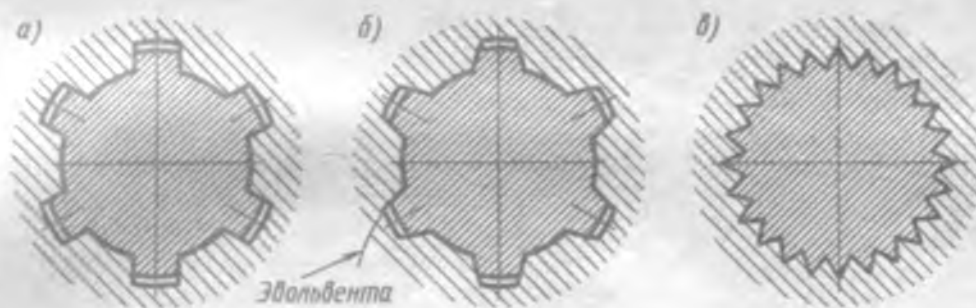


Рис. 243

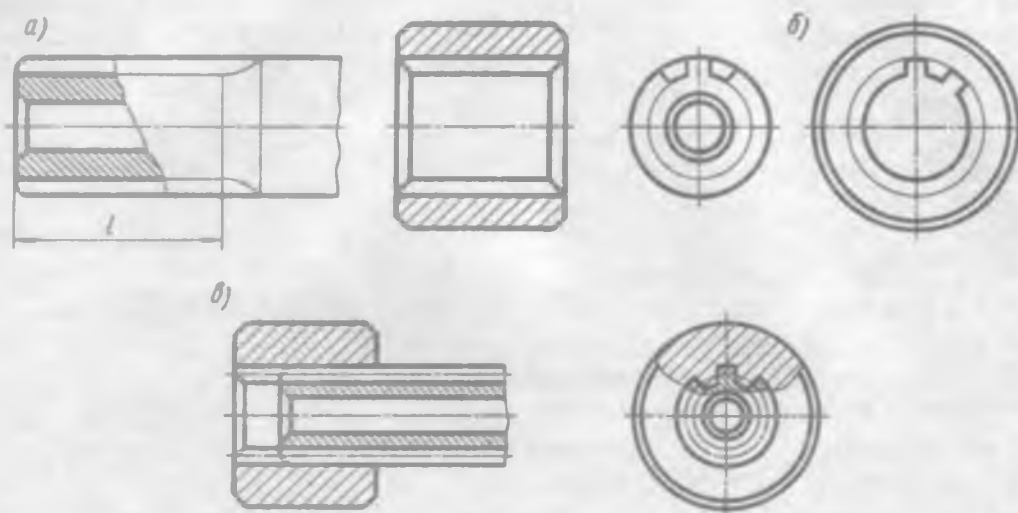


Рис. 244

давать большие мощности по сравнению со шпоночным соединением и обеспечивать лучшую центровку вала и колеса.

По форме поперечного сечения зубья (шлицы) бывают прямобочные, эвольвентные и треугольные (рис. 243).

ГОСТ 2.409—74 устанавливает условные изображения зубчатых валов, отверстий и их соединений.

Окружности и образующие поверхностей выступов (зубьев) валов и отверстий показывают на всем протяжении основными линиями (рис. 244). Окружности и образующие поверхностей впадин показывают сплошными тонкими линиями, а на продольных разрезах — сплошными основными линиями.

При изображении зубчатых соединений и их деталей, имеющих эвольвентный или треугольный профиль, делительные окружности и образующие делительных поверхностей показывают штрихпунктирной тонкой линией (рис. 244, в).

На плоскости, перпендикулярной оси зубчатого вала или отверстия, показывают профиль одного зуба (выступа) и двух впа-

дин, а фаски на конце шлицевого вала и в отверстиях не показывают.

Границу зубчатой поверхности вала, а также границу между зубьями полного профиля и сбегом показывают сплошной тонкой линией (рис. 244, а).

На продольных разрезах зубья условно совмещают с плоскостью чертежа и показывают нерассеченными, а в соединениях в отверстиях показывают только ту часть выступов, которая не закрыта валом (рис. 244, в).

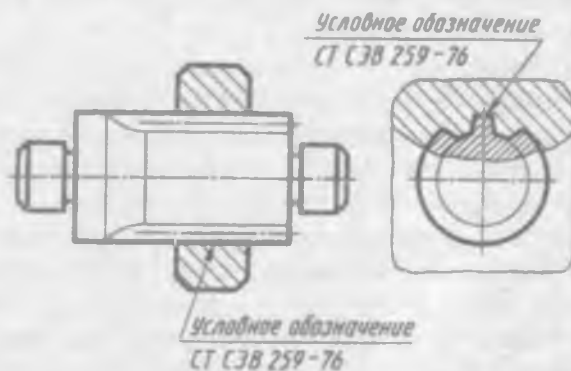


Рис. 245

Условное обозначение шлицевого вала или отверстия по соответствующему стандарту помещается в таблице параметров для изготовления и контроля элементов соединения. Условное обозначение соединения допускается указывать на чертеже с обязательной ссылкой на стандарт на полке-выноске, проведенной от наружного диаметра вала (рис. 245).

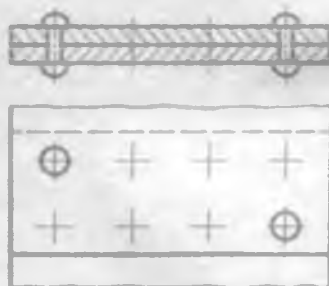


Рис. 246

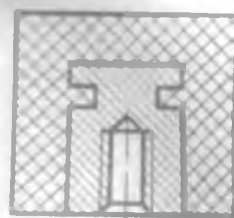


Рис. 247

§ 36. Неразъемные соединения

К неразъемным соединениям относятся соединения сварные, клеевые, паяные, заклепочные, а также соединения, полученные опрессовкой, заливкой, развальцовкой или завальцовкой, кернением, сшиванием, посадкой с натягом и др.

Заклепочные соединения (рис. 246) используются в конструкциях, подверженных вибрации, и в соединениях из плохо сваривающихся металлов или в соединениях металла с неметаллическими изделиями. Во многих отраслях промышленности заклепочные соединения заменены более экономичными и удобными сварными соединениями.

Опрессовка (армирование) защищает соединяемые элементы от коррозии и химического воздействия вредной среды, выполняет изолирующие функции, позволяет уменьшить вес изделия (рис. 247), сэкономить материал.

Вальцовка и кернение осуществляются деформацией соединяемых деталей (рис. 248).

Сшивание нитками, металлическими скобками применяется для соединения бумажных листов, картона, различных тканей.

ГОСТ 2.313—68 и СТ СЭВ 138—74 устанавливают условные изображения и обозначения швов неразъемных соединений, получаемых пайкой, склеиванием, сшиванием и клепкой.

Соединения деталей путем посадок с натягом обеспечиваются системой допусков и посадок и определенным температурным режимом перед сборкой деталей.

Сварные соединения являются наиболее распространенным видом неразъемных соединений.

Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения твердых предметов (металлов, пластмасс) путем мест-

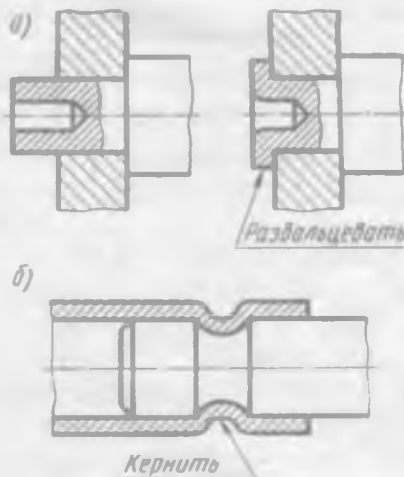


Рис. 248

ного их нагревания до расплавленного или пластичного состояния без применения или с применением механических усилий.

Сварным соединением называется совокупность изделий, соединенных с помощью сварки.

Сварным швом называется затвердевший после расплавления материал. Металлический сварной шов отличается по своей структуре от структуры металла свариваемых металлических деталей.

По способу взаимного расположения свариваемых деталей различают соединения стыковые (рис. 249, а), угловые (рис. 249, б), тавровые (рис. 249, в) и внахлестку

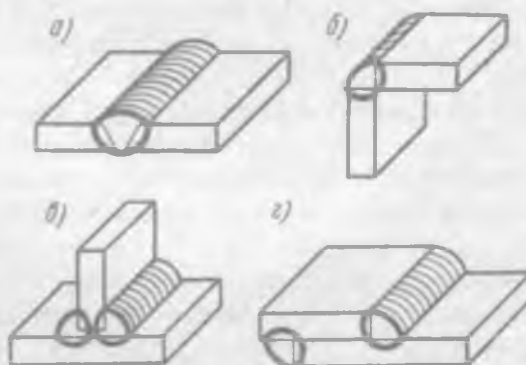


Рис. 249

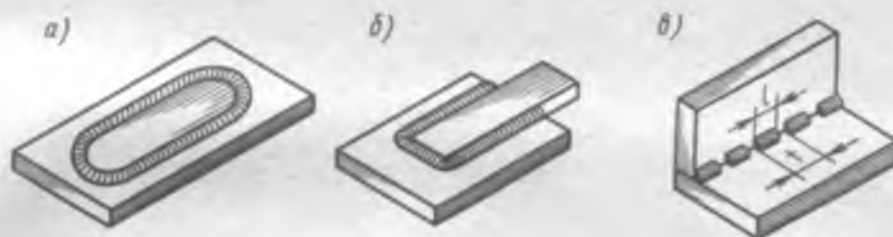


Рис. 250

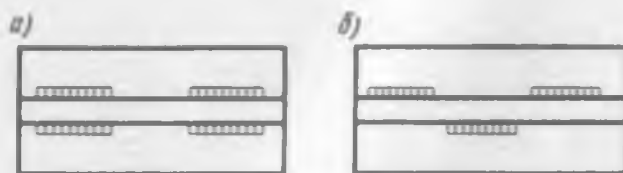


Рис. 251

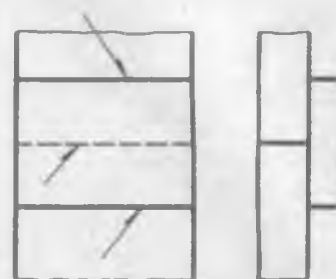


Рис. 252

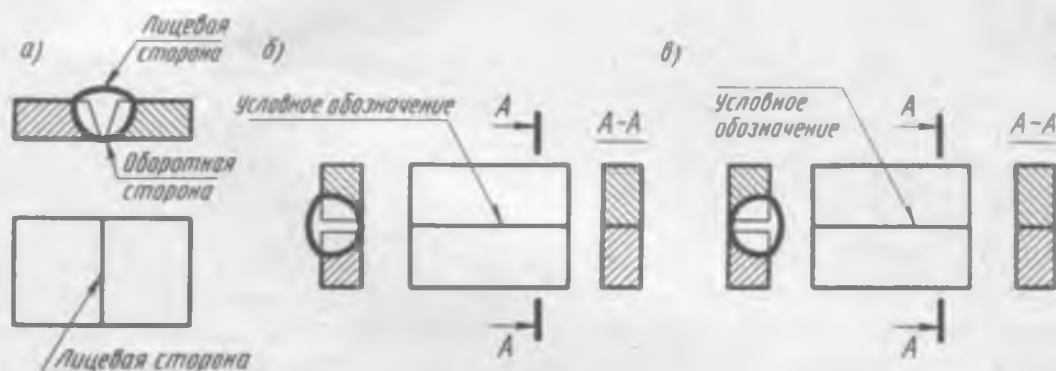


Рис. 253

(рис. 249, г). Вид соединения определяет вид сварного шва. Сварные швы подразделяются на: стыковые, угловые (для угловых, тавровых соединений и соединений внахлестку), точечные (для соединений внахлестку сваркой точками).

По своей протяженности сварные швы могут быть: непрерывными по замкнутому контуру (рис. 250, а) и по незамкнутому контуру (рис. 250, б) и прерывистыми (рис. 250, в). Прерывистые швы имеют равные по длине проваренные участки с равными промежутками между ними. При двусторонней сварке, если заваренные участки расположены друг против друга, такой шов называется цепным (рис. 251, а), если же участки чередуются, то шов называется шахматным (рис. 251, б).

Тонколистовые конструкции можно сваривать без предварительной подготовки свариваемых кромок. Форма подготовки кромок зависит от толщины свариваемых деталей,

положения шва в пространстве и других данных.

Термины и определения, относящиеся к сварке, установлены ГОСТ 2.601—74. Самым распространенным видом сварки является электросварка, которая может быть ручной, полуавтоматической и автоматической.

Способы сварки, типы и конструктивные элементы сварных швов определяются соответствующими стандартами. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений выполняются в соответствии с ГОСТ 2.312—72. Сварные швы изображают сплошными основными линиями, если шов видимый, и штриховыми — если шов невидимый (рис. 252). От изображения шва проводят *одностороннюю* стрелку с линией-выносной. Условное обозначение сварного шва пишут над полкой линии-выносной, если шов видимый, т. е. показана лицевая сторона шва (рис. 253, а, б), и под полкой

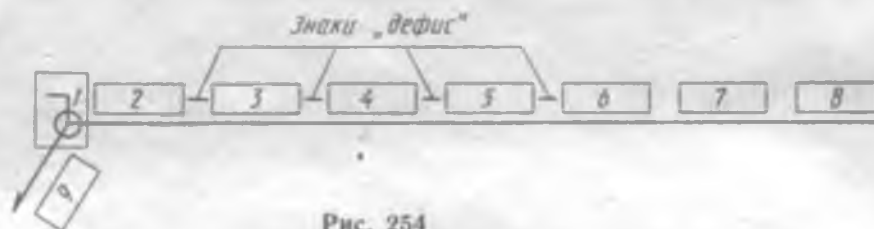


Рис. 254

линии-выноски, если шов невидимый, т. е. показана оборотная сторона шва (рис. 253, а, в).

Структура условного обозначения сварного шва приведена на рис. 254, где:

1 — вспомогательные знаки: $\bigcirc$ — шва по замкнутому контуру, Γ — монтажного шва;

2 — обозначение стандарта на тип и конструктивные элементы шва;

3 — буквенно-цифровое обозначение шва по этому стандарту;

4 — условное обозначение способа сварки по стандарту на данный шов;

5 — вспомогательный знак Δ — треугольник и размер катета шва;

6 — размеры в мм прерывистого шва со знаками: $/$ — для цепного шва и Z — для шахматного шва или Z — знак незамкнутого контура сварки;

7 — вспомогательные знаки (Ω или $\sim$) обработки шва;

8 — обозначение шероховатости механически обработанного шва (см. § 41);

9 — указание о контроле шва.

Примеры условных обозначений сварных швов:

1. ГОСТ 14806—69 — Т5 — РнЗ — Γ 6—50 Z 100 — шов выполняется электродуговой сваркой алюминия, соединение тавровое Т5, сварка ручная в среде защитных газов РнЗ, катет шва 6 мм Δ 6, шов шахматный, длина провариваемого участка 50 мм, шаг — 100 мм (50 Z 100).

2. ГОСТ 52 64—69—С18 Γ — шов выполняется ручной электродуговой сваркой при монтаже Γ , шов стыковой (С18) по незамкнутому контуру Γ .

При наличии на чертеже нескольких одинаковых швов обозначение наносят только одного шва и этому шву присваивают порядковый номер с указанием количества этих швов у линии-выноски. Все остальные швы этого типа имеют на полке линии-выноски обозначение порядкового номера

шва (рис. 255), если указана лицевая сторона шва, и под полкой линии-выноски, если указана оборотная сторона шва. На рис. 255 обозначены №1 два угловых шва, выполненные ручной электродуговой сваркой, с лицевой стороны усиление шва нуж-

но снять Ω механической обработкой,

после чего шероховатость шва должна соответствовать шестому классу ($R_a = 2,5$ мкм).

Пять швов № 2 выполняются, как швы односторонние тавровые Т1 с катетом 5 мм Δ 5, ручной электродуговой сваркой.

Если все швы на чертеже выполняются по одному стандарту, то его номер не вводят в обозначение шва, а записывают в технических требованиях на поле чертежа по типу «Сварные швы по ГОСТ...».

Если все швы на чертеже одинаковы, то условное обозначение швов можно не наносить на изображениях, а сделать одну запись условного обозначения шва в технических требованиях, например: Сварные швы по ГОСТ 5264—69—У5— Δ 4.

Соединения пайкой нашли широкое применение в электро-и радиотехнике, прибо-

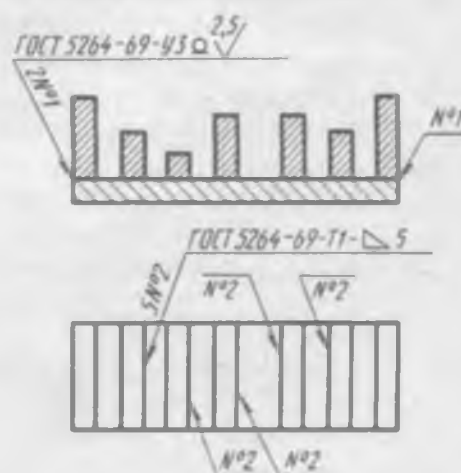


Рис. 255

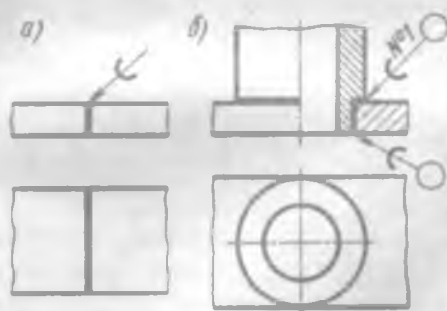


Рис. 256



Рис. 257

ростроении. При пайке соединяемые детали нагреваются до температуры, не приводящей к их расплавлению. Зазор между соединяемыми деталями заполняется расплавленным припоем. Припой имеет более низкую температуру плавления, чем соединяемые пайкой материалы. Для пайки используют мягкие припои ПОС — оловянно-свинцовые по ГОСТ 21930—76 и 21931—76 и твердые припои ПСр — серебряные по ГОСТ 19738 — 74.

Согласно СТ СЭВ 138—74 припой на видах и в разрезах изображают сплошной линией толщиной $2s$. Для обозначения пайки используют условный знак (рис. 256) — дугу выпуклостью к стрелке, который чертят на линии-выноске, указывающей паяный шов. Если шов выполняется по периметру, то линию-выноску заканчивают окружностью. Номера швов указываются на линии-выноске.

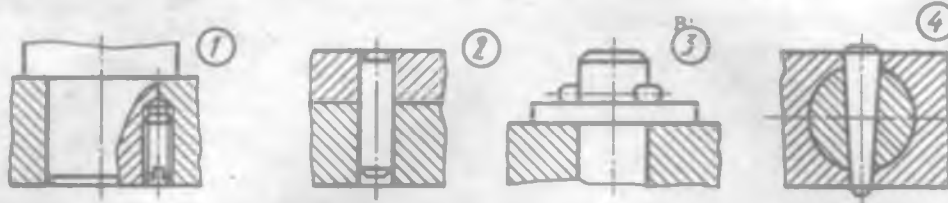
Марка припоя записывается или в технических требованиях, или в спецификации, в разделе «Материалы» (см. § 47).

Клеевые соединения позволяют соединять разнородные материалы. Для склеивания используются различные клеи, изготавливаемые по соответствующим стандартам и по техническим условиям (ТУ) министерств и предприятий. Клеевой шов, как и паяный, согласно СТ СЭВ 138—74, изображается сплошной линией толщиной $2s$. На линии-выноске чертится условный знак (рис. 257), напоминающий букву К. Марка клея записывается или в технических требованиях, или в спецификации в разделе «Материалы».

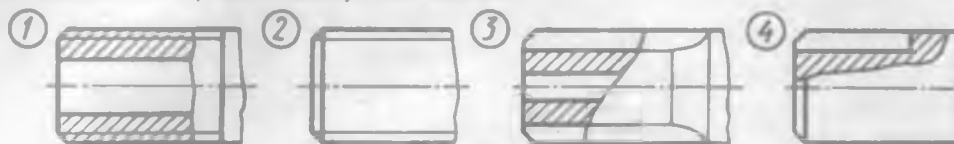
Вопросы для самопроверки

1. Какие вы знаете виды соединений деталей?
2. В чем различие между соединениями разъёмными и неразъёмными?
3. Какие соединения относятся к разъёмным подвижным соединениям? неподвижным соединениям?
4. Какие вы знаете шпонки?
5. Какие параметры входят в условное обозначение шпонки?
6. Как вычерчивается шпоночное соединение? Какие условности при этом необходимо выполнять?
7. Какие соединения называются шлицевыми?
8. Какие условности существуют для изображения шлицевого изделия или соединения?
9. Как оформляется чертеж шлицевого вала или муфты?
10. Какие виды неразъёмных соединений вы знаете?
11. Что такое сварной шов?
12. По каким признакам классифицируют сварные швы?
13. Как условно изображаются сварные швы?
14. Какие параметры включает в себя структура условного обозначения сварного шва?
15. Какие условности и упрощения допускаются в обозначениях сварных швов?
16. Как изображаются паяные и клеевые изделия?
17. Как обозначают на чертежах соединения пайкой?
18. Как обозначаются клеевые соединения?

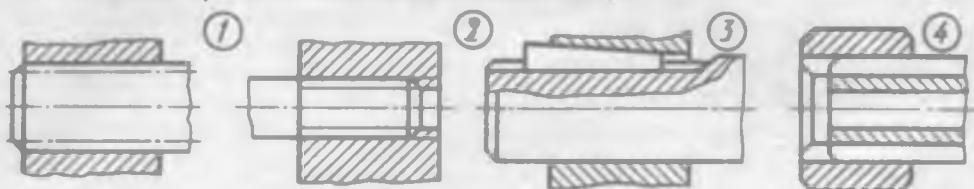
А. На каком чертеже изображено соединение штифтом цилиндрическим?



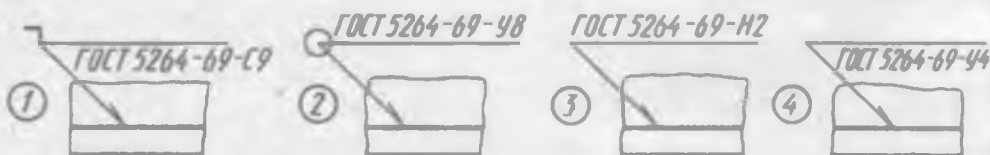
Б. Укажите чертеж шлицевого валика:



В. Укажите чертеж шпоночного соединения:



Г. На каком чертеже приведен стыковой сварной шов, показанный с обратной стороны:



Д. Какой из вспомогательных знаков в условном обозначении шва соответствует шву по незамкнутому контуру?



Е. На каком чертеже изображено и обозначено соединение пайкой?



§ 37. Зубчатые передачи

Зубчатые передачи составляют наиболее распространенную группу механических передач и применяются для преобразования и передачи вращательного движения между валами с параллельными (цилиндрические передачи), пересекающимися (конические передачи) и скрещивающимися (червячные передачи) осями, а также для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот (реечные передачи).

В зубчатой передаче передача движения осуществляется за счет непосредственного контакта зубьев колеса и шестерни. Зубчатое колесо с меньшим числом зубьев называют *шестерней*, а с большим числом — *колесом*. Основным элементом зубчатого колеса являются зубья. На рис. 258 дано изображение зубчатого колеса с указанием его элементов, терминов и обозначений. Диаметры окружностей впадин d_f , вершин d_a и делительной окружности d находятся в зависимости от числа зубьев z и шага зацепления p_t . Шаг зацепления определяется длиной дуги делительной окружности между одноименными точками двух соседних зубьев. Длина делительной окружности равна $\pi d = zp_t$, откуда диаметр делительной окружности $d = \frac{p_t}{\pi} z$. Отношение $\frac{p_t}{\pi}$ называют модулем зубчатого колеса, обозначают буквой m и измеряют в миллиметрах, т. е. $m = \frac{p_t}{\pi}$, тогда $d = mz$. Модуль является основным параметром зубчатого колеса, его величины установлены СТ СЭВ 310—76. Многие размеры зубчатого колеса зависят от величины модуля. Обычно высоту h зуба принимают равной $2,25m$, при этом высоту головки h_a зуба принимают равной m , а высоту ножки h_f зуба — $1,25m$. Диаметр окружности вершин $d_a = m(z + 2)$, диаметр окружности впадин $d_f = m(z + 2,5)$.

Условные изображения зубчатых колес определяются ГОСТ 2.402—68 и СТ СЭВ 286—76.

Окружности и образующие поверхностей выступов зубьев показываются сплошными основными линиями, делительные окружности показываются штрихпунктирными тонкими линиями, окружности и образующие поверхностей впадин зубьев на видах не показывают или изображают сплошной тонкой линией. В разрезах и сечениях образую-

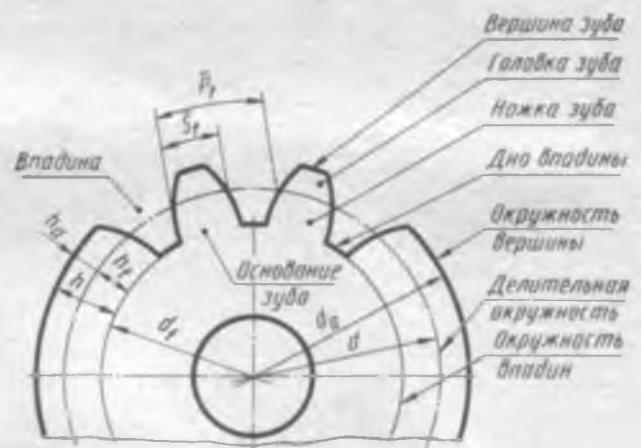


Рис. 258

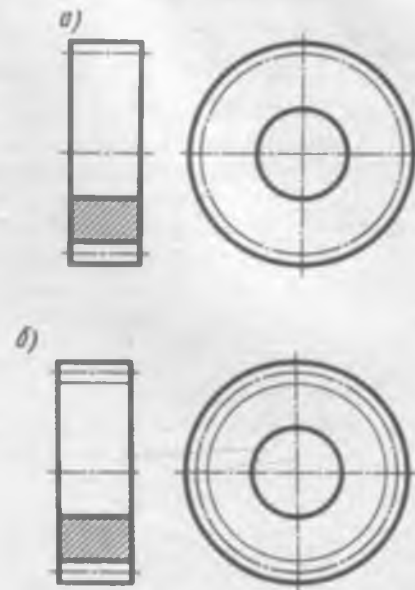


Рис. 259

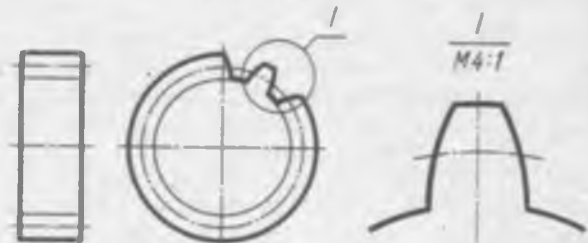


Рис. 260

щие поверхности впадин на всем протяжении изображают сплошными основными линиями (рис. 259, а, б).

Зубья зубчатых колес вычерчивают только в осевых разрезах, условно совмещая их с секущей плоскостью, и показывают их нерассеченными. Если необходимо показать профиль зуба, то его показывают на ограниченном участке изображения колеса или применяют выносной элемент (рис. 260).

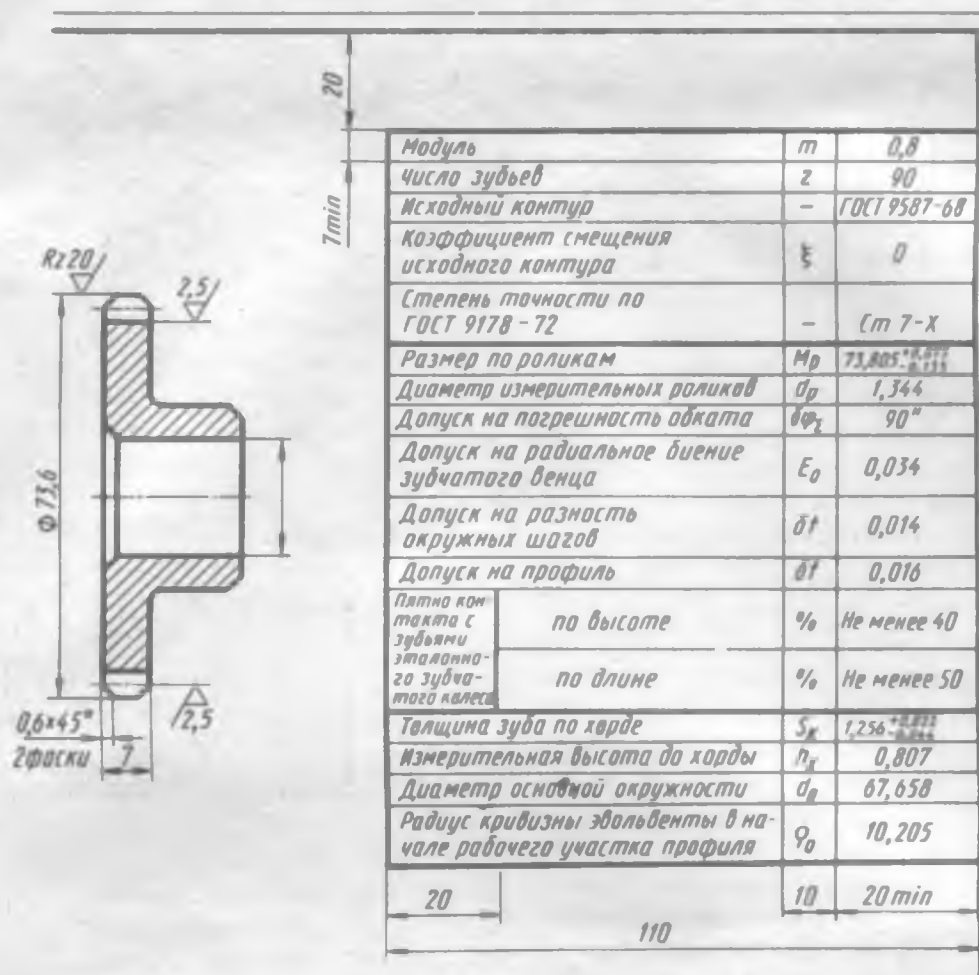


Рис. 261

Рабочие чертежи зубчатых цилиндрических колес выполняются согласно ГОСТ 2.403—75 и СТ СЭВ 201—75. На чертеже помещают изображение зубчатого колеса и таблицу параметров. На изображение колеса наносят те данные, которые указаны в стандарте. На изображении цилиндрического зубчатого колеса (рис. 261) указывают: диаметр окружности вершин зубьев, ширину венца, размеры фасок и радиусы скруглений, шероховатость поверхностей вершин, впадин и боковой поверхности зубьев, а также наносят размеры всех конструктивных элементов детали (обода, ступицы, колеса).

Таблицу параметров размещают в правом верхнем углу чертежа (на рис. 261 приведены размеры граф таблицы и их расположение).

Таблица параметров на чертеже цилиндрического зубчатого колеса состоит из трех частей, отделенных друг от друга сплошными основными линиями. В первой (верхней) части содержатся данные для изготовления, во второй — для контроля, в

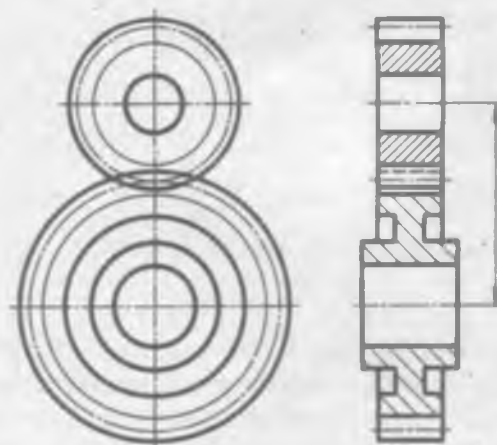


Рис. 262

третьей — справочные данные для зубчатого колеса.

Рабочие чертежи деталей зубчатых передач других видов должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 2.404—75...2.426—74 и СТ СЭВ 202—75...207—75.

На чертеже зубчатого зацепления вычерчивают не менее двух изображений (рис. 262). На главном виде зацепление может быть показано в разрезе. Тогда зуб ведущего колеса показывается перед

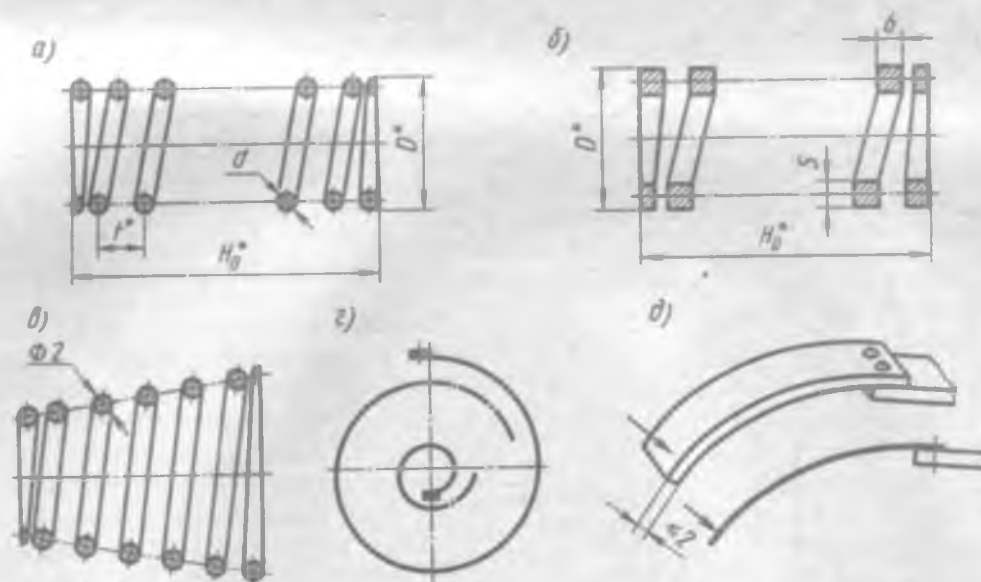


Рис. 263

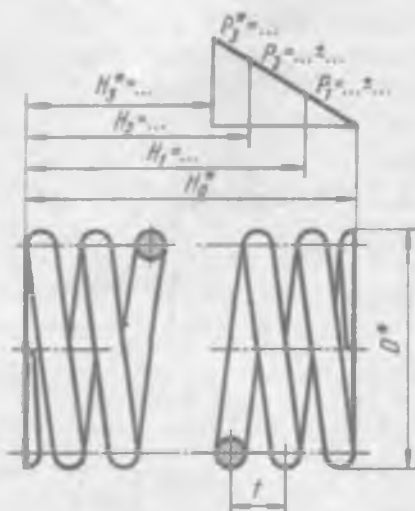


Рис. 264

зубом ведомого. Контур видимого зуба вычерчивается сплошными основными линиями, а контур невидимого зуба — штриховыми линиями. На чертеже зубчатого зацепления наносят обычно только один размер — величину межосевого расстояния. Правила условных обозначений остальных данных для передач различных типов определяются СТ СЭВ 185—75, 186—75, 311—76, 312—76.

§ 38. Чертежи пружин

Пружины служат для накопления энергии за счет упругой деформации во время действия внешней нагрузки. С прекращением действия этой нагрузки пружины вос-

станавливают свою первоначальную форму.

По внешней форме (рис. 263) пружины бывают винтовые (цилиндрические и конические) и невинтовые (спиральные, пластинчатые, тарельчатые).

По виду деформации (или нагружения) различают пружины сжатия, растяжения, кручения и изгиба (плоские пружины).

В поперечном сечении витки пружины имеют или круглую (рис. 263, а, в), или прямоугольную форму (рис. 263, б, г, д). Точное изображение пружин трудоемко и нецелесообразно. ГОСТ 2.401—68 устанавливает условные изображения и правила выполнения чертежей пружин для всех отраслей промышленности.

При изображении цилиндрических пружин (рис. 263, а) сечения витков пружины условно изображают окружностями, а сами витки — прямыми линиями. Крайние витки пружины, работающей на сжатие, не являются рабочими, они поджаты и обработаны с целью обеспечения полного прилегания к опорным поверхностям. Остальная часть пружины имеет постоянный шаг, поэтому центры сечений должны располагаться в шахматном порядке. При большом количестве витков изображают их только с концов пружины, пропуская их центральную часть. Через центр сечений витков проводят осевую штрихпунктирную линию. Изображения винтовых пружин на чертеже располагают горизонтально. Пружины вычерчивают в свободном (ненагруженном) состоянии. Пружины, работающие на растя-

жение, изображаются без просвета между витками.

На чертежах пружин с контролируемыми силовыми параметрами помещают диаграммы испытаний — график нагрузки от деформации или деформации от нагрузки (рис. 264).

На рабочих чертежах изображают пружины только с правой навивкой. Направление навивки указывается в технических требованиях, которые располагают под изображением пружины. Технические требования должны соответствовать ГОСТ 2.401—68.

На учебных чертежах достаточно указать следующие данные:

длина развернутой пружины L (мм),
число рабочих витков n ,
число витков полное n_1 ,
направление навивки,
диаметр контрольного стержня D_s (мм)
или диаметр контрольной гильзы D_r (мм),
* размеры для справок.

Если толщина сечения материала пружины на чертеже 2 мм и менее, то пружину изображают сплошной основной линией толщиной 0,6...1,5 мм (рис. 263, $г, д$).

Вопросы для самопроверки

1. Какие существуют виды зубчатых передач?
2. Каковы основные параметры зубчатого колеса?
3. Что такое модуль зубчатого колеса?
4. Какие параметры зубчатого колеса определяются его модулем?
5. Какими линиями вычерчивают окружности и образующие поверхностей выступов зубьев? делительные окружности? окружности и образующие поверхностей впадин зубьев зубчатого колеса?
6. Как по чертежу зубчатого зацепления определить колесо ведущее? ведомое?
7. Какие разновидности пружин вы знаете?
8. Какие условности применяются при вычерчивании пружин?
9. Какие указания технических требований наносятся на рабочем чертеже пружины?
10. Какие данные для изготовления пружины включаются в технические требования?

КАРТА ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
ПО ТЕМЕ «ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ. ПРУЖИНЫ»

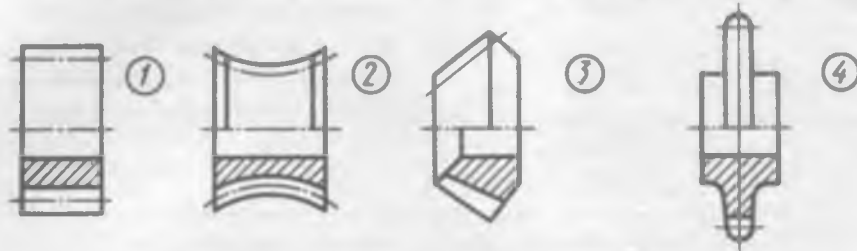
А. Какие передачи преобразуют вращательное движение в поступательное?

- ① червячные ② реечные ③ конические ④ цилиндрические

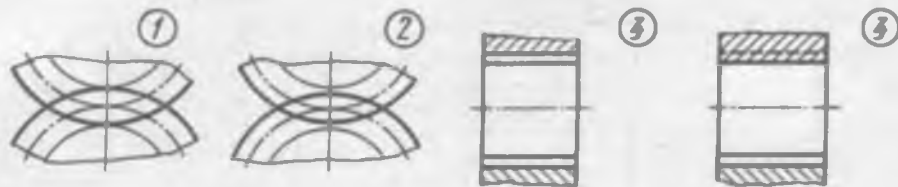
Б. По какой формуле подсчитывают диаметр окружности вершин зубчатого колеса?

- ① $d = m \cdot z$ ② $d_f = m(z - 2,5)$ ③ $d_a = m(z + 2)$ ④ $h_f = 1,25m$

В. На каком чертеже изображено зубчатое цилиндрическое колесо?



Г. На каком чертеже правильно изображены линии зацепления зубчатых передач?



Д. На каком чертеже изображена пружина, работающая на растяжение?



Е. Какие пружины имеют прямоугольное сечение?

- ① пружины кручения ② пружины растяжения ③ пружины спиральные

ГЛАВА VIII. РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

§ 39. Оформление рабочих чертежей

Рабочий чертеж детали — это конструкторский документ, содержащий изображения детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля. К этим данным относятся размеры, условные знаки, надписи, таблицы и т. д. Таким образом, чертеж кроме графической части содержит и текстовую часть. На рис. 265 приведена компоновка учебного чертежа, выполненного на формате А4, на рис. 266 — компоновка учебного чертежа на формате А3 или А1.

На поле чертежа кроме изображений с размерами и необходимыми знаками шероховатости поверхностей детали располагают:

основную надпись;
технические требования (над основной надписью);

знаки шероховатости (в правом верхнем углу);

повернутое обозначение чертежа (в левом верхнем углу);

таблицу параметров, характеризующих изображенную деталь (например, на чертежах шлицевых изделий, зубчатых колес).

По количеству и содержанию изображения детали должны давать полное представление о форме и размерах детали. Изображения с размерами следует располагать так, чтобы расстояния L_1 , L_2 и L_3 , а также H_1 и H_2 , отмеченные на рис. 265 и 266, были равны между собой.



Рис. 265

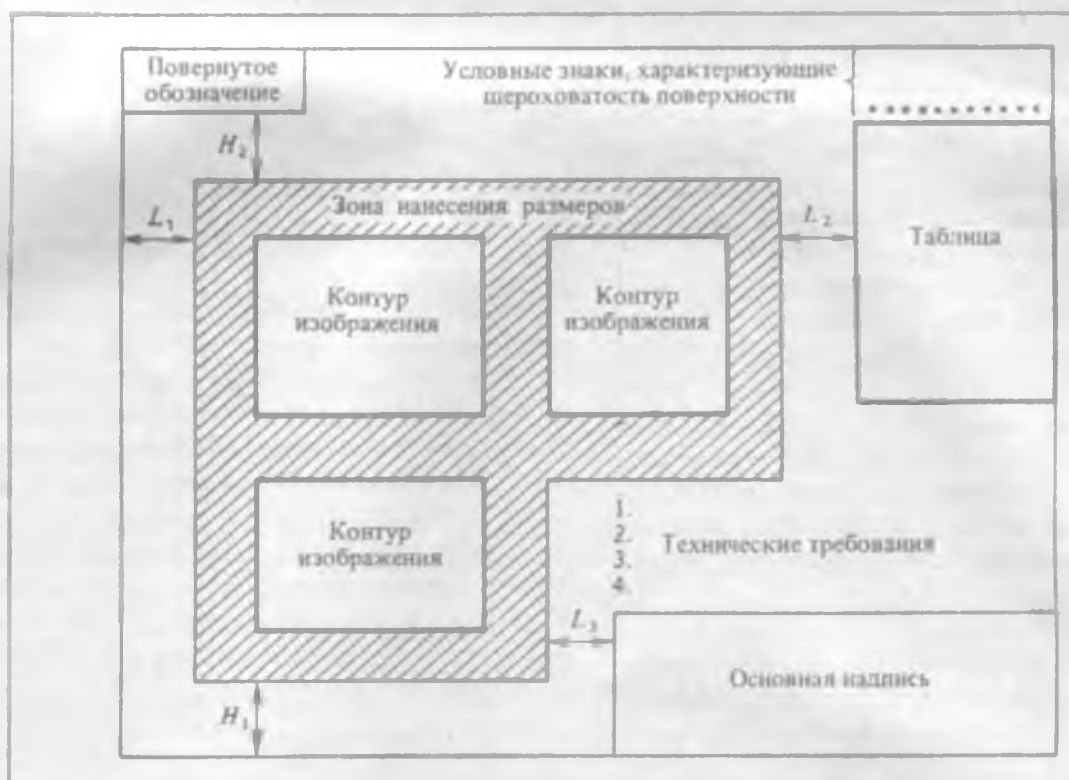


Рис. 266

Надписи на чертежах

Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц изложены в ГОСТ 2.316—68 (СТ СЭВ 865 — 78). Текстовую часть, надписи и таблицы включают в чертеж, когда содержащиеся в них данные невозможно выразить графически или условными обозначениями. Текст надписи должен быть точным и кратким и располагаться параллельно основной надписи чертежа. Заголовок «Технические требования» не пишут. Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию и группироваться по своему характеру в соответствии с рекомендациями ГОСТ 2.316 — 68 (СТ СЭВ 865 — 78).

Надписи, относящиеся к изображению, могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски и под ней (рис. 267, б). Линию-выноску заканчивают или точкой на изображении, или стрелкой (рис. 267, а, б).

Основная надпись заполняется в соответствии с ГОСТ 2.104 — 68 и 2.107 — 68 «Основные требования к рабочим чертежам». Наименование детали записывают в именительном падеже в единственном числе. В наименованиях, состоящих из

нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: *Колесо зубчатое*.

Обозначение материалов

На рабочих чертежах помещают необходимые данные, характеризующие свойства материала готовой детали и материала, из которого деталь должна быть изготовлена.

В основной надписи чертежа детали указывают вид, наименование и марку материала, в соответствии с его стандартом или другим нормативным документом.

Углеродистую сталь обыкновенного качества обозначают: Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4, Ст. 5, Ст. 6. В графе 3 основной надписи записывают, например, Ст. 3 ГОСТ 380 — 71.

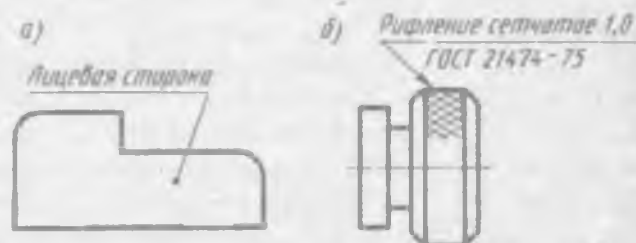


Рис. 267

В обозначение *углеродистой качественной конструкционной стали* входят двузначные числа, показывающие содержание углерода в сотых долях процента: 0,5 кп (кипящая), 08 кп, 08,10 кп, 10,15 кп, 15,20 кп, 20, 25, 30, 35, 40 и т. д. В основной надписи записывают, например, Сталь 25 ГОСТ 1050 — 74.

Углеродистую инструментальную сталь обозначают буквой У с указанием содержания углерода, например, Сталь У8 ГОСТ 1435 — 74.

Легированные машиностроительные стали имеют обозначения легирующих элементов: Г — марганец, С — кремний, Х — хром, Н — никель, М — молибден и т. д., и процентное содержание этих элементов, например хромоникелевая сталь марки 20 ХН: Сталь 20ХН ГОСТ 4543 — 71.

Серый чугун СЧ в своем обозначении содержит предел прочности на растяжение (первые две цифры) и предел прочности на изгиб (вторые две цифры), например: СЧ 18-36 ГОСТ 1412 — 70.

Ковкий чугун КЧ в своем обозначении содержит предел прочности на растяжение (первые две цифры) и удлинение в процентах (вторые две цифры), например: КЧ 35-10 ГОСТ 1215 — 59

Медь М изготавливается марок М 0, М 1, М 2, М 3, М 4. В основной надписи записывают, например, М 4 ГОСТ 859 — 78.

Латунь — медно-цинковый сплав, обрабатываемый давлением, изготавливается марок Л96, Л90, Л85, Л70, Л63, в основной надписи записывают, например, Л70 ГОСТ 15527 — 70.

Латунь — медно-цинковый сплав литейный выпускают марок ЛА67-2,5; ЛАЖМц 66-6-3-2; ЛМцС 58-22; ЛК80-3Л и др. Первые две цифры дают процентное содержание меди, а остальные — процентное содержание компонентов (алюминия А, железа Ж, марганца Мц и др.). В основной надписи записывают, например, ЛАЖМц 66-6-3-2 ГОСТ 17711 — 75.

Бронзы оловянные литейные изготавливают марок Бр. ОЦСН 3-7-5-1; Бр. ОЦС 3-12-5; Бр. ОЦС 5-5-5 и др. Цифры обозначают процентное содержание компонентов (олово — О, цинк — Ц, свинец — С и т. д.), остальное — медь. Пример условной записи: Бр. ОЦС 5-5-5 ГОСТ 613 — 65.

Бронзы безоловянные, специальные бывают марок Бр. 45, Бр. А7, Бр. АЖН

10 — 44, Бр. Мц 5 и др. Пример обозначения: Бр. Мц 5 ГОСТ 18175 — 72.

Алюминиевые сплавы АЛ, АК, Д1, Д6, Д7 записываются в основной надписи по типу: АЛ 4 ГОСТ 2685 — 75, АК 2 ГОСТ 4784 — 74, Д6 ГОСТ 13722 — 68.

Все металлы имеют единое условное графическое обозначение (штриховку) на изображениях в разрезах и сечениях (см. ГОСТ 2. 306 — 68). Если деталь изготавливается из сортового материала (листа, прутка, проволоки, профиля и т. д.), то обозначают не только материал, но и сортмент с его размерами и номером стандарта на этот сортмент, например: Круг

50 ГОСТ 2590—71
Ст. 3 ГОСТ 535—58 ; Шестигранник

25 ГОСТ 8560—67

45 ГОСТ 1051—73

Из широко используемых *неметаллических* материалов можно выделить следующие:

резина листовая техническая ГОСТ 7338 — 65;

паронит ГОСТ 481 — 71;

винипласт листовой ГОСТ 9639 — 71;

текстолит конструкционный ГОСТ 5 — 78;

гетинакс ГОСТ 2718 — 74;

полиэтилен ГОСТ 16338 — 77;

фторопласт ГОСТ 14906 — 77.

Условное обозначение и марки этих материалов определяются их стандартами. Все вышеперечисленные неметаллические материалы имеют единое условное графическое изображение на чертежах (штриховка «в клетку»).

§ 40. Нанесение размеров

Общие вопросы нанесения размеров на чертежах были рассмотрены в § 2. В настоящем параграфе рассматриваются специальные вопросы, учитывающие требования производства при изготовлении деталей.

Размеры должны быть нанесены так, чтобы обеспечить наименьшую трудоемкость изготовления детали. Неудачное нанесение размеров может привести к выполнению лишних технологических операций и к повышению себестоимости детали.

Наличие одинаковых размеров у отдельных элементов детали (фаски, канавки, проточки и т. д.) уменьшает число необходи-



Рис. 268

мого режущего и измерительного инструмента, что приводит к снижению стоимости изготовления детали.

Нанесение размеров должно соответствовать технологии изготовления детали, т. е. учитывать последовательность операций обработки заготовки детали и то оборудование, на котором деталь может быть изготовлена.

Все размеры деталей можно разделить на две группы: сопрягаемые и свободные (несопрягаемые).

Сопрягаемые размеры определяют форму поверхности детали, сопрягаемой с поверхностью другой детали в изделии, а также положение этих поверхностей в изделии.

Поверхности детали, которые не соприкасаются с поверхностями других деталей в изделии, определяются *свободными размерами*.

Все размеры должны наноситься от базовых поверхностей, линий или точек, относительно которых определяется положение отдельных элементов детали в процессе их изготовления или эксплуатации в готовом изделии. Различают базы конструкторские, технологические, измерительные, сборочные, вспомогательные.

Конструкторские базы определяют положение детали в готовом изделии (рис. 268). По отношению к конструкторской базе ориентируются и другие детали изделия.

Технологические базы определяют положение детали при ее обработке.

Измерительная (главная) база — это база, от которой производится отсчет размеров при изготовлении и контроле готового изделия (рис. 269). Скрытой измерительной базой является ось вращения детали.

Вспомогательные базы помогают отсчитывать размеры второстепенных элементов детали. Вспомогательные базы должны быть связаны размерами с основной измерительной базой.

В качестве размерных баз должны выбираться более точно обработанные поверхности. Они должны быть обработаны в первую очередь.

Размеры детали можно наносить от баз тремя способами: цепочкой, координатным и комбинированным способами.

При нанесении размеров *цепочкой* нужно учитывать, чтобы размерная цепь не была замкнутой. Каждый элемент или ступень детали обрабатывается самостоятельно (рис. 270, а), т. е. сначала обрабатывают ступень диаметра d_1 на длину l_1 от базы А, затем — ступень диаметра d_2 от базы В и т. д. Размер участка диаметром d_4 определяется общим габаритным размером l_4 . Если необходимо указать размеры всех отдельных участков, то габаритный (суммарный) размер должен быть указан, как справочный (размер 84* на рис. 269).

Нанесение размеров цепочкой приводит к суммированию ошибок, появляющихся в процессе изготовления детали, что приводит к более жестким требованиям при контроле суммарных размеров.

Размеры цепочкой наносят в тех случаях, когда требуется точно выдержать размеры отдельных элементов, а не суммарный

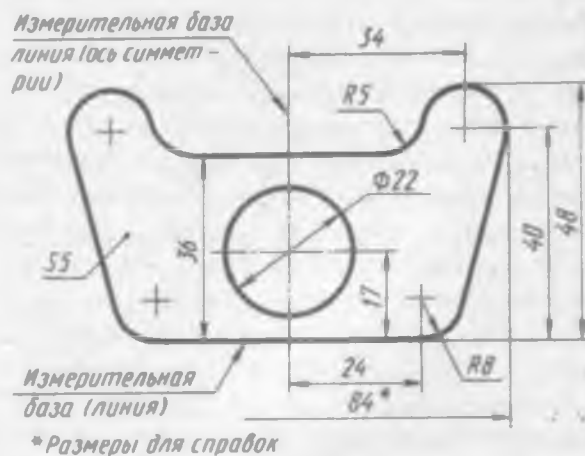


Рис. 269

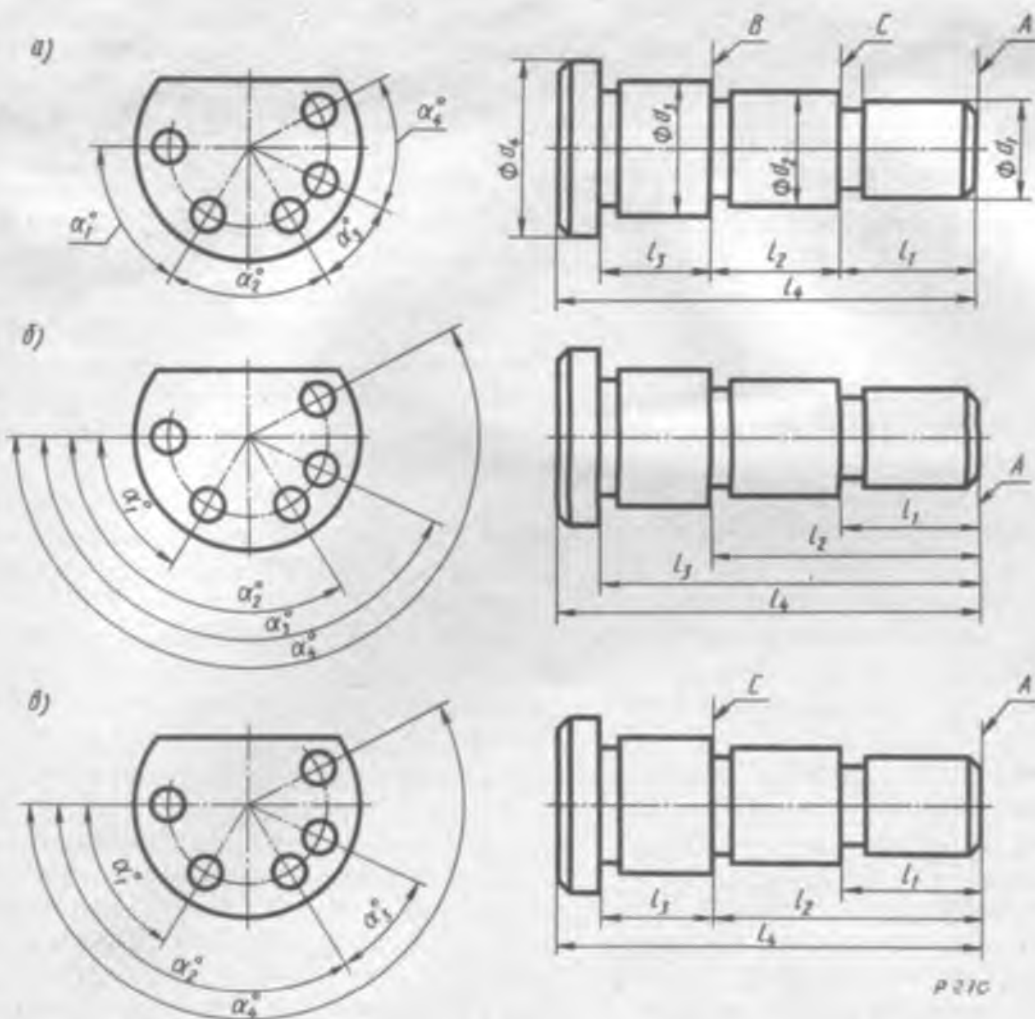


Рис. 270

размер. Цепной способ используют при нанесении размеров межцентровых расстояний, при обработке деталей комплектом режущего инструмента и т. д.

При *координатном способе* размеры наносят от выбранной базы (рис. 270, б). Каждый размер в этом случае является координатой, определяющей положение элемента детали относительно базы. Этот способ позволяет обеспечить высокую точность исполнения размера независимо от исполнения других размеров детали.

Комбинированный способ нанесения размеров (рис. 270, в) нашел самое широкое применение в практике, так как сочетает в себе особенности и цепного и координатного способов. При этом способе размеры, требующие высокой точности исполнения, можно отделить от других размеров.

Размеры между обрабатываемыми и необрабатываемыми поверхностями детали выделяются в отдельные размерные цепи, которые должны быть связаны между собой только одним размером.

При нанесении размеров на рабочих чертежах деталей необходимо соблюдать следующие положения:

1. Чертеж детали должен содержать три группы размеров, необходимых для ее изготовления: габаритные, межосевые и межцентровые размеры и их расстояния до баз, размеры отдельных элементов детали.

В ряде случаев проставляют еще размеры установочные, присоединительные и справочные.

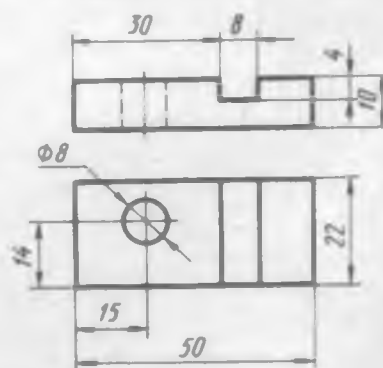


Рис. 271

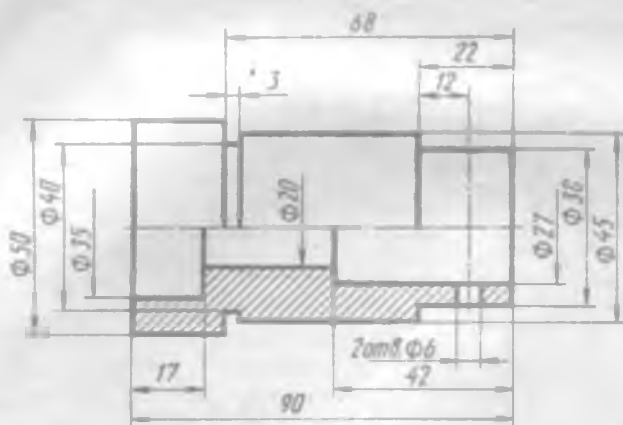


Рис. 272

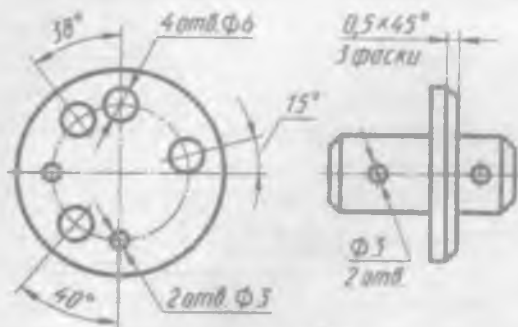


Рис. 273

2. Каждый отличный элемент детали должен иметь размеры формы и размеры положения его относительно баз. На один и тот же элемент каждый размер проставляется только один раз. При этом для удобства пользования чертежом все размеры, определяющие элемент детали, должны концентрироваться на одном, главном для данного элемента, изображении. На рис. 271 размер и координаты отверстия диаметром 8 мм даны на виде сверху, а размеры и координаты паза — на главном виде.

3. Нельзя смешивать размеры наружных и внутренних поверхностей элементов детали (рис. 272). При этом размерные линии предпочтительнее располагать вне контура изображения. Пересечение выносных и

размерных линий нежелательно, и категорически запрещается выносить больший размер за меньший. Простановка размеров от линий невидимого контура не рекомендуется.

4. Размеры нескольких одинаковых элементов детали наносят один раз с указанием их количества (рис. 273).

5. При нанесении размеров одинаковых элементов, равномерно расположенных по окружности, вместо угловых размеров, координирующих расположение этих элементов на окружности, можно указывать только их количество (рис. 274).

6. Размеры симметрично расположенных элементов наносят один раз без указания их количества (рис. 275), сгруппировав их в одном месте.

7. Если одинаковые элементы располагаются на разных поверхностях детали и показаны на разных изображениях, то количество этих элементов записывают отдельно для каждой поверхности (рис. 276):

8. На рис. 277 приведены примеры нанесения размеров отверстий в разрезе и на виде, если отсутствует на чертеже разрез по отверстию.

9. Одинаковые радиусы скруглений или сгибов могут быть записаны без указания их на изображениях в технических требованиях по типу: Радиусы скруглений 5 мм, Неуказанные радиусы 3 мм, Внутренние радиусы сгибов 12 мм.

10. У деталей с резьбой длина резьбового участка включает размер фаски и проточки. Размеры фаски и проточки указываются отдельно внутри размера резьбового участка (рис. 278).

11. При нанесении размеров необходимо учитывать требования стандартов на нормальные линейные (СТ СЭВ 514 — 77) и угловые (СТ СЭВ 513 — 77) размеры, а также ГОСТ 2. 307 — 68 и 2. 109 — 73.

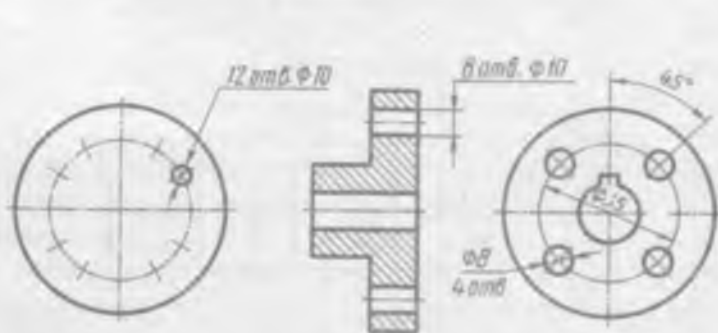


Рис. 274

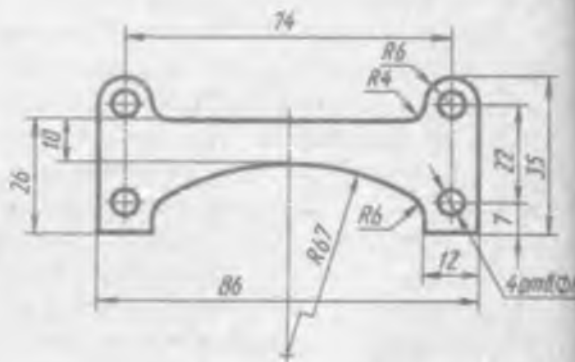


Рис. 275

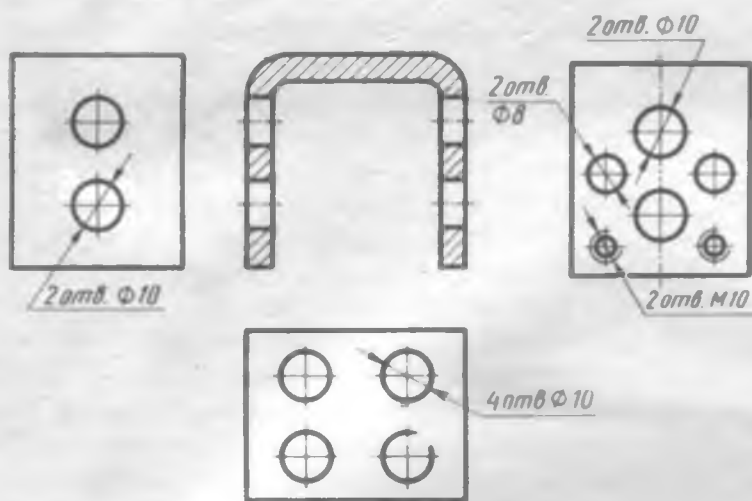


Рис. 276

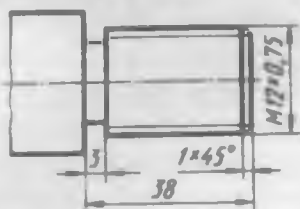


Рис. 278

§ 41. Обозначение шероховатости поверхностей

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей, образующих рельеф поверхности, независимо от способа его получения. Поверхности детали получают в результате обработки. Как правило, рабочие поверхности детали обрабатывают более качественно, чем нерабочие. Любая поверхность детали имеет следы обработки в виде выступов и впадин. Величина неровностей на поверхности детали измеряется в микрометрах (мкм).

Шероховатость поверхности регламентируется ГОСТ 2789 — 73 и 2. 309 — 73 (СТ СЭВ 1632 — 79). Стандарт устанавливает следующие параметры для характеристики шероховатости поверхности:

R_a^* — среднее арифметическое отклонение профиля,

R_z^* — высоту неровностей профиля по десяти точкам,

R_{max}^* — наибольшую высоту неровностей профиля,

S_m — средний шаг неровностей,

S — средний шаг неровностей по вершинам и др.

Установлено 14 классов шероховатости поверхностей. Чем меньше шероховатость, тем выше класс шероховатости. Классы

В разрезе	На виде (при отсутствии разреза)

Рис. 277

шероховатости с первого по пятый, а также классы 13-й и 14-й определяются параметром R_z ; все остальные классы (с шестого по двенадцатый включительно) определяются параметром R_a , символ которого не пишется, а пишется только количественная характеристика.

На рис. 279 приведена структура обозначения шероховатости поверхности.

На рис. 280 изображены знаки, которые применяются в обозначении шероховатости. Размер h берется равным высоте размерных чисел на чертеже, а размер H равен $(1,5...3) h$.

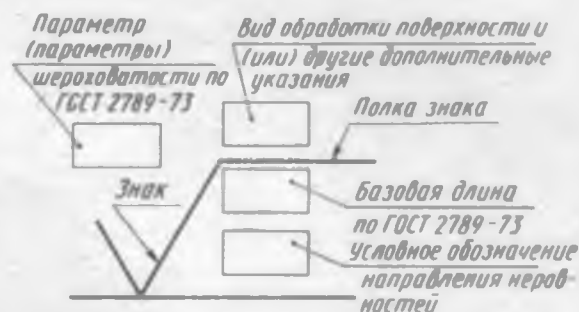


Рис. 279

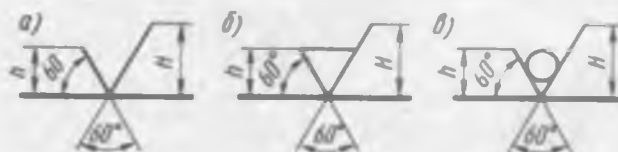


Рис. 280

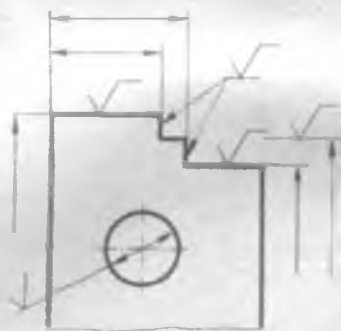


Рис. 281

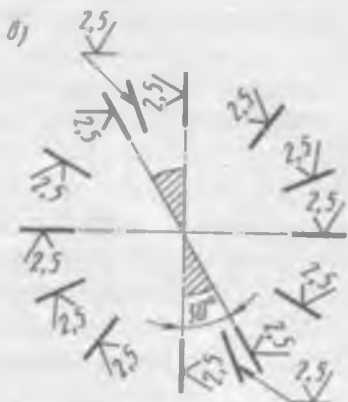
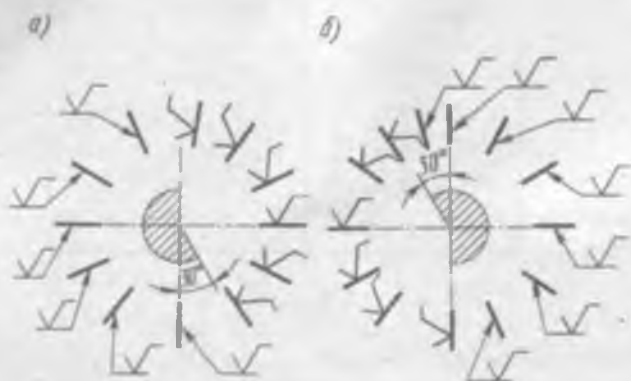


Рис. 282

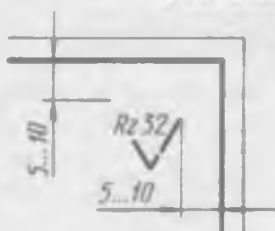


Рис. 283

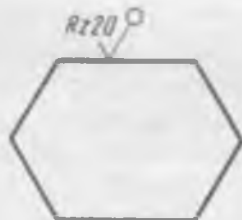


Рис. 285

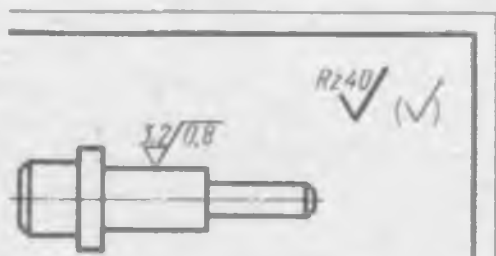


Рис. 284

Знак на рис. 280, а применяют для обозначения шероховатости поверхности, вид обработки которой конструктором не задается. Знак на рис. 280, б обозначает шероховатость поверхности, образуемой удалением слоя металла (точение, фрезерование, сверление и т. д.). Шероховатость поверхности в состоянии поставки (прокат, поковка, литье и др.) и не обрабатываемой по данному чертежу обозначается знаком, показанным на рис. 280, в.

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении детали располагают на линиях контура, выносных линиях или полках линий-выносок (рис. 281). Наносят знаки шероховатости на изображении в зависимости от расположения поверхности и наличия полки у знака (рис. 282).

При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей детали обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (рис. 283). Размеры и толщина линий знака, выносимого в правый верхний угол, должны быть в 1,5 раза больше, чем в обозначениях на изображении.

В случае одинаковой шероховатости для преобладающей части поверхностей детали шероховатость наносится, как на рис. 284. Это означает, что все поверхности, на которых нет обозначений шероховатости, имеют шероховатость с величиной микронеровностей, указанной в правом верхнем углу чертежа. Размеры знака в скобках должны быть одинаковыми со знаками на изображениях.

Если шероховатость поверхностей, образующих контур детали, должна быть одинакова, то обозначение шероховатости наносят, как на рис. 285.

§ 42. Чертежи оригинальных деталей

Все детали можно разделить на три группы: детали стандартные, детали со стандартными изображениями, детали оригинальные.

К стандартным деталям относятся ранее рассмотренные крепежные резьбовые детали (болты, винты, гайки, шпильки), шайбы, штифты, шплинты, шпонки, соединительные детали трубопроводов. Стандарты регламентируют не только форму и размеры этих деталей, но и их изображения и нанесение размеров и знаков шероховатости.

Группа стандартов ЕСКД (ГОСТ 2. 401 — 68...2. 426 — 74) регламентирует только стандартные изображения деталей и указывает правила нанесения размеров на изображениях этих деталей. К таким деталям относятся пружины, зубчатые колеса, рейки, червяки, звездочки и т. д. К оригинальным деталям относятся такие детали, форма которых отличается от формы деталей первых двух групп. К ним относятся литые детали; детали, изготавливаемые штамповкой или ковкой; детали, имеющие форму поверхностей вращения; детали, ограниченные преимущественно плоскостями и т. д. Форма этих деталей определяется технологией их изготовления и несет в себе элементы, характерные для этой технологии. У литых деталей имеются литейные уклоны и скругления, детали токарной обработки преобладающими имеют поверхности вращения и т. п.

Литые детали нашли очень широкое применение. Это и отдельные детали машин, например, маховики, шкивы, цилиндры, крышки, рычаги, это детали типа опор, кронштейнов, это и корпусные коробчатые детали закрытого или открытого типа, имеющие точно обработанные отверстия и плоские наружные поверхности.

Общее количество изображений на чертеже литой детали во многом зависит от правильного выбора главного вида, от разумного использования допустимых ГОСТ 2. 305 — 68 сочетаний видов с разрезами, местных разрезов, сечений выносных элементов, условностей и упрощений.

Корпусные детали коробчатого типа располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы их основные базовые поверхности занимали горизонтальное положение, а детали типа фланцев или шкивов — чтобы их ось проецировалась параллельно основной надписи чертежа, так как такое их расположение соответствует положению детали при ее токарной обработке.

При выполнении чертежей литых деталей нужно учитывать следующие требования:

1. Литейные уклоны на чертеже не изображают, ограничиваются соответствующей записью в технических требованиях.

2. Для того чтобы деталь не имела внутренних напряжений и литейных дефектов, нужно осуществлять плавный переход от

одной толщины стенки к другой по нормам, приведенным на рис. 286:

$$\frac{s}{s_1} \leq 2; r = (0,3 \dots 0,4) h;$$

$$\frac{s}{s_1} > 2; l = (4 \dots 5) h.$$

3. Опорные бурты (фланцы) должны быть толще основной части детали. В этом случае нужно предусмотреть плавный переход от стенки к фланцу (рис. 287).

4. Обрабатываемые поверхности нужно приподнимать над необрабатываемыми. Это обеспечит свободный выход режущему инструменту и уменьшит площадь механической обработки (рис. 288).

5. Если плита-основание устанавливается на другую деталь, то привалочную плоскость делают несплошной, чтобы уменьшить площадь обработки (рис. 289, а). С этой же целью среднюю часть отверстия выполняют большего диаметра, чем концевые работающие части отверстия, где вал сопрягается с отверстием (рис. 289, б).

6. Поверхности, в которых сверлят отверстия, выполняют с приливами, торцевые

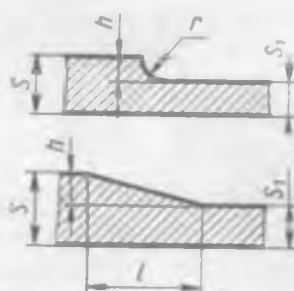


Рис. 286

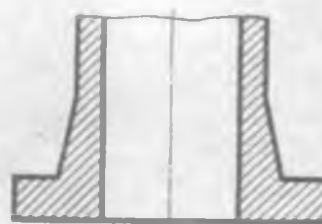


Рис. 287

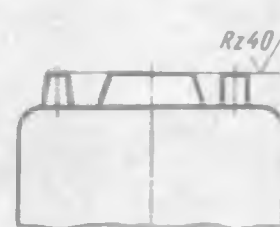
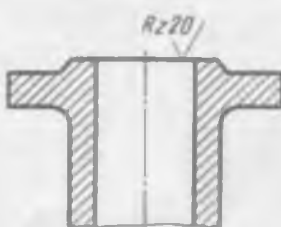


Рис. 288

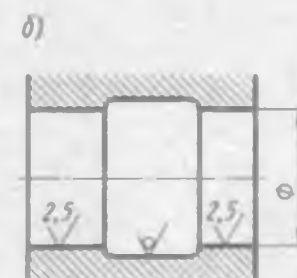
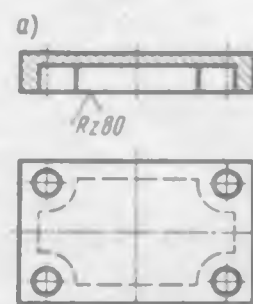


Рис. 289

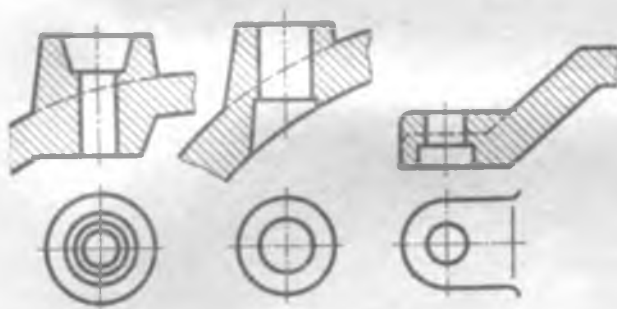


Рис. 290

плоскости которых должны быть перпендикулярны оси отверстия (рис. 290).

При нанесении размеров на чертежах литых деталей нужно учитывать следующие особенности: а) взаимное положение необрабатываемых поверхностей детали указывают размерами, которые связывают эти поверхности между собой; б) механически обработанные поверхности и необрабатываемые связывают между собой не более чем одним размером по длине, высоте или глубине детали.

Перед нанесением размеров необходимо выбрать основные литейные и конструкторские базы. Литейными базами могут служить оси или плоскости симметрии или необрабатываемые поверхности. От литейных баз наносят размеры, определяющие форму и положение необрабатываемых поверхностей. Отдельно наносят размеры, определяющие форму и положение обрабатываемых поверхностей относительно конструкторских баз.

Размеры на чертежах литых деталей не допускается наносить в виде замкнутой цепи. На рабочем чертеже литой детали должны быть помещены технические требования. На учебных чертежах в технических требованиях можно ограничиться только указанием размеров неуказанных литейных радиусов и размеров для справок.

На рис. 291 показаны изображения и нанесены размеры крышки, полученной путем механической обработки из отливки. В качестве литейных баз принят левый торец детали и ось поверхности выступа $\varnothing 70$, а в качестве конструкторских баз — опорный торец и ось поверхности $\varnothing 72$, совпадающая с литейной базой. При этом габаритный размер 38 является одновременно размером между литейной и конструкторской базами в продольном направлении.

Детали, имеющие форму тел вращения, обрабатываются в основном на токарных и аналогичных им станках. У таких деталей главное изображение с нанесенными размерами дает полное представление о их форме, поэтому не требуются изображения вида слева или вида сверху. Для пояснения отдельных элементов применяют местные разрезы, сечения, выносные элементы.

Детали, ограниченные поверхностями вращения разного диаметра, обычно вычерчивают так, чтобы участки с большими диаметрами находились левее участков с меньшими диаметрами, что соответствует расположению детали на станке при ее обработке (см. рис. 270).

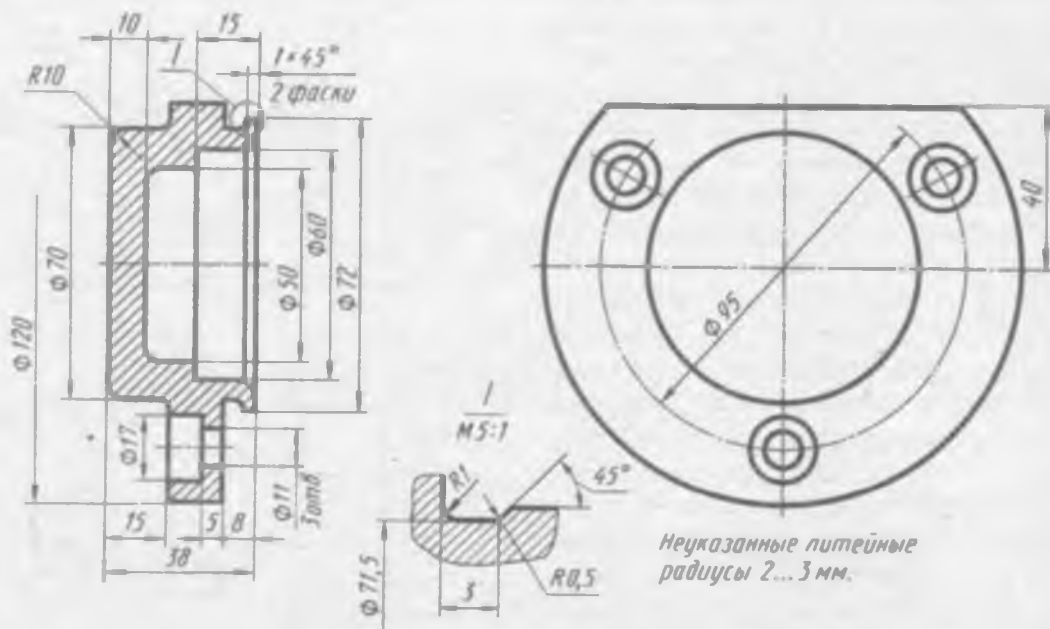


Рис. 291

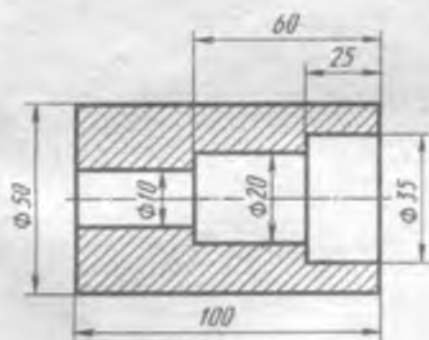


Рис. 292

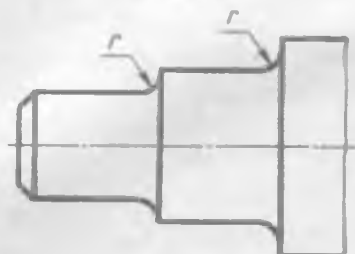


Рис. 293

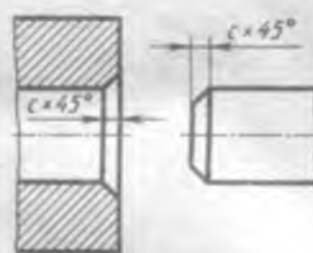


Рис. 294

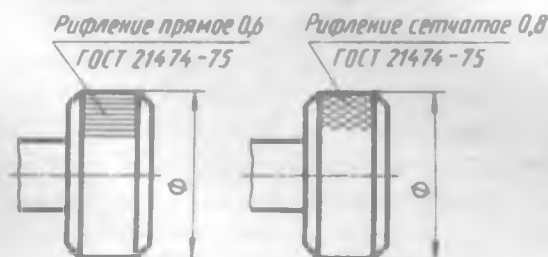


Рис. 295

Если деталь имеет внутренние соосные поверхности вращения, то в качестве главного изображения принимают фронтальный разрез, что дает полное представление о детали и облегчает нанесение размеров (рис. 292). При этом ступени отверстия большего диаметра располагают справа.

При выполнении чертежей деталей с преобладающей токарной обработкой поверхностей необходимо учитывать следующие требования:

1. В местах перехода от одного диаметра вала к другому нужно выполнять скругления-галтели (рис. 293).

2. Для удобства сборки изделия на тор-

цах деталей нужно выполнять фаски (рис. 294).

3. На внешних поверхностях рукояток, головок, круглых гаек, заворачиваемых вручную, нужно выполнять рифление по ГОСТ 21474—75 (рис. 295). Условное обозначение рифления наносится прямо на изображении детали на полке линии-выноски и включает: наименование, шаг и номер стандарта.

4. Если поверхность детали шлифуется, то необходимо предусмотреть специальную канавку для выхода шлифовального круга. Размеры канавок при круглом и плоском шлифовании определяются стандартом. На рис. 296 приведены изображения канавок

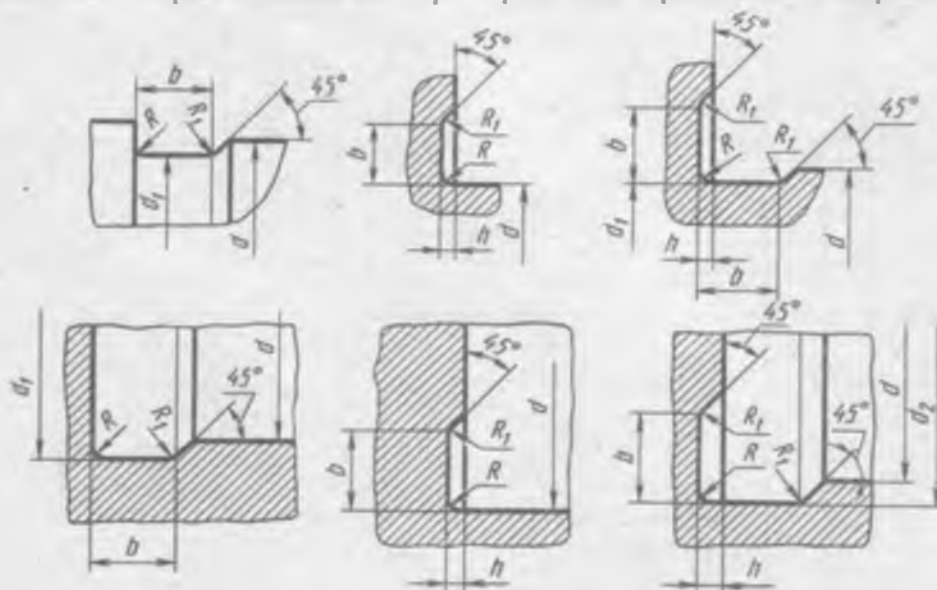
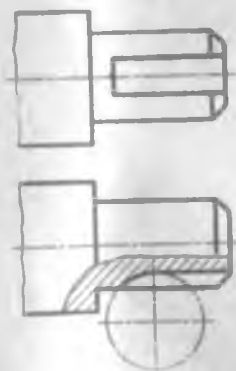
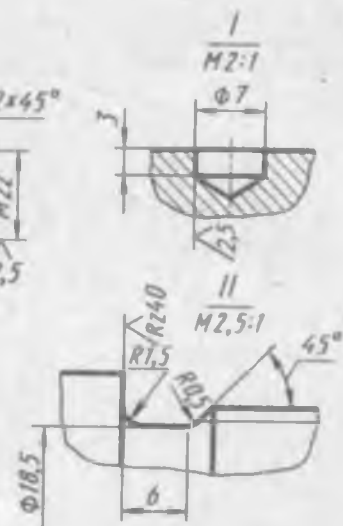
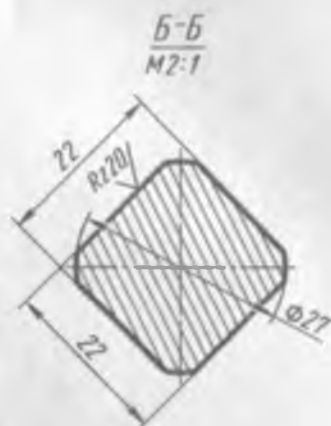
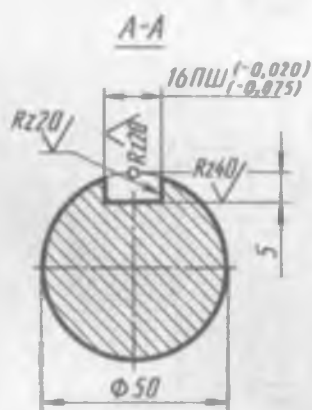
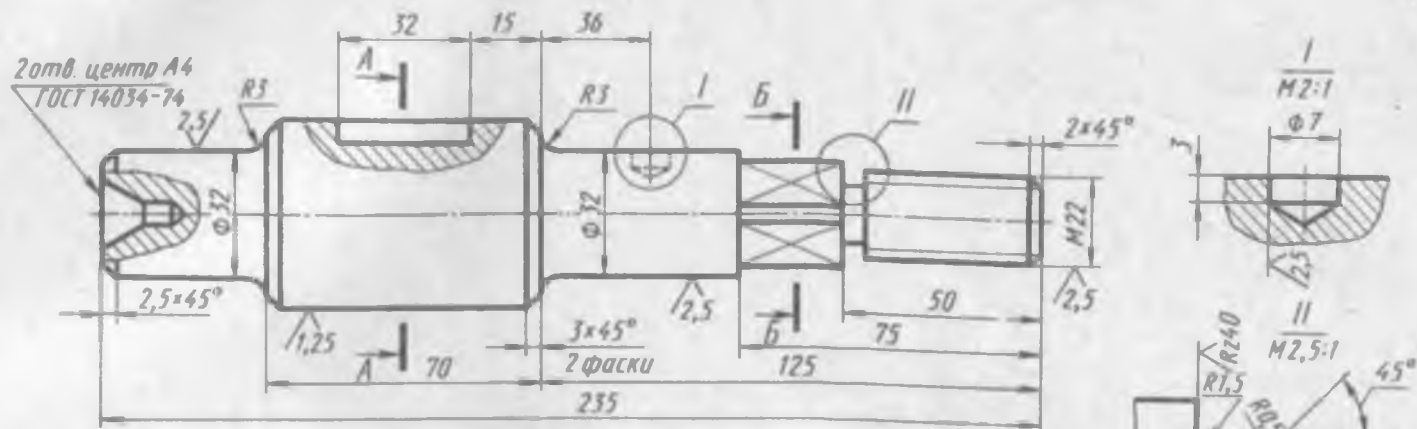


Рис. 296

100 XXXXXX XXXX

Rz80 ✓(✓)



				XXXX.XXXXXX.001			
Изм. Провер. Склад. В.архив. Изд.	Дата 10.10.2010	10.10.2010	10.10.2010	Вал		4	1:1
				Сталь 45			
				ГОСТ 1050-74			

Рис. 297

Рис. 298

для шлифования наружного и внутреннего диаметров и даны рекомендации для их размеров. Размеры канавок в размерные цепи деталей не включают:

Если $d=10\ldots 50$ мм, то $b=3$ мм;
 $d_1=d+0,5$ мм; $h=0,25$ мм; $R=1$ мм;
 $R_1=0,5$ мм.

Если $d=50\ldots 100$ мм, то $b=5$ мм;
 $d_2=d+1$ мм; $h=0,5$ мм; $R=1,5$ мм;
 $R_1=0,5$ мм.

5. Если конструкция детали не предусматривает свободный выход инструмента, то переходная часть ее по своей форме и размерам должна соответствовать форме и размерам этого инструмента (рис. 297).

6. Для установки детали в центрах токарного станка в детали выполняют центровые отверстия, размеры и условные обозначения которых определяются стандартом (рис. 298).

7. Проточки внешние и внутренние для выхода резца при нарезании резьбы вычерчивают укрупненно с помощью выносных элементов (рис. 298).

На рис. 298 выполнен учебный чертеж вала. Сечение $A-A$ выявляет размеры поперечного сечения шпоночной канавки, а сечение $B-B$ дает форму и размеры призматической части вала. Центровое отверстие и шпоночная канавка показаны местными разрезами. Выносные элементы I и II помогают выяснить размеры проточки для метри-

ческой резьбы и глубину сверления под стопорный винт.

При нанесении размеров по длине вала в качестве основной базы взят правый торец детали. Относительно вспомогательной базы проставлены размеры 15, 36 и 70 мм. Обозначение шероховатости поверхностей нанесено с учетом их конструктивного назначения.

Чертежи деталей, полученных гибкой, кроме основных изображений готовой детали содержат полную или частичную развертку этой детали. На изображении развертки наносят только те размеры, которые нельзя указать на изображении готовой детали. Над изображением развертки помещают надпись «Развертка». Изображают развертку сплошными основными линиями (рис. 299). Если необходимо, на развертке указывают линиигиба и делают соответствующие надписи. Особое внимание нужно обращать на правильное определение размеров в местах сгиба детали.

§ 43. Эскизирование деталей

Конструкторские документы для одноразового пользования могут выполняться в виде эскизов.

Эскизом называют чертеж, выполненный без применения чертежного инструмента (от руки) и точного соблюдения стандартного масштаба (в глазомерном масштабе). При этом должна сохраняться пропорция в размерах отдельных элементов и всей детали в целом. По содержанию к эскизам предъявляются такие же требования, что и к рабочим чертежам.

Эскизы выполняют в следующих случаях: при разработке новой конструкции, при составлении рабочего чертежа уже имеющейся детали, при необходимости изготовить деталь по самому эскизу.

Эскизы рекомендуется выполнять от руки на листах клетчатой бумаги стандартного формата, мягким карандашом ТМ, М или 2М.

Последовательность выполнения эскиза во многом совпадает с последовательностью выполнения рабочего чертежа детали.

Выполнение эскиза включает в себя следующие этапы:

- подготовительный;
- размещение и вычерчивание изображений;

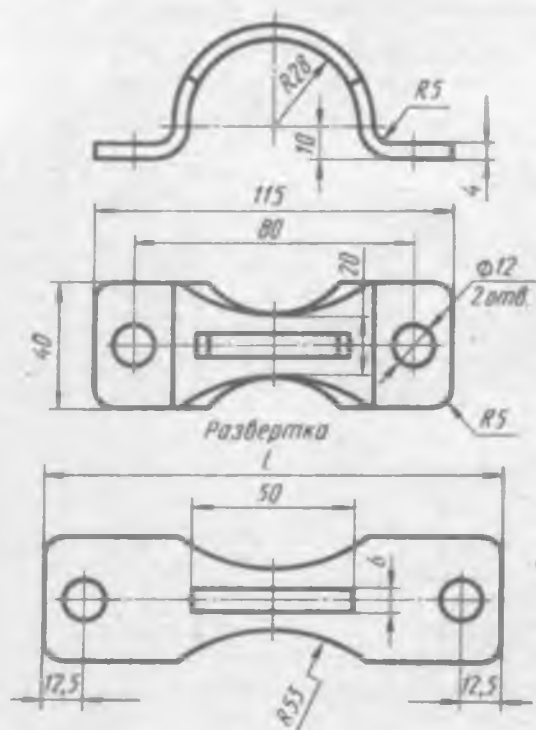


Рис. 299

нанесение размеров и знаков шероховатости поверхностей деталей;

выполнение необходимых надписей и окончательное оформление эскиза.

На подготовительном этапе нужно внимательно осмотреть деталь, ознакомиться с ее конструкцией, определить имеющиеся в ней отверстия, канавки, проточки, приливы, выступы, фаски и другие элементы. Мысленно расчленив деталь на простейшие геометрические формы (цилиндр, конус, призма и т. д.) и определить, как эти формы связаны между собой, собраны воедино.

Затем нужно установить материал, из которого деталь изготовлена, и основные технологические операции (резание, штамповка, литье и т. д.), которые использовались при изготовлении детали.

Если возможно, то устанавливают, частью какого изделия является данная деталь, каково ее назначение в этом изделии.

Затем приступают к выбору главного изображения детали, учитывая некоторые требования конструктивного и технологического порядка. Главное изображение должно давать наибольшую информацию о детали. Определяют, какие целесообразно выполнить разрезы или другие изображения, дополняющие главное изображение. Количество изображений должно быть минимальным, но достаточным для передачи формы детали.

Учитывая сложность детали, ее размеры и размеры листа бумаги, решают вопрос о выборе приблизительного масштаба изображения, чтобы удачно скомпоновать рабочую площадь эскиза (см. рис. 265 и 266).

Затем приступают к вычерчиванию изображений. Для этого прежде всего намечают осевые и центровые линии каждого изображения. Осевые и центровые линии проводят с целью выявления или геометрических осей и центров, или проекций плоскостей симметрии детали. Отсутствие осевых и центровых линий затрудняет понимание чертежа, ведет к пропуску необходимых размеров, затрудняет разметку деталей.

Наносят внешние контуры каждого изображения (рис. 300, а) с конструктивными элементами (фаски, проточки и т. д.). Затем тонкими линиями отмечают контуры необходимых разрезов и сечений. При этом учитывают, что обычно внутренние поверхности параллельны внешним поверхностям детали, оси крепежных отверстий чаще всего располагаются симметрично относительно осей детали или по вершинам правильных многоугольников; острые кромки отлитых элементов должны быть скруглены; конструктивные уклоны и конусности должны быть отражены, несмотря на их незначительность.

Проверив выполненные изображения, убирают лишние линии, выполняют штриховку в разрезах и сечениях, обводят видимый контур изображений сплошной основной линией (рис. 300, б).

Третий этап составления эскиза включает следующие операции:

намечают размерные базы и проводят выносные и размерные линии для габаритных размеров, межосевых и межцентровых размеров и их расстояний до баз и для раз-

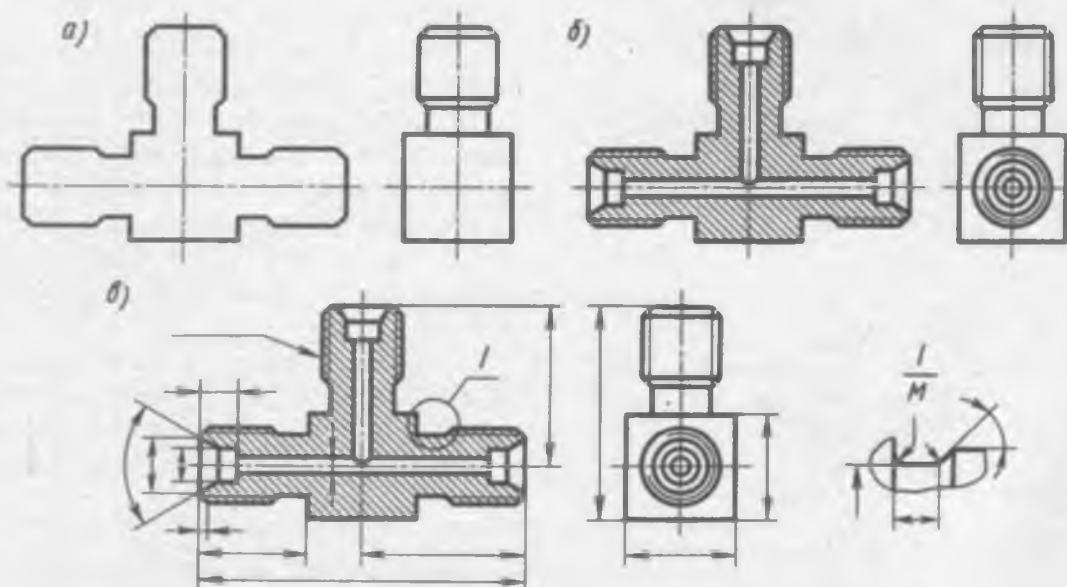
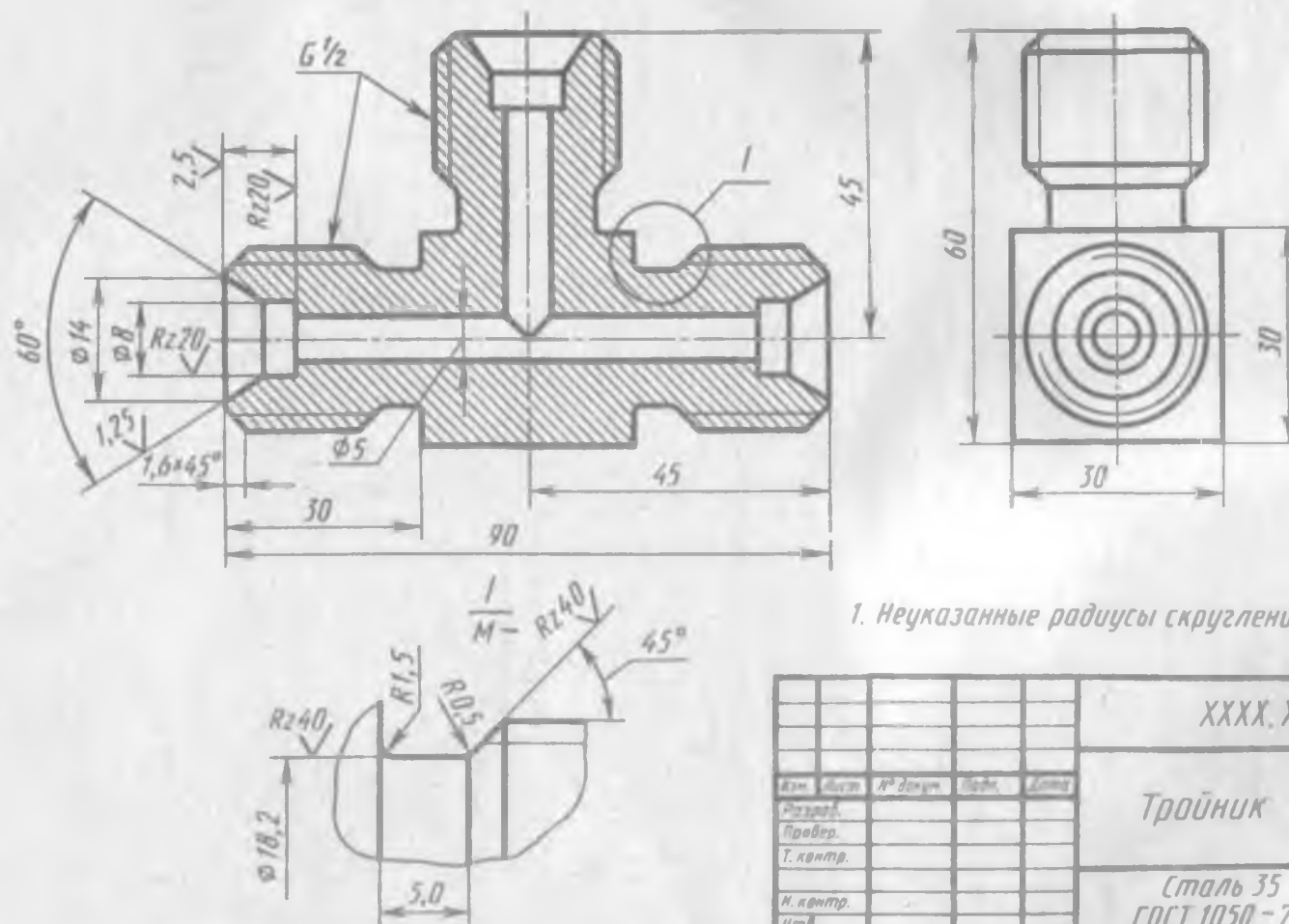


Рис. 300

XXX XXXXXX XXXX

✓(✓)



1. Неуказанные радиусы скруглений 2 мм

					XXXX, XXXXXX, XXI		
Взм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат	Тройник	Лист	Масштаб
Разработ.						У	
Провер.							
Т. контр.						Лист	Листов
Н. контр.					Сталь 35 ГОСТ 1050-74		
Утв.							

Рис. 301

меров отдельных элементов детали (рис. 300, в);

обмеряют деталь, сопоставляют размеры, полученные обмером, с размерами, рекомендуемыми таблицами размерных рядов, и наносят на эскиз скорректированные, но близкие к измеренным размеры. При этом нужно помнить о сопрягаемых размерах, которые могут быть проверены и уточнены по сопрягаемым с данной поверхностью деталям в готовом изделии;

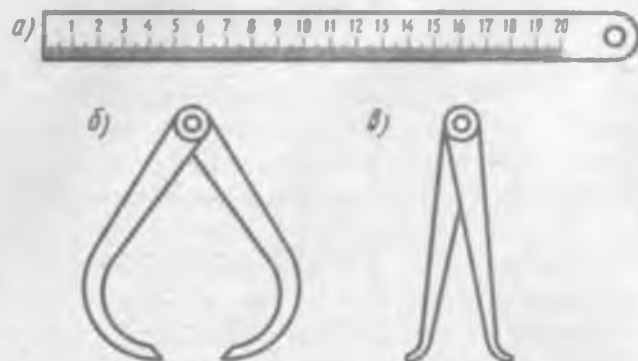


Рис. 302

определяют шероховатость поверхностей детали и наносят на эскиз ее условными обозначениями;

обозначают разрезы, сечения, выносные элементы.

Заключительный этап включает в себя проверку выполненных изображений, заполнение технических требований и основной надписи на эскизе, а также таблиц, если они необходимы (рис. 301).

Обмер детали при выполнении ее эскиза с натуры выполняется с помощью различных инструментов, которые выбирают в зависимости от величины и формы детали, а также от требуемой точности определения размеров.

Металлическая линейка, кронциркуль и нутромер позволяют измерять внешние и внутренние размеры с точностью до 0,1 мм

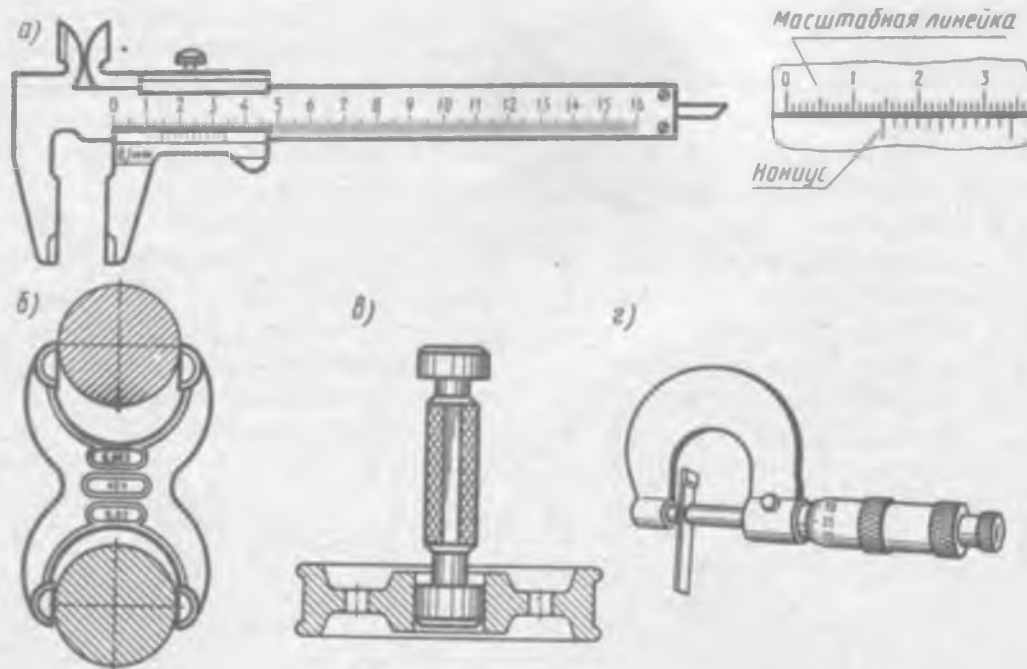


Рис. 303

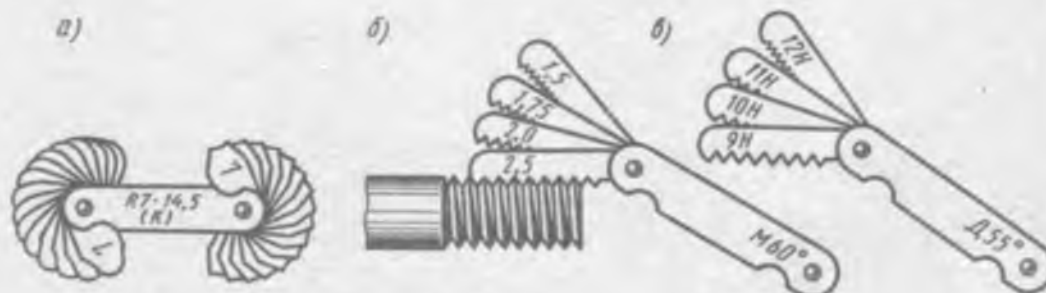
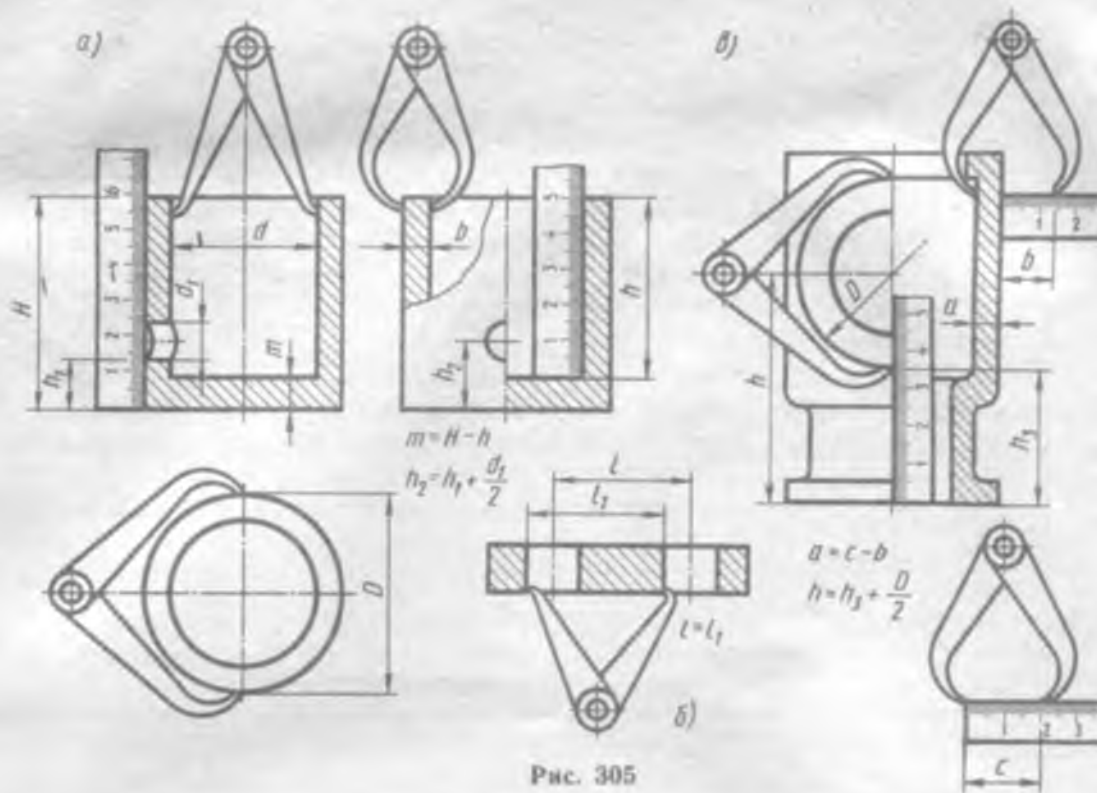


Рис. 304



(рис. 302). Штангенциркуль, предельная скоба, калибр, микрометр позволяют выполнить более точный обмер (рис. 303). Замер радиусов скруглений производят с помощью радиусных шаблонов (рис. 304, а), а шаги резьбы замеряют с помощью резьбовых шаблонов (рис. 304, б, в).

На рис. 305 показано, как с помощью линейки, кронциркуля и нутромера измеряют линейные размеры детали.

По размерам наружного или внутреннего диаметра резьбы и по величине шага резьбы, определенного по резьбовому шаблону, подбирают точное значение резьбы по таблицам стандартных резьб.

Если выявится несоответствие шага и диаметра стандарту, то, значит, резьба нестандартная. В этом случае нужно нанести на эскизе детали шаг резьбы, наружный и внутренний ее диаметры.

Вопросы для самопроверки

1. Какую информацию несет в себе рабочий чертеж детали?
2. Какие надписи делаются на рабочем чертеже?
3. Где и как даются сведения о материале, из которого изготавливается деталь?

4. Как наносятся размеры на рабочих чертежах с учетом производственных требований?
5. Какие базы используются для простановки размеров?
6. Какие условности используются при нанесении размеров одинаковых элементов?
7. Что называется шероховатостью поверхности?
8. Какими параметрами характеризуется шероховатость поверхности?
9. Какие знаки используются на чертежах для обозначения шероховатости?
10. Как наносятся знаки шероховатости на изображении и в целом на чертеже детали?
11. Какие группы деталей вы знаете? В чем их отличие?
12. Каковы особенности выполнения рабочих чертежей литых деталей?
13. Как выбирается главное изображение детали с поверхностями, имеющими форму тел вращения?
14. Когда и зачем выполняется развертка на рабочем чертеже детали?
15. Что называется эскизом детали?
16. Что общего и в чем различие между эскизом и рабочим чертежом детали?
17. В какой последовательности выполняют эскиз?
18. Какие инструменты используются для обмера детали?
19. Как определить тип и размер резьбы при эскизировании с натуры?



А. В направлении какой стрелки следует выбрать главный вид детали?

① А ② Б ③ В ④ Г

Б. Какие изображения необходимо выполнить для полной передачи формы этой детали?

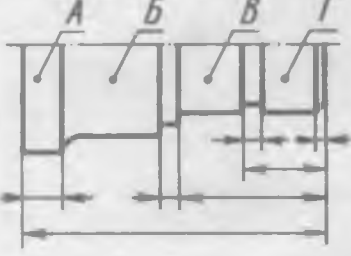
① 1. главный вид;
2. вид сверху;
3. вид слева.

② 1. главный вид;
2. вид сверху
с местным
разрезом.

③ 1. главный вид;
2. вид сверху;
3. профильный
разрез на
виде слева.

④ 1. главный вид;
2. вид слева с
местным
разрезом.

В. Каким способом нанесены размеры детали по ее длине?



① координатным ③ смешанным
 ② цепным ④ комбинирован-
 ным

Г. Длина какого участка детали является «свободным» размером?

① А ② Б ③ В ④ Г

Д. Какое из обозначений соответствует наибольшей шероховатости поверхности?

① $Rz40/\sqrt{}$ ② $Rz20/\sqrt{}$ ③ $2,5/\sqrt{}$ ④ $1,25/\sqrt{}$

Е. Какое из обозначений шероховатости на изображении детали нанесено неверно?



① $3,2/0,8$ ② $\sqrt{}$ ③ $Rz20/\sqrt{}$ ④ $Rz80/\sqrt{}$

Ж. Укажите обозначение шероховатости в правом верхнем углу чертежа, выполненное в полном соответствии с ГОСТ 2.309-73.

① $\sqrt{(\sqrt{})}$ ② $\sqrt{(\sqrt{})}^{Rz80}$ ③ $\sqrt{(\sqrt{})}$ ④ $\sqrt{(\sqrt{})}$

§ 44. Виды изделий, их документация и обозначения

ГОСТ 2.101—68 (СТ СЭВ 364—76) устанавливает следующие виды изделий: детали; сборочные единицы; комплексы; комплекты.

Сборочной единицей называется изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой, укладкой и т. п.), например станок, редуктор и т. д.

Комплекс включает в себя два и более изделия, не соединенных сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например цех-автомат, бурильная установка и др.

В комплекс кроме изделий, выполняющих основные функции, входят детали, сборочные единицы, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например детали и сборочные единицы для монтажа комплекса на месте его эксплуатации и др.

Комплект состоит из двух и более изделий, имеющих общее эксплуатационное значение вспомогательного характера, например комплект запасных частей и т. п.

Сборочные единицы, комплексы и комплекты относятся к *специфицированным* изделиям, так как включают в себя несколько составных частей, а детали — к *неспецифицированным* изделиям.

Для каждого изделия разрабатывается комплект конструкторских документов, который включает в себя графические и текстовые документы, определяющие состав и устройство изделий и содержащие необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

ГОСТ 2.102—68 устанавливает 25 видов конструкторских документов. В их число входят чертежи деталей, чертежи сборочные, общего вида, габаритные, монтажные; схемы, ведомости, расчеты, пояснительные записки и др. Все они имеют свой шифр.

Каждому изделию и его конструкторским документам присваивается самостоятельное обозначение в соответствии с ГОСТ 2.201—80.

Устанавливается следующая структура обозначения изделия и его конструкторского документа:

XXXX	XXXXXX	XXX
Код организации-разработчика		
Код классификационной характеристики		
Порядковый регистрационный номер		

Четырехзначный код организации-разработчика назначается по специальному кодификатору, а код классификационной характеристики присваивается по классификатору ЭСКД. Структура кода классификационной характеристики:

XX	X	X	X	X
Класс				
Подкласс				
Группа				
Подгруппа				
Вид				

Порядковый регистрационный номер назначается от 001 до 999.

Примеры обозначений документов на изделие:

АВГБ. 061341. 021СБ — сборочный чертеж,

АВГБ. 061341. 021 — спецификация,
АВГБ. 061341. 021ТУ — технические условия.

Структура обозначения эскизных конструкторских документов по ГОСТ 2.201—80:

ЭХ...Х	XX	XX
Условный код и индекс макета		
Порядковый номер сборочной единицы		
Порядковый номер детали		

Обозначения сборочных чертежей и эскизов разрабатываются подобно структуре обозначения производственной документации в соответствии с ГОСТ 2.201—80.

§ 45. Чертеж общего вида

Чертеж общего вида (ВО) — это документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия. Чертеж общего вида изделия разрабатывается на первых стадиях проектирования (техническое предложение, эскизный и технический проекты).

Чертеж общего вида включает в себя: изображения, виды, разрезы, сечения изделия, надписи и текстовую часть, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия;

наименование и обозначения составных частей изделия, для которых объясняется принцип работы, приводятся технические характеристики, материал, количество, и для тех составных частей изделия, с помощью которых описывается принцип действия изделия, поясняются изображения общего вида и состав изделия;

необходимые размеры;

схему изделия и технические характеристики.

Чертеж общего вида выполняется с соблюдением требований ГОСТ 2.109—73. Составные части изображаются упрощенно. Их можно изображать на одном листе с общим видом или на отдельных последующих листах.

Наименования и обозначения составных частей изделия могут быть указаны одним из следующих способов:

на полках линий-выносок, проведенных от деталей на чертеже общего вида;

в таблице, размещенной на чертеже общего вида (рис. 306);

в таблице, выполненной на отдельных листах формата А1, в качестве последующих листов чертежа общего вида.

При наличии таблицы порядковый номер составных частей изделия указывается на полках линий-выносок в соответствии с этой таблицей.

Таблицу размещают над основной надписью чертежа.

Текстовую часть в виде технических требований и технической характеристики размещают обязательно на первом листе в виде колонки шириной не более 185 мм. При необходимости текст размещается в одну, две и более колонок. При этом вторая и пос-

	33	60	10	12	42	185
10	Обознач	Наименование	Мат	Материал	Дан. указ.	
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						

Рис. 306

ледняя колонки располагаются слева от основной надписи. Между текстовой частью и таблицей составных частей (или основной надписью) нельзя размещать изображения или другие таблицы.

На чертеже общего вида проставляются габаритные, присоединительные, установочные и необходимые конструктивные размеры (рис. 307).

Необходимые таблицы, в том числе и технические характеристики, оформленные в виде таблицы, размещают на свободном поле чертежа общего вида справа от изображений или ниже их. Если таблиц несколько и на них имеются ссылки в технических требованиях, то таблицы надписывают по типу *Таблица 1* (без знака №).

Все таблицы заполняются сверху вниз.

§ 46. Сборочный чертеж

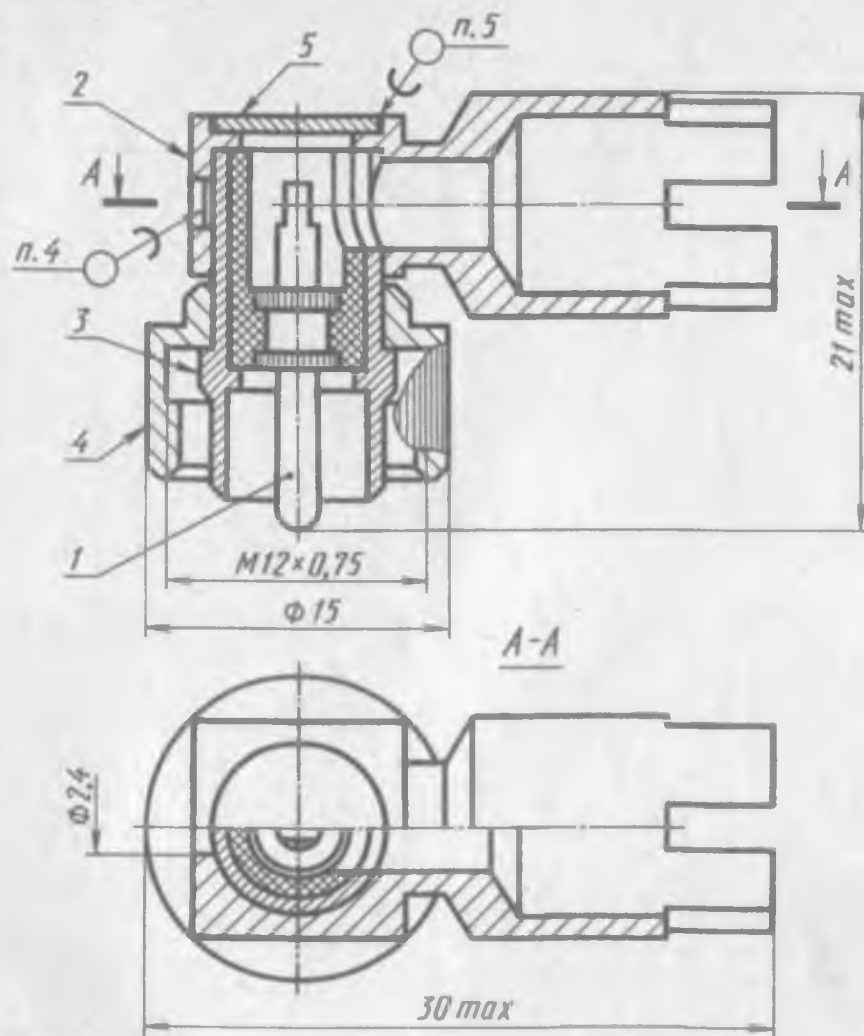
Сборочным чертежом (СБ) называется документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. Сборочный чертеж выполняется на стадии разработки рабочей документации на основании чертежа общего вида изделия.

На основании ГОСТ 2.109—73 сборочный чертеж должен содержать:

изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимосвязи составных частей, соединяемых по данному чертежу и обеспечивающих возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;

размеры и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены и проконтролированы по данному чертежу;

указания о характере сопряжения разъемных частей изделия, а также указания о способе соединения неразъемных соединений, например сварных, паяных и др.;



1. Вилка предназначена для кабеля РК-75-3-11
ТУ КП 100-61-60
2. Заделку кабеля выполнять по нормалу НО 4502-63
3. Механический монтаж производить по нормалу
НО 5231-66
4. Паять ПОС40 ГОСТ 21931-76 флюс КСп НО 0540-63
при сборке
5. Крышку поз. 5 паять ПОС40 ГОСТ 21931-76 после
заделки кабеля
6. Допускается в местах пайки производить
зачистку с последующей защитой мест нарушения
гальванического покрытия лаком АК-113Ф
МРТУ 6-10-473-64
7. Вилка должна соответствовать нормалу
НО 4502-63
8. Все размеры - для справок

				XXXX.XXXXXX.BИ2		
				Вилка		Лист
				Чертеж общего вида		5:1

Рис. 307

номера позиций составных частей, входящих в изделие;

основные характеристики изделия;

размеры габаритные, установочные, присоединительные, а также необходимые справочные размеры.

Количество изображений на сборочном чертеже зависит от сложности конструкции изделия. Учебный сборочный чертеж выполняется обычно в двух или трех основных изображениях с применением разрезов. Рекомендуется соединение половины вида с половиной разреза при наличии симметрии вида и разреза изделия.

Разрезы и сечения на сборочных чертежах служат для выявления внутреннего устройства сборочной единицы и взаимосвязи входящих в нее деталей.

Разрез на сборочном чертеже представляет собой совокупность разрезов отдельных деталей, входящих в сборочную единицу. Штриховку одной и той же детали в разрезах на разных изображениях выполняют в одну и ту же сторону, выдерживая одинаковое расстояние (шаг) между линиями штриховки. Штриховку смежных деталей из одного материала разнообразят изменением направления штриховки, сдвигом штрихов или изменением шага штриховки (рис. 308). Сварное, паяное или клееное изделие из однородного материала, находящееся в сборе с другими изделиями, в разрезах и сечениях штрихуют как монолитное тело, показывая границы между деталями сварного изделия сплошными основными линиями (рис. 309).

Шарики в разрезах и сечениях всегда показывают нерассеченными. Винты, болты, шпильки, штифты, шпонки, шайбы, гайки и другие стандартные крепежные изделия при продольном разрезе показывают нерассеченными. Непустотелые валы, шпиндели, рукоятки, шатуны и т. п. при продольном разрезе также изображают нерассеченными (рис. 310).

На сборочных чертежах допускается не показывать фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, рифление, оплетку и другие мелкие элементы. Допускается не изображать зазоры между стержнем и отверстием. Если необходимо показать составные части изделия, закрытые крышкой, кожухом, щитом и т. п., то закрывающие детали можно не изображать, а над изобра-



Рис. 308

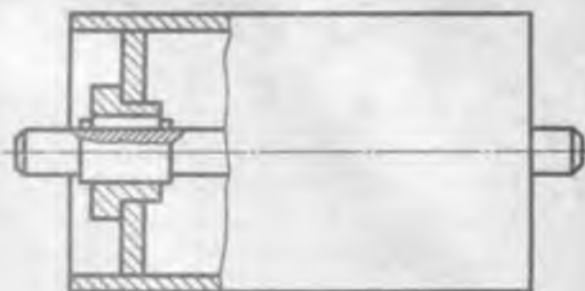


Рис. 309

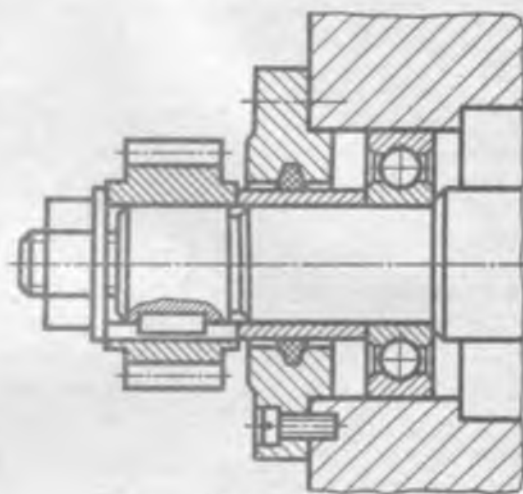


Рис. 310

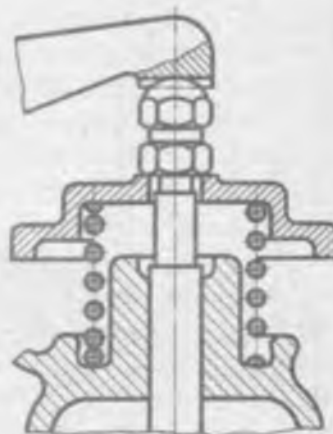


Рис. 311

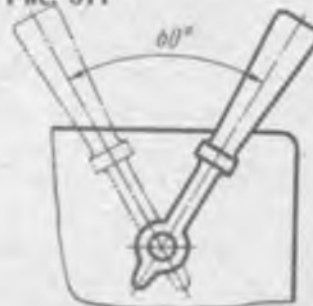


Рис. 312

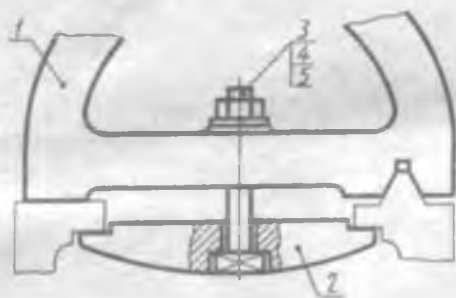


Рис. 313

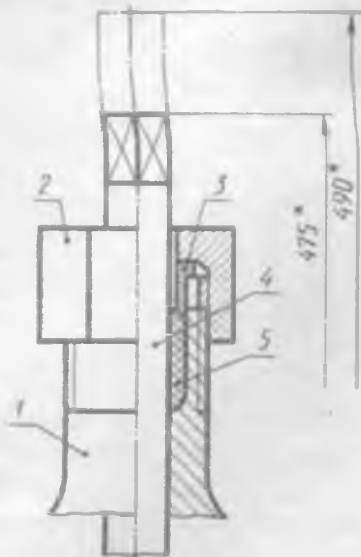


Рис. 314

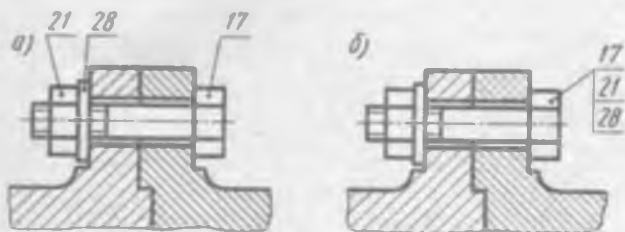


Рис. 315

жением выполнить надпись по типу *Крышка* поз. 5 не показана.

Изделия из винтовой пружины, изображенной лишь сечениями витков, изображают лишь до зоны, условно закрывающей эти изделия и определяемой осевыми линиями сечений витков (рис. 311).

При выполнении сборочных чертежей соблюдают все условности и упрощения, диктуемые стандартами на правила выполнения чертежей различных изделий.

На сборочном чертеже допускается изображать перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами, используя тонкие штрихпунктирные линии с двумя точками (рис. 312). Для изображения

соседних изделий — «обстановки» — используют тонкие сплошные линии (рис. 313).

На сборочных чертежах наносят следующие размеры:

Габаритные размеры, характеризующие три измерения изделия. Если один из размеров является переменным вследствие перемещения движущихся частей изделия, то на чертеже указывают размеры при крайних положениях подвижных частей (рис. 314).

Монтажные размеры, указывающие на взаимосвязь деталей в сборочной единице, например расстояние между осями валов, монтажные зазоры и т. п.

Установочные размеры, определяющие величины элементов, по которым изделие устанавливается на месте монтажа или присоединяется к другому изделию, например размеры центровых окружностей и диаметры отверстий под болты, расстояния между осями фундаментных болтов и т. п.

Эксплуатационные размеры, определяющие расчетную и конструктивную характеристику изделия, например диаметры проходных отверстий, размеры резьбы на присоединительных элементах и т. п.

На сборочных чертежах также указывают размеры отверстий под крепежные изделия, если эти отверстия выполняются в процессе сборки.

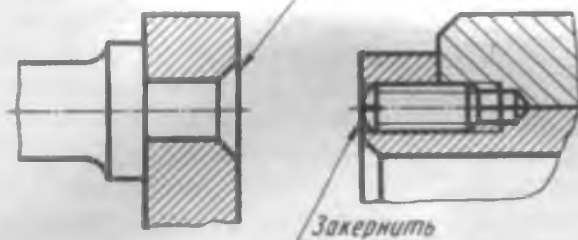
Все составные части сборочной единицы нумеруются в соответствии с *номерами позиций*, указанных в спецификации этой сборочной единицы.

Номера позиций указывают на полках линий-выносок, проводимых от точек на изображениях составных частей сборочной единицы, которые проецируются как видимые на основных видах или заменяющих их разрезах.

Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют их в колонку или строчку по возможности на одной линии (рис. 314, 315, а). Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций (рис. 315, б). Как правило, номер позиции наносят на чертеже один раз. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два размера больше, чем размер шрифта размерных чисел на этом чертеже.

В процессе сборки изделия выполняются

Расклепать и запилить
заподлицо с плоскостью



Закернить

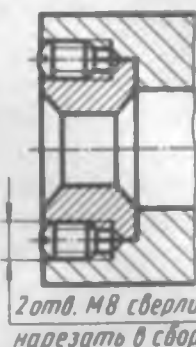
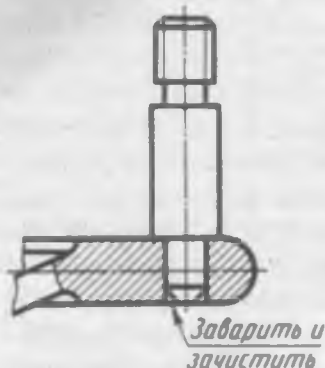
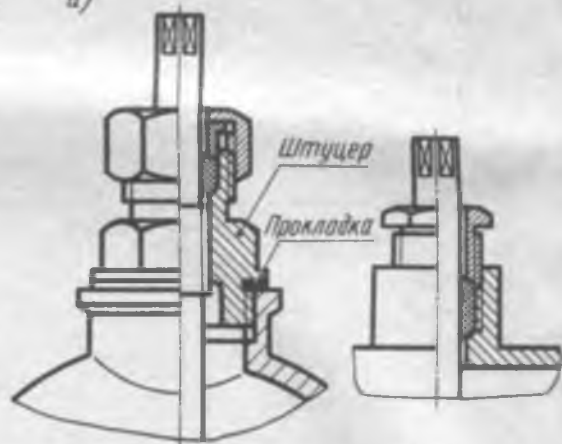


Рис. 316

а)



б)

Вариант 1

Вариант 2

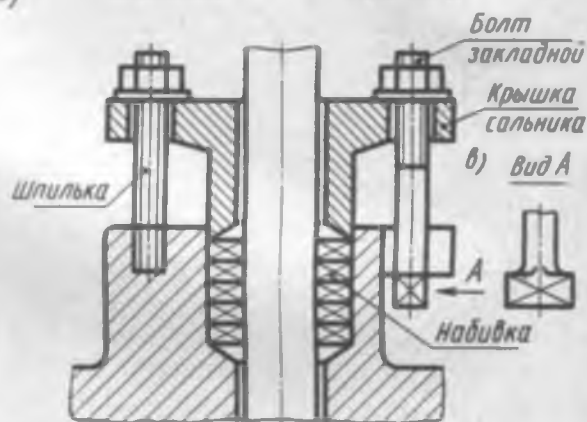


Рис. 317

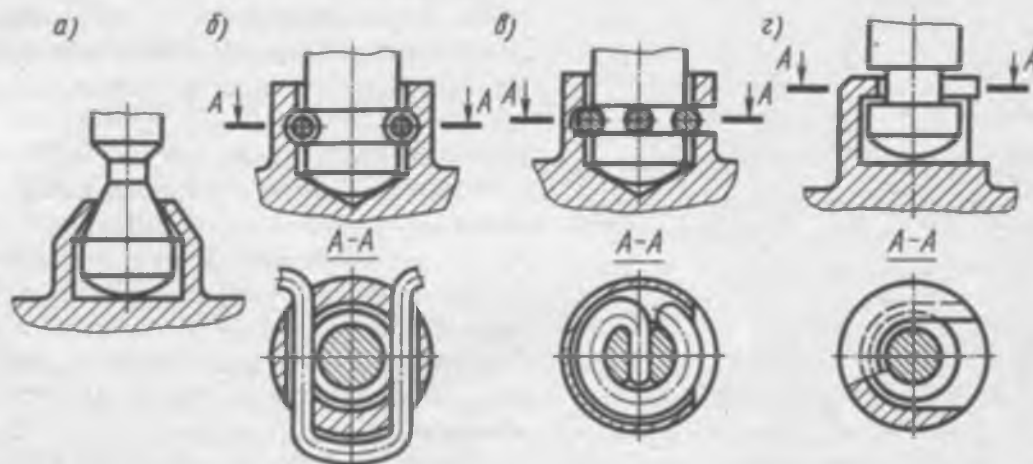


Рис. 318

некоторые технологические, так называемые пригоночные, операции. Их выполняют совместной обработкой соединяемых деталей или подгонкой одной детали к другой по месту ее установки. В этих случаях на сборочных чертежах делают текстовые записи, подобные изображенным на рис. 316.

Многие изделия имеют типовые составные части. К ним относятся, например, саль-

никовые уплотнения (рис. 317). Их мягкая набивка обеспечивает герметичность отверстий, через которые проходят движущиеся части изделия. В качестве набивки используется пеньковое или льняное волокно (рис. 317, а, б) или набор колец из асбеста, кожи, резины (рис. 317, в). Поджатие набивки осуществляется накидной гайкой (рис. 317, а), резьбовой втулкой (рис. 317, б)

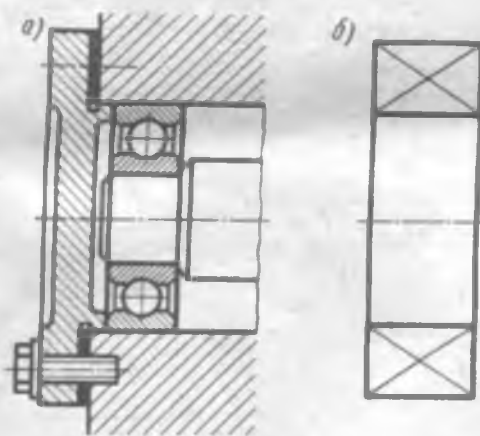


Рис. 319

или сальниковой крышкой (рис. 317, а). Эти детали на сборочных чертежах изображают в поднятом положении.

Клапаны имеют типовые крепления на штоках или шпинделях. Крепления могут осуществляться или обжимкой клапана (рис. 318, а), или проволоочной скобой (рис. 318, б), или кольцом из проволоки (рис. 318, в). Головка шпинделя может крепиться в прорези клапана (рис. 318, г).

Подшипники качения относятся к стандартным изделиям. Их можно изображать на сборочных чертежах упрощенно (рис. 319, б), без указания типа по ГОСТ 2.420—69 или как показано на рис. 319, а — с изображением колец и шариков или роликов.

§ 47. Спецификация

Спецификацией называется конструкторский документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Спецификация составляется в табличной форме на отдельных листах формата А4 (297×210) на каждую сборочную единицу (рис. 320). Основная надпись выполняется размером 40×185 в соответствии с ГОСТ 2.104—68 (СТ СЭВ 140—74, 365—76).

Форма и порядок заполнения спецификации определяется ГОСТ 2.108—68. Заполняют спецификацию сверху вниз. Разделы спецификации располагаются в такой последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия.

Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают сплошной тонкой линией. После каждого раздела оставляют несколько свободных строчек для дополнительных записей.

Графы спецификации заполняют следующим образом:

В графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записаны в графе «Обозначение». В разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» эта графа не заполняется. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в этой графе пишут БЧ (без чертежа).

В графе «Зона» указывают обозначение зоны в соответствии с ГОСТ 2.104—68. На учебных чертежах эта графа не заполняется.

В графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей, входящих в специфицируемое изделие. В разделах «Документация» и «Комплекты» эта графа не заполняется.

В графе «Обозначение» записывается обозначение документа на изделие (сборочную единицу, деталь) в соответствии с ГОСТ 2.201—80. В разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» эта графа не заполняется.

В графе «Наименование» указывают: в разделе «Документация» только название документа, например «Сборочный чертеж»;

в разделах «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Комплекты» — наименование изделий в соответствии с основной надписью на конструкторских документах этих изделий, например «Колесо зубчатое», «Палец» и т. п.;

в разделе «Стандартные изделия» — наименование и обозначение изделий в соответствии со стандартом на это изделие, например «Болт М 12×70 ГОСТ 7805—70».

В пределах каждой категории стандартов на стандартные изделия запись производят по одноименным группам, в пределах каждой группы — в алфавитном порядке возрастания обозначений стандарта — в порядке возрастания размеров или основных параметров изделия. Например: группу крепежных изделий нужно записывать в такой последовательности: болты, винты, гайки, шайбы, шпильки и т. д.

В разделе «Материалы» — обозначения материалов, установленных в стандартах

Рис. 320

§ 48. Выполнение сборочного чертежа изделий

Выполнение учебного сборочного чертежа изделия начинается с выяснения назначения этого изделия, его устройства и принципа действия, рабочего положения, способов соединения составных частей, последовательности сборки и разборки.

На рис. 321 показан кран распределит.

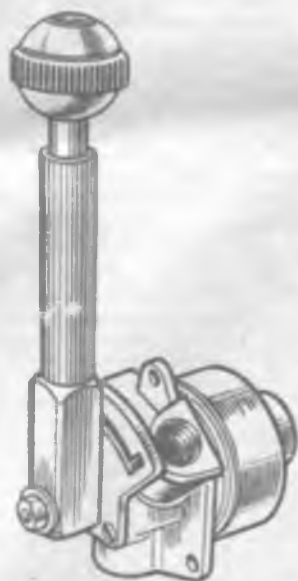


Рис. 321

тельный в сборе. Его назначение: перераспределять рабочую среду (жидкость, пар) путем поворота золотника в корпусе рукояткой на угол 45° влево или вправо до совмещения с каналами в корпусе, тем самым обеспечивая поступление рабочей среды в одно из внешних отверстий корпуса.

Кран необходимо разобрать на составные части (рис. 322) и выделить входящие в изделие сборочные единицы.

На рис. 323 показаны составные части рукоятки, входящей в качестве сборочной единицы в состав распределительного крана. Затем нужно выделить детали, непосредственно входящие в изделие (рис. 324), стандартные изделия (рис. 325), и, если имеются, материалы. Необходимо установить наименование каждой детали, ее назначение в сборочной единице и материал, из которого деталь изготовлена.

Рекомендуется составить схему изделия (рис. 326), определяющую его состав. В соответствии со схемой нужно составить спецификацию (рис. 327). При обозначении составных частей изделия нужно учесть, что три последних знака в обозначении изделия или его документа можно использовать следующим образом:

три нуля и шифр СБ (000 СБ) — для обозначения сборочного чертежа изделия;

числа 001, 002, 003 и т. д. — для обозначения деталей, входящих в это изделие;

числа 100, 200, 300 и т. д. — для обозначения сборочных единиц, входящих в специфицируемое изделие;



Рис. 322

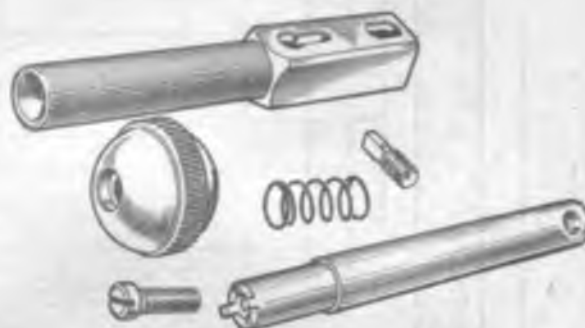


Рис. 323

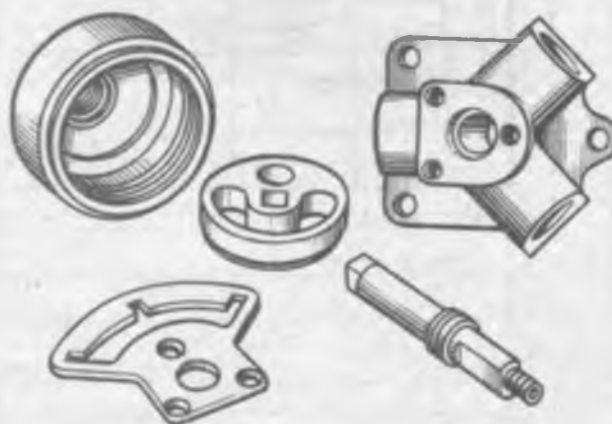


Рис. 324



Рис. 325

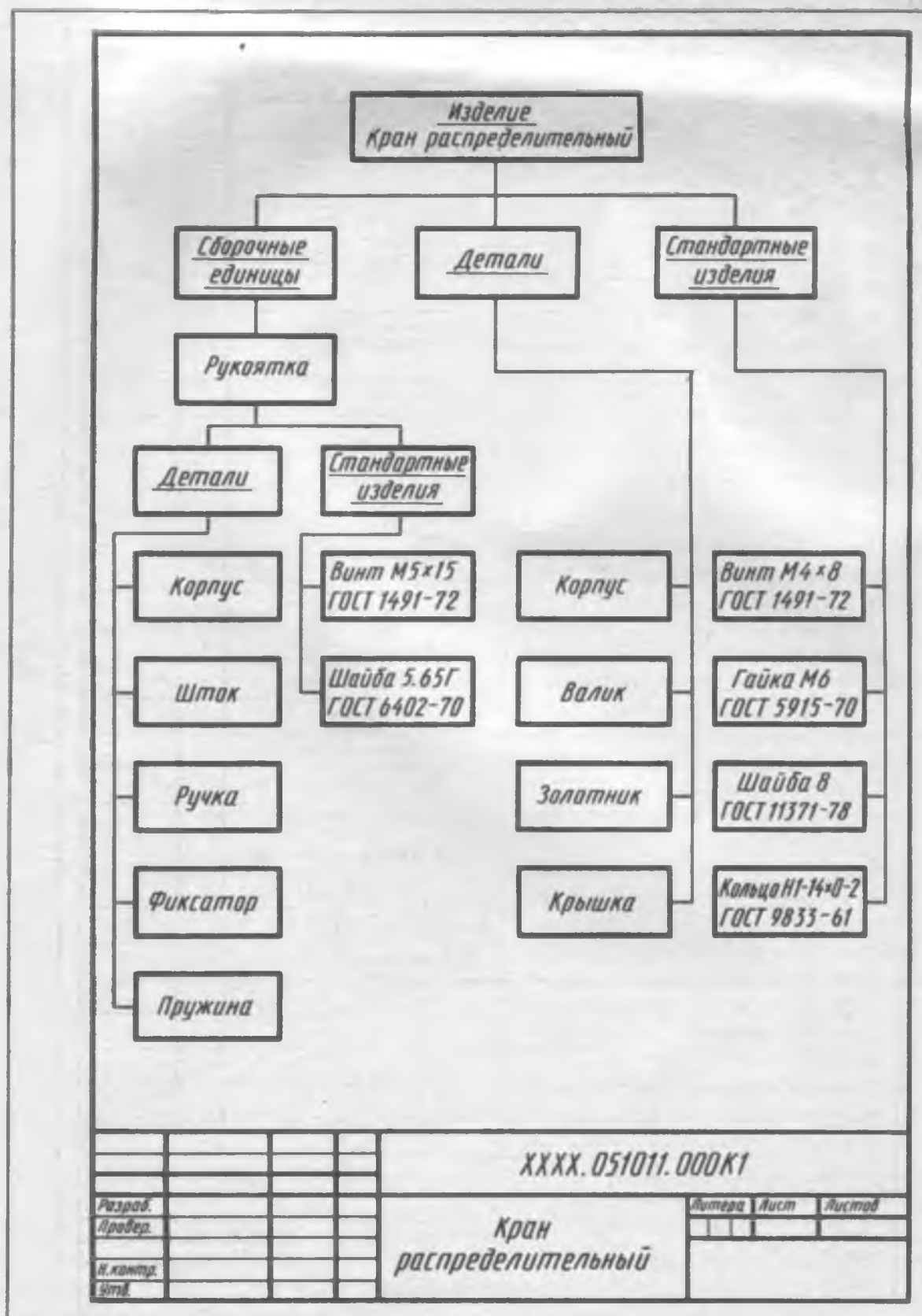


Рис. 326

числа 101, 102, 103 и т. д. — для обозначения деталей, входящих в состав сборочной единицы 100, числа 201, 202, 203 и т. д. — для обозначения деталей, входящих в состав сборочной единицы 200, и т. д.

Составлению сборочного чертежа предшествует работа по составлению эскизов всех деталей, входящих в сборочную единицу (см. § 43).

Сборочный чертеж изделия вычерчи-

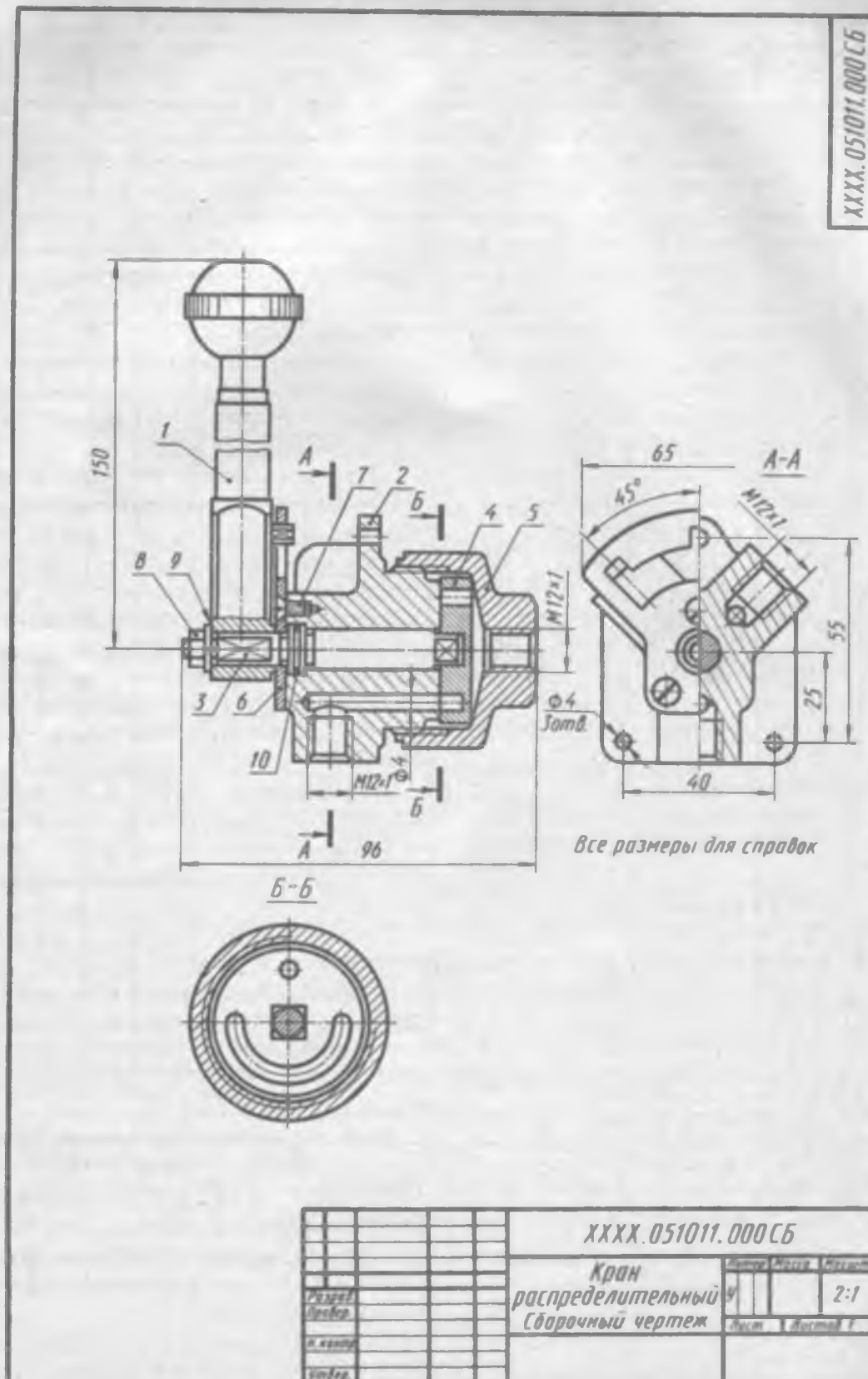


Рис. 328

вается по эскизам деталей. При выборе масштаба изображений предпочтение отдается изображению изделия в натуральную величину ($M 1:1$). Для небольших изделий, как в рассматриваемом примере, следует применить масштаб увеличения, а для изделий больших размеров — масштаб уменьшения в соответствии с ГОСТ 2.302—68.

Количество изображений зависит от сложности изделия. Для рассматриваемого примера достаточно выполнить полный продольный разрез на месте главного вида (рис. 328), на виде слева соединить половину вида изделия с половиной разреза $A - A$ по отверстиям $M12 \times 1$; дополнительно дать сечение $B - B$ по плоскости разъема корпуса и золотника. При этом рукоятку разрезать необязательно, так как на нее должен быть выполнен самостоятельный сборочный чертеж и спецификация.

Построения следует вести одновременно на всех намеченных изображениях, увязывая их друг с другом. Первой вычерчивают основную деталь (обычно это корпус), а затем построенные изображения дополняют изображениями соединяемых с корпусом деталей.

На листе все изображения должны быть размещены свободно, чтобы правильно нанести размеры и номера позиций. Номера позиций проставляют в соответствии с заполненной спецификацией.

На рис. 328 нанесены размеры габаритные (150, 96 и 65 мм), установочные (25, 40 и 55 мм, а также 3 отв. $\varnothing 4$), присоединительные ($M 12 \times 1$) и эксплуатационные (угол 45°).

В последнюю очередь заполняют основную надпись и выполняют необходимые надписи, располагаемые над основной надписью. На рис. 328 помещено указание о том, что все размеры справочные.

§ 49. Чтение и детализирование сборочных чертежей

Чтение сборочного чертежа — это процесс определения конструкции, размеров и принципа работы изделия по его чертежу. Можно рекомендовать такую последовательность чтения сборочного чертежа изделия:

- по основной надписи определить наименование изделия и масштаб изображения;
- по изображениям выяснить, какие виды,

разрезы, сечения выполнены на чертеже и назначение каждого из них;

прочитать технические требования на чертеже и проставленные размеры;

по спецификации определить название каждой детали, определить изображение ее на чертеже;

установить способы соединения деталей между собой и их взаимодействие, определить пределы перемещения подвижных деталей;

последовательно для каждой детали, входящей в сборочную единицу, выяснить ее геометрические формы и размеры, т. е. определить конструкцию детали;

мысленно представить внешние и внутренние формы изделия в целом и разобратся в его работе;

определить порядок разборки и сборки изделия, т. е. порядок отделения одной детали от другой, как это делается при демонтировании изделия.

Детализирование — это процесс выполнения рабочих чертежей деталей, входящих в изделие, по сборочному чертежу изделия. Это не простое копирование изображений детали из сборочного чертежа, а работа творческая. Порядок выполнения рабочего чертежа детали по сборочному чертежу изделия аналогичен выполнению чертежа детали с натуры. При этом формы и размеры детали определяются при чтении сборочного чертежа.

Наименование детали и ее обозначение определяются по спецификации сборочного чертежа, а марка материала — по описанию, приложенному к учебному сборочному чертежу.

Расположение детали относительно фронтальной плоскости проекций, т. е. ее главный вид, выбирается исходя из общих требований, а не из расположения ее на сборочном чертеже. Число и содержание изображений детали может не совпадать со сборочным чертежом.

На рабочем чертеже должны быть показаны те элементы детали, которые или совсем не изображены, или изображены упрощенно, условно, схематично на сборочном чертеже. К таким элементам относятся:

литейные и штамповочные скругления, уклоны, конусности;

проточки и канавки для выхода резьбо-нарезающего и шлифовального инструмента;

внешние и внутренние фаски, облегчающие процесс сборки изделия, и т. п. Гнезда для винтов и шпилек на сборочных чертежах изображаются упрощенно, а на рабочем чертеже детали гнездо должно

быть вычерчено в соответствии с ГОСТ 10549—74.

Размеры детали определяются путем замеров (если они не нанесены на чертеже) по сборочному чертежу. При этом нужно

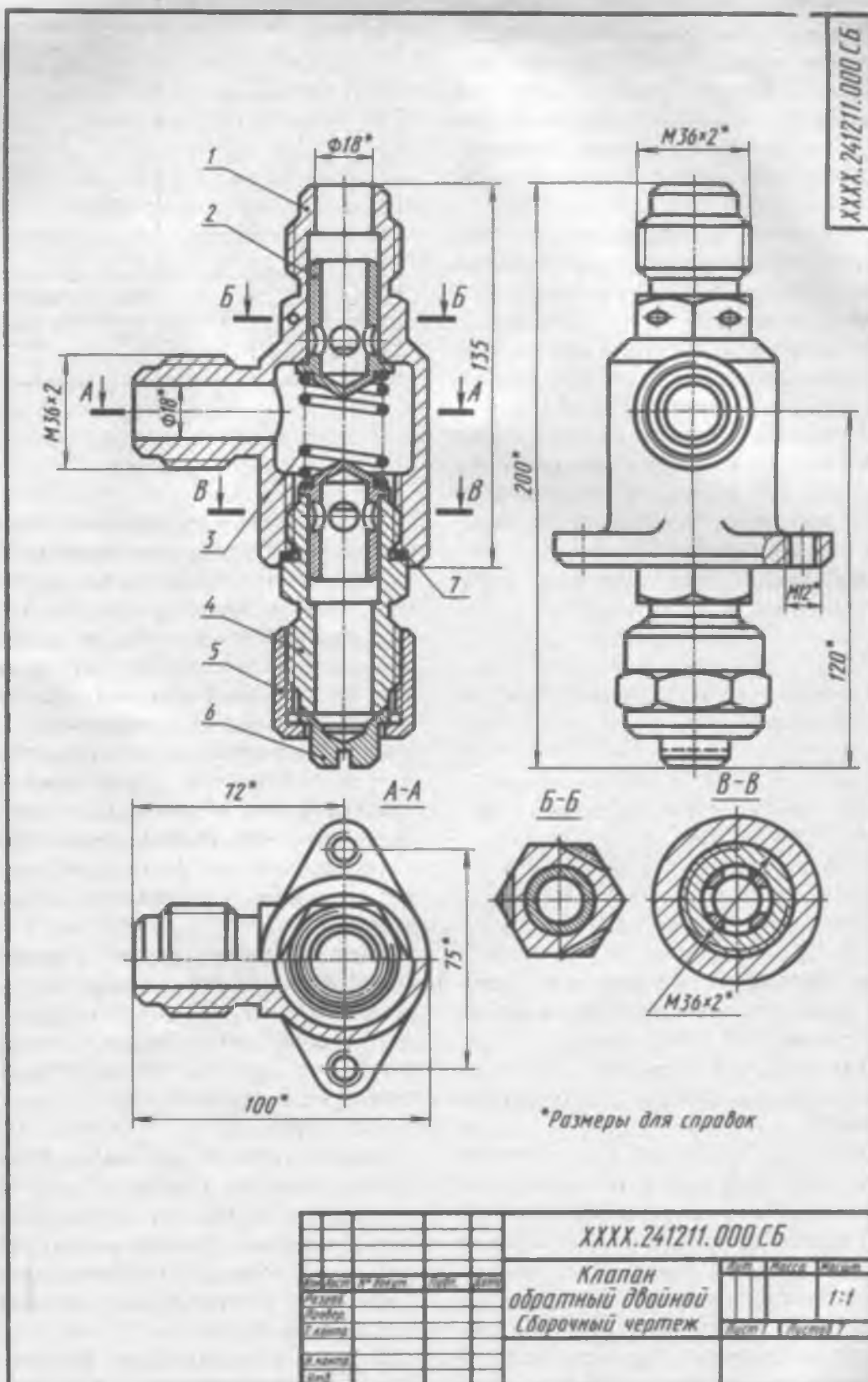


Рис. 329

следить, чтобы сопрягаемые размеры не имели расхождений. Размеры конструктивных элементов (фасок, проточек, уклонов и т. д.) нужно назначать по соответствующим стандартам, а не по сборочному чертежу.

Размеры шпоночных пазов, шлицев, гнезд под шпильки и винты, центровых отверстий и др. должны быть взяты из соответствующих стандартов на эти элементы. Диаметры отверстий для прохода крепежных изделий (винтов, болтов, шпилек) должны проставляться с учетом характера сборки.

Шероховатость поверхностей деталей определяется по техническим требованиям, описанию, условиям работы изделия и данной детали в изделии.

Чтобы оценить и проставить на чертеже шероховатость поверхностей детали, нужно определить, сопряженной или свободной является данная поверхность, каков характер эксплуатационных требований к ней и др. Для типовых деталей практикой рекомендуются некоторые границы пределов параметров шероховатости:

рабочие поверхности зубчатых колес имеют шероховатость, отвечающую

$$R_z 20 \sqrt{\dots} 0,63$$

привалочные поверхности корпусов, пазы, канавки и проточки —

$$R_z 80 \sqrt{\dots} 1,25$$

рабочие поверхности поршневых цилиндров —

$$0,32 \sqrt{\dots} 0,16$$

отверстия под болты, винты, штифты —

$$R_z 40 \sqrt{\dots} 1,25$$

На рис. 329 выполнен сборочный чертеж обратного двойного клапана, спецификация к нему — на рис. 330.

Принцип действия клапана. Жидкость под давлением поступает в отверстие $\varnothing 18$ верхнего наконечника корпуса 1, сжимает пружину 3 и в зазор между клапаном 2 и корпусом поступает через отводной (слева) наконечник корпуса в гидравлическую систему. Если снять заглушку 7 с нижнего наконечника корпуса, свинтив накладную гайку 5, то можно в корпус через нижнее отверстие подать другую жидкость, подключив клапан ко второму трубопроводу. В этом случае в систему будет поступать смесь жидкостей.

Код	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Документация		
	XXXX.241211.000 СБ	Сборочный чертеж		
		Детали		
1	XXXX.241211.001	Корпус	1	
2	XXXX.241211.002	Клапан	2	
3	XXXX.241211.003	Пружина	1	
4	XXXX.241211.004	Штифтер	1	
5	XXXX.241211.005	Гайка накладная	1	
6	XXXX.241211.006	Заглушка	1	
7	XXXX.241211.007	Прокладка 48×38×2	1	
		Картон 6-ГОСТ 9347-74		
XXXX.241211.000				
Клапан обратный двойной				

Рис. 330

Стандартных деталей клапан не имеет. Сборочный чертеж выполнен в масштабе 1:1.

На месте главного вида выполнен полный продольный разрез клапана фронтальной плоскостью симметрии изделия. Этот разрез позволяет выявить внутреннее строение всех деталей клапана. На месте вида сверху совмещено изображение половины вида и половины горизонтального разреза А — А плоскостью, проходящей через ось отводного наконечника корпуса. На виде слева выполнен местный разрез по резьбовому отверстию во фланце корпуса. Кроме этих основных изображений выполнены сечения Б — Б и В — В. Сечение Б — Б показывает отверстия в шестигранной части корпуса для пломбирования клапана после установки его в гидросистеме. Сечение В — В дает представление о сопряжении деталей 1, 2 и 4 и поясняет расположение отверстий в клапане 2.

На чертеже проставлены габаритные размеры (200 и 100 мм), установочные (75 мм), монтажные (М 12 и М 36) и эксплуатационные ($\varnothing 18$) размеры.

Соединения деталей в клапане разъёмные, резьбовые. Для обеспечения плотности соединения деталей 2 и 4 в проточку детали 4 заложена прокладка из картона. Наружный диаметр прокладки 48 мм, внутренний 38 мм, толщина 2 мм (см. поз. 7 спецификации на рис. 330). Клапаны и заглушка

плотно прилегают к поверхностям корпуса и штуцера (их притирают). Присоединение трубопроводов к корпусу осуществляется с помощью резьбы М 36×2.

Для того чтобы разобрать клапан, не-

обходимо свинтить накладную гайку 5, а вместе с ней снять заглушку 6; из корпуса вывернуть штуцер 4, снять прокладку 7; через нижнее отверстие в корпусе вынуть оба клапана 2 и пружину 3. Пружина ра-

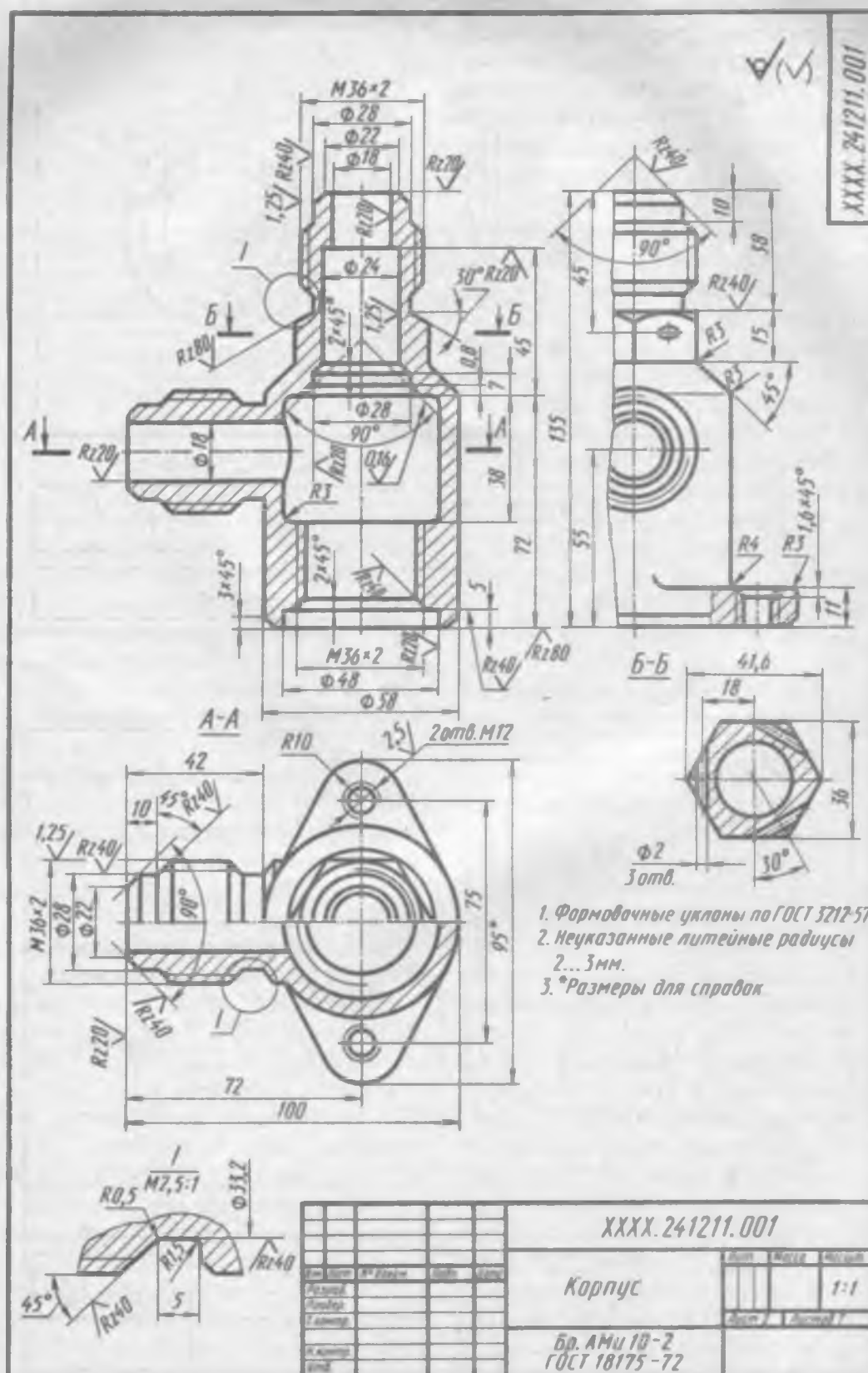


Рис. 331

ботае на сжатие, ее концы должны быть поджаты и подшлифованы. Сборка клапана производится в обратном порядке.

На рис. 331...336 выполнены рабочие чертежи деталей, входящих в состав обратного клапана (см. рис. 329).

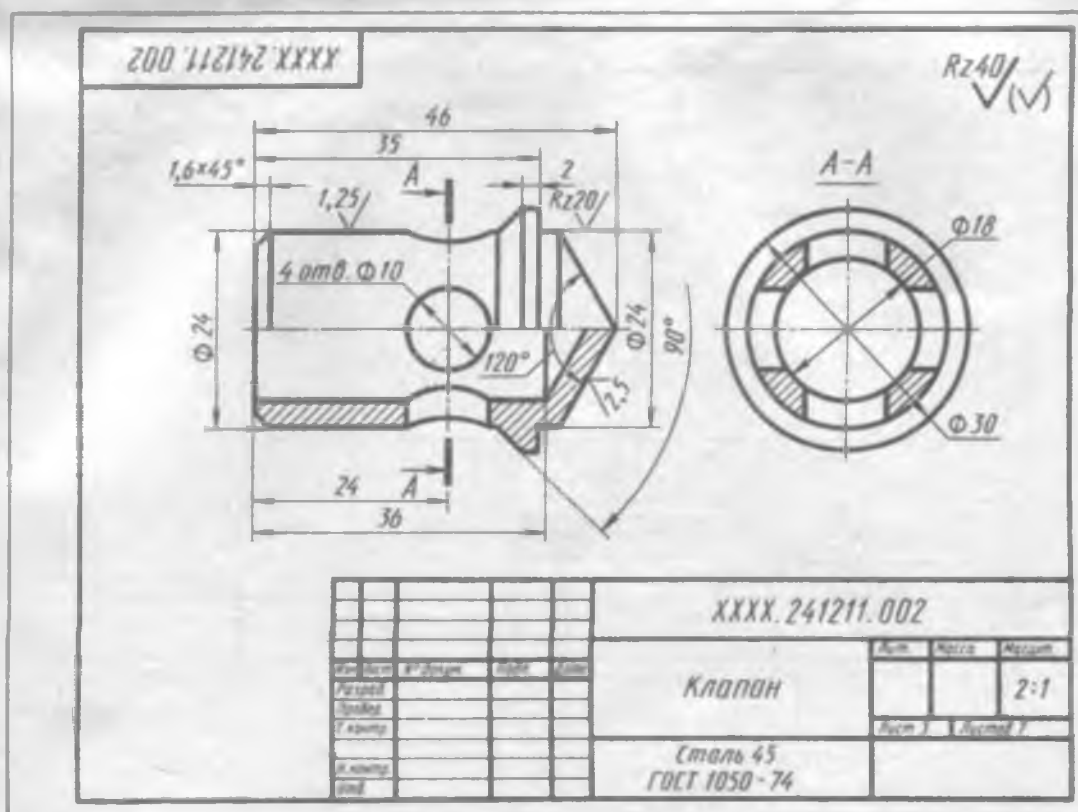


Рис. 332

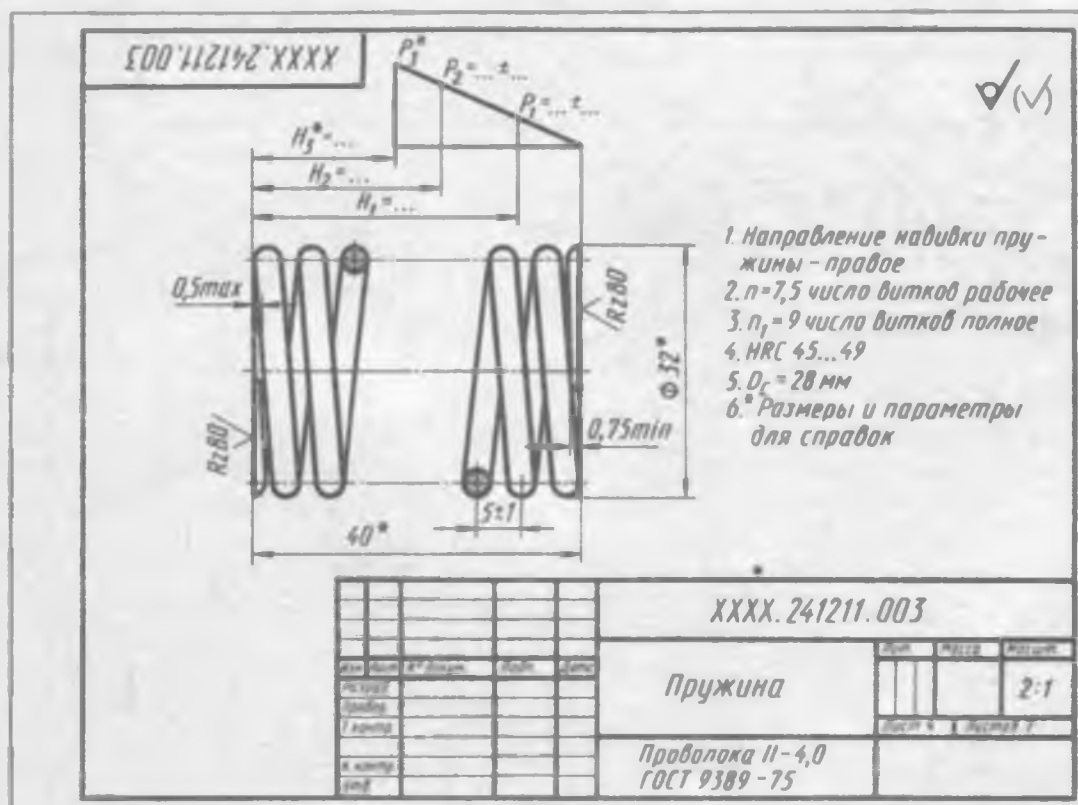


Рис. 333

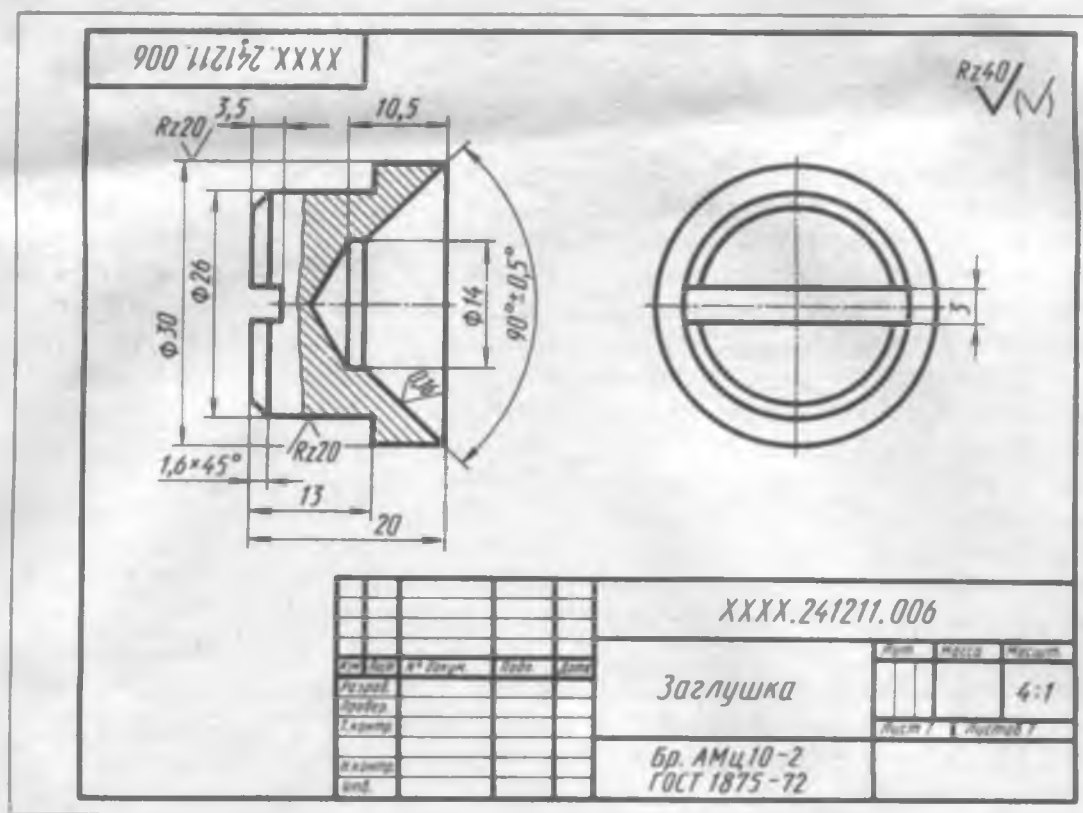


Рис. 336

§ 50. Схемы

Схемой называют документ, на котором показаны в виде условных изображений и обозначений составные части изделия и связи между ними (ГОСТ 2.102—68).

Виды и типы схем, общие требования к их выполнению регламентируются ГОСТ 2.701—76.

Схемы облегчают изучение устройства изделия. В зависимости от видов элементов, входящих в состав изделия, и связей между ними схемы разделяют на электрические Э, гидравлические Г, пневматические П, кинематические К, оптические Л и др.

В зависимости от основного назначения схемы разделяют на следующие типы: структурные 1, функциональные 2, принципиальные 3, соединений 4, подключения 5 и т. д.

Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязь.

Функциональная схема разъясняет процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом.

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов и связей между ними в изделии, дает детальное представление о принципах работы изделия.

Схема соединений (монтажная) показывает соединения составных частей изделия и определяет провода, кабели, трубопроводы, осуществляющие эти соединения, а также места их присоединения.

Наименование схемы определяется ее видом и типом, а шифр схемы состоит из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей ее тип.

Например, схема электрическая принципиальная имеет шифр ЭЗ.

На рис. 326 приведена схема, у которой в обозначении записан шифр К1. Это означает, что выполнена схема кинематическая структурная.

Схемы выполняются без соблюдения масштаба. Линии связи проводят толщиной 0,3...0,4 мм, стараясь избежать большого числа их пересечений и изломов. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм.

Если в условных графических обозначениях имеются утолщенные линии, то их вычерчивают в два раза толще линий связи.

Элементы схемы, составляющие функциональную группу или устройство, не имеющие самостоятельной принципиальной схемы, допускается выделять штрихпунктирными линиями, толщина которых равна толщине принятых линий связи. На схеме указывается наименование этих групп, например коробка скоростей, суппорт и т. п.

Элементы схемы, составляющие устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему, выделяют на общей принципиальной схеме сплошной тонкой линией, равной по толщине линиям связи.

На схемах допускается помещать различные технические данные, характеризующие схему в целом и отдельные ее элементы. Эти сведения помещают или около графических обозначений, или над основной надписью.

Электрические принципиальные схемы (ЭЭ) выполняют в соответствии с ГОСТ 2.702—75. Обозначения в электрических схемах устанавливаются ГОСТ 2.721—74...2.791—74.

Схемы вычерчиваются в отключенном состоянии. Условные знаки на схеме вычерчивают в положении, в котором они изображены в соответствующем стандарте, или повернутыми на угол, кратный 90° , по отношению к этому положению.

Все элементы на схеме должны быть определены однозначно. Для этого данные об элементах записывают в таблицу (рис. 337), которая заполняется сверху вниз и помещается или на первом листе, или выполняется в виде самостоятельного документа на формате 11.

Каждый элемент схемы должен иметь позиционное обозначение, которое включает в себя буквенное обозначение и порядковый номер (рис. 338). Буквенные обозначения:

резистор — R, конденсатор — С, катушка индуктивности — L, амперметр — А, вольтметр — V, генератор — Г, диод полупроводниковый — Д, дроссель — Др, кнопка — Кн, прибор электронный — Л, двигатель (мотор) — М, предохранитель — Пр, реле — Р, триод полупроводниковый — Т, трансформатор — Тр и т. д.

Позиционные обозначения наносят рядом с условным знаком справа от него или над ним. Порядковые номера присваиваются в соответствии с последовательностью расположения элементов сверху вниз и слева направо.

Элементы записываются в таблицу группами в порядке расположения их в приложении к ГОСТ 2.702—75, т. е. вначале записывают резисторы, потом — конденсаторы, катушки индуктивности, амперметры и т. д. В пределах каждой группы элементы располагают по возрастанию позиционных номеров. Элементы одного типа с одинаковыми электрическими параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в графе «Поз.» в одну строку, по типу, например, С₁...С₄, а в графе «Кол.» — общее количество таких элементов.

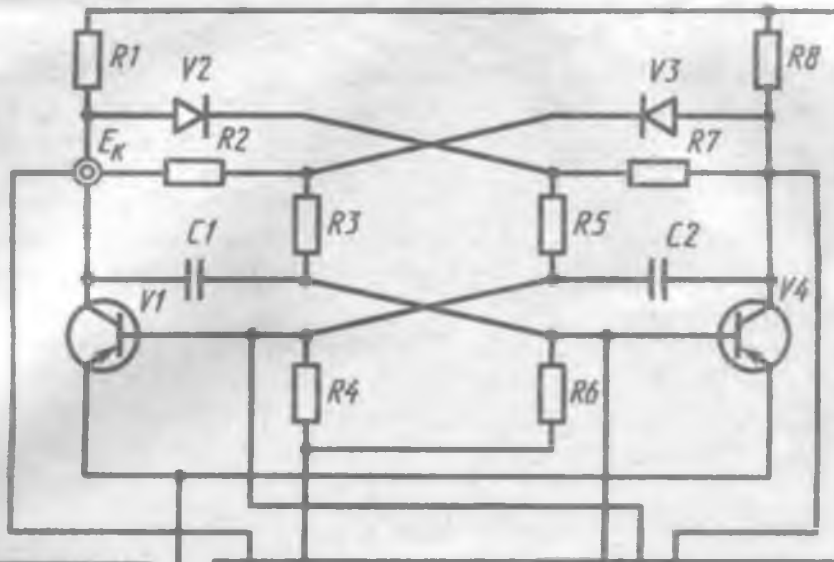
На схеме рекомендуется указывать характеристики входных и выходных цепей изделия: частоту, напряжение, силу тока и т. п., а также параметры, подлежащие измерению на контрольных контактах, гнездах и т. п. Характеристики входных и выходных цепей изделия записывают в виде таблицы.

На поле электрической принципиальной схемы допускается помещать указания о марках, сечениях и расцветке проводов и кабелей, а также указания о специфических требованиях к электромонтажу изделия.

Зона	Поз. Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание

Рис. 337

XXXX.012XXX.ДИ2.33



Цепь	Конт.
Корпус	1
-6,38	3
Выход 1	5
+6,36	6

Конт.	Цепь
11	Вход I
12	Вход II
13	Выход 2

E_k - контакт контрольный

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
1	R1, R8 Резистор МТ-0,125-620±5% ГОСТ 7113-66	2	620 Ом
3	R2, R7 Резистор МТ-0,125-5,1к±5% ГОСТ 7113-66	2	5,1кОм
4	R3, R5 Резистор МТ-0,125-750±5% ГОСТ 7113-66	2	750 Ом
7	R4, R6 Резистор МТ-0,125-15к±10% ГОСТ 7113-66	2	15кОм
5	C1, C2 Конденсатор ОЖО. 460.043 ТУ	2	Сменный
2	V2, V3 Диод германиевый Д18 ТТЗ. 362.016 ТУ	2	
6	V1, V4 Транзистор германиевый 1Т3086 ЖКЗ. 365.120 ТУ	2	

XXXX.012XXX.ДИ2.33

Триггер статический
Схема электрическая
принципиальная

	Фамилия	Подпись	Дата
Разработ.			
Чертил			
Пров.			
Утв.			

Лит.	Масса	Масшт.
Лист 1	Листов	

Рис. 338

Кинематические принципиальные схемы (КЗ) показывают последовательность передачи движения от двигателя через передаточный механизм к рабочим органам или

инструменту, а также дают возможность судить о способах их регулирования, контроля и управления ими.

Выполняются кинематические схемы в

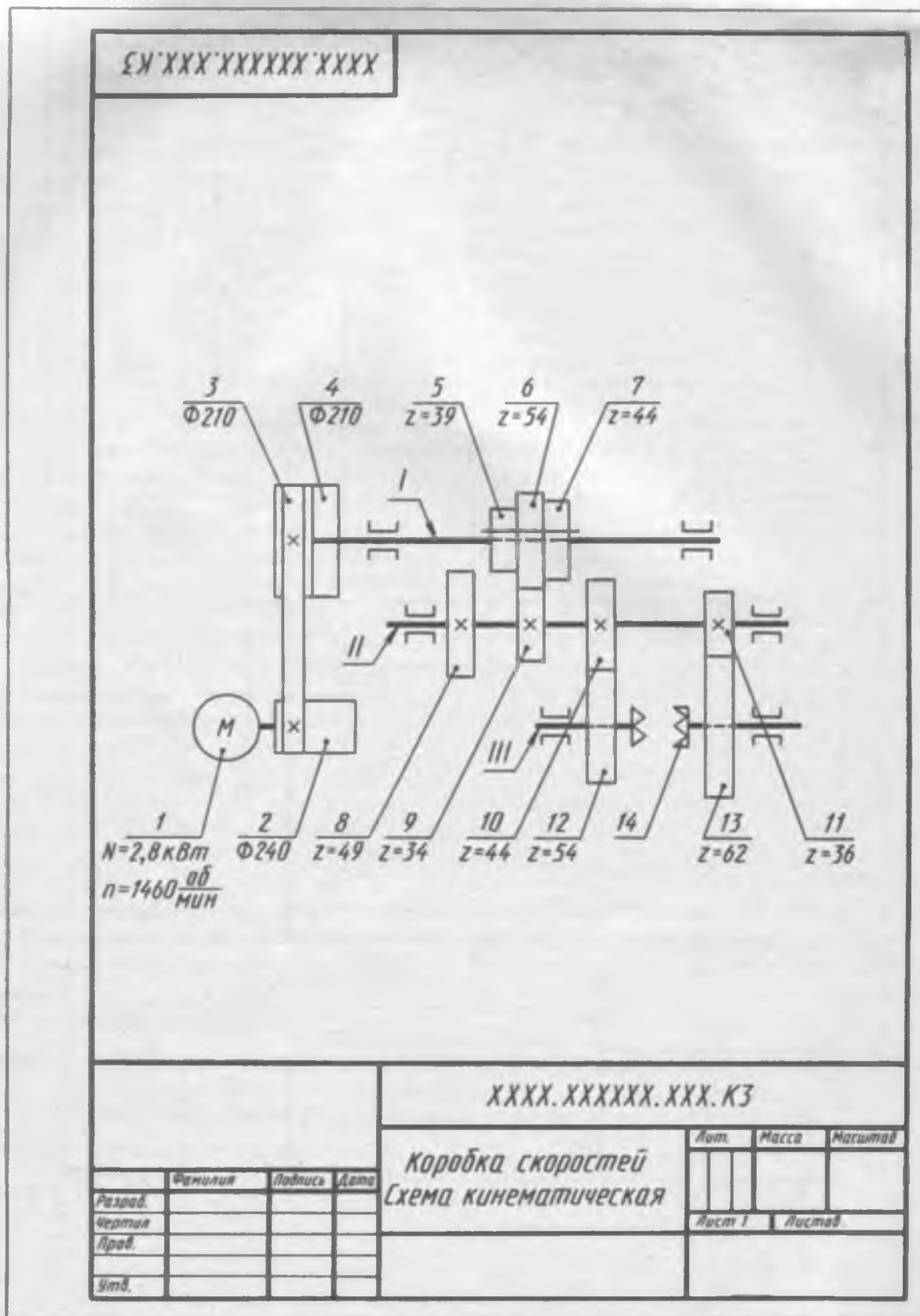


Рис. 339

соответствии с ГОСТ 2.703—75. На кинематической схеме показываются все кинематические элементы изделия, отражаются кинематические связи механического и немеханического типа между различными элементами и группами элементов изделия, показывается связь механизма с двигателем.

Элементы кинематических схем обозначаются условно по ГОСТ 2.770—75. К кинематическим элементам относятся валы, оси, подшипники, муфты, тормоза, шкивы, зубчатые колеса, ременные, червячные передачи и т. п.

Кинематическая схема вычерчивается в виде развертки и не дает пространственного (объемного) расположения составных частей изделия. При сложной пространственной кинематике схему рекомендуется изображать в аксонометрических проекциях.

На кинематической схеме можно расположить схему другого вида, непосредственно влияющую на работу изделия.

Каждому кинематическому элементу присваивают порядковый номер, начиная от двигателя. Порядковый номер проставляют на полке линии-выноски, а под полкой указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента. Валы нумеруют римскими цифрами, остальные элементы — арабскими цифрами.

Условные знаки на схемах вычерчивают, не придерживаясь масштаба изображения. Однако при повторении одних и тех же знаков выполнять их нужно одинаковыми. Соотношение размеров условных знаков должно примерно соответствовать действительному соотношению их размеров.

Взаимное расположение элементов на кинематической схеме должно соответствовать исходному, среднему или рабочему положению исполнительных органов. Крайние положения движущихся элементов показывают тонкими штрихпунктирными линиями.

Валы, оси, стержни на кинематических схемах изображают сплошными основными линиями толщиной s ; элементы, изображенные внешними очертаниями, зубчатые колеса, червяки, звездочки, шкивы, кулачки — сплошными линиями толщиной $s/2$; контур изделия, в который вписана схема, — сплошными тонкими линиями толщиной от $s/3$ до $s/2$.

На кинематических схемах допускается указывать наименования каждой группы

элементов, имеющей определенное функциональное значение; основные характеристики и параметры кинематических элементов (для двигателя — тип, мощность, число оборотов; для зубчатых колес — число зубьев и модуль и т. д.); справочные и расчетные данные в виде графиков, диаграмм, таблиц.

Если в схеме есть зубчатые передачи, то колеса считаются как бы прозрачными, и условно предполагается, что они не закрывают друг друга.

Читать кинематическую схему начинают от двигателя, выявляя последовательно по условным обозначениям каждый элемент кинематической цепи, устанавливая его назначение и характер передачи движения.

Чтение схемы рекомендуется начинать с изучения паспорта данного механизма.

На рис. 339 изображена кинематическая схема коробки скоростей токарного станка.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите виды изделий.
2. Что называется специфицированным изделием?
3. В чем разница между чертежом общего вида изделия и его сборочным чертежом?
4. Каковы особенности выполнения сборочных чертежей?
5. Какие условности и упрощения применяются при выполнении сборочного чертежа изделия?
6. В какой последовательности нужно выполнять сборочный чертеж с натуры?
7. Какие размеры проставляют на сборочных чертежах?
8. Что собой представляет спецификация? Как она заполняется?
9. Как наносят номера позиций на сборочных чертежах?
10. Какова последовательность чтения сборочного чертежа?
11. Что понимают под детализированием сборочного чертежа?
12. Как выбирается главный вид детали при выполнении ее рабочего чертежа по чертежу сборочному?
13. Как определяются размеры элементов детали при детализировании?
14. Что понимают под «согласованием размеров сопряженных деталей»?
15. Как определяется шероховатость поверхностей деталей при детализировании?
16. Какой документ называется схемой?
17. Какие виды и типы схем вы знаете?
18. Какие требования предъявляет стандарт к оформлению схем?
19. Каковы особенности выполнения электрических схем?
20. Каковы назначение и последовательность выполнения кинематических схем?

ГЛАВА X. МЕХАНИЗАЦИЯ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ. РАЗМНОЖЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

В век научно-технической революции, принесшей современные машины, уникальные станки, автоматические линии, космические аппараты, техническая документация зачастую составляет вручную, что задерживает работу основного производства.

Сроки выпуска новых машин, осуществление разнообразных проектов в большой степени зависят от скорости размножения технической документации. Удлинение сроков работ приводит к моральному старению технических решений.

Отсутствие совершенной чертежно-конструкторской техники снижает производительность труда конструкторов и чертежников. Зачастую не используются из-за неосведомленности существующие средства механизации выполнения чертежно-конструкторских работ.

В настоящее время остро встала проблема механизации и автоматизации чертежно-конструкторских работ. Большие перспективы в решении этой проблемы открывают кибернетика и счетно-решающие машины. В настоящее время с помощью ЭВМ решают задачи инженерной графики, конструкторские задачи по созданию целых узлов станков.

§ 51. Приспособления и приборы для механизации графических работ

К *чертежным приборам* относятся чертежные средства, которые осуществляют направление движения пишущего устройства. К ним относятся специальные треугольники: для построения углов (рис. 340), для штриховки (рис. 341) и т. д., лекала (рис. 342), штриховальные приборы, механизированные «плавающие» рейшины (рис. 343), трафареты (рис. 344), чертежные приборы пантографной (рис. 345) и координатной (рис. 346) систем, приборы для стирания карандашных линий (рис. 347), для заточки карандашей и выполнения надписей на чертежах (рис. 348).

В чертежных приборах направление движения пишущего устройства осуществляется самим чертежным прибором, который несет в себе информацию о линии.

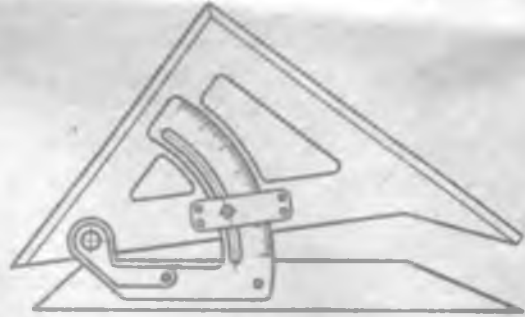


Рис. 340

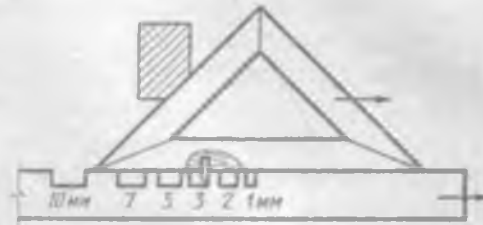


Рис. 341



Рис. 342

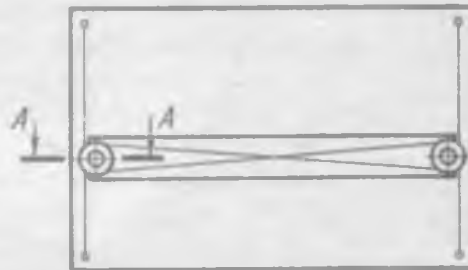
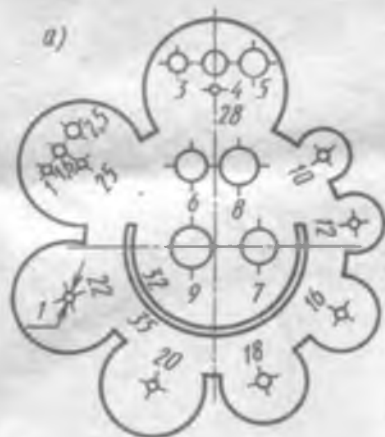


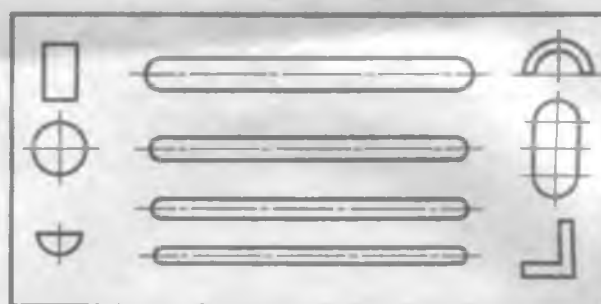
Рис. 343

Существуют *преобразующие чертежные приборы и машины*, которые позволяют по комплексному чертежу построить наглядное изображение (аксонометрию, перспективу и т. д.) предмета. Конструкция этих приборов обеспечивает выполнение логических операций по геометрическому преобразованию



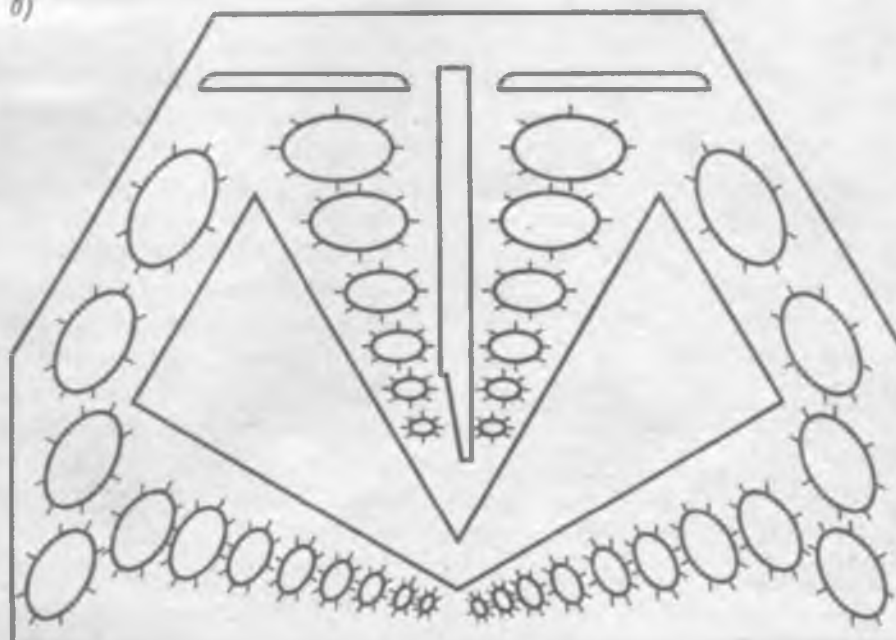
для обводки дуг

б)



для стирания линий

в)



для построения изометрии

Рис. 344

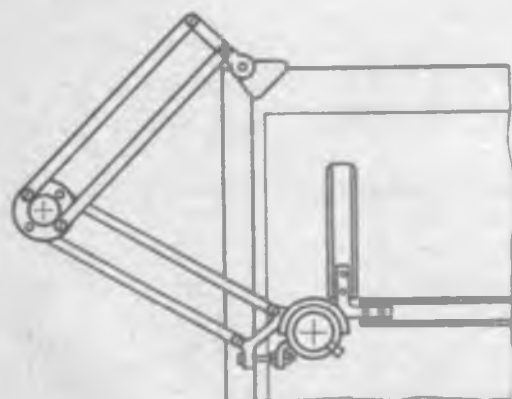


Рис. 345

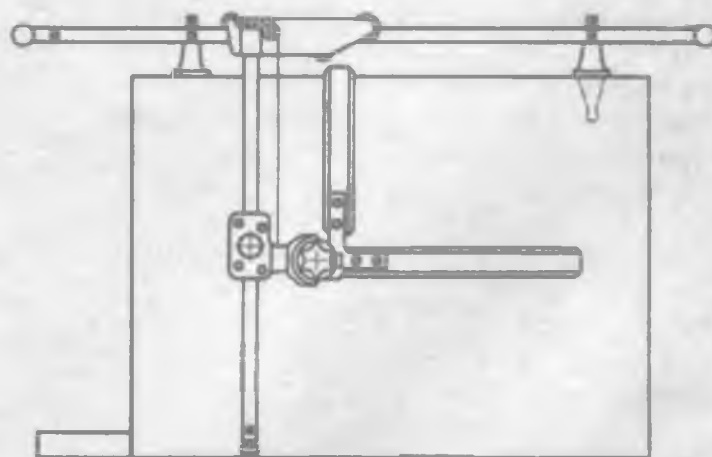


Рис. 346



Рис. 347

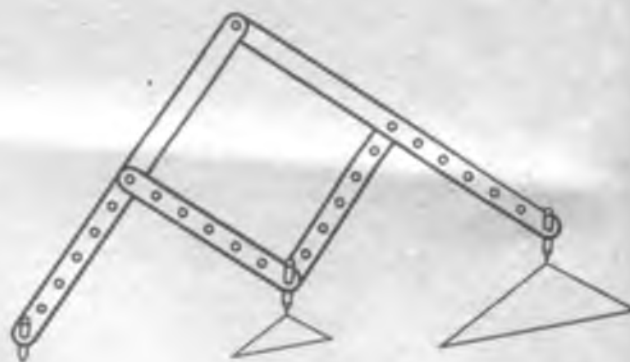


Рис. 350

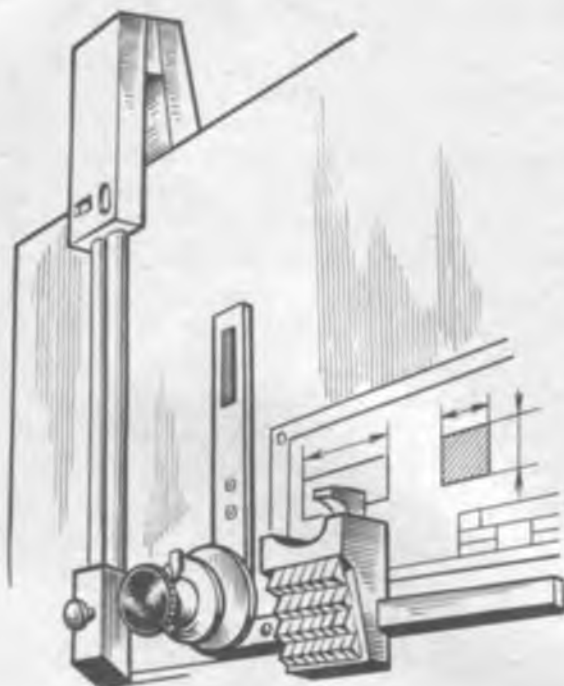


Рис. 348

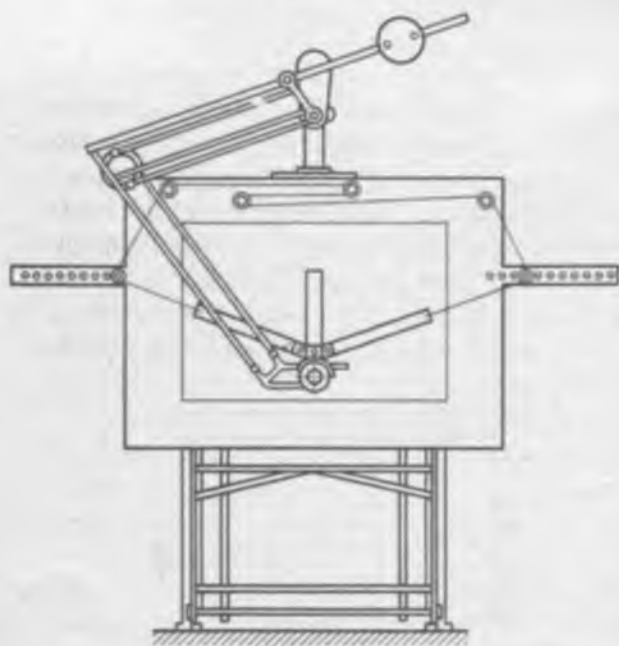


Рис. 349

точек или линий. Все приборы или машины для преобразования проекций можно разбить на три группы:

перспектографы — для вычерчивания центральных проекций (рис. 349);

аффинографы — для вычерчивания параллельных проекций по методу аффинных преобразований (рис. 350);

аксонографы — для вычерчивания аксонометрических проекций (рис. 351).

Для обработки информации, поступающей в виде графиков, используются *геометрические математические приборы*. Они позволяют оперировать с графически заданными величинами, не зная их аналитического выражения. Существуют такие математические приборы:

координатографы — для нанесения точек по координатам;

дериваторы — для построения касательных в данной точке кривой;

планиметры — для определения площади фигуры;

интегриметры — для обработки результатов научных исследований, полученных в виде графиков и криволинейных фигур;

курвиметры — для подсчета длины сложной кривой;

чертежные приборы для вычерчивания математических кривых одного вида, но с разными параметрами.

§ 52. Автоматические чертежные машины

В настоящее время существует очень большой разрыв между уровнем механизации и автоматизации производственных процессов и конструкторского труда. Требуется изменить принцип проведения проектно-конструкторских работ, что достигается разработкой и внедрением средств автома-

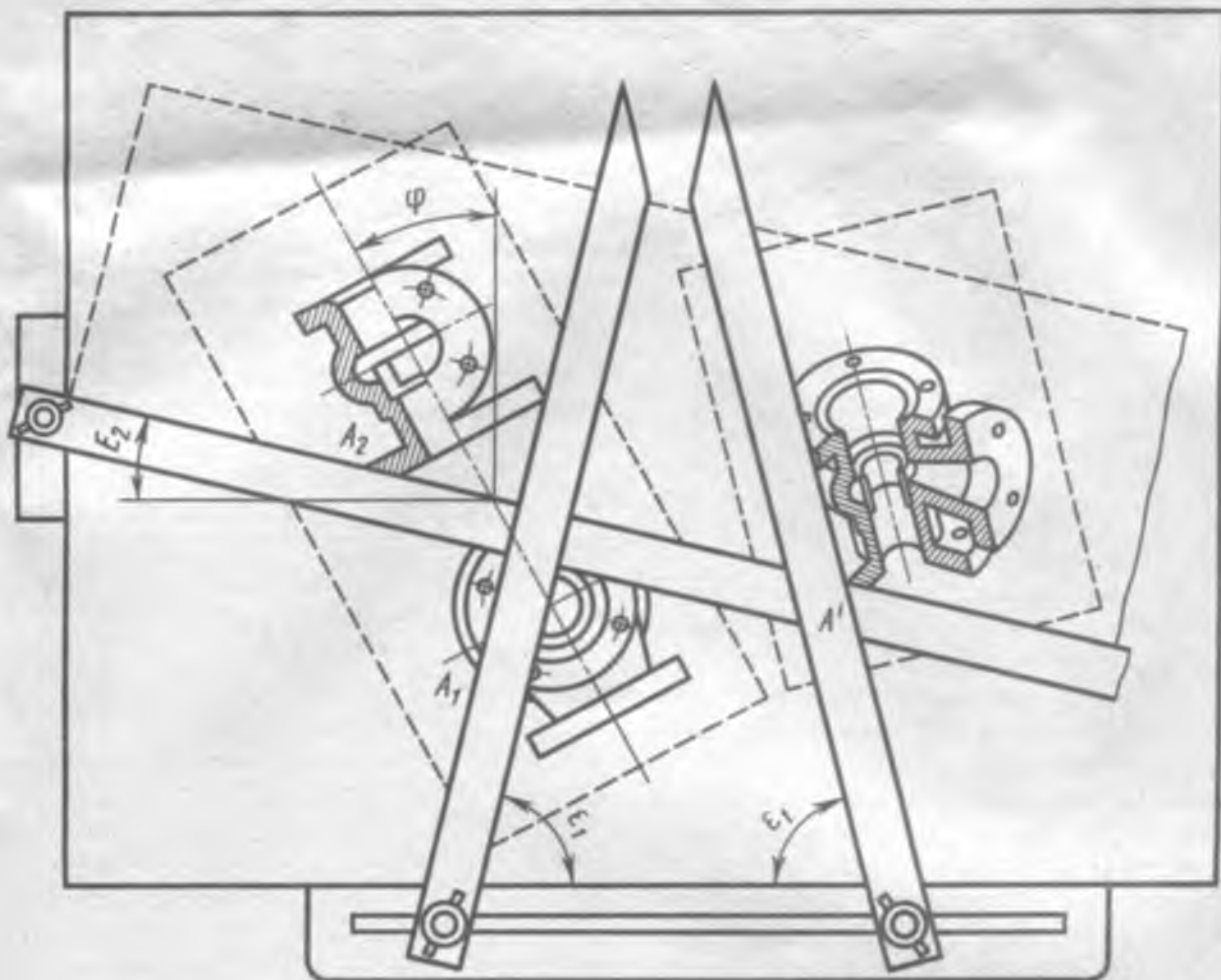


Рис. 351

тизации проектирования и систем машинной графики «автоматических чертежников».

Автоматические чертежные машины представляют собой наиболее совершенный класс чертежно-графических средств, обладающих высокой производительностью и способностью выполнять графические операции.

Они помогают проектировщику выбирать оптимальные варианты конструкций, освобождая его от утомительного однообразного труда.

Графическая задача в виде чертежа

преобразуется в цифровой код, «понятный» для ЭЦВМ. Для этого машина оборудуется дополнительным устройством, которое без участия человека выполняет эту работу. Наиболее трудоемкой операцией для автоматизации графические работы является составление алгоритма и его реализация на машине. Результаты решения на ЭЦВМ выдаются в цифровой форме. Значит, чтобы получить ответ в виде чертежа, на выходе машины предусматривается преобразовать цифровые величины в аналоговые. Принципиальная схема (рис. 352) установки для графического решения задач была разрабо-

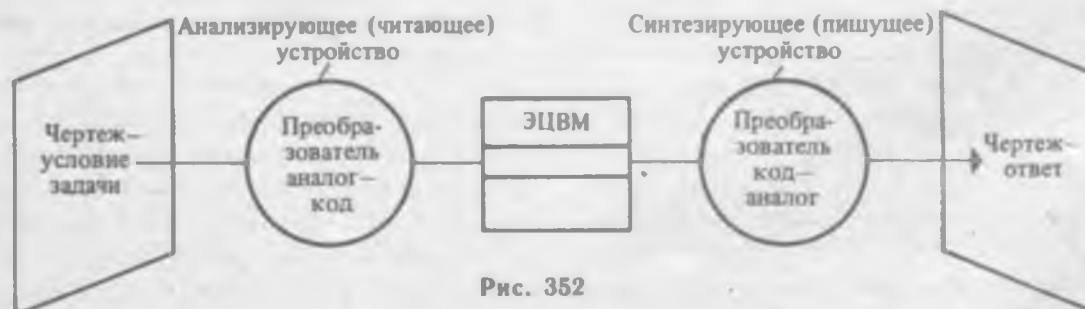


Рис. 352

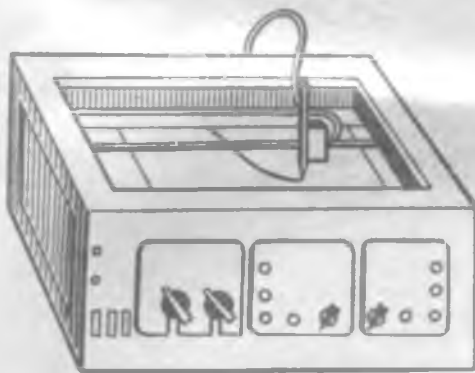


Рис. 353

тана С. А. Фроловым в МВТУ им. Н. Э. Баумана.

В запоминающее устройство машины на языке программирования закладываются следующие группы данных:

справочные данные общего типа, необходимые при разработке проекта в зависимости от отрасли техники;

программы для вычислений и расчетов, например расчеты на прочность, определение деформаций и т. п.;

программы графических построений: построение ортогональных проекций, изменение их масштаба, преобразование комплексного чертежа в аксонометрию, выполнение разрезов и сечений, нанесение размеров, написание текста и др.;

справочные данные о стандартизованных элементах, деталях и сборочных единицах.

На выходе ЭВМ имеется экран специальной электронно-лучевой трубки (дисплей), на котором в любой момент можно вызвать изображение. С машиной можно вести «диалог»: запрашивать данные об аналогичных разработках, выполнять отбор выданных машиной материалов, вносить изменения. Когда полученные данные будут соответствовать поставленной задаче, их можно непосредственно с дисплея сфотографировать и в течение нескольких минут размножить.

ЭВМ в режиме разделения времени может работать несколько дисплеев. Все конечные результаты и данные по каждой принятой конструкции машина хранит в своей памяти. Эти данные могут быть преобразованы в сигналы, управляющие перемещением чертежных головок *графопостроителей* (рис. 353), которые выполняют построения непосредственно на чертежной бумаге.

Автоматизация проектирования способствует более полному использованию унифицированных изделий в составе проектируемого объекта. При этом можно определить наилучший вариант компоновки изделия, выбрать и рассчитать отдельные конструкции, определить форму сопрягаемых поверхностей и их шероховатость, выбрать необходимые материалы.

§ 53. Методы увеличения производительности чертежного труда

Выполнение чертежей с помощью *аппликаций* (заранее заготовленных изображений типовых, унифицированных, часто применяемых изделий, деталей и элементов, схем, надписей и т. д.) значительно сокращает сроки выполнения документации. На разрабатываемый чертеж наносятся аппликации, а вычерчивают только то, что создается заново.

Широко используются *бланки-чертежи*, на которых изображено изделие с размерными линиями, но без размеров. Составляют бланки-чертежи на ненормализованные детали, например на стаканы для подшипников, промежуточные кольца, пуансоны, матрицы и т. п.

Чертежи можно монтировать на *магнитных планировочных досках*. Лист закрепляют на стальной планировочной доске, на нем расставляют необходимые макеты из магнитной стали или резины. Выбранная планировка фотографируется. Если под лист положить светокопировальную (диазотипную) бумагу и осветить установку ртутными лампами, то после проявления в парах аммиака можно получить чертеж.

Чертежи простых деталей могут быть заменены *символическими записями*, хорошо понятными и конструктору, и рабочему, и

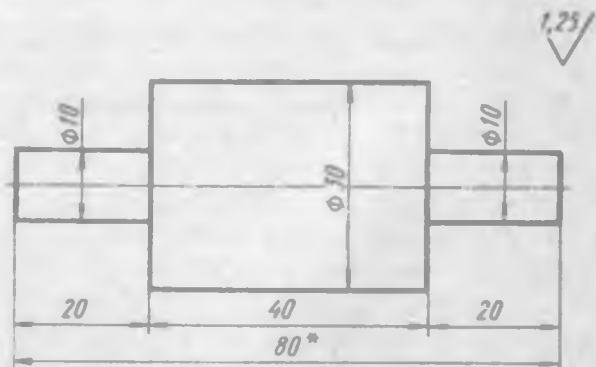


Рис. 354

машине. Например, чертеж ступенчатого валика (рис. 354) может быть записан в виде формулы

$$1,25 \sqrt{\left(\frac{120^2}{\Phi 10^2} + \frac{140^2}{\Phi 10^2} + \frac{120^2}{\Phi 10^2} \right)}$$

Введя обозначения для фасок, проточек, галтелей, резьбы и других элементов детали, можно расширить круг деталей, описываемых с помощью формул.

Символическая запись позволяет заменить чертеж печатным текстом, что особенно важно для составления программы на ЭВМ.

§ 54. Правила учета и хранения чертежей

Правила учета, хранения и обращения конструкторской документации на изделия всех отраслей промышленности устанавливаются ГОСТ 2.501—68.

Все имеющиеся на предприятии подлинники, дубликаты и копии конструкторских документов подлежат учету и хранению в отделе и бюро технической документации.

Подлинники хранят поформатно в порядке возрастания обозначений документов в пределах каждого формата и индекса предприятия-разработчика. Подлинники, выполненные на листах формата меньше 24, хранят в развернутом виде, а выполненные на листах формата 24 и более — в свернутом виде на скалки. *Складывать подлинники нельзя.*

Копии документов (архивные, контрольные и рабочие) хранятся россыпью, в папках или альбомах, имеющих соответственно надписи *Архивный экземпляр*, *Контрольный экземпляр* и т. п. Все копии (листы, папки, альбомы) подлежат учету.

В архивные копии изменения не вносят. При хранении россыпью (полистно) копии складывают на формат А4, а копии, помещенные в альбом или папки, складывают на формат А4 или А3. При складывании листов копий «гармоникой» соблюдают следующие правила:

листы складывают изображением наружу так, чтобы основная надпись оказалась на верхней лицевой стороне сложенного листа, в правом нижнем углу (рис. 355);

листы сгибают сначала по линиям, перпендикулярным основной надписи, а затем по линиям, параллельным ей;

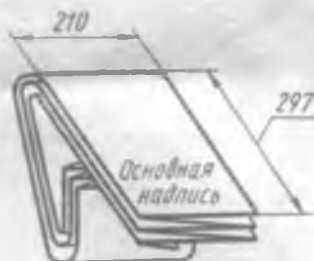


Рис. 355

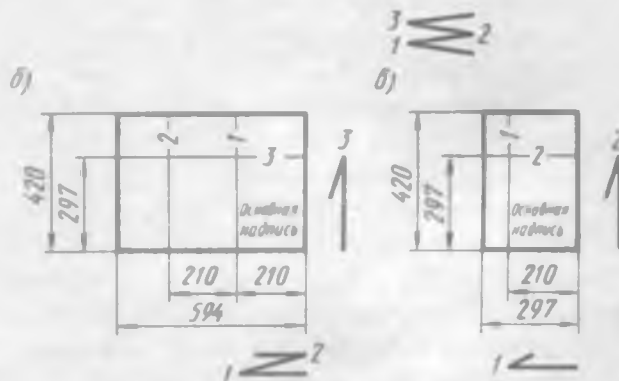
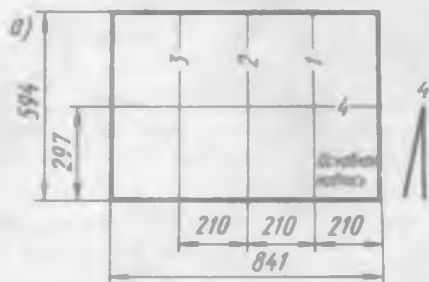


Рис. 356

листы, не предназначенные для брошюровки, складывают, как показано на рис. 356;

листы, предназначенные для брошюровки, складывают в последовательности, как показано на рис. 357 цифрами на линиях сгибов.

Примеры складывания листов на формат А3 указаны на рис. 358. У листов отгибают левый угол.

Комплектация копий в папки (альбомы) производится в такой последовательности:

спецификация изделия;

документы основного комплекта в порядке их записи в спецификации;

спецификация составных частей изделия и документы основного комплекса составных частей изделия в порядке их записи в спецификации;

чертежи деталей, записанные в спецификации основного изделия и всех его составных частей (в порядке возрастания обозначений).

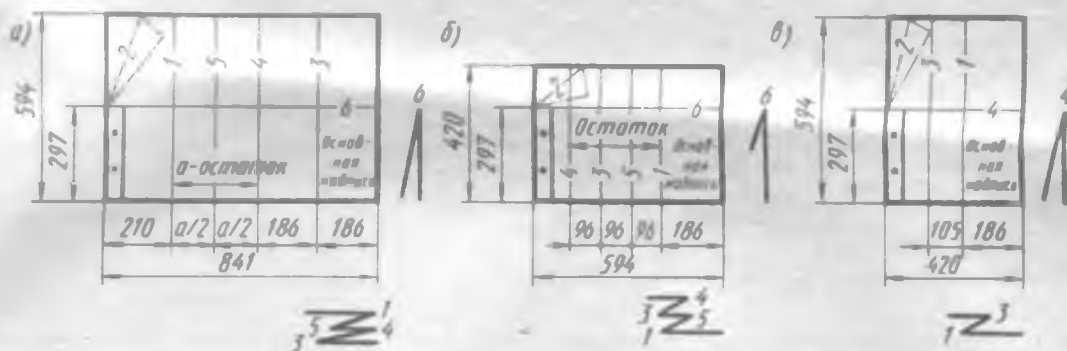


Рис. 357

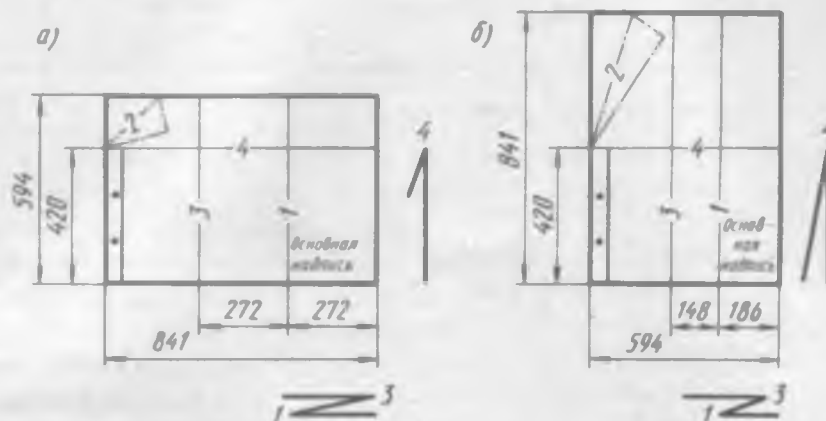


Рис. 358

§ 55. Размножение чертежей

ГОСТ 2.502—68 устанавливает виды дубликатов в зависимости от способа их изготовления:

фотодубликаты, изготовленные на фотокальке, фототехнической пленке в позитивном изображении в масштабе подлинника;

электродубликаты, изготовленные электрографическим способом в позитивном изображении на бумажной кальке или другом материале с прозрачной основой в масштабе подлинника;

диазодубликаты, изготовленные на диазоскальке в позитивном изображении в масштабе подлинника.

Дубликатами являются также микрофильмы, изготовленные на фотопленке (с негорючей основой) в негативном или позитивном уменьшенном изображении.

Рабочие копии чертежей получают теми же методами, что и дубликаты.

Светокопирование на диазобумагу осуществляется при освещении совмещенных листов подлинника (или дубликата) и диазобумаги, на которой получается скрытое изображение, проявляемое в парах аммиака.

При этом подлинники или дубликаты должны быть выполнены на кальке, прозрачной бумаге, прозрачных пластинах и т. п.

Контактное размножение на фотокальке или рефлексной бумаге выполняют на специальных установках по схеме (рис. 359).

Проявление и закрепление осуществляется в проявочных машинах или бачках. Существуют светокопировальные аппараты (СКА, KVS-100), в которых печатание, проявление и сушка осуществляются непрерывно и одновременно.

Микрофотокопирование применяется для получения фотографическим путем уменьшенных изображений оригиналов и изготовления с них копий нужных размеров. Микрофотокопии получают на установках РУСТ, НМ, «Старт» и др.

Электрография основана на свойстве фотополупроводниковых материалов (селена или окиси цинка) быть в темноте диэлектриками, а при освещении становиться проводниками. Электростатические заряды при освещении уходят в глубь светочувствительного слоя, в результате чего образуется потенциальный рельеф, соответствующий проецируемому на этот слой изображению.

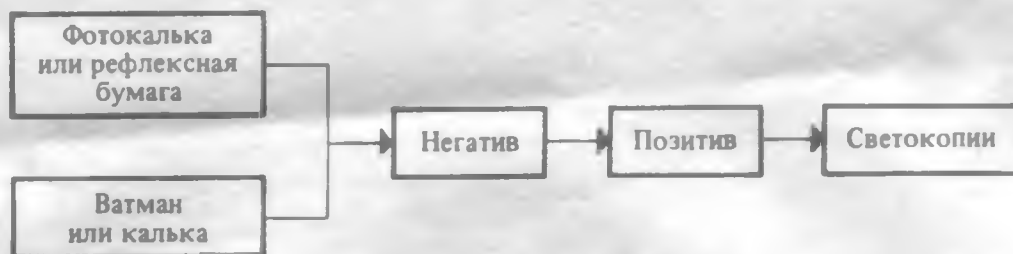


Рис. 359

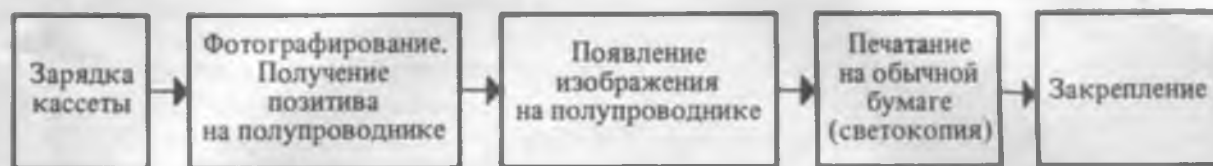


Рис. 360

Последовательность операций при получении копий электрографией показана на рис. 360.

Наиболее распространенными электрографическими машинами являются аппараты ЭРА, РЭМ и ЭФКА.

Термокопирование основано на свойстве термочувствительных материалов изменять свое состояние под действием инфракрасных лучей. Термокопии получают с оригинала, выполненного тушью, черным карандашом, отпечатанного на машинке или типографским способом. Термокопировальная бумага может давать копии разных цветов. Линии чертежа поглощают теплоту в большей степени, чем светлая бумага. Под действием теплоты в термочувствительном слое бумаги происходит мгновенная избирательная реакция, в результате которой получается изображение — копия чертежа.

Ксерография основана на поверхностной электризации полупроводниковых, фотопроводящих слоев. Ксерограф выполняет печать с двух сторон листа. На одну и ту же поверхность бумаги можно многократно наносить изображения, что позволяет печатать многоцветные чертежи и рисунки.

Оперативная (безнаборная) полиграфия включает в себя печать офсетную, трафаретную и гектографическую.

Офсетная печать дает изображения на бумаге с помощью промежуточной резиновой поверхности. Печатная форма для офсетной печати представляет собой металлическую или бумажную пластинку с нанесенным на ней изображением. Эта пластинка химически обрабатывается, в результате чего печатающие элементы (линии чертежа) становятся восприимчивыми к жирной крас-

ке, а белая поверхность — к поглощению воды. В процессе печатания форму попеременно смачивают водой и закатывают краской. Весь процесс печатания осуществляется на малогабаритной офсетной машине — ротапринте. В ротапринте происходит двукратная передача изображения: с печатной формы на офсетный цилиндр, покрытый резиной, а уже с резины — на бумагу, т. е. бумага не входит в контакт с печатной формой.

Трафаретная печать осуществляется на ротаторах, где изображение получается с помощью трафарета, через мелкие отверстия которого продавливается краска на печатный материал.

Гектографическая печать — наиболее простой и дешевый способ получения копий, при котором передача изображения с печатной формы на бумагу происходит за счет частичного растворения красителя печатной формы этиловым спиртом.

§ 56. Внесение изменений в техническую документацию

ГОСТ 2.503—74 устанавливает порядок внесения изменений в чертежи и другие конструкторские документы.

Вносить изменение в конструкторские документы имеет право только предприятие — держатель подлинников. Изменения вносятся на основании «Извещения об изменении», утвержденного в установленном порядке. Исключение представляют случаи, когда в документе обнаружена явная ошибка, задерживающая нормальный ход производства. В этом случае немедленно изменения вносятся в копию за подписью ответст-

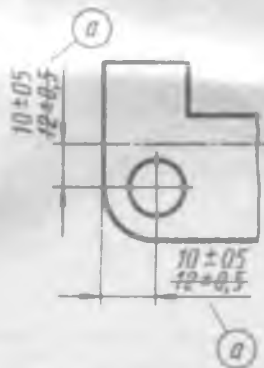


Рис. 361

венного лица, а «Извещение об изменении» выпускается потом.

Изменения вносят следующим образом: изменяемые размеры, слова, знаки зачеркивают сплошными тонкими линиями так, чтобы их можно было прочесть (рис. 361), и в непосредственной близости от зачеркну-

того проставляют новые данные. Около изменения на поле чертежа в кружке диаметром 5...8 мм пишут литеру — строчную букву русского алфавита. От кружка проводят тонкую линию в сторону изменения. Внесенные изменения указываются в таблице изменений основной надписи чертежа, где пишут литеру изменения, номер «Извещения об изменении» и подпись лица, внесшего изменение в документ.

Если заменяется изображение, то его перечеркивают и выполняют заново. Над вновь выполненным изображением делается надпись по типу: «Взамен зачеркнутого», «Вид сверху» и т. п.

От одного кружка с литерой можно проводить несколько линий к участкам, изменение которых проведено под одной литерой.

Более подробные правила внесения изменений см. в ГОСТ 2.503—74.

Оформление чертежей: А3, Б4, В3, Г2, Д4, Е4, Ж3, И2, Е1.

Комплексный чертеж точки: А3, Б3, В4, Г2, Д1, Е1, Ж3, И4, К2, Л4.

Взаимное расположение двух прямых: А3, Б3, В4, Г3, Д4, Е3, Ж2.

Задание плоскости на чертеже: А3, Б2, В3, Г2, Д4, Е2, Ж2, И4.

Поверхности: А2, Б4, В4, Г2, Е2, Д2, Ж3, И2.

Преобразование чертежа: А2, Б3, В2, Г4, Д2, Е3, Ж2.

Позиционные задачи:

карта № 1: А3, Б2, В3, Г3, Д2, Е3.

карта № 2: А3, Б4, В2, Г4, Д4, Е3.

карта № 3: А1, Б3, В4, Г3, Д3.

Метрические задачи: А2, Б3, В4, Г1, Д2, Е4.

Аксонметрические проекции: А4, Б2, В3, Г2, Д3, Е2.

Виды, разрезы: А1, Б3, В4, Г1, Д4, Е2.

Разрезы, сечения: А4, Б2, В2, Г3, Д3, Е4, Ж4.

Изображение и обозначение резьбы: А1, Б3, В4, Г3, Д2, Е3, Ж2.

Резьбовые изделия и соединения: А3, Б1, В3, Г2, Д4, Е2.

Соединение деталей: А2, Б3, В3, Г1, Е4, Д2.

Зубчатые передачи, пружины: А2, Б3, В1, Г2, Д3, Е3.

Чертежи деталей: А2, Б3, В4, Г2, Д1, Е2, Ж4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. М., 1980.

2. Бабулин Н. А. Построение и чтение машиностроительных чертежей. М., 1974.

3. Баталов Н. М., Малкин Д. М. Технические основы машиностроительного черчения. М., 1962.

4. Боголюбов С. К., Воинов А. В. Машиностроительное черчение. М., 1974.

5. Борисов Д. М. и др. Черчение. М., 1980.

6. Бубенников А. В., Громов М. Я. Начертательная геометрия. М., 1973.

7. Власов М. П. Инженерная графика. М., 1979.

8. Вяткин Г. П. и др. Машиностроительное черчение. М., 1977.

9. Колотов С. М. Начертательная геометрия (с элементами программирования). Киев, 1975.

10. Котов И. И. Начертательная геометрия. М., 1970.

11. Королевич А. И. Геометрия графического изображения. Львов, 1968.

12. Кузнецов Н. С. Начертательная геометрия. М., 1969.

13. Матвеев А. А., Борисов Д. М. Черчение. М., 1980.

14. Посвянский А. Д. Краткий курс начертательной геометрии. М., 1970.

15. Порсин Ю. Я. Аксонометрические изображения машиностроительных деталей. Л., 1976.

16. Розов В. С. Курс черчения с элементами автоматизированного контроля. М., 1980.

17. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. Киев, 1970.

18. Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. Л., 1981.

19. Фролов С. А. Начертательная геометрия. М., 1978.

20. Фролов С. А. Методы преобразования ортогональных проекций. М., 1970.

21. Хаскин А. М. Черчение. Киев, 1980.

22. Четверухин Н. Ф. и др. Курс начертательной геометрии. М., 1968.

23. Шитов В. М. Механизация чертежно-конструкторских работ. М., 1966.

24. Якубенко В. С. Техническое черчение с задачами. Минск, 1971.

25. ГОСТы ЕСКД. М., 1980.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аксонометрия 76
- База размерная 126
- Вид 82
— главный 82
— дополнительный 83
— местный 83
Вращение вокруг
— линии уровня 51
— проецирующей оси 49
- Гайка 105
- Деталирование 153
Деталь 97
— литая 131
Диаметр
— резьбы наружный 97
Диметрия 76, 90
- Единица сборочная 141
ЕСКД 5
- Знак
— диаметра 14
— квадрата 14
— конусности 14
— радиуса 14
— уклона 15
- Изображение
— резьбы 99
Изометрия 76, 85
- Колесо зубчатое 118
Координатная ломаная 28
Коэффициенты искажения 76, 77
- Линия 35
— винтовая цилиндрическая 36
— очерковая 40
— перехода 63
— среза 58
— уровня 38
- Масштаб 8
Меридиан 44
Модуль зубчатого колеса 118
- Надпись основная 8
Направляющая поверхности 40
Номера позиций 144, 145
Обмер детали 138
Обозначение
— видов 82
— материалов 124
— разрезов 87
— сечений 92
Очерк 41
- Параллель 44
- Перемещение плоскопараллельное 50
Плоскость 36
Поверхность 40
— винтовая 43
— вращения 43
— коническая 42, 45
— призматическая 41
— соосная 60
— цилиндрическая 42, 45
Призма 42
Профиль резьбы 97
Пружина 120, 145
Прямая 30
- Развертка поверхности 72
— конической 72, 73
— цилиндрической 75
Размеры
— габаритные 127, 144, 145
— свободные 126
— сопрягаемые 126
— установочные 127, 144
— фасок 15
Разрез 86
— вертикальный 86, 88
— горизонтальный 86
— ломаный 87
— местный 87, 88
— наклонный 86, 88
— простой 86
— сложный 86
— ступенчатый 87
Резьба 97, 100
— коническая дюймовая 99
— метрическая 98
— многозаходная 97
— прямоугольная 99, 108
— трапецидальная 98, 108
— трубная цилиндрическая 98
— упорная 98, 108
- Сварка 113
Сечение 91
— вынесенное 91, 92
— наложенное 91, 92
— наклонное 92
Соединение
— болтовое 106
— винтами 107
— зубчатое 110, 111
— неразъемное 110, 113
— пайкой 113, 115
— сварное 113
— трубное 108
— шпилечное 107
— шпоночное 110, 111
Спецификация 147, 155
- Таблица параметров зубчатых колес 119
Теорема Монжа 62
Точка 25
- конкурирующая 31
— опорная 56
- Уклон 14
Уплотнения сальниковые 146
- Форматы чертежей 8
Фронталь
— плоскости 38
- Ход резьбы 97, 101
- Чертеж 21
— детали (рабочий) 123, 157, 158, 159
— сборочной единицы 142, 148, 155
- Шаг
— зацепления 118
— резьбы 97, 100
Шайба 105
Шероховатость поверхности 129, 155
Шестерня 118
Шпилька 104
Шпонка 111
Шрифт 11
Штриховка 89, 100
- Экватор 44
Элемент выносной 94
Эскиз 135

	Стр.	Стр.
Предисловие	3	Вопросы для самопроверки 51
Введение	4	Карта программированного контроля по теме «Преобразование чертежа» 52
Глава I. Основные сведения по выполнению графических работ	7	Глава III. Задачи позиционные и метрические 53
§ 1. Материалы, инструменты и их применение	7	§ 23. Позиционные задачи 53
§ 2. Оформление чертежей	8	Вопросы для самопроверки 63
§ 3. Некоторые геометрические построения	15	Карта № 1 программированного контроля по теме «Позиционные задачи» 64
Вопросы для самопроверки	19	Карта № 2 программированного контроля по теме «Позиционные задачи» 65
Карта программированного контроля по теме «Оформление чертежей»	20	Карта № 3 программированного контроля по теме «Позиционные задачи» 66
Глава II. Теоретические основы построения чертежа	21	§ 24. Метрические задачи 67
§ 4. Основные элементы пространства и отношения между ними	21	Вопросы для самопроверки 70
§ 5. Метод проекций	21	Карта программированного контроля по теме «Метрические задачи» 71
§ 6. Свойства проекций	22	§ 25. Развертки поверхностей 72
Вопросы для самопроверки	24	Вопросы для самопроверки 75
§ 7. Комплексный чертеж точки	25	Глава IV. Аксонометрические проекции 76
§ 8. Замена плоскостей проекций	26	§ 26. Аксонометрические проекции 76
§ 9. Прямоугольные координаты точки	28	Вопросы для самопроверки 80
Вопросы для самопроверки	28	Карта программированного контроля по теме «Аксонометрические проекции» 81
Карта программированного контроля по теме «Комплексный чертеж точки»	29	Глава V. Изображение предметов 82
§ 10. Комплексный чертеж прямой	28	§ 27. Виды 82
§ 11. Определение натуральной величины отрезка	31	§ 28. Разрезы 86
§ 12. Взаимное расположение двух прямых	32	§ 29. Сечения 91
Вопросы для самопроверки	33	§ 30. Условности и упрощения при построении изображений предметов 93
Карта программированного контроля по теме «Комплексный чертеж двух прямых линий»	34	§ 31. Выносные элементы 94
§ 13. Линии	35	Вопросы для самопроверки 94
Вопросы для самопроверки	36	Карта программированного контроля по теме «Виды, разрезы» 95
§ 14. Задание плоскости на чертеже	36	Карта программированного контроля по теме «Разрезы, сечения» 96
§ 15. Линии уровня в плоскости	38	Глава VI. Изображение резьбовых изделий и их соединений 97
Вопросы для самопроверки	38	§ 32. Изображение и обозначение резьбы 97
Карта программированного контроля по теме «Комплексный чертеж плоскости»	39	Карта программированного контроля по теме «Изображение и обозначение резьбы» 102
§ 16. Поверхности	40	§ 33. Изображение и обозначение стандартных резьбовых изделий 103
§ 17. Гранные поверхности и многогранники	41	§ 34. Изображение резьбовых соединений 106
§ 18. Коническая и цилиндрическая поверхности	42	Вопросы для самопроверки 108
§ 19. Торс	43	Карта программированного контроля по теме «Резьбовые изделия и соединения» 109
§ 20. Винтовые поверхности	43	
§ 21. Поверхности вращения	43	
Вопросы для самопроверки	45	
Карта программированного контроля по теме «Поверхности»	46	
§ 22. Способы преобразования комплексного чертежа	47	

Глава VII. Изображение соединений деталей, зубчатых передач, пружин	110	§ 46. Сборочный чертеж	142
§ 35. Разъемные соединения деталей	110	§ 47. Спецификация	147
§ 36. Неразъемные соединения	113	§ 48. Выполнение сборочного чертежа изделий	148
Вопросы для самопроверки	116	§ 49. Чтение и детализирование сборочных чертежей	153
Карта программированного контроля по теме «Соединения деталей»	117	§ 50. Схемы	159
§ 37. Зубчатые передачи	119	Вопросы для самопроверки	163
§ 38. Чертежи пружин	120	Глава X. Механизация графических работ. Размножение и хранение чертежей	164
Вопросы для самопроверки	121	§ 51. Приспособления и приборы для механизации графических работ	164
Карта программированного контроля по теме «Зубчатые передачи. Пружины»	122	§ 52. Автоматические чертежные машины	166
Глава VIII. Рабочие чертежи деталей	123	§ 53. Методы увеличения производительности чертежного труда	168
§ 39. Оформление рабочих чертежей	123	§ 54. Правила учета и хранения чертежей	169
§ 40. Нанесение размеров	125	§ 55. Размножение чертежей	170
§ 41. Обозначение шероховатости поверхностей	129	§ 56. Внесение изменений в техническую документацию	171
§ 42. Чертежи оригинальных деталей	130	Ответы на вопросы карт программированного контроля	173
§ 43. Эскизирование деталей	135	Список литературы	173
Вопросы для самопроверки	139	Предметный указатель	174
Карта программированного контроля по теме «Чертежи деталей»	140		
Глава IX. Изображение изделий	141		
§ 44. Виды изделий, их документация и обозначения	141		
§ 45. Чертеж общего вида	142		

Лагерь Александр Иванович
Колесникова Эрна Антоновна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Зав. редакцией К. И. Аношина. Редактор Л. Н. Чупеева. Младший редактор Н. М. Иванова. Художественный редактор Т. А. Дурасова. Технический редактор З. А. Муслимова. Корректор Л. А. Исаева.

ИБ № 4849

Изд. № ОТ — 425 Сдано в набор 11.01.85. Подп. в печать 23.05.85. Формат 70×100/16. Бум. офсетная. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Объем 14,3 усл. печ. л. 14,63 усл. кр.-отт. 13,94 уч. изд. л. Тираж 100 000 экз. Зак. № 659. Цена 45 коп.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Московская типография № 4. Союзполиграфпром при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 129041, Москва, Б. Переяславская ул., д. 46