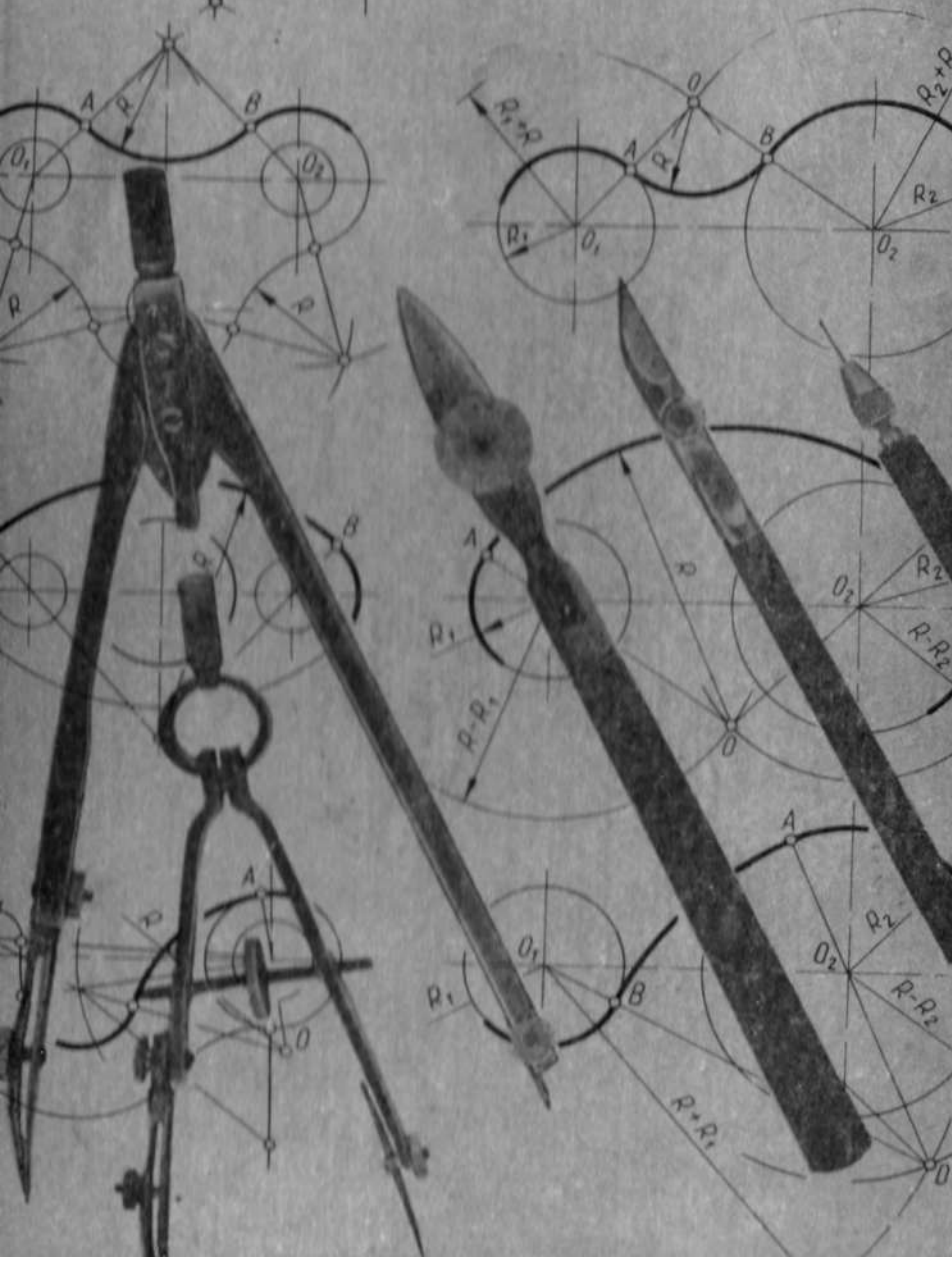


А.М. ХАСКИН

ЧЕРЧЕНИЕ



А. М. ХАСКИН

ЧЕРЧЕНИЕ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Под редакцией канд. техн. наук А. В. БЛИОКА

*Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования УССР
в качестве учебника для учащихся техникумов*

КИЕВ
ГОЛОВНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ИЗДАТЕЛЬСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ
«ВИЩА ШКОЛА»
1979

С огромным подъемом осуществляется в нашей стране программа дальнейшего повышения народного благосостояния, намеченная XXV съездом КПСС. Экономическая стратегия партии, направленная на достижение этой цели, состоит в динамичном и пропорциональном развитии общественного производства, повышении его эффективности, ускорении научно-технического прогресса, росте производительности труда, всемерном улучшении качества работы во всех отраслях народного хозяйства. Все это требует повышения уровня подготовки специалистов высшей и средней технической квалификации, способных успешно выполнять решения съезда, планы десятой пятилетки.

Чертеж, как известно, является международным языком техники. При помощи чертежа инженер или техник передает свои идеи, мысли, а рабочий осуществляет их в изделии. Эффективное и качественное использование современной техники немислимо без отчетливого понимания чертежей, схем и других конструкторских документов.

Задача курса черчения в техникуме — изучить теоретические основы геометрического и проекционного черчения, начертательной геометрии, машиностроительного и строительного черчения, а также приобрести практические навыки выполнения чертежей. Учащиеся должны научиться хорошо понимать и читать чертежи, схемы и техническую документацию. Изучение черчения развивает пространственное представление, логическое мышление и прививает конструкторские навыки будущим техникам.

Учебник составлен в соответствии с программой Министерства высшего и среднего специального образования СССР. Особое внимание уделено проекционному и машиностроительному черчению, имеющим наибольшее значение в конструкторской подготовке. В учебнике использованы Государственные стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и другие стандарты, которые нужны при выполнении и оформлении чертежей. В главе «Машиностроительное черчение» приведены

некоторые сведения по технологии и деталям машин, необходимые для качественного усвоения материала курса «Черчение». В конце каждого параграфа помещены вопросы для самопроверки и карта программированного контроля знаний, дающие возможность закрепить материал.

В настоящем издании (по сравнению с предыдущим, 2-м изданием) имеются некоторые справочные таблицы. В соответствии с утвержденными за 1975—1978 гг. стандартами изменен материал по оформлению чертежей деталей шлицевого соединения, конической и червячной передач, шпильчатого соединения, электрических схем, обозначений материалов. Приведена информация о Единой системе допусков и посадок стран — членов СЭВ (СТ СЭВ 144—75, СТ СЭВ 145—75), внедряемой в настоящее время в качестве системы государственных стандартов СССР. Новый материал для третьего издания написал канд. техн. наук А. В. Блюк.

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 252054, Киев, 54, Гоголевская, 7, Головное издательство издательского объединения «Вища школа».

§ 1. ЧЕРТЕЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ

Бумага (ГОСТ 597—73). Для чертежей и рисунков употребляют чертежную бумагу. Одна сторона этой бумаги гладкая, другая — шероховатая. На гладкой стороне чертят, на шероховатой — рисуют. Для копирования чертежей и последующего изготовления светокопий применяется тонкая прозрачная бумага — калька. Схемы, диаграммы, графики и эскизы выполняют на миллиметровой или обычной писчей бумаге.

Карандаши. От правильного выбора и умелого пользования чертежными карандашами в значительной мере зависят наглядность и выразительность чертежей. Чертежные карандаши марки «Конструктор» бывают мягкие, твердые и средней твердости. Мягкие карандаши маркируют М, 2М, ..., 6М (возрастание цифры перед буквой «М» соответствует увеличению степени мягкости графита карандаша). Карандаши средней твердости обозначают марками ТМ или МТ. Твердые карандаши маркируют Т, 2Т, ..., 7Т (по мере возрастания твердости увеличивается цифра перед буквой «Т»). Для чертежных работ пригодны и цанговые карандаши (ГОСТ 19445—74) со стержнями различной твердости.

Правильно оцифрованный карандаш имеет форму конуса высотой приблизительно (25 ... 30) мм, конец графита выступает из оправы на (6 ... 8) мм (рис. 1, а). Затачивают карандаш и в форме плоской лопатки для получения при обводке чертежей линий одинаковой толщины.

Любой карандаш оцифруют с конца, не имеющего маркировки.

После заточки и во время работы графитовый стержень карандаша шлифуют на мелкой наждачной бумаге № 0 и № 00. Бумагу рекомендуется наклеить на дощечку или картон (рис. 1, б).

Чертежные доски изготавливают из мягких сортов дерева — липы или тополя. С боковых сторон доска окаймляется дубовыми брусками на шпунтах (рис. 2, а). Наиболее распространенные размеры досок — 700 × 1000 мм; 500 × 700 мм и 350 × 500 мм (ГОСТ 6671—70).

Рейшина (ГОСТ 7286—68) — это деревянная линейка размерами от 560 × 50 × 2 мм до 1320 × 60 × 2,5 мм, к одному концу которой прикреплены две поперечные планки (рис. 2, б). Нижняя планка рейшины неподвижна, верхнюю можно поворачивать, устанавливая под нужным углом. На чертежную доску рейшину кладут так, чтобы планка была плотно прижата к торцу доски.левой рукой рейшину перемещают вверх или вниз на требуемое расстояние, а правой рукой при этом проводят параллельные линии.

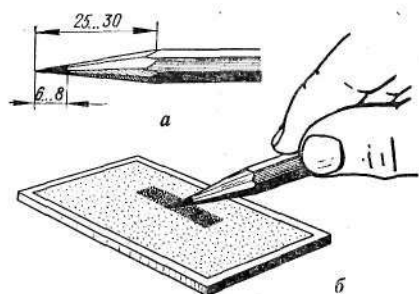


Рис. 1

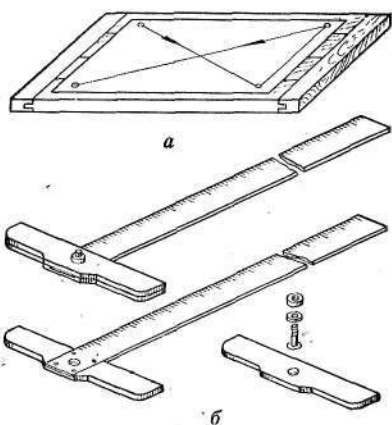


Рис. 2

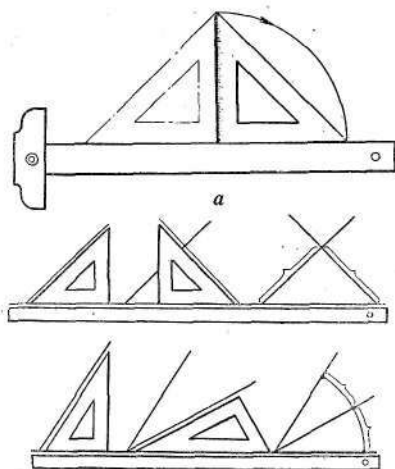


Рис. 3

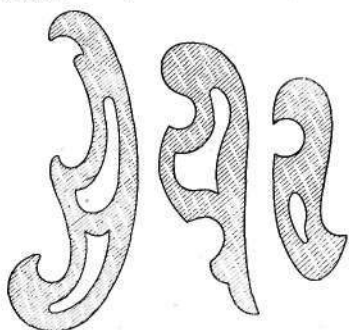
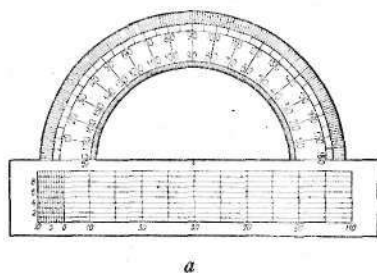


Рис. 4

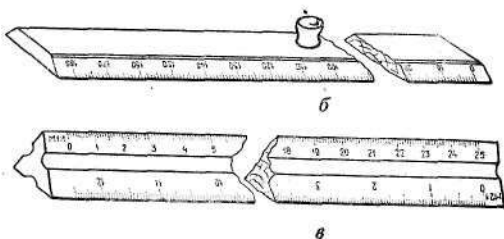


Рис. 5

Угольники (ГОСТ 5094—74) бывают двух видов: с углами 45, 90, 45° и 30, 60, 90°. При помощи угольников проводят вертикальные и наклонные линии. Проверку прямого угла угольника проводят так (рис. 3, а): приложив катет угольника к рейсшине или линейке, проводят вдоль второго катета линию, затем, повернув угольник вокруг стороны прямого угла, вторично проводят линию. Если обе линии совпадут, то прямой угол выполнен правильно. На рис. 3, б показаны способы проверки углов 45 и 30°.

Лекалами (рис. 4) называют тонкие деревянные или пластмассовые фигурные пластинки с криволинейными очертаниями. Лекалами пользуются для вычерчивания кривых линий, которые нельзя провести циркулем. Для работы нужно иметь набор лекал. Способ их использования описан в § 7.1.

Транспортир (рис. 5, а) предназначен для построения и измерения углов. В § 5.4 указано, как следует пользоваться транспортиром.

Масштабная линейка (ГОСТ 17435—72) имеет две шкалы — миллиметровую и дюймовую (рис. 5, б, в). Скошенные края линейки позволяют откладывать размеры на чертеже.

Готовальня (ГОСТ 21469—76) — это набор чертежных инструментов в специальном футляре. В нее входят следующие инструменты (рис. 6): круговой циркуль 1, циркуль-измеритель 2, кронциркуль 3, рейсфедер 4, измеритель 5, удлинитель 6, круговой рейсфедер 7, вставка 8 с иглой, вставка 9 для кронциркуля, футляр 10 с запасными иглами, отвертка 11 и ручка 12 рейсфедера.

Небольшие окружности диаметром до 10 мм чертят кронциркулем (рис. 7, а). Круговой циркуль (рис. 8) предназначен для вычерчивания больших окружностей. Опорная ножка 1 циркуля оканчивается иглой, закрепленной винтом 2. Вторая ножка имеет зажим для сменных вставок с винтом 7. В готовальню входят три вида вставок: вставка 4 (рис. 8) применяется для вычерчивания окружностей карандашом; вставка 3 с круговым рейсфедером — для работы тушью; вставка 5 позволяет использовать циркуль в качестве измерителя. Для вычерчивания окружностей большого диаметра используют промежуточный удлинитель 6.

На рис. 9 показано, как следует держать циркуль и кронциркуль во время работы.

Рейсфедер (рис. 7, б) служит для обводки тушью линий чертежа. Укажем некоторые правила пользования рейсфедером: а) наполнять его тушью рекомендуется при помощи пера на высоту не более (6 ... 8) мм; б) засохшую тушь удалять сухой бумагой, вытирая щетки рейсфедера мягкой тряпочкой; в) во время работы рейсфедер следует наклонять только в сторону проведения линии (примерно на 15° ... 20°). На рис. 10, а, б показано неправильное пользование рейсфедером в процессе работы.

Резинка. Для удаления с чертежа лишних линий используют резинки — жесткие (для туши) и мягкие (для карандаша). Перед употреблением конец резинки протирают на чистом листе, бумаги. Для удобства рекомендуется разрезать резинку по диагонали на две части.

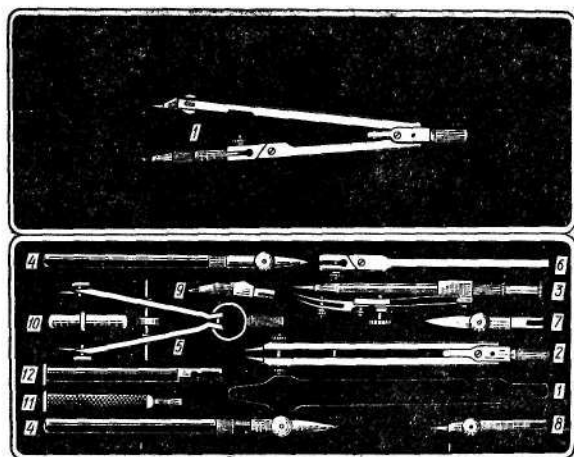


Рис. 6

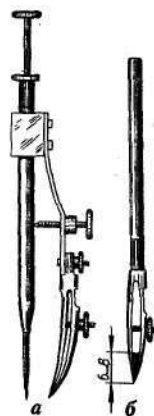


Рис. 7

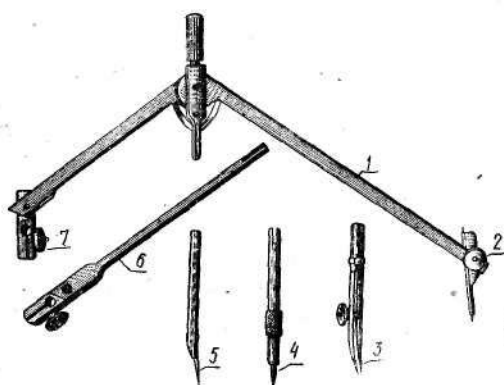


Рис. 8

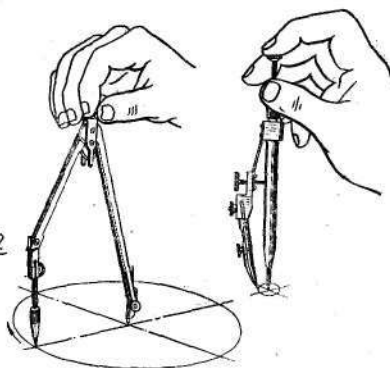
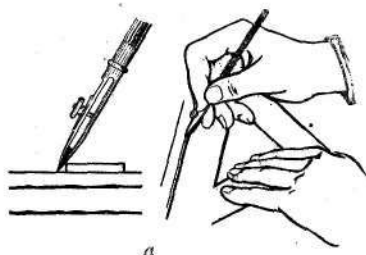
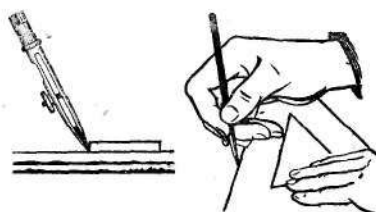


Рис. 9



а



б

Рис. 10

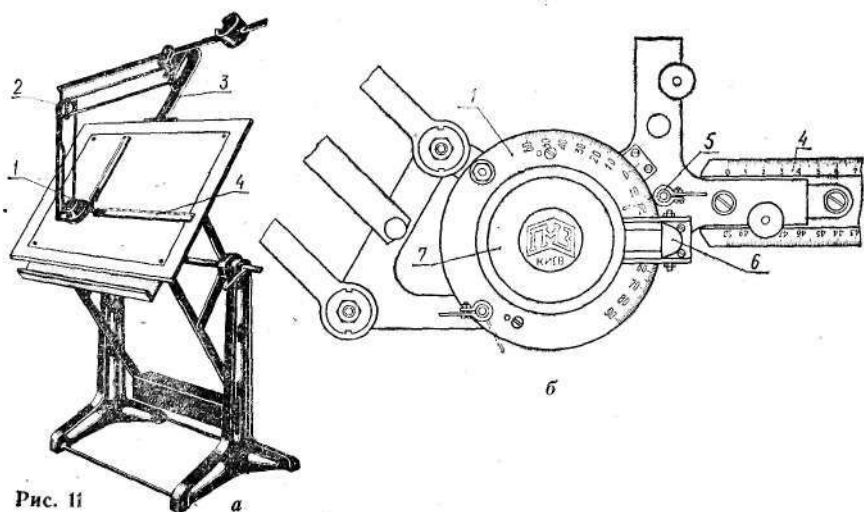


Рис. 11

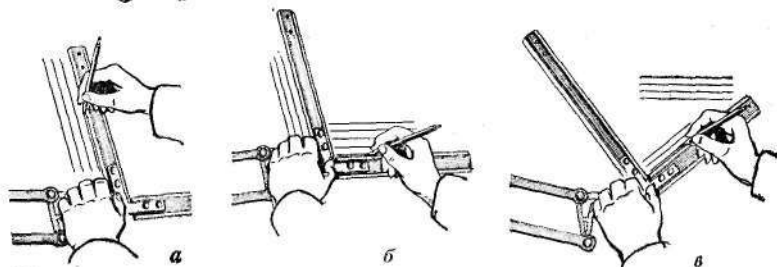


Рис. 12

Кнопки. К чертежной доске бумагу прикрепляют кнопками. Закрепляя бумагу, ее расправляют от середины к краям в направлении диагоналей (см. рис. 2, а). Кнопку при этом следует прижать так, чтобы бумага была зажата всей поверхностью головки кнопки.

Чертежные приборы. Для ускорения процесса черчения применяют универсальный чертежный стол с механической рейсшиной рычажного типа (рис. 11, а). Прибор состоит из подставки, чертежной доски и механической рейсшины, закрепленной на доске при помощи кронштейна 3. Рейсшина состоит из двух шарнирных параллелограммов и головки. Параллелограммы образованы двумя парами штанг, прикрепленных к кольцу 2. Верхние концы верхних штанг присоединены к кронштейну, а нижние концы нижних — к диску 1, к которому крепится и поворотная головка рейсшины. К головке под прямым углом друг к другу привинчены две миллиметровые линейки 4 со скошенными краями. Рычажный шарнирный механизм позволяет выполнять параллельное перемещение рейсшины по чертежной доске.

На рис. 11, б изображено устройство поворотной головки. Нужный угол наклона линеек 4 к линии горизонта обеспечивается поворотом головки 7 после предварительного нажатия на фиксатор 6. Угол поворота отсчитывается по шкале транспортира, нанесенной на

неподвижном диске 1. Собачка 6 под действием пружины автоматически фиксирует положение линеек через каждые 15° . Если необходимо закрепить головку рейсшины на делениях угла, не пропорциональных 15° , то пользуются гайкой-барашком 5.

Различные случаи проведения прямых линий при помощи механической рейсшины изображены на рис. 12, а—в.

Подготовка рабочего места учащегося. Успех в работе в значительной степени зависит от подготовки рабочего места. Прежде всего следует обратить внимание на его освещение. Дневной свет должен падать с левой стороны, а вечерний (электрический) должен быть рассеянным и освещать место работы так, чтобы тень от чертежных приборов и учащегося не мешала. Хорошим освещением служит рассеянный свет люминесцентных ламп. Яркость освещения должна обеспечить выполнение графической работы без излишнего напряжения зрения.

Принадлежности и инструменты следует располагать перед чертежной доской или справа от нее в определенном месте — на столе или на специальной тумбочке; на самой доске остаются лишь инструменты, необходимые для работы в данный момент.

С точки зрения физиологического развития учащихся, сохранения зрения, повышения производительности труда большое значение имеет поза учащегося за чертежным столом. Рекомендуется придерживаться таких правил:

а) расстояние от глаз учащегося до листа бумаги должно быть (300 ... 400) мм;

б) нельзя упираться грудью в стол; расстояние от груди до стола должно быть (40 ... 60) мм;

в) сидеть нужно прямо, голову и плечи держать ровно, не сутулиться;

г) при работе стоя локти не должны касаться доски; ноги нужно ставить на пол на всю ступню.

Перед началом работы следует протереть сухой тряпочкой линейку, угольники, доску, проверить исправность инструментов, заточить все карандаши, заправить циркуль графитом и т. д. Чтобы не загрязнять чертеж, перед работой нужно хорошо вымыть руки. Те участки чертежа, где в данный момент не работают, рекомендуется прикрыть чистой бумагой. Хранить инструмент нужно в сухом месте.

§ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ

2.1. Форматы

Форматом называется размер листа бумаги, на котором выполняют чертежи и другие конструкторские документы.

Формат определяется размерами внешней рамки, выполняемой сплошной тонкой линией (рис. 13). Различают основные и дополнительные форматы. В табл. 1 приведены основные форматы согласно ГОСТ 2.301—68.

Таблица 1

Основные форматы

Обозначение формата	44	24	22	12	11
Размеры сторон формата, мм	1189×841	594×841	594×420	297×420	297×210

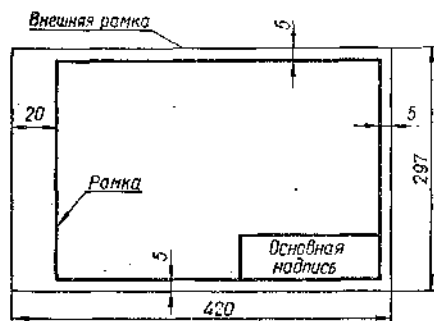
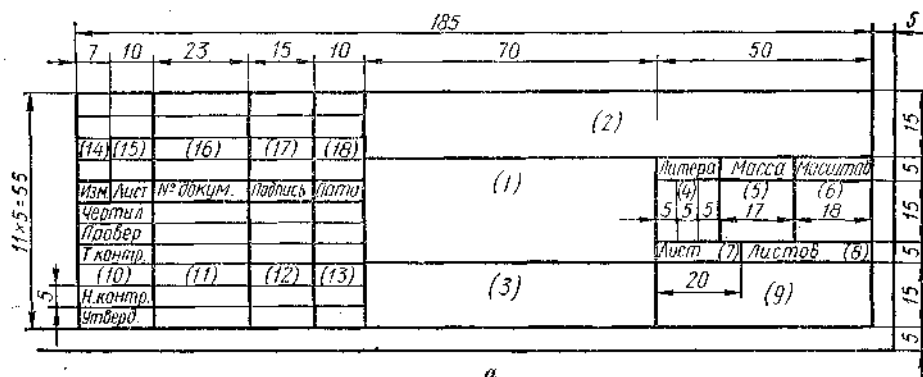


Рис. 13



а

				КМТ 4.061203.000		
				Сопряжение		
Изм. Лист	№ докум.	Подпись	Инициалы			
Чертил	Лалий Г.	Лалий Г.	10.4.76	Масштаб 1:1		
Провер.	Петров И.	Петров И.	10.4.76			
Т. контр.						
Н. контр.						
Утверд.						
				Лист 1		
				КМТ		
				Гр. МТ-13		

б

Рис. 14

Формат 44 с размерами сторон 1189×841 мм имеет площадь, равную 1 м^2 . Последовательным делением его на две равные части параллельно меньшей стороне образуются остальные основные форматы — 24, 22, 12 и 11.

Обозначение формата состоит из двух цифр, первая из которых показывает, сколько раз в одной стороне листа содержится размер 297 мм, а вторая — сколько раз в другой стороне содержится размер 210 мм. Произведение цифр, составляющих обозначение формата, определяет количество форматов 11, которое содержится в данном формате. Например, формат 24 содержит 2×4 , т. е. восемь, форматов 11 и имеет размеры сторон $297 \times 2 = 594$ мм и $210,25 \times 4 = 841$ мм.

Кроме основных допускается применять дополнительные форматы, образуемые увеличением сторон основных форматов на величину, кратную размерам формата 11, т. е. на 297 и 210 мм. Например, дополнительный формат 23 состоит из шести (2×3) форматов 11 и имеет размеры сторон 594 и 631 мм.

Рамку чертежа выполняют сплошной основной линией на расстоянии 5 мм от верхней, нижней и правой сторон внешней рамки. С левой стороны оставляют поле шириной 20 мм, служащее для подшивки и брошюровки чертежей (рис. 13).

Каждый чертеж или конструкторский документ должен иметь основную надпись, располагаемую в правом нижнем углу формата (рис. 13). Надпись — это своеобразная характеристика чертежа, в которой приведены основные данные об изображаемом предмете: его наименование, материал, масштаб и др.

На рис. 14, а изображена основная надпись по форме 1 (ГОСТ 2.104—68). Нижней и правой границами надписи служат линии рамки. На листах формата 11 основную надпись располагают вдоль короткой стороны листа; на листах формата больше 11 основную надпись можно располагать вдоль длинной или короткой стороны листа.

В графе (1) указывают наименование чертежа; в графе (6) — масштаб изображения; в графе (9) — сокращенное наименование техникума и группы; в графе (11) — фамилии тех, кто чертил и принимал чертеж; в графе (12) — подписи; в графе (13) — дату выполнения чертежа и дату подписи; в графе (2) — обозначение чертежа. Так, например, обозначение «КМТЧ.061203.000» означает: Киевский механический техникум, черчение, тема 6, вариант 12, работа № 3. Более подробно о заполнении основной надписи можно прочесть в § 23.8. На рис. 14, б дан пример выполнения основной надписи на учебном чертеже.

2.2. Линии чертежа

Наименования линий, употребляемых для выполнения чертежа, их начертание, основное назначение и толщина по отношению к толщине сплошной основной линии приведены в ГОСТ 2.303—68. Согласно этому ГОСТу употребляют линии трех типов: сплошные, штриховые и штрих-пунктирные (рис. 15).

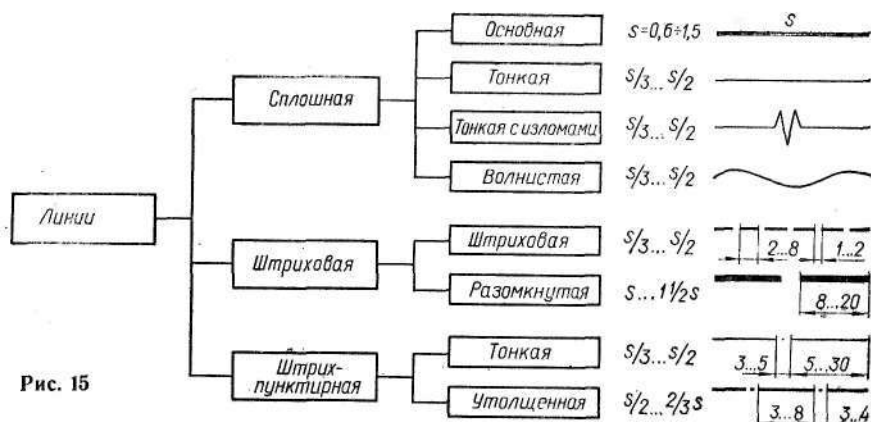


Рис. 15

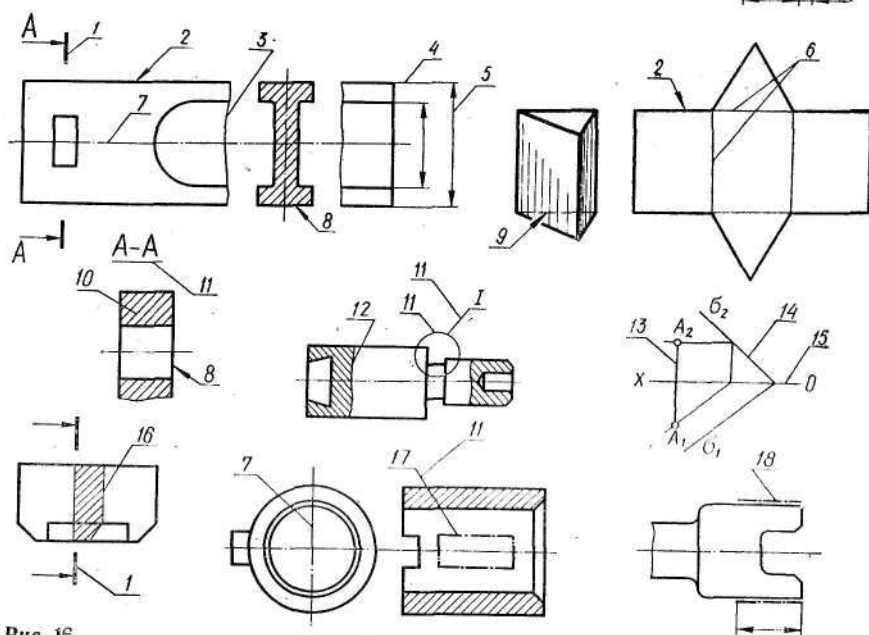


Рис. 16

Сплошные линии разделяются на основные, тонкие, волнистые и тонкие с изломами. Сплошную основную линию употребляют для обводки видимого контура 2 (рис. 16), для видимых линий перехода и для обводки контура вынесенных сечений 8 и сечений, входящих в состав разрезов (8). Толщину s сплошной основной линии берут в диапазоне $(0,6 \dots 1,5)$ мм в зависимости от величины и сложности изображения и формата чертежа. Толщина остальных линий на чертеже принимается кратной принятой толщине s сплошной основной линии.

Сплошная тонкая линия выполняется толщиной $s/3 \dots s/2$. Применяют ее в качестве размерных 5 и выносных 4 линий, линий штриховки 10

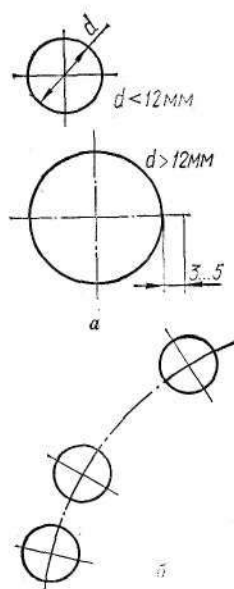


Рис. 17

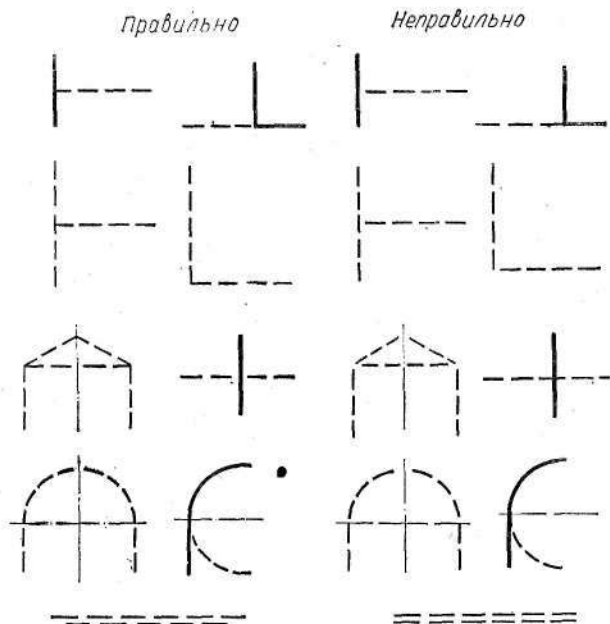


Рис. 18

разрезов и сечений, линий-выносок 11, обводки контура 16 наложенных сечений, обозначения линий сгиба 6 на развертках, осей 15 проекций, следов 14 плоскостей, линий построения 13 характерных точек и др.

Сплошная волнистая линия имеет толщину $s/3 \dots s/2$ и применяется для изображения обрывов 3 и разграничения 12 вида и разреза.

Сплошная тонкая линия с изломами имеет толщину $s/3 \dots s/2$ и применяется при выполнении длинных линий обрыва.

Штриховые линии разделяются на штриховые и разомкнутые. *Штриховую линию* выполняют толщиной $s/3 \dots s/2$. Длину штрихов рекомендуется брать в пределах (2 ... 8) мм, а расстояние между ними — (1 ... 2) мм. Штриховые линии применяют для изображения невидимого контура 9 и невидимых линий перехода.

Разомкнутая линия имеет толщину $s \dots 1\frac{1}{2}s$ и служит для обозначения линии сечения 1, т. е. секущей плоскости, в разрезах и сечениях. Длина разомкнутой линии предусмотрена в пределах (8 20) мм.

Штрих-пунктирные линии разделяются на тонкие и утолщенные. *Тонкая штрих-пунктирная линия* имеет толщину $s/3 \dots s/2$ и применяется для изображения центровых и осевых линий 7, линий симметрии, для изображения развертки, совмещенной с видом, и др. Длину штрихов рекомендуется брать в пределах (5 ... 30) мм, а расстояния меж-

ду штрихами — в пределах (3 ... 5) мм.

Штрих-пунктирную утолщенную линию ($s/2 \dots 2/3s$) применяют для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция» 17), а также для обозначения поверхностей 18, подлежащих термообработке или покрытию.

На чертеже штрихи в штриховых (штрих-пунктирных) линиях должны быть одинаковой длины. Штрих-пунктирные линии должны заканчиваться штрихами, а не точками. Центр окружности указывают пересечением штрихов (рис. 17). Если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур на чертеже менее 12 мм, то осевые и центровые линии выполняют сплошной тонкой линией (рис. 17, а).

На рис. 18 приведены случаи правильного и неправильного исполнения линий на технических чертежах. На рис. 19 изображены линии различной толщины.

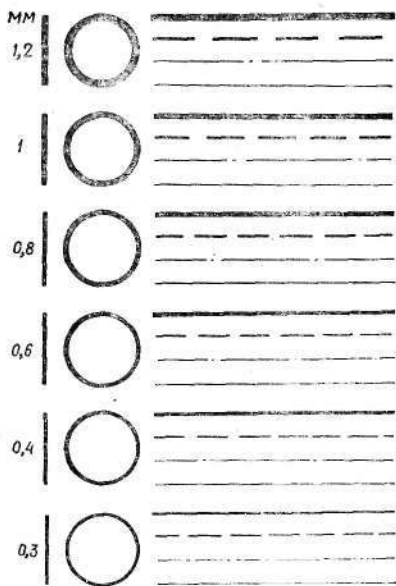


Рис. 19

2.3. Приемы и способы проведения линий на чертежах

При помощи рейсшины проводят горизонтальные линии. Карандаш держат тремя пальцами: большим, средним и указательным (рис. 20). Наклонен карандаш в сторону от исполнителя, для того чтобы графит был прижат к ребру линейки. Во время проведения линии мизинец правой руки касается рейсшины и скользит по ней. Линии проводят слева направо. Для проведения параллельных линий рейсшину перемещают по левой стороне доски, прижимая ее головку к торцу доски (рис. 20, а). Горизонтальные линии можно вычерчивать также при помощи угольника и линейки или двух угольников (рис. 21, а). В этом случае линейка или угольник играет роль направляющего устройства.

Вертикальные линии вычерчивают, как правило, при помощи рейсшины и угольника. На рис. 20, б показано, как при этом следует держать руки. Линии проводят снизу вверх. На рис. 21, б для проведения вертикальных линий использована линейка и угольник или два угольника.

Параллельные наклонные линии чаще всего приходится выполнять при штриховке сечения. Их проводят под углом 45° к линии горизонта (к основной надписи чертежа), используя рейсшину и угольник (рис. 20, в).

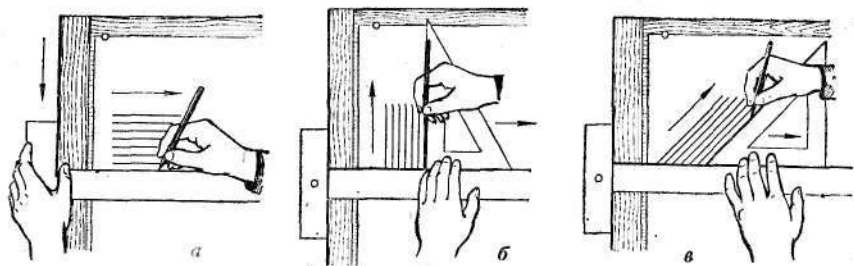


Рис. 20

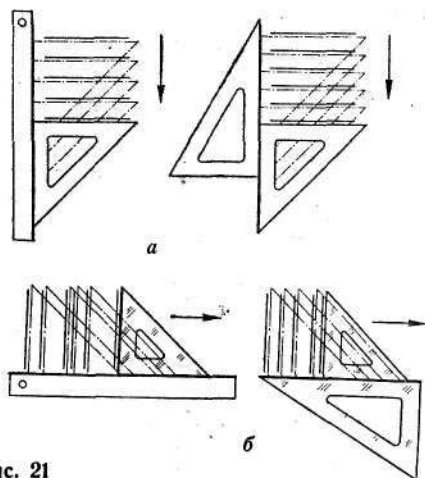


Рис. 21

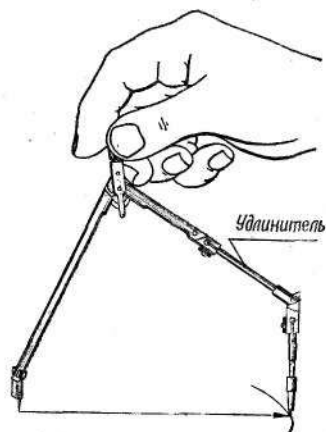


Рис. 22

Для построения линий криволинейного контура используют циркуль или лекала. В ножку циркуля вставляют графит марки Т или 2Т, а для окончательной обводки чертежа — Т или ТМ. Перед тем как провести окружность, нужно начертить центровые линии так, чтобы штрихи в центре обязательно пересекались. Окружность проводят по движению часовой стрелки, слегка наклоняя циркуль в сторону движения карандаша (см. рис. 9). На рис. 22 показано, как держать циркуль во время работы с удлинителем. Циркулем-измерителем пользуются для измерения и откладывания отрезков.

2.4. Обводка чертежа

Перед окончательной обводкой чертежа карандашом нужно мягкой резинкой удалить с листа лишние линии и пятна, оставшиеся от прикосновения к бумаге чертежных принадлежностей или пальцев. Чертеж обводят в такой последовательности: 1) осевые и центровые линии; 2) лекальные кривые; 3) окружности и дуги; 4) горизонтальные прямые (их проводят слева направо); 5) вертикальные прямые (проводят их снизу вверх); 6) наклонные прямые.

Перед работой следует подготовить несколько хорошо отточенных карандашей различной твердости: один — для обводки видимого контура, другой — для штриховых линий невидимого контура, третий — для тонких штрих-пунктирных линий. Не рекомендуется по одному и тому же месту проводить карандашом два и более раз, так как линии будут тогда неравномерной толщины.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

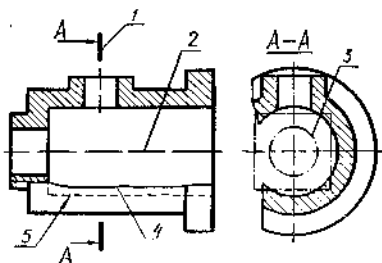
1. Что называется форматом чертежа?
2. Какие основные форматы установлены по ГОСТ 2.301—68? Их размеры?
3. Какие форматы называются дополнительными? Какой размер формата 52?
4. На каком расстоянии от кромки листа проводится рамка чертежа? Укажите размеры основной надписи.
5. Назовите основные типы линий, употребляемых в черчении.
6. В каких пределах берут толщину s сплошной основной линии? От чего зависит ее толщина?
7. Для чего служит на чертеже сплошная тонкая линия?
8. В каких соотношениях берется толщина различных линий в зависимости от s ?
9. В чем отличие исполнения центровых линий для окружностей диаметром 8 и 50 мм?
10. В каких пределах выбирают длину штрихов и промежутков между ними для штриховых и штрих-пунктирных линий?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по темам «Форматы. Линии чертежа». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

На каждый вопрос нужно подобрать в карте правильный ответ и записать его номер. Например, запись «1—6» означает, что на первый вопрос правильным является шестой ответ. На некоторые вопросы может быть несколько правильных ответов.

Карта программированного контроля по темам «Форматы. Линии чертежа»

1. Сколько основных форматов предусматривает ГОСТ 2.301—68?
2. Какие размеры сторон формата 24?
3. Сколько форматов 11 содержится в формате 62?
4. Как называется тип линии, обозначенной на рисунке цифрой 2?
5. Какое назначение имеет сплошная тонкая линия?
6. Какова толщина линии 1 в зависимости от толщины s сплошной основной линии?
7. Какие промежутки между штрихами следует выбрать для линии 5?
8. Как называется тип линии, обозначенной на рисунке цифрой 4?
9. Какое назначение имеет сплошная волнистая линия?
10. Какой длины должны быть штрихи для линии 3?



Ответы

- | | | |
|---------------------|-----------------------|---------------|
| 1. 6 | 7. 594×420 | 13. 2 ... 10 |
| 2. 4 | 8. 594×841 | 14. 1 ... 2 |
| 3. 12 | 9. 1783×841 | 15. 10 ... 20 |
| 4. 8 | 10. 594×1783 | 16. 5 ... 30 |
| 5. 5 | 11. 2 ... 6 | 17. 8 ... 12 |
| 6. 297×420 | 12. 3 ... 8 | 18. 1 ... 8 |

19. $s/2$	30. Штрих-пунктирная утолщенная	39. Линия наложенной про- екции
20. $s/3 \dots s/2$	31. Разомкнутая	40. Центровая линия
21. $s \dots s/3$	32. Сплошная	41. Линия-выноска
22. $s \dots 1\frac{1}{2}s$	33. Основная	42. Линия перехода видимая
23. $s/3$	34. Линия видимого кон- тура	43. Линия контура вынесен- ного сечения
24. $s \dots 2/3s$	35. Линии штриховки	44. Линия невидимого кон- тура
25. Сплошная основная	36. Размерная и выносная	45. Линия обрыва
26. Сплошная тонкая	37. Линия сгиба на раз- вертках	46. Линия развертки, сов- мещенной с видом
27. Сплошная волни- стая	38. Линия сечения	
28. Штриховая		
29. Штрих-пунктирная тонкая		

§ 3. ШРИФТЫ ЧЕРТЕЖНЫЕ

3.1. Размеры стандартного шрифта

Изображения на чертежах дополняют надписями, выполняемыми чертежными шрифтами по ГОСТ 2.304—68. В стандарте приведены основные сведения по конструкции букв и цифр, установлена их высота, ширина, толщина обводки линий, расстояние между буквами, цифрами и знаками, словами, числами и основаниями строк.



Рис. 23

Шрифт русского алфавита разделяется на основной с наклоном (рис. 23, а), широкий с наклоном (рис. 23, б) и прямой без наклона. Различие между основным и широким шрифтами заключается только в ширине букв и цифр. На рис. 24, а изображен широкий шрифт латинского алфавита, на рис. 24, б — арабские цифры широкого, а на рис. 24, в — основного шрифтов.

По стандарту наклон букв и цифр к основанию строки должен составлять около 75° . Прямой шрифт без наклона употребляется сравнительно редко: в строительных и архитектурных чертежах, при наименовании изделий, для обозначений в основной надписи и др.

Размеры шрифта. Высота букв. ГОСТ 2.304—68 устанавливает следующие размеры шрифтов: 40; 28; 20; 14; 10; 7; 5; 3,5; 2,5. Размер шрифта определяется высотой прописных букв в миллиметрах. Например, шрифт размера 10 имеет высоту прописных (заглавных) букв 10 мм и т. д.

Высота h_1 строчных букв составляет $5/7$ высоты прописных букв ($h_1 = \frac{5}{7}h$), что приблизительно соответствует следующему меньшему размеру шрифта. Например, высота строчных букв шрифта 10 равна 7 мм, т. е. высоте прописных букв 7-го размера шрифта. Исключение составляет высота строчных букв б, в, д, р, у, ф, равная высоте h прописных букв того же размера шрифта.



Рис. 24

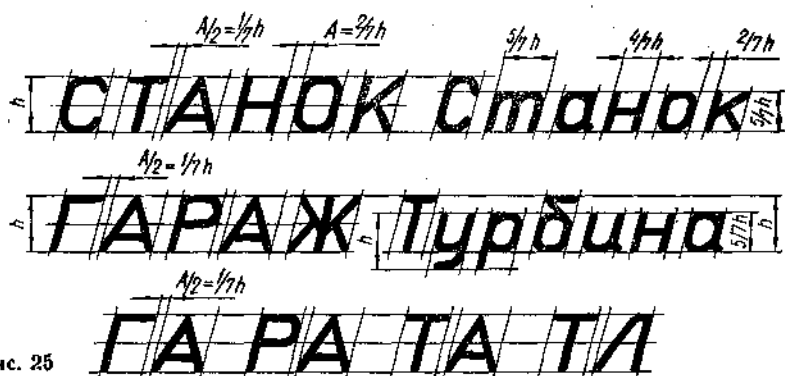


Рис. 25

На рис. 25 слово «Турбина» написано строчным шрифтом размера 7. Высота прописной буквы Т и строчных букв у, р, б равна 7 мм, а остальных строчных букв — 5 мм.

Ширина букв (табл. 2). Ширина b прописных букв составляет $4/7h$ для основного и $5/7h$ для широкого шрифтов. Исключением является ширина букв А, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю и цифры 1. Ширина b_1 букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю соответственно равна $6/7h$ для основного и h для широкого шрифтов. Промежуточное положение занимают буквы А и М, у которых ширина b_2 равна $5/7h$ для основного и $6/7h$ для широкого шрифтов. Ширина b_3 цифры 1 равна $2/7h$.

Например, для шрифта размера 10 ширина буквы В составляет для основного шрифта 5,7 мм, а для широкого — 7 мм. Буква Ж соответственно будет иметь ширину 8,6 и 10 мм; а буква М — 7 и 8,6 мм. Ширина цифры 1 для шрифта этого же размера равна 2,9 мм.

Аналогично построены зависимости ширины строчных букв (табл. 2).

Толщину с линий для обводки букв и цифр выбирают в пределах $(1/7 \div 1/10) h$. Большую толщину $(1/7h)$ можно рекомендовать для прописных букв, меньшую $(1/10h)$ — для строчных. Толщина обводки

Таблица 2

Ширина шрифта с наклоном для букв русского алфавита

Величина	Основной		Широкий	
	Обозначение	Соотношение	Обозначение	Соотношение
Прописные буквы и цифры, кроме букв А, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю и цифры 1	b	$4/7h$	$b_{ш}$	$5/7h$
Буквы Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю	b_1	$6/7h$	$b_{1ш}$	h
Буквы А, М	b_2	$5/7h$	$b_{2ш}$	$6/7h$
Цифра 1	b_3	$2/7h$	$b_{3ш}$	$2/7h$
Строчные буквы, кроме букв ж, м, т, ф, ш, щ, ы, ю	b_4	$3/7h$	$b_{4ш}$	$4/7h$
Буквы ж, т, ф, ш, щ, ы, ю	b_5	$5/7h$	$b_{5ш}$	$6/7h$
Буква м	b_6	$4/7h$	$b_{6ш}$	$5/7h$

линий одного и того же текста должна быть одинаковой независимо от наличия в данном тексте прописных и строчных букв.

Прочие конструктивные размеры шрифта. Расстояние A между смежными буквами в словах и между цифрами в числах должно составлять $2/7h$, а расстояние A_1 между словами и числами — не менее ширины букв текста. Расстояние A_2 между основаниями строк должно быть не менее $1,5h$, т. е. не менее, чем полторы высоты прописных букв данного размера шрифта. Если надпись выполнена шрифтами разных размеров, то расстояние между строками определяют по наибольшему размеру шрифта. Например, для шрифта размера 10 расстояние между буквами составляет 3 мм, между словами — не менее 10 мм, а между основаниями строк — не менее 15 мм.

При сочетании некоторых букв наблюдается кажущееся увеличение промежутков между ними, например, при сочетании в словах букв Г и А, Р и А, Т и А, Т и Л (рис. 25) и т. п. В таких случаях ГОСТ рекомендует уменьшать промежутки между буквами до $1/7h$, чтобы избежать зрительных разрывов. На рис. 25 в словах «Станок» и «Гараж» уменьшено расстояние между буквами Т и А, Г и А, Р и А.

3.2. Конструкция букв

Изучение конструкции букв чертежного шрифта рекомендуется вести не в алфавитном порядке, а в зависимости от степени трудности и однотипности их начертания. Изучая конструкцию букв и цифр, обратите внимание на принцип размещения их элементов относительно параллелограмма сетки, в которую вписывается буква или цифра.

Строчные и прописные буквы русского алфавита составляют несколько характерных групп, каждую из которых рассмотрим отдельно.

Написание прописных букв (рис. 26). Прописные буквы можно разделить на четыре группы. Буквы первой группы — Г, Н, П, Т,



Рис. 26

Ц, Е, Ш, Щ — характерны тем, что образованы исключительно прямолинейными элементами, расположенными горизонтально или под углом 75° к основанию строки. Ширина букв Ш и Щ равна их высоте. Нижние отростки букв Ц и Щ выполняются за счет промежутков между буквами и строками; они выступают за границу параллелограмма на величину s — толщину линии буквы.

Буквы второй группы — А, И, Й, Х, К, Ж, М — также образованы прямолинейными элементами, но уже расположенными горизонтально, наклонно и по диагонали. Особое внимание следует уделить построению наклонных элементов. Внутренние наклонные элементы буквы М расположены по диагоналям параллелограмма. У буквы К нижний наклонный элемент идет по диагонали параллелограмма, а верхний — из правой вершины к точке, отстоящей на расстоянии $2/7h$ от нижнего основания строки. Буква Ж по своей конструкции — удвоенная буква К.

Буквы третьей группы — Ч, Р, У, Ь, Ъ, Ь, В, Я, Ы, Л, Д — образованы горизонтальными, наклонными и криволинейными элементами. Средние горизонтальные элементы расположены точно по середине строки. В буквах, имеющих скругления (Р, Ь, Ъ, Ь, В, Я, Ы), горизонтальные элементы проводят лишь до середины ширины буквы, а затем от руки выполняют плавное скругление. Наклонный элемент буквы Я расположен по диагонали параллелограмма. Верхнюю горизонтальную полочку буквы Ь, нижнюю — буквы У и верхний скругленный элемент буквы В не доводят до конца параллелограмма на величину $s/2$. В буквах Л и Д левый наклонный элемент идет из нижнего угла параллелограмма к середине верхней линии строки. Отростки в буквах Д и Ъ выполняют за счет промежутков между буквами и строками. Рекомендуется вначале выполнять прямолинейные элементы букв, а затем — криволинейные.

Буквы четвертой группы — О, С, Э, З, Ю, Ф — в основном состоят из криволинейных элементов. Основой этой группы является буква О, состоящая из двух средних параллельных элементов, плавно сопряженных сверху и снизу криволинейными элементами. Необходимо научиться правильно выполнять букву О, являющуюся основой построения многих строчных букв.

В буквах Э, Ю горизонтальный элемент расположен посредине строки. Буквы Ф и Ю широкого шрифта имеют ширину, равную их высоте. Верхний и нижний горизонтальные элементы буквы Ф отстоят от крайних линий строки на величину s . Справа и слева эти элементы имеют скругления, как у буквы О. Буква З совсем не имеет прямолинейных элементов. Она является частью цифры 8, поэтому рекомендуется конструировать ее как цифру 8 и наводить потом лишь правую половину знака.

Написание цифр и чисел (рис. 27). Высота цифр равна высоте прописных букв. Соотношение высоты и ширины, толщина линий, расстояние между цифрами такие же, как и у прописных букв. Исключение составляет лишь цифра 1, ширина которой равна $2/7h$. Следует обратить внимание на отличие в начертании цифры 3 и буквы З: верхний элемент цифры 3 не скруглен, а состоит из прямолинейных участков.

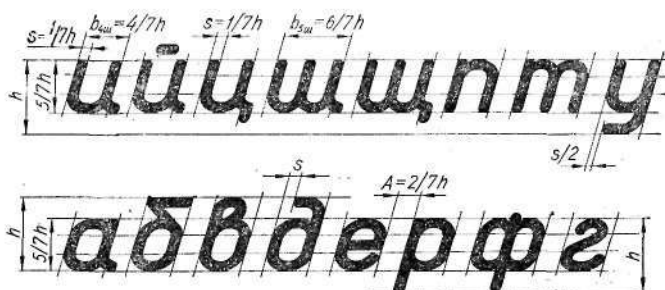
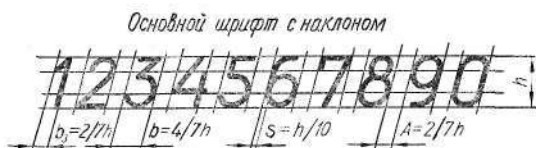


Рис. 28

Написание строчных букв (рис. 28). Только 16 строчных букв по своей конструкции отличаются от соответствующих прописных: а, б, в, г, д, е, и, й, п, р, т, у, ф, ц, ш, щ. Поделим эти буквы на две группы.

К *первой группе* относят буквы и, й, ц, ш, щ, п, т, у. Основой построения букв этой группы является конструкция буквы и. В этой группе преобладают прямолинейные элементы, занимающие примерно 2/3 высоты каждой буквы и идущие параллельно боковым сторонам параллелограмма. Сверху или снизу прямолинейные элементы плавно сопряжены между собой. Увеличенную ширину имеют буквы т, ш, щ. Высота буквы у равна h . Нижние отростки в буквах и, й, ц, ш, щ выполняются за счет промежутков между буквами и строками. Обратите внимание на правильное исполнение нижнего горизонтального элемента буквы у.

Ко *второй группе* относят буквы а, б, в, д, е, р, ф, в основе построения которых лежит конструкция буквы о. Горизонтальный элемент буквы е проходит посередине высоты строки. Увеличенную высоту (h) имеют буквы б, в, д, р, ф. У буквы д верхний горизонтальный элемент не доходит до стороны параллелограмма на величину s . Обратите внимание на правильное написание букв б и в. Особое место занимает буква г, имеющая сравнительно небольшой прямолинейный наклонный элемент.

Написание некоторых знаков. На рис. 29 показано написание знаков, чаще всего встречающихся в практике черчения: равно — $=$; 1;

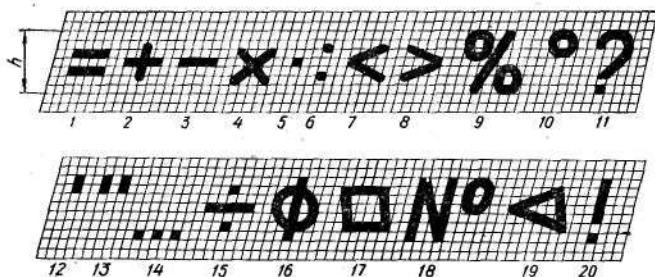


Рис. 29



Рис. 30



Рис. 31

плюс — 2; минус, тире — 3; умножение — 4 и 5; деление, двоеточие — 6; меньше — 7; больше — 8; проценты — 9; градусы — 10; вопросительный знак — 11; минуты — 12; секунды, кавычки — 13; от ... до — 14; 15; диаметр — 16; квадрат — 17; номер — 18; конусность — 19; восклицательный знак — 20.

На рис. 30 приведены примеры надписей цифрами и знаками, выполненные основным шрифтом с наклоном, а на рис. 31 — прямым шрифтом.

3.3. Приемы выполнения надписей

Чтобы хорошо выполнять надписи чертежным шрифтом, нужно твердо усвоить соотношения между размерами отдельных элементов букв и цифр, знать конструкцию каждой из них и систематически выполнять упражнения по их вычерчиванию. Рекомендуется для изображения букв строить вспомогательную сетку, состоящую из ромбов высотой $h/7$, т. е. размер букв делить по высоте на семь равных частей

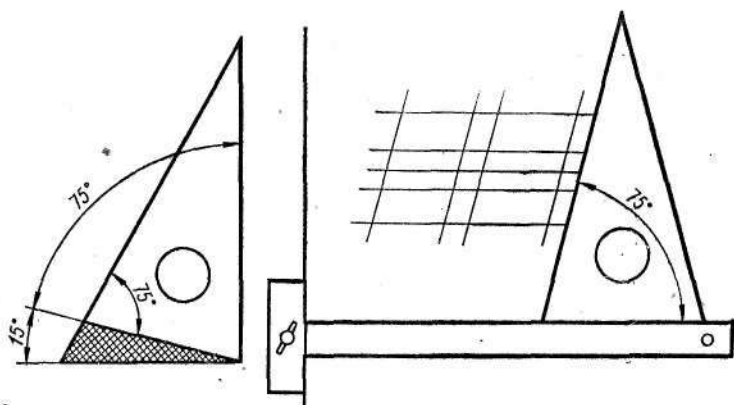
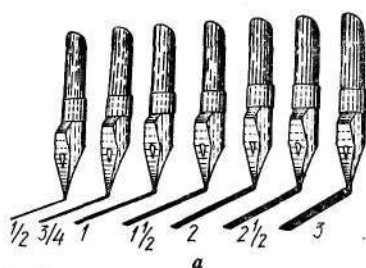
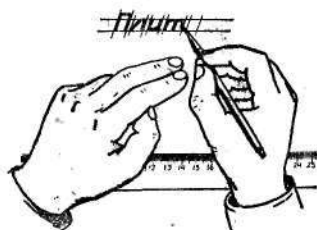


Рис. 32



а



б

Рис. 33

(см. рис. 23). Учащиеся могут выполнять упрощенную вспомогательную сетку, состоящую только из пяти линий (см. рис. 28). На этой сетке наклонные линии идут под углом 75° к линии горизонта на расстоянии ширины каждой буквы с учетом промежутков между буквами и словами.

Чтобы упростить разметку ширины букв и промежутков между ними, можно использовать полоску чертежной бумаги, на краю которой отмечены черточками деления, отвечающие ширине букв (основного шрифта и широкого) и промежуткам между буквами и словами. Передвигая эту полоску вдоль нижней линии строки, отмечают на ней необходимые размеры и через полученные деления проводят наклонные линии сетки. Наклонные линии под углом 75° можно строить при помощи двух угольников или специально приспособленного для этого угольника (рис. 32). На первом этапе овладения чертежным шрифтом качество надписей в значительной степени определяется точностью построения сетки.

Когда сетка готова, нужно тонко заостренным карандашом слегка прочертить контуры («скелет») букв, цифр и знаков, придерживаясь указанных ранее правил. Затем, проверив правильность начертания и правильность наклона, переходить к обводке.

Обводить «скелет» шрифта нужно так, чтобы утолщение не выходило за габаритные размеры букв и цифр, т. е. не увеличивалась бы их толщина и высота. Вначале рекомендуется навести горизонтальные

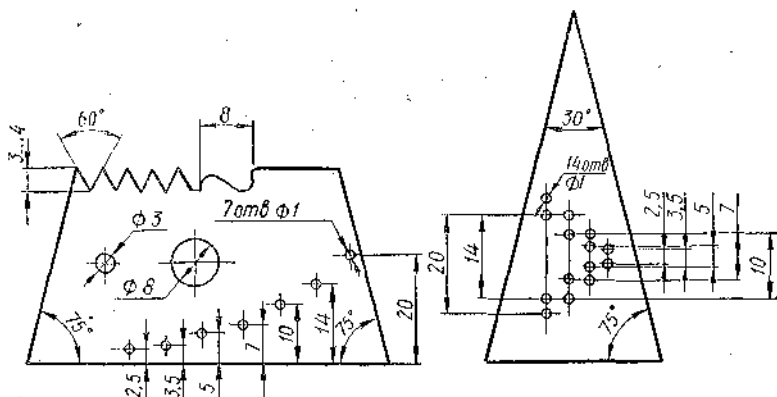


Рис. 34

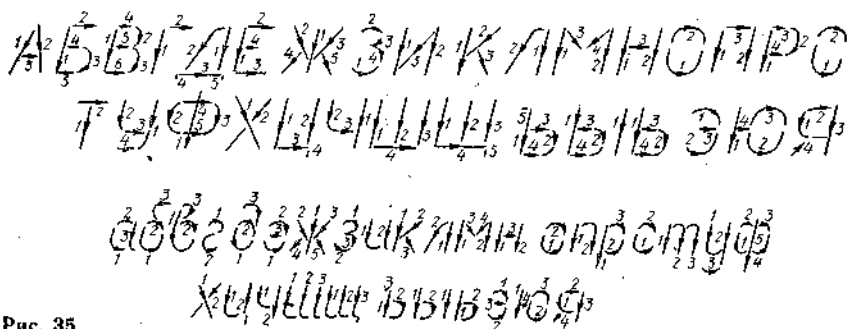


Рис. 35

и наклонные элементы букв, затем — диагональные прямолинейные элементы и наконец — криволинейные. Для обводки букв и цифр крупного размера шрифта можно применять линейку и угольник; шрифт небольшого размера пишут без применения инструмента.

Приобретая навыки написания шрифта, можно не строить полную сетку, а ограничиваться лишь проведением верхней и нижней горизонтальных строк.

Для надписей тушью используют специальные перья (рис. 33, а), выпускаемые с шириной пишущих дисков 1/2; 3/4; 1; 1 1/2; 2; 2 1/2 и 3 мм, что соответствует толщинам проводимых линий. Шрифт можно обводить также при помощи специальных чертежных трубочек (рис. 33, б). Для изготовления сетки и разметки букв и цифр используют различные шаблоны (рис. 34).

На рис. 35 цифрами и стрелками указана рекомендуемая последовательность обводки отдельных элементов прописных и строчных букв.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие размеры шрифта употребляются в черчении?
2. Укажите соотношения высот строчных и прописных букв.
3. Укажите соотношения ширины и высоты букв. Какие буквы составляют исключение из общего правила?

4. Какая ширина принята для букв А и М?
5. Чему равна толщина линий обводки букв и цифр?
6. Какое расстояние следует делать между буквами, словами и строками?
7. Укажите особенности написания букв Л, Ж, З, М, Ф.
8. При сочетании каких букв следует сокращать расстояние между ними?
9. В чем отличие между основным и широким наклонными шрифтами?
10. Какова последовательность выполнения надписей?

§ 4. МАСШТАБ. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

4.1. Масштаб

Не всегда есть возможность вычерчивать предметы в их натуральную величину. Большие изделия приходится изображать уменьшенными в несколько раз, малые — увеличенными.

Масштабы бывают численные, линейные и угловые. В настоящем параграфе рассматриваются численные масштабы, которые в дальнейшем называются просто масштабами.

Масштабом называется отношение линейных размеров изображенного на чертеже предмета к его действительным размерам.

По ГОСТ 2.302—68 в черчении разрешается применять следующие масштабы:

Натуральная величина — 1 : 1.

Масштабы уменьшения — 1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25; 1 : 40; 1 : 50; 1 : 75; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400; 1 : 500; 1 : 800; 1 : 1000.

Масштабы увеличения — 2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1.

Предпочтение следует отдавать изображению предмета в натуральную величину.

Обозначение масштаба. При обозначении масштаба в специальной графе основной надписи букву М не пишут, а указывают только величину отношения, например 1 : 1; 1 : 2 и т. д. Если же какое-либо изображение на чертеже выполнено в масштабе, отличающемся от указанного в основной надписи, то над этим изображением указывают

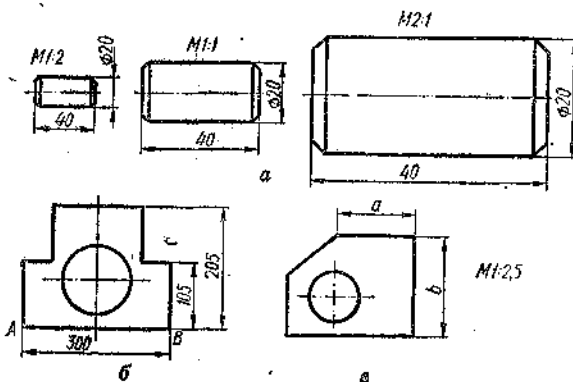


Рис. 36

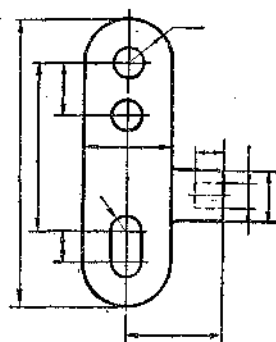


Рис. 37

его условное обозначение, а под чертой записывают значение масштаба с добавлением буквы М, например: $\frac{\text{Вид А}}{М 2:1}$.

Правило нанесения размеров при выполнении чертежа в масштабе. Размеры на чертеже всегда проставляют действительные, независимо от величины масштаба (рис. 36, а).

В черчении встречаются две характерные задачи, связанные с масштабом:

1. Определить масштаб, в котором вычерчена пластинка (рис. 36, б). Измерительной линейкой определяют размер АВ (20 мм). Действительная величина этого отрезка 300 мм. Следовательно, масштаб, в котором выполнена деталь, составляет 1 : 15.

2. Оценить истинную величину отрезков а и b детали (рис. 36, в), вычерченной в масштабе 1 : 2,5.

Измерением определяем, что $a = 10,5$ мм. Следовательно, истинная величина $a = 10,5 \cdot 2,5 = 26,25$ мм. Аналогично определяется и отрезок b ($b = 34,25$ мм).

4.2. Нанесение размеров

Общие требования. Размеры на чертежах наносят в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307—68. Размерные числа служат основанием для определения величины изображенного изделия и размеров его составных частей.

Размеры разделяют на линейные и угловые. *Линейные* размеры наносят в миллиметрах, не указывая единицы величины, а *угловые* — в градусах, минутах и секундах с указанием единицы (см. рис. 38).

Если размеры указывают на поле чертежа — в технических требованиях, примечаниях и пояснительных надписях, — то рядом с размерным числом во всех случаях следует записывать единицу. Размерные числа проставляют только в десятичных дробях; простые дроби разрешается применять для размеров в дюймах, например для обозначения трубной и конической резьбы.

Каждый размер наносят на чертеже только один раз. Повторять размеры на различных изображениях или в надписях не разрешается. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы по чертежу можно было изготовить изделие и проконтролировать точность его изготовления.

Размеры, характеризующие три наибольших измерения предмета — длину, высоту и ширину (толщину), называются габаритными.

Размерные и выносные линии. Размеры на чертеже указывают размерными числами, проставляемыми над размерными линиями. В случае необходимости проводят и выносные линии. Размерная линия указывает границы измерения элемента предмета. Ее проводят между выносными линиями или непосредственно между линиями контура, осевыми, центровыми и др. На рис. 37 показаны случаи проведения размерных линий между линиями различного типа.

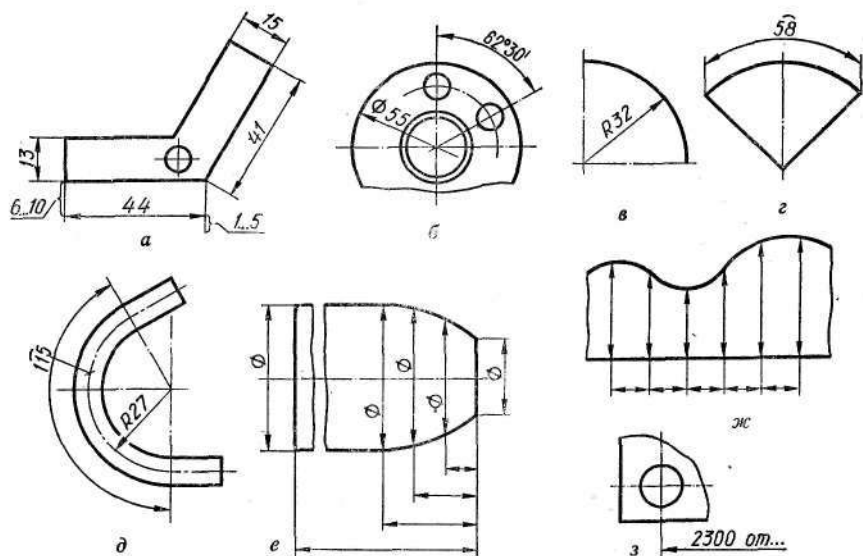


Рис. 38

Рекомендуется выносить размерные линии за контур изображения, располагая их по возможности справа или снизу от изображения. Рассмотрим основные случаи проведения размерных линий:

а) нанося размер прямолинейного отрезка, размерную линию проводят параллельно этому отрезку и такой же длины, а выносные линии — перпендикулярно к размерным (рис. 38, а);

б) при нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в вершине угла; выносные линии идут радиально (рис. 38, б);

в) нанося размер радиуса, размерную линию проводят между дугой (или ее продолжением) и центром дуги (рис. 38, в);

г) нанося размер диаметра окружности, размерную линию проводят через центр (рис. 38, г) или параллельно одному из ее диаметров;

д) нанося размер дуги окружности, размерную линию проводят concentrically дуге, а выносные линии — параллельно биссектрисе угла; над размерным числом наносят знак — дуги (рис. 38, д). Допускается проводить выносные линии размера дуги радиально и, если необходимо, указывать, к какой дуге относится данный размер (рис. 38, е).

Размерные и выносные линии выполняют сплошными тонкими линиями толщиной $s/3 \dots s/2$. Расстояние между параллельными размерными линиями и от размерной до параллельной ей контурной, осевой или выносной линии должно быть в пределах (6 ... 10) мм (рис. 38, а). Выносные линии проводят от линий видимого контура, осевых, центровых и, в случае необходимости, от линий невидимого контура (см. рис. 37). Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерных линий на (1 ... 5) мм (рис. 38, а). Нужно избегать пересечения размерных и выносных линий. Не допускается использовать

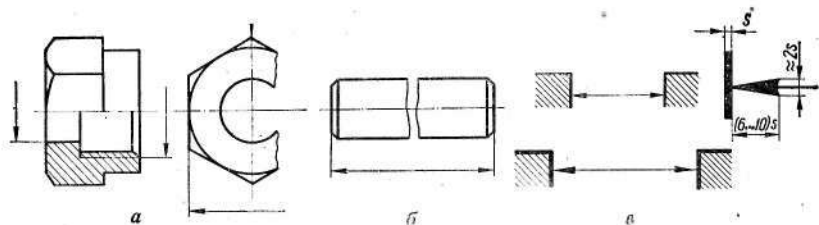


Рис. 39

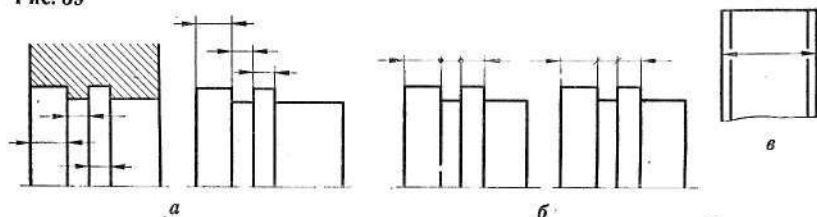


Рис. 40

в качестве размерных линий контура, осевые, центровые и выносные или их продолжения. Исключением является нанесение размеров на лекальном контуре, когда в качестве размерных допускается использовать выносные линии (рис. 38, *е, ж*).

Если вид или разрез симметричного предмета либо отдельных его симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерную линию проводят также с обрывом несколько далее оси или линии обрыва самого предмета (рис. 39, *а*). Размерную линию проводят также с обрывом:

а) в некоторых из случаев нанесения диаметра окружности, независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично (рис. 38, *б*). Размерную линию проводят несколько далее центра окружности;

б) при нанесении размера от базы, не изображенной на данном чертеже (рис. 38, *з*).

При разрыве изображения размерную линию проводят полностью (рис. 39, *б*).

Стрелки. Величину стрелки размерной линии выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура (рис. 39, *в*). Длина стрелки $l = (6 \div 10) s$, а ширина ее основания $h \approx 2s$, где s — толщина линии видимого контура. Обычно длину стрелки берут в пределах (4 ... 6) мм. Острые стрелок упираются в линии контура, выносные, центровые или осевые линии.

Если длина размерной линии недостаточна для обычного размещения стрелок, то ее нужно продолжить и стрелки нанести с наружной стороны границ размера (рис. 40, *а*). При последовательном размещении размеров в виде цепочки и отсутствии места для стрелок допускается заменять их точками или штрихами, наносимыми под углом 45° (рис. 40, *б*). Если стрелка пересекает линию видимого контура или выносную линию, то названные линии в месте расположения стрелки допускается прерывать (рис. 40, *в*).

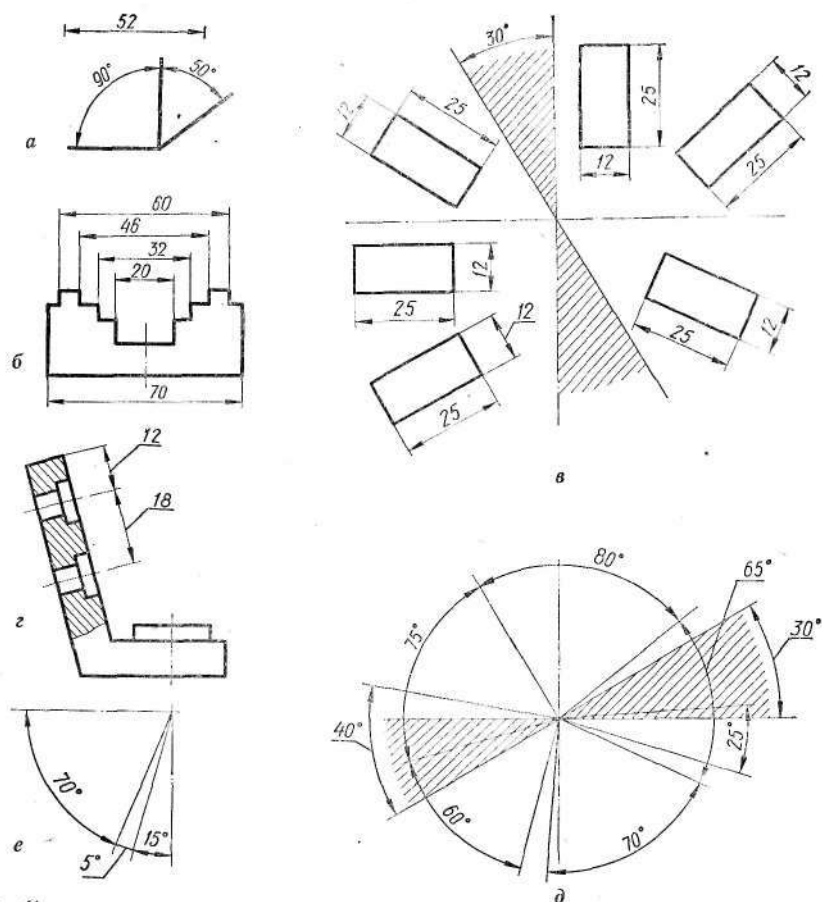


Рис. 41

Размерные числа следует писать стандартным шрифтом размера 3,5 и 5. Размерные числа наносят над размерной линией, параллельно ей и по возможности ближе к ее середине (рис. 41, а). При нескольких параллельных или концентрических размерных линиях, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга, размерные числа располагают в шахматном порядке (рис. 41, б).

На рис. 41, в показано, как наносить *числа линейных размеров* при различных наклонах размерных линий. Если размерные линии вертикальны, числа располагают так, чтобы они читались справа; при наклонных размерных линиях их располагают основаниями книзу. В пределах углов, выделенных на рис. 41, в штриховкой, размерные числа наносят на полке линии-выноски (рис. 41, г).

На рис. 41, д показано, как наносить *угловые размеры*. Следует обратить внимание на то, что в зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерными линиями со стороны их вышуклости, а в зоне, расположенной ниже

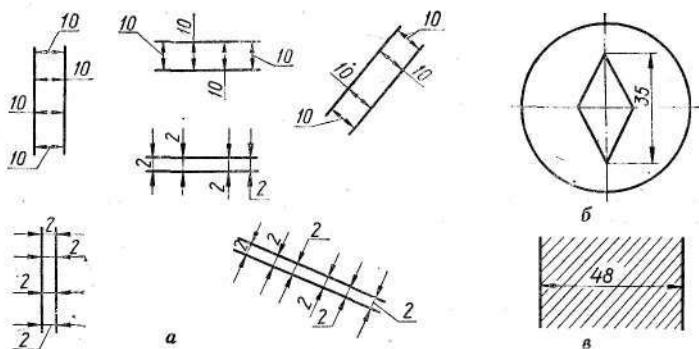


Рис. 42

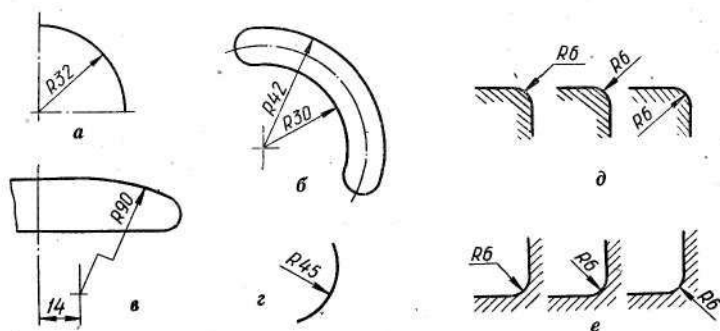


Рис. 43

горизонтальной линии, — со стороны вогнутости. Как и для линейных размеров, не рекомендуется наносить размерные числа в заштрихованной зоне. Если все же это необходимо, то размерные числа наносят на полке линии-выноски. Размерные числа для углов малых размеров допускается помещать на полке независимо от зоны расположения (рис. 41, е).

Если над размерной линией места недостаточно (рис. 42, а), то размерные числа наносят на ее продолжении или выносят на полку, расположенную параллельно основной надписи чертежа. Выбор того или иного способа расположения размерного числа зависит от удобства чтения чертежа. Не допускается разделять или пересекать размерные числа какими бы то ни было линиями или наносить их в местах пересечения размерных, осевых и центровых линий. Если необходимо, такие линии прерывают (рис. 42, б). Не разрешается разрывать линию контура для нанесения размерного числа. Если размерное число наносят на заштрихованное поле чертежа, то штриховку прерывают (рис. 42, в).

Радиусы. Перед размерным числом радиуса помещают прописную латинскую букву *R*, высота которой должна быть равна высоте цифры. Размерную линию радиуса проводят из центра дуги (рис. 43, а). Эта

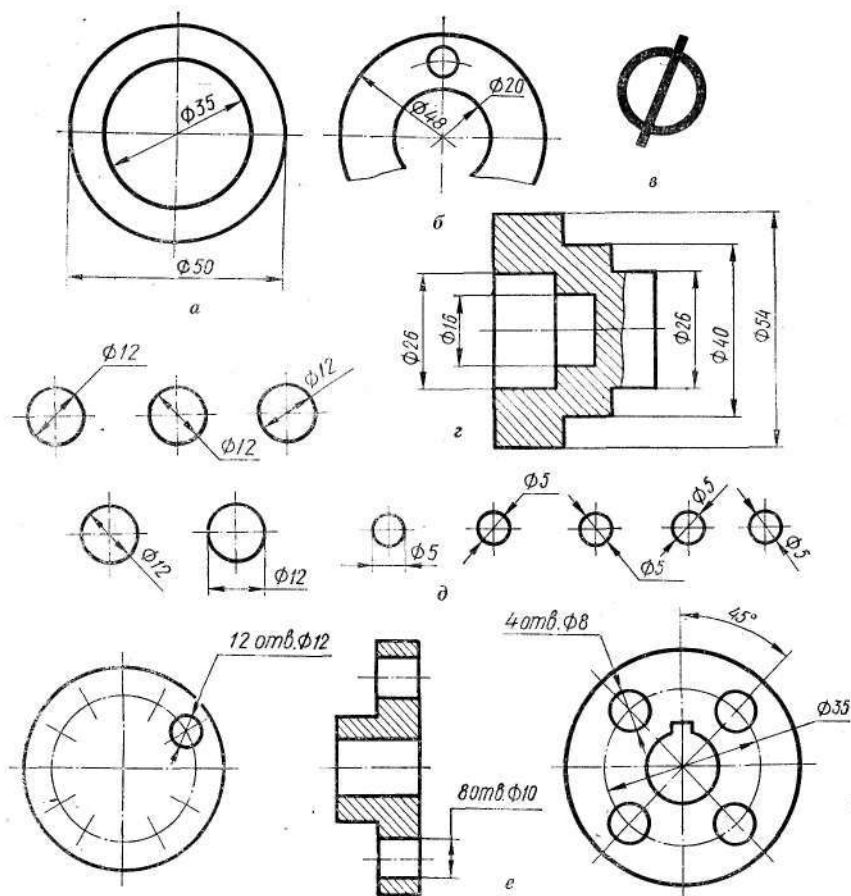


Рис. 44

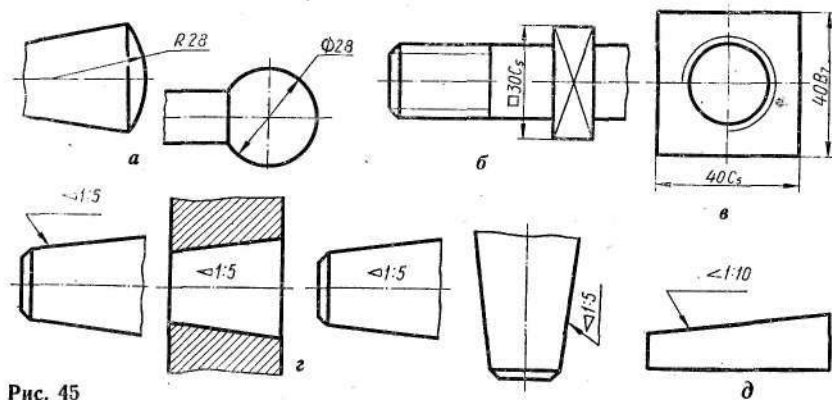


Рис. 45

линия имеет лишь одну стрелку, которая упирается в контур дуги. Если нужно показать размер, определяющий положение центра дуги, то его обозначают пересечением центровых (рис. 43, б) или выносных линий.

При большой величине радиуса дуги разрешается приближать центр к дуге окружности, а размерную линию радиуса выполнять с изломом под углом 90° (рис. 43, в). Если нет необходимости фиксировать координаты центра дуги, то размерную линию радиуса можно не доводить до центра или же смещать ее относительно центра (рис. 43, г).

Небольшие радиусы наружных и внутренних скруглений наносят так, как показано на рис. 43, е, д.

Диаметры. Перед размерным числом диаметра во всех случаях наносят знак \varnothing (рис. 44, а, в). При неполном изображении окружности размерную линию диаметра обрывают за центром окружности (рис. 44, б). Рекомендуется диаметры внешних и внутренних ступеней детали выносить в разные стороны от изображения (рис. 44, г). Для окружностей диаметров ≤ 12 мм размерные линии, стрелки и числа наносят так, как показано на рис. 44, д. Если деталь имеет несколько одинаковых отверстий, то на полке линии-выноски указывают их количество и диаметр одного отверстия (рис. 44, е).

Сфера. Перед размерным числом диаметра или радиуса сферы наносят знаки \varnothing или R ; слово «Сфера» не пишут (рис. 45, а). Допускается писать слово «Сфера» в тех случаях, когда по изображению трудно отличить сферу от других криволинейных поверхностей. В этих случаях пишут: «Сфера $\varnothing 30$ » или «Сфера $R 35$ » и т. д.

Квадрат. Размеры квадрата наносят так, как показано на рис. 45, б, в.

Конусность и уклон (подробней см. § 5.9) обозначают на чертежах условно. Размерное число конусности указывают отношением (например, $1 : 2$) или в процентах (например, 50%). Перед размерным числом конусности наносят знак ∇ , вершина которого направлена в сторону вершины конуса (рис. 45, г). Значение конусности пишут над осью конуса или на полке линии-выноски, расположенной параллельно оси.

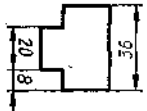
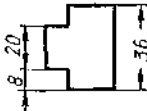
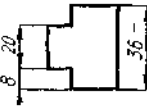
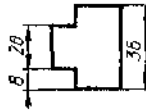
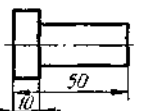
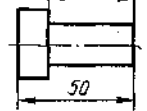
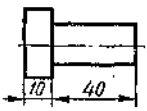


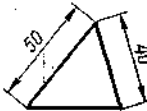

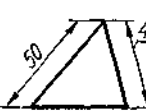
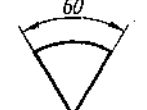
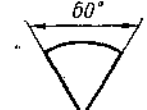


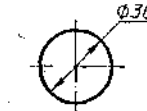
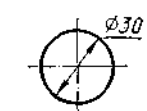

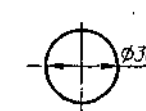
Размерное число уклона указывают отношением или в процентах. Перед размерным числом наносят знак \angle , вершина которого направлена в сторону снижения уклона (рис. 45, д). Надпись размещают на полке линии-выноски, расположенной параллельно той линии, по отношению к которой определено значение уклона (рис. 45, д). Линия-выноска для уклона и конусности оканчивается стрелкой.

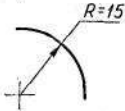
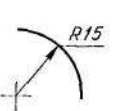
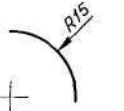
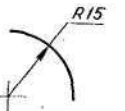
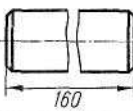
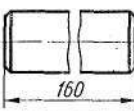
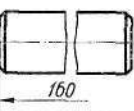
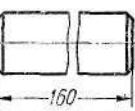
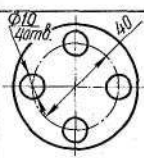
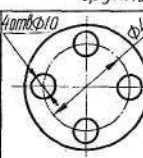
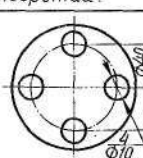
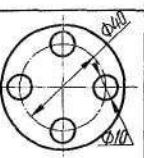
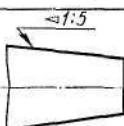
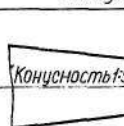
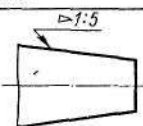
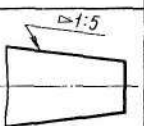


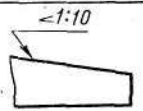
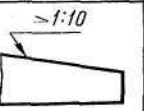
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется масштабом чертежа?
2. Какие масштабы уменьшения и увеличения применяются по ГОСТ 2.302—68?
3. Как обозначают масштабы на чертеже?
4. Как следует располагать на чертеже размерные и выносные линии для измерения отрезка? угла? радиуса? дуги?
5. На каком расстоянии проводят размерные линии от линии контура? одну от другой?

6. Как проставлять на чертеже размерные числа в зависимости от наклона размерных линий и расположения углов?
7. Укажите основные правила нанесения размеров диаметров окружностей и радиусов дуг.
8. Как наносят размеры сферы? квадрата?
9. Как проставляют на чертеже размеры конусности? уклона?

Карта программированного контроля по теме „Нанесение размеров“

1	На каком чертеже правильно нанесены вертикальные размеры?			
				
	а	б	в	г
	На каком чертеже правильно нанесены горизонтальные размеры?			
				
	а	б	в	г
3	На каком чертеже правильно нанесены наклонные размеры?			
				
	а	б	в	г
	На каком чертеже правильно нанесены угловые размеры?			
				
	а	б	в	г
5	На каком чертеже правильно нанесены размеры диаметра?			
				
	а	б	в	г

6	На каком чертеже правильно нанесены размеры радиуса?			
				
	а	б	в	г
7	На каком чертеже правильно нанесены размеры детали с обрывом?			
				
	а	б	в	г
8	На каком чертеже правильно нанесены размеры группы отверстий?			
				
	а	б	в	г
9	На каком чертеже правильно обозначена конусность?			
				
	а	б	в	г
10	На каком чертеже правильно обозначен уклон?			
				
	а	б	в	г

10. В каких случаях размерную линию проводят с обрывом?

11. Начертите размерную стрелку и укажите ее размеры.

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Нанесение размеров». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

5.1. Общие положения

При выполнении чертежей деталей или в процессе их разметки часто приходится прибегать к геометрическим построениям.

Под геометрическими построениями понимают элементарные построения на плоскости, в основе которых лежат определенные геометрические законы.

К геометрическим построениям относят: деление отрезков и углов, построение перпендикулярных и параллельных прямых, правильных многоугольников и т. п.

5.2. Деление отрезка прямой

Деление отрезка AB на две равные части (рис. 46, а). Из точек A и B как из центров радиусом R , большим половины отрезка AB , проводят дуги окружностей до взаимного пересечения в точках M и N . Прямая MN делит отрезок AB пополам. Аналогично часть BC поделена еще на две равные части.

Деление отрезка AB на произвольное число равных частей (рис. 46, б). Чтобы отрезок AB поделить графически на пять равных частей, из крайней точки A под произвольным углом к AB проводят вспомогательную прямую AC , на которой откладывают пять равных частей произвольной длины. Крайнюю точку 5 соединяют с точкой B и при помощи угольника и линейки проводят прямые, параллельные $B5$. Полученные точки I, II, III, IV поделят отрезок AB на пять равных частей.

Упражнение. На рис. 46, в отрезок AB поделен на части, пропорциональные отрезкам m , n и p . Объясните выполненное построение.

Деление отрезка в крайнем и среднем отношениях (рис. 46, г). Подобное деление отрезка в отношении $\frac{AB}{AK} = \frac{AK}{BK}$ называется «золотым сечением». Из точки B при помощи угольника восстанавливают перпендикуляр к AB , на котором откладывают отрезок $BM = \frac{AB}{2} = AC$. На гипотенузе AM отмечают величину $MN = MB$. Из центра A радиусом AN проводят дугу до пересечения с AB в точке K , которая и поделит AB в заданном отношении.

5.3. Построение перпендикулярных и параллельных прямых

Построение перпендикуляра к середине отрезка AB (рис. 46, а). Прямая MN на рис. 46, а и будет перпендикуляром, проходящим через середину отрезка AB .

Построение перпендикуляра к прямой MN из точки A , лежащей вне этой прямой (рис. 47, а). Из точки A как из центра произвольным радиусом проводят дугу, которая пересечет прямую MN в точках O_1 и O_2 . Из полученных точек радиусом, большим половины отрезка

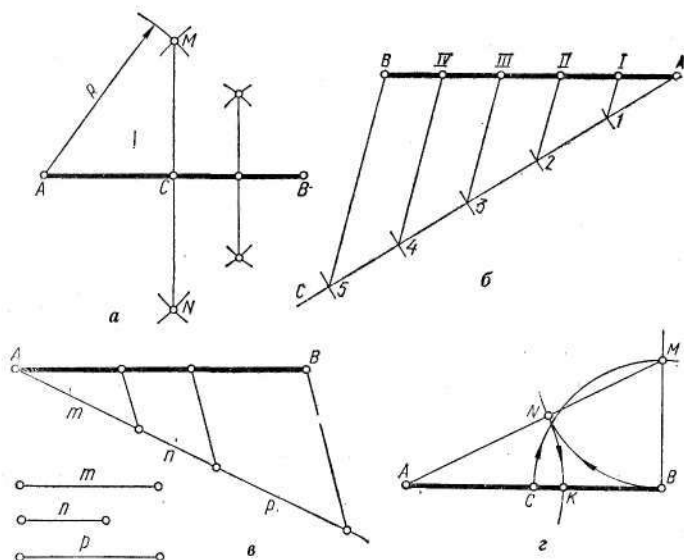


Рис. 46

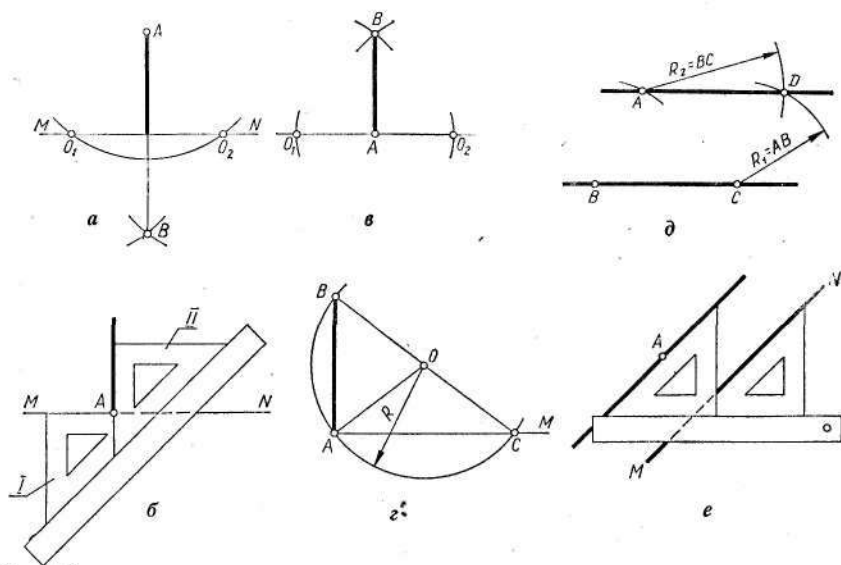


Рис. 47

O_1O_2 , проводят дуги до взаимного пересечения в точке B . Прямая AB — искомый перпендикуляр к MN .

Построение перпендикуляра к прямой через точку A , принадлежащую этой прямой (рис. 47, б). Устанавливают угольник так, чтобы его катет совпал с прямой MN (положение I). Прикладывают к гипотенузе линейку и, передвигая угольник по линейке до совпадения

его вертикального катета с точкой A (положение II), проводят иско-
мый перпендикуляр.

Упражнение. Поясните построение перпендикуляра к прямой из точки A , выпол-
ненное при помощи циркуля (рис. 47, e).

Построение перпендикуляра к прямой AM , который проходит через конечную точку A (рис. 47, e). Из произвольной точки O , нахо-
дящейся вне прямой AM , проводят окружность радиусом $R = OA$,
которая пересечет заданную прямую в точке C . Соединяют точку C
с O и продолжают этот отрезок до пересечения с дугой окружности
в точке B . Угол BAC — прямой как вписанный в окружность и опи-
рающийся на диаметр; следовательно, прямая AB — иско-
мый перпендикуляр.

Построение через точку A прямой, параллельной BC (рис. 47, d).
Из C как из центра проводят дугу радиусом $R_1 = AB$, а из A — ра-
диусом $R_2 = BC$. Пересечение этих дуг дает точку D . Прямые AD и
 BC параллельны как противоположные стороны параллелограмма.

На рис. 47, e при помощи угольника и линейки через точку A про-
ведена прямая, параллельная прямой MN .

5.4. Построение и измерение углов. Деление углов

Построение угла, равного данному (рис. 48, a). Из вершины B
произвольным радиусом R проводят дугу MN и тем же радиусом из
 B_1 — дугу M_1N_1 . Радиусом R_1 , равным величине хорды MN , из M_1
как из центра проводят вторую дугу до пересечения с дугой радиуса R
в точке N_1 . Угол $M_1B_1N_1$ равен углу MBN .

Построение и измерение углов при помощи транспортира
(рис. 48, b). При помощи транспортира рекомендуется строить те уг-
лы, которые невозможно построить двумя угольниками. Например,
на прямой MN в точке A нужно построить угол, равный $53,5^\circ$. Для
этого устанавливают транспортир так, чтобы центр O совпал с точкой A ,
а начальная прямая транспортира совпала с прямой MN . На шкале
против деления $53,5^\circ$ отмечают точку B и проводят через A и B вторую
сторону искомого угла. Аналогично производят и измерение углов
транспортиром.

Построение углов при помощи рейсшины и угольников (рис. 48, b).
Двумя угольниками с углами 45° , 30° и 60° вместе с линейкой или с рейс-
шиной можно построить углы, кратные 15° . На рис. 48, b построены
углы 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° , 105° , 120° , 135° и 150° .

Деление угла на две равные части (рис. 49, a). Из вершины B
угла произвольным радиусом проводят дугу, пересекающую стороны
угла в точках M и N . Из полученных точек как из центров радиусом,
большим половины хорды MN , проводят дуги окружностей до пересе-
чения в точке E . Прямая BE является биссектрисой угла ABC , т. е.
делит его на две равные части.

Упражнение. Поделите угол на четыре и восемь равных частей.

Деление прямого угла на три равные части (рис. 49, b). Произволь-
ным радиусом R из вершины B прямого угла проводят дугу.

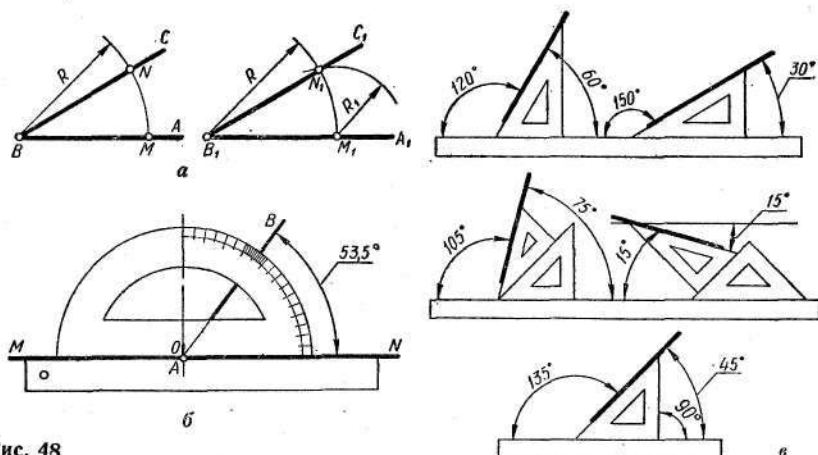


Рис. 48

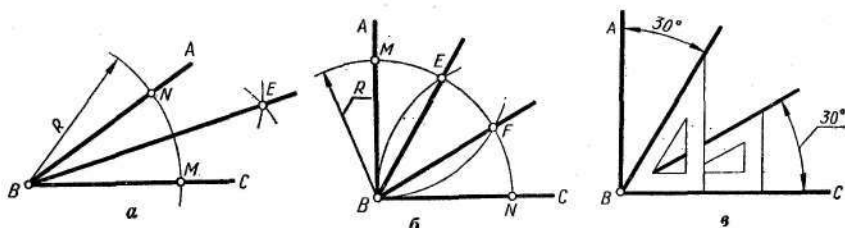


Рис. 49

Из полученных точек M и N этим же радиусом проводят дуги до пересечения с дугой MN в точках E и F . Прямые BE и BF поделят прямой угол на три равные части. На рис. 49, в деление прямого угла на три равные части выполнено при помощи угольника.

Упражнение. Используя рассмотренное построение (рис. 49, б), постройте угол, равный 15° .

5.5. Построение плоских фигур

Построение треугольника ABC по трем отрезкам m , n и p (рис. 50, а). На произвольной прямой откладывают отрезок $AB = n$. Из точки A как из центра описывают дугу радиусом $R_1 = m$, а из точки B — дугу радиусом $R_2 = p$ до взаимного их пересечения в точке C . Найденную точку C соединяют с точками A и B .

Построение многоугольника, равного данному (рис. 50, б, в). Это построение можно выполнить двумя способами:

1-й способ (триангуляционный). Из точки A (рис. 50, б) проводят диагонали, делящие многоугольник на треугольники. Искомый многоугольник строят поэтапно как ряд последовательных треугольников по трем отрезкам способом, показанным на рис. 50, а.

2-й способ (координатный). Положение любой точки на плоскости может быть задано ее координатами, т. е. расстоянием точки от двух

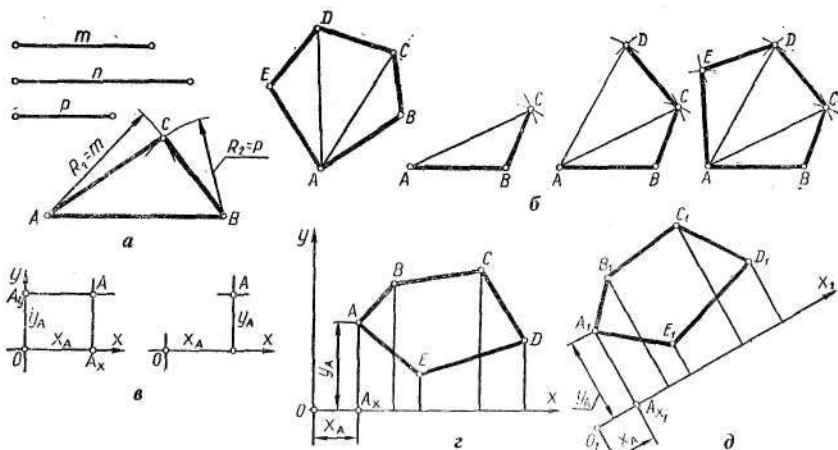


Рис. 50

взаимно перпендикулярных прямых Ox и Oy , называемых осями координат. Прямая Ox — ось абсцисс, Oy — ось ординат, точка O — начало координат. Положение любой точки на плоскости, например точки A (рис. 50, в), определяется ее координатами x_A и y_A . На правом рисунке изображено упрощенное построение точки A по ее координатам x_A и y_A . На рис. 50, г из вершин A, B, C, \dots многоугольника проведены перпендикуляры до пересечения с осью Ox и определены координаты всех точек (на чертеже обозначены лишь координаты точки A). В нужном месте строят направление оси координат O_1x_1 (рис. 50, д) и откладывают на ней значения координат x всех вершин многоугольника. Из полученных точек восстанавливают перпендикуляры к оси O_1x_1 , на которых откладывают значения координат y (на чертеже обозначена координата y_A точки A). Полученный многоугольник $A_1B_1C_1D_1E_1$ равен многоугольнику $ABCDE$, изображенному на рис. 50, г.

5.6. Деление окружности на равные части.

Построение правильных вписанных многоугольников

Деление окружности на четыре равные части (рис. 51, а). Два взаимно перпендикулярных диаметра делят окружность на четыре равные части. Соединяя точки деления, получают вписанный квадрат.

Деление окружности на восемь равных частей (рис. 51, б). Дуги между точками A и C , B и C делят пополам при помощи циркуля или транспортира. Точки деления соединяют с центром окружности и продолжают прямые до пересечения с противоположной половиной окружности. Соединяя точки деления, получают правильный вписанный восьмиугольник.

Деление окружности на три равные части (рис. 51, в). Из точки D конца вертикального диаметра как из центра радиусом окружности проводят дугу, пересекающую окружность в точках M и N . Соединяя точки M, N и C , получают правильный вписанный треугольник.

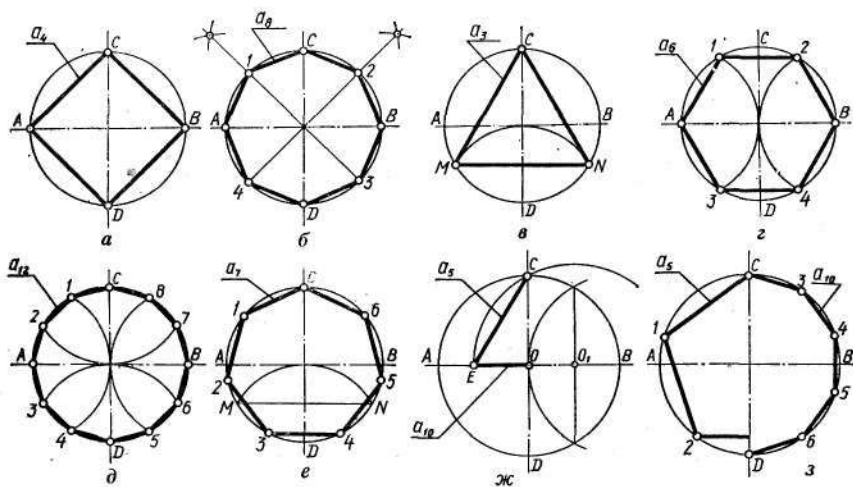


Рис. 51

Деление окружности на шесть равных частей (рис. 51, г). Из концов A и B горизонтального диаметра радиусом окружности проводят дуги, пересекающие окружность в точках 1, 2, 3 и 4. Соединяя точки деления между собой и с A и B , получают правильный вписанный шестиугольник.

Упражнение. Поясните построение правильного двенадцатиугольника (рис. 51, д).

Деление окружности на семь равных частей (рис. 51, е). Разделив окружность на три равные части, получают хорду MN — сторону правильного вписанного треугольника. Половина этой хорды с достаточным приближением равна стороне вписанного семиугольника.

Деление окружности на пять и десять равных частей (рис. 51, ж, з). Радиус окружности OB делят на две равные части и, принимая точку O_1 за центр, проводят дугу радиусом, равным отрезку O_1C . Эта дуга пересекает горизонтальный диаметр окружности в точке E . Отрезок EC дает величину стороны правильного вписанного пятиугольника, а отрезок EO приближенно равен стороне вписанного десятиугольника. На рис. 51, з показаны половины вписанных пятиугольника и десятиугольника.

Деление окружности на равные части при помощи таблицы хорд. Разделить окружность на равные части можно также при помощи таблицы хорд (табл. 3). В первой графе таблицы указано, на сколько равных частей делится окружность, т. е. число сторон вписанного многоугольника; во второй графе приведено значение длины хорды, приходящееся на единицу длины диаметра, т. е. дан коэффициент, на который нужно помножить значение диаметра, чтобы получить размер хорды.

Например, в окружность диаметром 80 мм требуется вписать правильный девятиугольник. По таблице определяют, что коэффициент равен 0,342. Следовательно, длина хорды составит $80 \times 0,342 =$

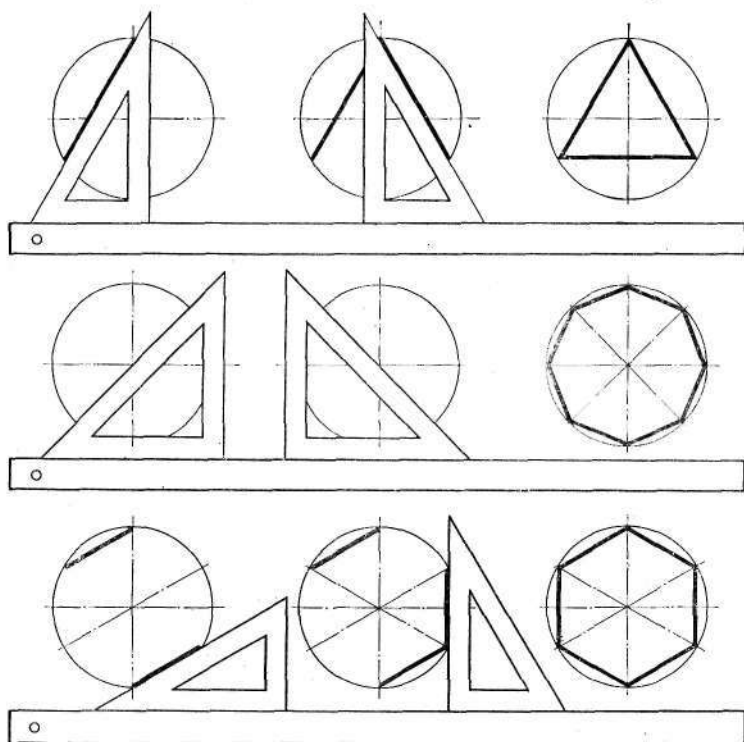


Рис. 52

$= 27,36$ мм. Проводят окружность и откладывают на ней девять раз найденное значение длины хорды. Соединяя точки деления, получают правильный девятиугольник.

Упражнение. Используя таблицу хорд, вычертите правильный одиннадцатигульник.

Таблица 3

Деление окружности на равные части (таблица хорд)

Количество частей	Длина хорды на единицу длины диаметра	Количество частей	Длина хорды на единицу длины диаметра
3	0,866	9	0,342
4	0,707	10	0,309
5	0,588	11	0,282
6	0,500	12	0,258
7	0,434	13	0,239
8	0,383	14	0,223

Таблица 4

Диаметр описанной окружности в зависимости от длины a стороны многоугольника

Число сторон правильного многоугольника	Диаметр описанной окружности d	Число сторон правильного многоугольника	Диаметр описанной окружности d
3	$1,154a$	8	$2,614a$
4	$1,414a$	9	$2,924a$
5	$1,702a$	10	$3,230a$
6	$2,000a$	11	$3,550a$
7	$2,304a$	12	$3,864a$

Применяя угольники и рейсшину, можно разделить окружность на четыре, шесть, восемь и двенадцать равных частей. Некоторые из этих построений приведены на рис. 52.

5.7. Построение правильных многоугольников

Построение квадрата по стороне a (рис. 53, а). Откладывают отрезок $AB = a$ и из его конца, например из точки A , восстанавливают перпендикуляр к AB (см. рис. 47, з). На перпендикуляре откладывают величину $AC = a$. Из точек B и C как из центров радиусами $R = a$ проводят дуги до взаимного пересечения их в точке D .

Упражнение. Постройте квадрат при помощи рейсшины и угольников.

Построение правильного шестиугольника по стороне a (рис. 53, б). Из концов отрезка $AB = a$ радиусом $R = a$ проводят дуги до взаимного пересечения их в точке O . Принимая O за центр, проводят окружность радиусом $R = a$ и делят ее на шесть равных частей.

На рис. 53, в построение шестиугольника выполнено при помощи рейсшины и угольников. Поясните произведенное построение.

Построение правильных многоугольников по данной стороне a можно выполнить и применяя данные табл. 4.

Пример. Нужно построить правильный семиугольник, сторона которого равна 30 мм. По табл. 4 определяют коэффициент, на который следует помножить длину стороны, чтобы получить величину диаметра описанной окружности. В данном случае коэффициент равен 2,304; следовательно, $d = 30 \times 2,304 = 69,12$ мм. Полученным диаметром описывают окружность, в которую вписывают семиугольник со стороной $a = 30$ мм.

Упражнение. Постройте одиннадцатиугольник со стороной 20 мм.

5.8. Определение центра дуги окружности.

Спрямление дуги окружности

Определение центра дуги окружности. Чтобы найти центр дуги окружности, проводят две произвольные хорды AB и CD (рис. 54, а). Пересечение перпендикуляров, восстановленных к серединам каждой хорды, даст центр дуги — точку O . Одновременно определится и величина радиуса окружности.

Приближенный способ определения длины l дуги \widehat{AB} окружности (рис. 54, б). Через середину хорды AB проводят перпендикуляр до пересечения с дугой в точке K . Из точек C и D как из центров радиусами $R = d$ проводят дуги до взаимного пересечения их в точке O_1 . Из точки O_1 проводят лучи O_1A и O_1B до пересечения с касательной к окружности, проходящей через точку K . Величина отрезка A_1B_1 приближенно равна длине дуги \widehat{AB} . На этом же чертеже отрезок KC_1 дает значение спрямленной дуги четверти окружности.

5.9. Построение уклона и конусности

Наклон одной линии относительно другой, расположенной горизонтально или вертикально, характеризует величину, называемую уклоном.

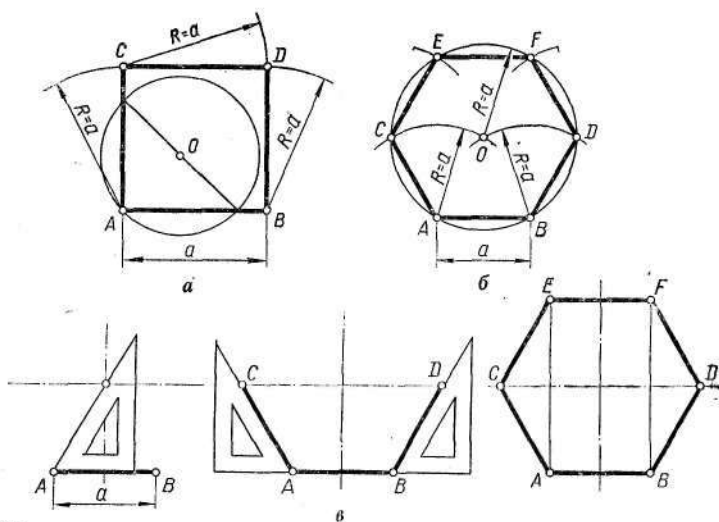


Рис. 53

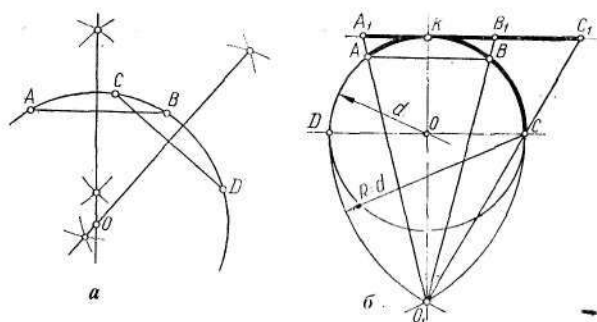


Рис. 54

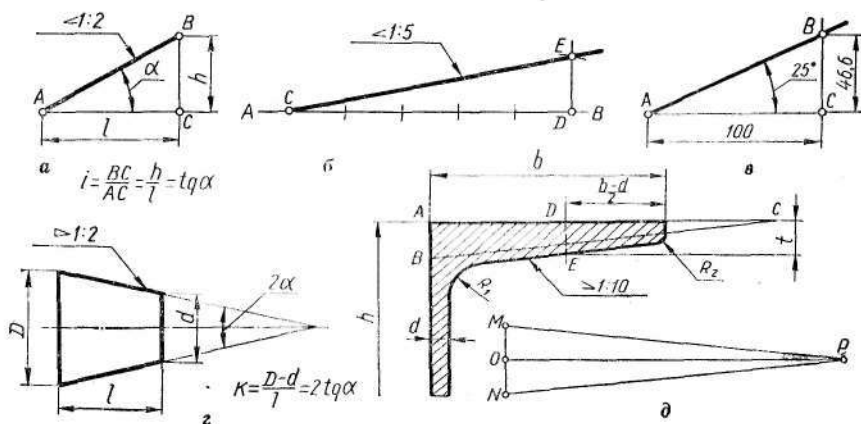


Рис. 55

Углы α° и соответствующие им уклоны $i\%$

α	i	α	i	α	i	α	i
1	1,7	6	10,5	12	21,3	30	57,7
3	5,2	7	12,3	15	26,8	35	70,0
4	7,0	8	14,0	20	36,4	40	83,9
5	8,7	10	17,6	25	46,6	45	100,0

В прямоугольном треугольнике ABC (рис. 55, а) наклон гипотенузы AB к катету AC можно выразить либо углом α в градусах, либо уклоном i , величина которого определяется отношением катета BC к катету AC . Уклон выражают в процентах или в виде отношения, например: 10% или 1 : 10. Обозначение уклона на чертежах выполняют по ГОСТ 2.307—68 (см. § 4.2).

С построением уклона связаны две основные задачи:

1. Определить величину уклона прямой AB относительно прямой AC (рис. 55, а). Из произвольной точки C прямой AC восставляют перпендикуляр к AC . Измеряют длину катетов BC и AC и делят первую величину на вторую. Допустим, что длина катета BC равна 10 мм, а катета AC — 20 мм. В этом случае величина уклона равна 1 : 2, или 50%.

2. Дан отрезок AB и на нем точка C (рис. 55, б). Через точку C нужно провести прямую с уклоном 1 : 5 к заданному отрезку. На прямой AB от точки C откладывают пять равных произвольных отрезков. Из полученной точки D восставляют перпендикуляр, на котором откладывают один отрезок такой же величины. Прямая, проведенная через точки C и E , имеет уклон 1 : 5 по отношению к прямой AB .

Упражнение. Через точку A проведите прямую с уклоном 14% к горизонтальному направлению.

Соотношения между величинами углов в градусах и соответствующих уклонов в процентах даны в табл. 5.

Пример. Построить угол BAC , равный 25° (рис. 55, в).

Из табл. 5 следует, что углу 25° отвечает уклон 46,6%. Проводят горизонтальную прямую $AC = 100$ мм. Из точки C восставляют перпендикуляр к AC , на котором откладывают отрезок $BC = 46,6$ мм. Соединяя точки A и B , получают угол BAC , равный 25° .

Поверхности многих изделий, например швеллеров, рельсов, литых деталей и других, имеют различные уклоны. Рассмотрим чертеж полки швеллера № 18 (рис. 55, д). По взятым из стандарта размерам ($h = 180$ мм, $b = 70$ мм, $d = 5,1$ мм) вычерчивают основной контур швеллера. Определяют положение точки E , рассчитывая размер $\frac{b-d}{2} = \frac{70-5,1}{2}$ мм = 32,5 мм, и откладывают в этой точке значение $t = 8,7$ мм. Через полученную точку E проводят прямую с уклоном 10%. Выполнить это можно двумя способами:

1-й способ. На основании полки швеллера откладывают отрезки $AC = 100$ мм и $AB = 10$ мм и через точку E проводят прямую, параллельную гипотенузе BC .

2-й способ. На свободном месте поля чертежа проводят линии MP и NP , имеющие уклон 10%, и через точку E проводят прямую, параллельную NP .

Конусность определяется отношением разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними (рис. 55, з):

$$K = \frac{D-d}{l} = 2 \lg \alpha.$$

Величина конусности на рис. 55, з равна 1 : 2. Конусность указывают в виде простой дроби или в процентах. В зависимости от назначения поверхности тех или иных деталей имеют различное значение конусности. Так, например, конические литфты имеют $K = 1 : 50$, хвостовики сверл — $K = 1 : 20$, центры токарных станков — $K = 1 : 7$; 1 : 10 и др.

Для машиностроительной промышленности ГОСТ 8593—57 устанавливает следующие значения нормальной конусности: 1 : 200; 1 : 100; 1 : 50; 1 : 20; 1 : 10; 1 : 8; 1 : 5; 1 : 3; 1 : 1,866; 1 : 1,207; 1 : 0,866; 1 : 0,652; 1 : 0,5; 1 : 0,289. На чертежах конусность обозначают по ГОСТ 2.307—68 (см. § 4.2).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как разделить окружность на 4 и 8 равных частей?
2. Как построить перпендикуляр к прямой из точки, лежащей вне прямой? лежащей на прямой?
3. Как разделить прямой угол на 3 равные части?
4. Как построить многоугольник, равный данному?
5. Как в окружность вписать правильный пятиугольник? шестиугольник? семиугольник?
6. Как построить правильный одиннадцатигульник, пользуясь таблицей хорд?
7. Как определить длину дуги окружности?
8. Как по заданной стороне построить правильный пятиугольник? правильный шестиугольник?
9. Что называется уклоном? Как измеряют величину уклона?
10. Как обозначать уклон на чертеже?
11. Что называется конусностью? Как измерить величину конусности?
12. Как обозначать конусность на чертеже?

§ 6. СОПРЯЖЕНИЯ

6.1. Общие положения

Выполняя чертежи различных технических изделий, приходится плавно сопрягать между собой различные линии: прямые — с дугами окружностей, дуги окружностей — между собой и др.

Плавный переход одной линии в другую называется касанием.

Основные случаи касания рассматриваются в геометрии. Прямая, касательная к окружности, образует прямой угол с радиусом, проведенным в точку касания (рис. 56, а). Геометрическим местом центров окружностей, касательных к данной прямой, являются две прямые

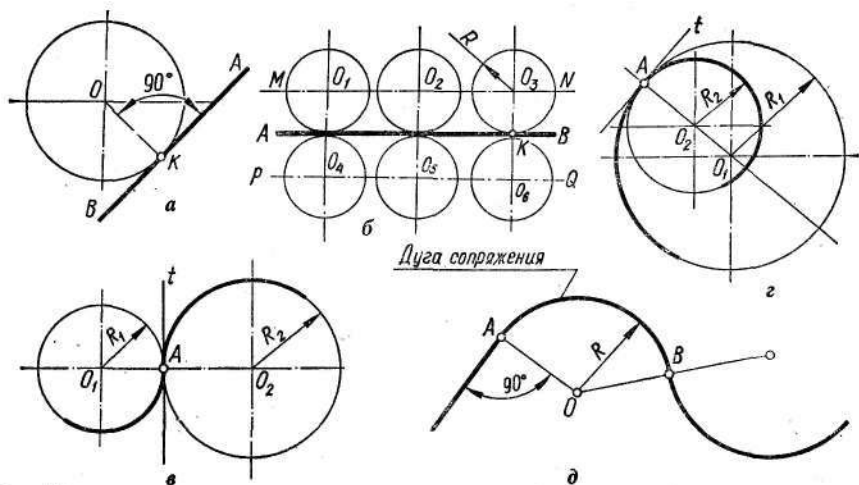


Рис. 56

MN и PQ , параллельные AB и удаленные от нее на расстояние R (рис. 56, б). Любую точку прямых MN и PQ можно принять за центр окружности, касательной к AB . Точка касания K — основание перпендикуляра, опущенного из центра O_3 на прямую AB .

Существует два вида касания окружностей: *внешнее* (рис. 56, в), когда расстояние между центрами равно сумме радиусов $R_1 + R_2$ и точка касания расположена на линии центров между O_1 и O_2 , и *внутреннее* (рис. 56, г), когда расстояние между центрами равно разности радиусов $R_1 - R_2$ и точка касания находится на линии центров за точками O_1 и O_2 . Через точку касания можно провести общую касательную, перпендикулярную к радиусам, проведенным в эту точку.

Сопряжением называется плавный переход одной линии в другую, выполненный при помощи промежуточной линии.

Основные элементы сопряжения (рис. 56, д) — это радиус R дуги сопряжения, центр O сопряжения, точки сопряжения, или точки перехода, A и B . В техническом черчении при построении сопряжений чаще всего задается радиус R дуги сопряжения, а остальные элементы определяются построением.

6.2. Построение касательных к окружностям

Построение касательной к окружности в точке A , лежащей на окружности (рис. 57, а). Искомой касательной является перпендикуляр, восстановленный из точки A к радиусу, проведенному в эту точку.

Построение касательной к окружности из внешней точки A (рис. 57, б). Из точки O_1 (середины отрезка AO) как из центра радиусом O_1O проводят вспомогательную окружность до пересечения ее с данной в точках B и C . Прямые AB и AC — искомые касательные, так как угол ACO прямой как вписанный, опирающийся на диаметр AO .

В практике технического черчения часто приходится проводить касательные к двум окружностям. В этом случае касание может быть

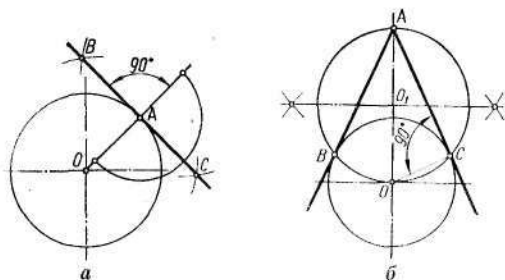


Рис. 57

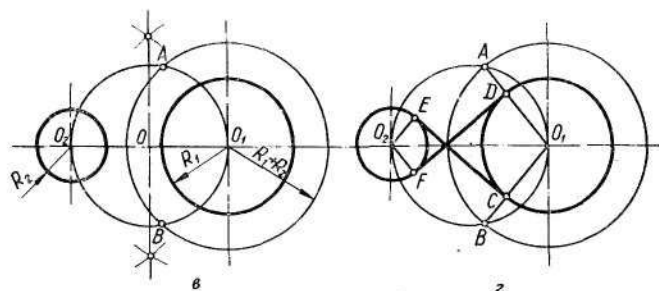
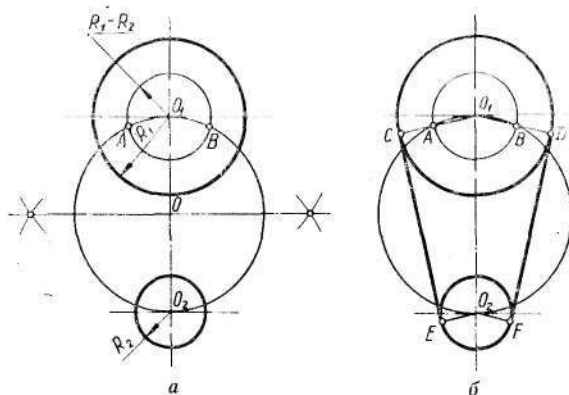


Рис. 58

внешним, если окружности расположены по одну сторону от касательной, или внутренним, если окружности расположены по разные стороны от нее.

Построение внешней касательной к окружностям радиусов R_1 и R_2 (рис. 58, а, б). Из центра O_1 проводят вспомогательную окружность радиусом $R_1 - R_2$. Из точки O (середины отрезка O_1O_2) как из центра радиусом OO_1 проводят окружность до пересечения ее со вспомогательной окружностью в точках A и B . Прямые O_1A и O_1B пересекают окружность радиуса R_1 в точках касания C и D . Из центра O_2 проводят прямые O_2E и O_2F , соответственно параллельные O_1C и O_1D . CE и DF — искомые внешние касательные к данным окружностям.

Упражнение. Рассмотрите и поясните построение внутренней касательной к окружностям радиусов R_1 и R_2 (рис. 58, а, г).

6.3. Сопряжение прямых дугой окружности

Чаще всего встречаются два типа построений сопряжения двух прямых: 1) задан радиус дуги сопряжения; 2) задана точка сопряжения на одной из прямых.

Сопряжение сторон прямого, острого или тупого угла дугой радиуса R — скругление углов (рис. 59). Проводят две прямые, параллельные сторонам угла, на расстоянии радиуса R сопряжения. Эти прямые являются геометрическим местом центров окружностей радиуса R , касательных к данным прямым. Точка O пересечения вспомогательных прямых — центр дуги сопряжения. Перпендикуляры, опущенные из центра O на данные прямые, определяют точки сопряжения A и B . Радиусом R проводят дугу сопряжения между точками A и B . Скругление прямого угла рекомендуется выполнять так, как изображено на рис. 59, а. На рис. 59, а—в приведены технические детали с рассматриваемыми скруглениями углов.

Сопряжение двух прямых, если задана точка A сопряжения на одной из прямых (рис. 60, а). Строят биссектрису угла между данными прямыми (см. рис. 49, а), являющуюся геометрическим местом центров дуг сопряжения. Из точки A восстанавливают перпендикуляр к прямой до пересечения с биссектрисой в точке O — искомом центре сопряжения. Опустив из точки O перпендикуляр на вторую прямую, получают еще одну точку сопряжения — B . Радиусом OA проводят дугу окружности между точками A и B .

Упражнение. Поясните построение сопряжения двух параллельных прямых, если задана одна из точек сопряжения — A (рис. 60, б).

Сопряжение параллельных прямых двумя дугами, если заданы точки сопряжения A , B и C (рис. 60, в). Проводят перпендикуляры к серединам хорд AC и BC . Точки пересечения этих перпендикуляров с перпендикулярами, восстановленными из точек A и B к данным прямым, служат центрами сопряжения O_1 и O_2 . Из найденных центров проводят дуги радиусами O_1A и O_2B .

6.4. Сопряжение дуги с прямой

Различают случаи внешнего и внутреннего сопряжений прямой с дугой окружности.

Внешнее сопряжение. Для построения внешнего сопряжения (рис. 61, а) проводят вспомогательную прямую, параллельную прямой BM , на расстоянии, равном радиусу R дуги сопряжения. Из центра O радиусом $R_2 + R$ проводят вспомогательную дугу. Точка O_2 пересечения дуги со вспомогательной прямой является центром сопряжения. Пересечение линии центров OO_2 с окружностью дает точку сопряжения A ; для получения точки сопряжения B восстанавливают перпендикуляр из центра O_2 к прямой BM . Завершают построение проведением дуги радиусом $R = O_2B$ между точками A и B .

Внутреннее сопряжение. При внутреннем сопряжении (рис. 61, б) совершают те же построения с той лишь разницей, что вспомогательную

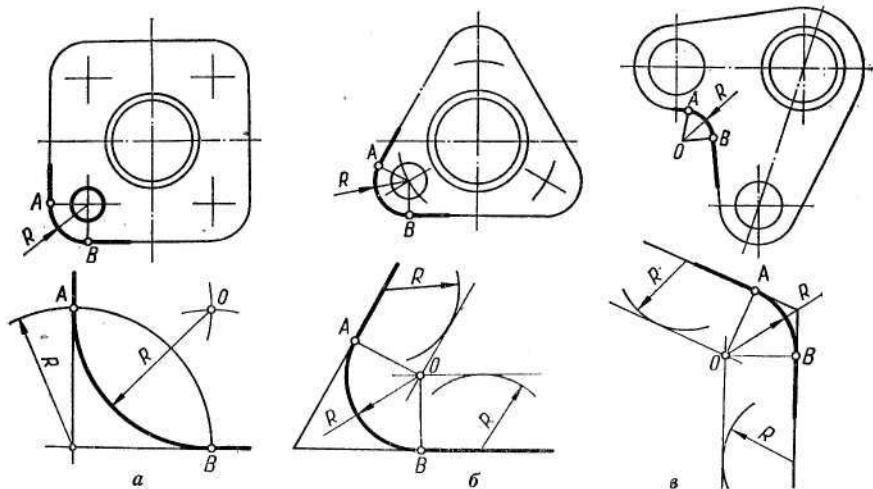


Рис. 59

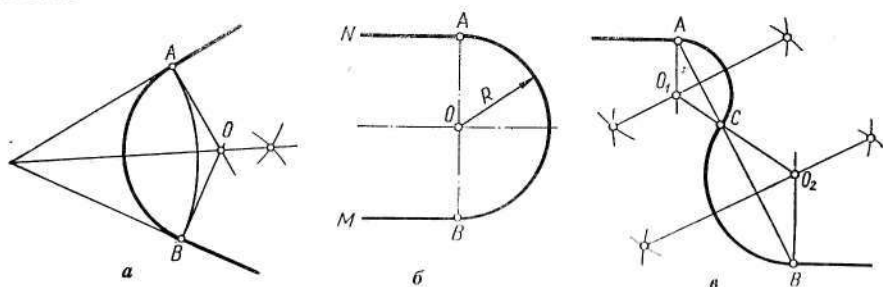


Рис. 60

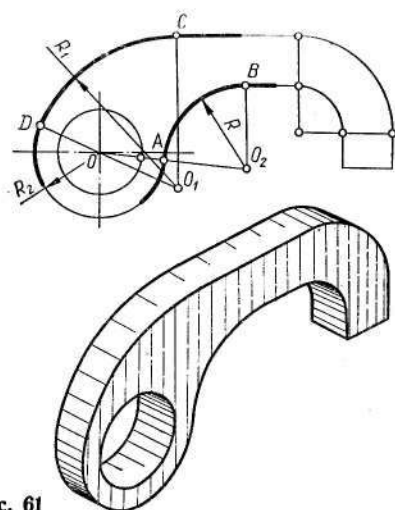
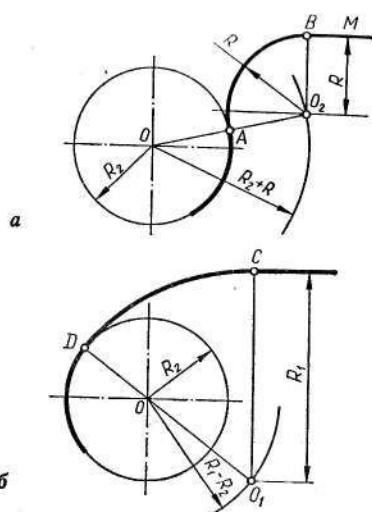


Рис. 61



дугу проводят радиусом $R_1 - R_2$; точка сопряжения D находится на пересечении продолжения линии центров O_1O с окружностью.

6.5. Сопряжение дуг окружностей между собой

Различают внешнее, внутреннее и смешанное сопряжения дуг окружностей между собой.

При **внешнем сопряжении** (рис. 62, а) центр сопряжения O находится в точке пересечения вспомогательных дуг радиусов $R_1 + R$ и $R_2 + R$, проведенных соответственно из центров O_1 и O_2 . Пересечение лучей OO_1 и OO_2 с заданными окружностями дает точки сопряжения A и B .

При **внутреннем сопряжении** (рис. 62, б) центр сопряжения O определяется в точке пересечения вспомогательных дуг радиусов $R - R_1$ и $R - R_2$, проведенных соответственно из центров O_1 и O_2 . Точки со-

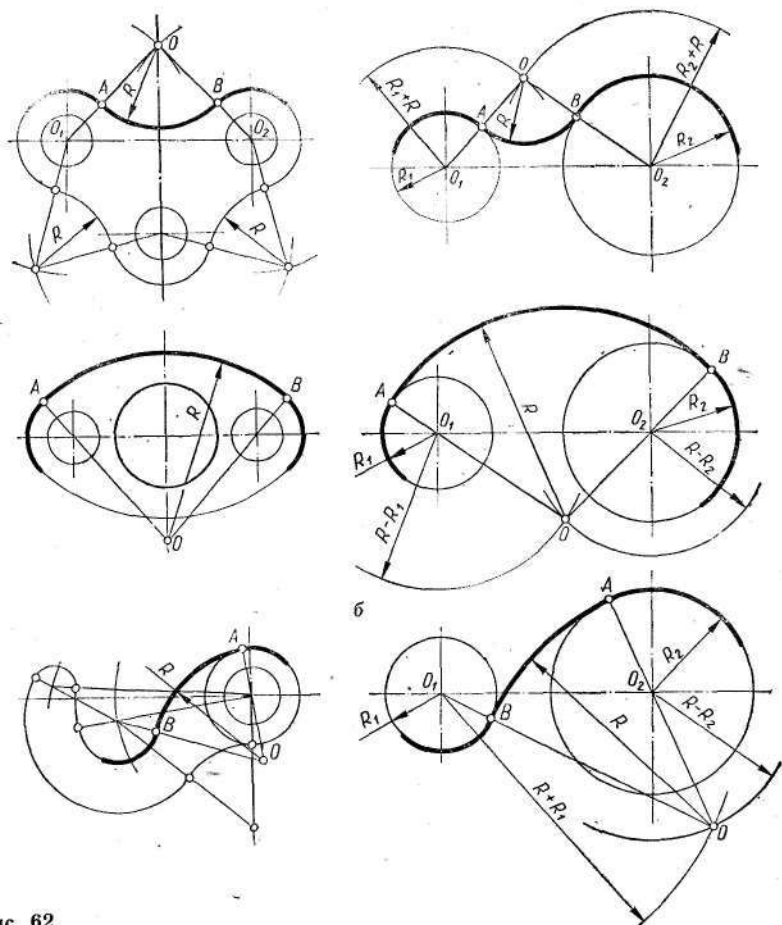


Рис. 62

пряжения A и B лежат на пересечении продолжений линий центров OO_1 и OO_2 с окружностями.

При **смешанном сопряжении** (рис. 62, в) центром сопряжения O является точка пересечения вспомогательных дуг радиусов $R + R_1$ и $R - R_2$, проведенных соответственно из центров O_1 и O_2 . Точки сопряжения A и B определяют так же, как и в предыдущих случаях.

6.6. Построение коробовых кривых

Коробовыми называются кривые, образованные сопряжением дуг окружностей.

К коробовым кривым относят овалы, овоиды, завитки и т. п. *Овал* — замкнутая коробовая кривая, имеющая две оси симметрии. Строят овал либо по двум заданным осям — большой и малой, либо по одной большой оси.

Построение овала по заданной большой оси AB (рис. 63, а). Отрезок AB делят на четыре равные части и получают центры сопряжения O_1 и O_2 . Из центра O проводят дугу радиусом OA до пересечения с вертикальной прямой в точках O_3 и O_4 — второй паре центров сопряжения. Соединяя точки O_1 и O_3 , O_1 и O_4 , получают линии центров. Из O_1 радиусом $R_1 = O_1A$ проводят дугу окружности до пересечения в точках C и E с линиями центров O_1O_4 и O_1O_3 . Аналогично получают

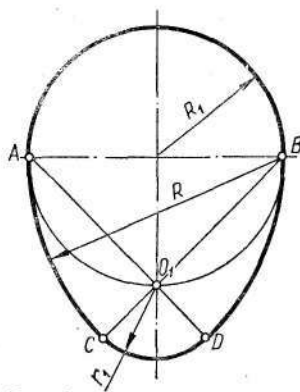
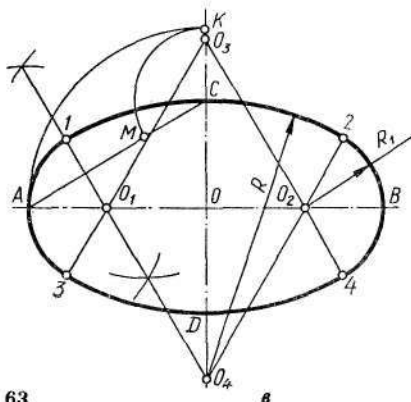
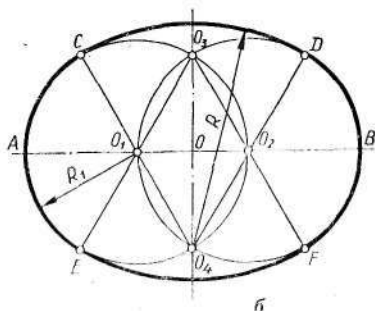
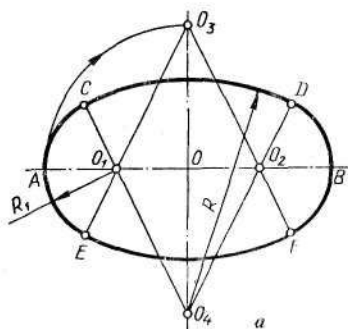


Рис. 63

Рис. 64

вторую пару точек сопряжения — D и F . Радиусом $R = O_4C$ проводят замыкающие дуги овала между точками C и D , E и F .

Упражнение. Объясните построение овала делением большой оси на три равные части (рис. 63, б).

Построение овала по двум осям AB и CD (рис. 63, в). На прямой, соединяющей точки A и C , откладывают от точки C отрезок CM , равный разности полуосей овала, т. е. $CM = OK - OC$. Из середины отрезка AM восстанавливают перпендикуляр и продолжают его до пересечения с осями овала в точках O_1 и O_4 . Определяют симметричные им точки O_2 и O_3 и проводят линии центров O_1O_3 ; O_1O_4 ; O_2O_3 ; O_2O_4 . Из центра O_4 проводят дугу радиусом $R = O_4C$ до пересечения с линиями центров O_4O_1 и O_4O_2 в точках 1 и 2. Аналогично находят точки сопряжения 3 и 4. Замыкающие дуги овала проводят из центров O_1 и O_2 радиусом $R_1 = O_1A$ или $R_1 = O_2B$.

Упражнение. Рассмотрите и поясните построение овоида по его ширине — отрезку AB (рис. 64). Овоид — замкнутая коробовая кривая, имеющая только одну ось симметрии.

6.7. Выполнение чертежей технических деталей

Построение чертежа технической детали следует начинать с анализа геометрических элементов, составляющих деталь, и определения ее габаритных размеров. Затем следует продумать, какие геометрические построения и сопряжения нужно выполнить на чертеже. Соответственно габаритным размерам детали выбирают масштаб изображения. Построение рекомендуется выполнять в такой последовательности: 1) нанести осевые и центровые линии; 2) провести окружности, центры которых расположены на пересечении центровых линий; 3) провести прямые линии; 4) выполнить сопряжения с указанием вспомогательных построений, необходимых для определения центров и точек сопряжения; 5) нанести размерные линии и проставить размерные числа. Вспомогательные построения рекомендуется оставить на чертеже для проверки преподавателем.

После проверки чертеж обводят карандашом или тушью. Последовательность обводки чертежа такая: 1) осевые и центровые линии; 2) окружности и дуги, в том числе и дуги сопряжений (начинать следует с дуг и окружностей больших размеров); 3) горизонтальные основные линии; 4) вертикальные основные линии; 5) наклонные основные линии; 6) сплошные тонкие линии; 7) стрелки, размерные числа, надписи и пр. После этого заштриховывают разрезы и сечения.

Рассмотрим примеры построения чертежей деталей, имеющих элементы сопряжений.

Контур прокладки (рис. 65, а). Прежде всего проводят вертикальную ось симметрии и центровые линии. Вычерчивают две окружности $\varnothing 20$ на расстоянии 110 мм друг от друга (рис. 65, б, в) и из этих же центров проводят окружности радиусами $R32$. В тонких линиях выполняют внешний контур прокладки, имеющий форму равнобокой трапеции с основаниями 130; 65 мм и высотой 120 мм. Используя размеры 36 и 38 мм, проводят параллельные прямые верхнего выреза. Выполняют внешнее сопряжение окружностей радиусов $R32$ дугой радиуса $R84$ (рис. 65, в, г). Центр

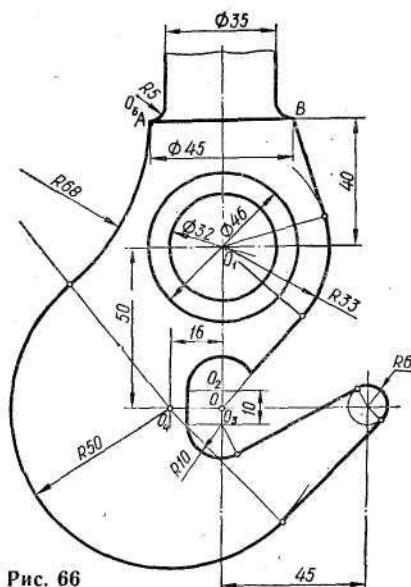


Рис. 66

определяют при помощи засечек, проведенных из центра дуги $R50$ радиусом $R = (50 + 68)$ мм и радиусом $R68$ из точки A . Центр O_6 дуги $R5$ определяют на пересечении дуги, проведенной радиусом $R5$ из точки A , и прямой, параллельной вертикальной оси крюка, на расстоянии от нее $(17,5 + 5)$ мм.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Сформулируйте условия касания прямой к двум окружностям.
2. Что называется сопряжением? Назовите его основные элементы.
3. Как построить касательную к окружности? к двум окружностям?
4. Как построить сопряжение двух пересекающихся прямых?
5. Как построить внутреннее сопряжение дуги с прямой?
6. Как построить внешнее, внутреннее и смешанное сопряжения двух окружностей?

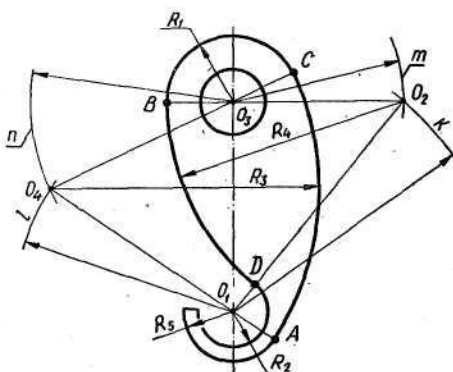
7. Поясните порядок построения овала по двум осям.

8. Как построить оvoid, если задана его ширина?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Сопряжения». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля по теме «Сопряжения»

1. Назовите точки внутреннего сопряжения.
2. Назовите точки смешанного сопряжения.
3. Каким радиусом выполнено внутреннее сопряжение?
4. Каким радиусом выполнено смешанное сопряжение?
5. Каким радиусом проведена дуга n ?
6. Каким радиусом проведена дуга l ?
7. Каким радиусом проведена дуга m ?
8. Каким радиусом проведена дуга k ?
9. Назовите центр дуги смешанного сопряжения.
10. Назовите центр дуги внутреннего сопряжения.
11. Назовите отрезок дуги смешанного сопряжения.
12. Назовите отрезок дуги внутреннего сопряжения.



§ 7. ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

7.1. Общие положения

Лекальными называются кривые, вычерчиваемые при помощи лекала по предварительно найденным точкам.

Лекала — это специальные линейки с криволинейными кромками. К лекальным кривым относят эллипс, параболу, гиперболу, циклоиду, эвольвенту, синусоиду и др. Лекальные кривые широко применяются для очертаний различных технических деталей, например: профилей кулачков, кронштейнов, подвесок, зубчатых колес, фасонного инструмента и т. п.

Порядок вычерчивания лекальных кривых. Вначале по определенным правилам строят точки, принадлежащие данной кривой. Желательно, чтобы расстояния между точками не превышали 15 мм. Полученные точки от руки соединяют плавной кривой, а затем обводят кривую по лекалу. Лекало прикладывают к кривой так, чтобы оно охватывало своим контуром не менее трех-четырех точек одновременно. При обводке, однако, некоторый участок кривой оставляют необведенным. Следующий участок лекала должен перекрывать ранее обведенный участок кривой и т. д. Этот прием обеспечивает плавность кривой и отсутствие на ней изломов. Начинать обводку рекомендуется с участков наибольшей кривизны. На рис. 67 показано, как обводить кривую при помощи лекала. В большинстве случаев приходится пользоваться не одним, а несколькими лекалами, подбирая их так, чтобы участки кривых имели наибольшую плавность, отвечающую характеру данной кривой.

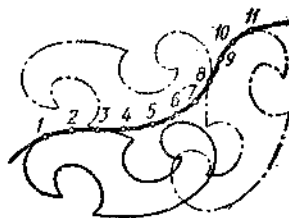


Рис. 67

7.2. Эллипс

Эллипсом называется замкнутая плоская кривая, все точки которой обладают следующим свойством: сумма расстояний от любой точки эллипса до двух заданных точек F_1 и F_2 , называемых фокусами, есть величина постоянная, равная длине большой оси эллипса, т. е. $R_1 + R_2 = AB$ (рис. 68, а).

Эллипс имеет две оси симметрии: большую ось $AB = 2a$ и малую $CD = 2b$. Точки A, B, C, D — вершины эллипса. Точка O — центр эллипса. Расстояние $F_1F_2 = 2c$ называется фокусным. Между фокусным расстоянием и величинами осей эллипса существует следующая зависимость: $a^2 = b^2 + c^2$. Любая прямая, проходящая через центр эллипса, называется его **диаметром**. Эллипс имеет бесчисленное множество сопряженных диаметров. Чтобы построить диаметр, сопряженный с данным, например с PE (рис. 68, б), проводят произвольную хорду KL , параллельную PE , и находят ее середину — точку O_1 . Соединяют O_1 с центром эллипса — точкой O . Прямые QH и PE будут сопряженными диаметрами эллипса.

Уравнение эллипса: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$.

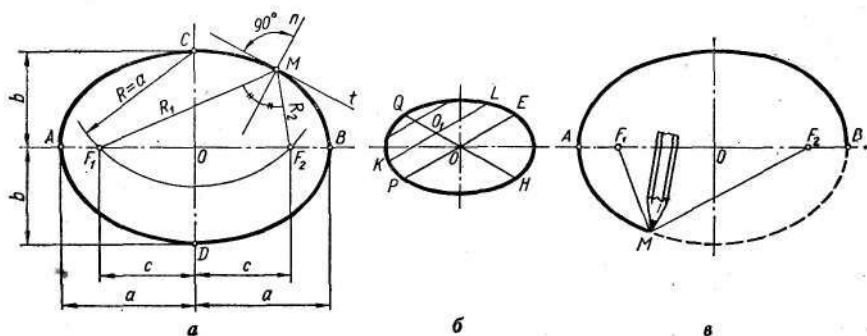


Рис. 68

Чтобы провести касательную t и нормаль n к эллипсу в любой точке M (рис. 68, а), строят биссектрису угла между радиусами-векторами R_1 и R_2 , соединяющими точку M с фокусами F_1 и F_2 . Биссектриса дает направление нормали n , а перпендикуляр к ней является касательной t к эллипсу в точке M .

Рассмотрим несколько способов построения эллипса.

Построение эллипса по большой оси AB и фокусному расстоянию F_1F_2 (рис. 68, в). На горизонтальной прямой симметрично выбранной вертикальной оси откладывают величину большой оси AB и фокусное расстояние F_1F_2 . Закрепляют нитку в точках F_1 и F_2 кнопками или гвоздиками так, чтобы длина ее между точками закрепления равнялась большой оси эллипса AB . Натянув нитку, карандашом вычерчивают эллипс.

Построение эллипса по большой оси AB и фокусному расстоянию F_1F_2 (рис. 69, а). Проводят большую ось AB эллипса и намечают на ней фокусы F_1 и F_2 ($OF_1 = OF_2 = \frac{F_1F_2}{2}$). Через центр эллипса — точку O — проводят прямую, перпендикулярную к AB , и из точки F_1 или F_2 делают засечки на перпендикуляре радиусом $F_1C = \frac{AB}{2}$. Отрезок CD — малая ось эллипса. На прямой AB намечают произвольный ряд точек $1, 2, 3, \dots$. Приняв за центры фокусы F_1 и F_2 , радиусами $A1$ и $B1$, $A2$ и $B2$, ... соответственно проводят дуги до взаимного их пересечения в точках I, II, III, \dots . Полученные точки соединяют при помощи лекала.

Построение эллипса по большой AB и малой CD осям (рис. 69, б). Из центра O эллипса проводят две concentric окружности, диаметры которых равны заданным осям AB и CD . Большую окружность делят на равные части, например на 12, и точки деления соединяют с центром O . Проведенными радиусами малая окружность разделится на то же число равных частей. Из точек $1, 2, 3, \dots$ большой окружности проводят вертикальные отрезки параллельно малой оси эллипса, а из точек $1', 2', 3', \dots$ малой окружности — горизонтальные отрезки параллельно большой оси. Пересечение соответствующих отрезков дает точки эллипса I, II, III, \dots . Полученные точки соединяют плавной кривой.

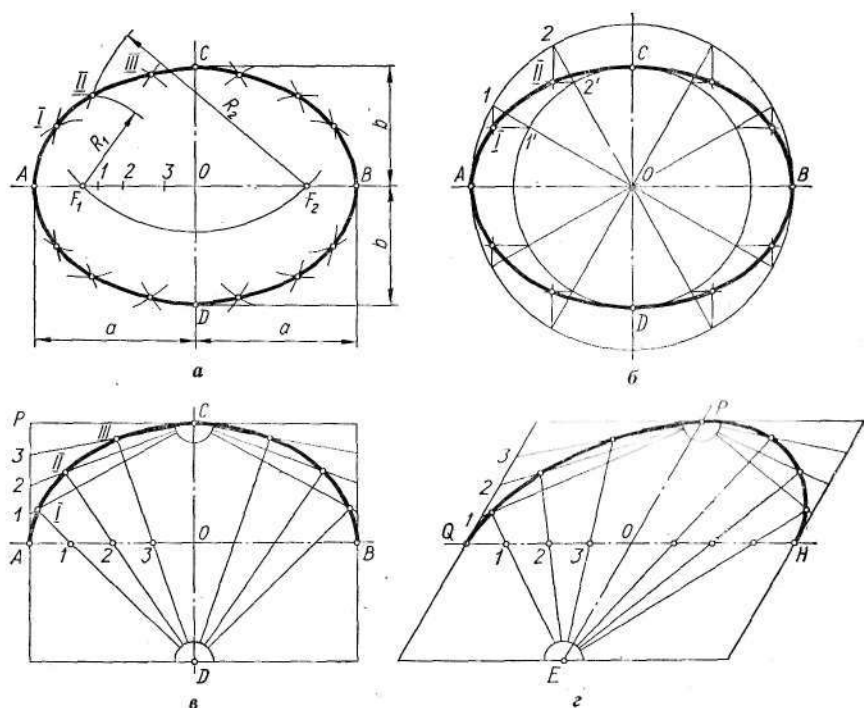


Рис. 69

Построение эллипса по большой AB и малой CD осям или по его сопряженным диаметрам (рис. 69, в). На осях AB и CD эллипса строят прямоугольник. Большую полуось OA и смежную с ней половину стороны прямоугольника (AP) делят на несколько равных частей, например на четыре. Обозначают точки деления от точки A . Из точек C и D через точки деления проводят два пучка лучей так, как показано на рис. 69, в. Пересечение одноименных лучей дает точки I, II, III, \dots , принадлежащие эллипсу.

Упражнение. Рассмотрите и поясните построение эллипса по его сопряженным диаметрам QH и PE (рис. 69, г).

7.3. Гипербола

Гипербола получается при пересечении конуса (рис. 70, а) плоскостью σ , параллельной двум его образующим (SM и SN) или оси конуса.

Гиперболой называется незамкнутая плоская кривая, все точки которой обладают следующим свойством: разность расстояний от любой точки гиперболы до двух заданных точек F_1 и F_2 , называемых фокусами, есть величина постоянная, равная расстоянию между вершинами гиперболы, т. е. $R_1 - R_2 = AB$ (рис. 70, б).

Гипербола имеет две оси симметрии — действительную AB и мнимую CD . Точки A и B — вершины гиперболы, a — величина действи-

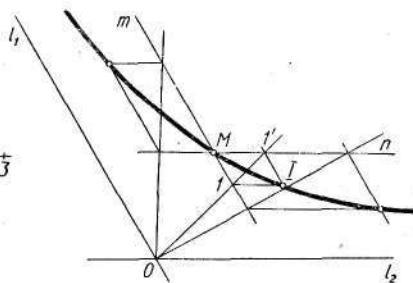
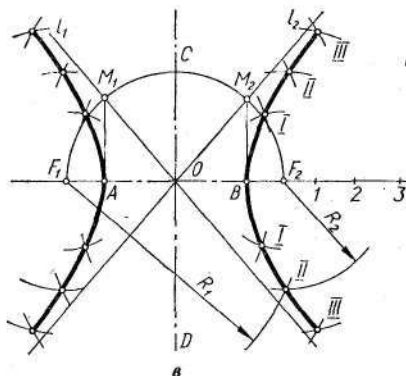
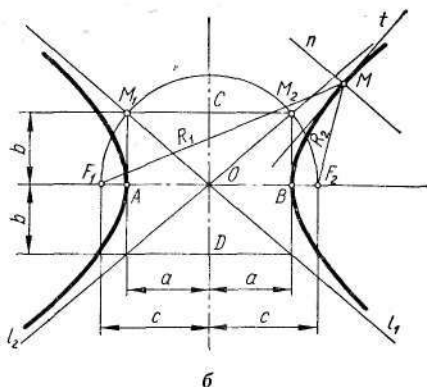
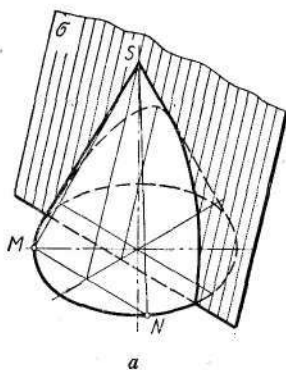


Рис. 70

тельной полуоси, b — величина мнимой полуоси. Расстояние F_1F_2 называется **фокусным** ($F_1F_2 = 2c$). Точка O — **центр гиперболы**. Между величинами a , b и c существует следующая зависимость: $c^2 = a^2 + b^2$.

Прямые F_1M и F_2M , соединяющие произвольную точку M гиперболы с фокусами, называются **радиусами-векторами**. Прямые l_1 и l_2 , проходящие через центр гиперболы, являются ее **асимптотами**.

Асимптоты — это прямые, неограниченно приближающиеся к ветвям гиперболы и касательные к ним в бесконечности.

Касательная t к гиперболе в точке M направлена по биссектрисе угла между радиусами-векторами R_1 и R_2 , а **нормаль** n — перпендикулярна к касательной.

Уравнение гиперболы: $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$.

Построение гиперболы по фокусному расстоянию $F_1F_2 = 2c$ и расстоянию между вершинами $AB = 2a$ (рис. 70, в). Проводят две взаимно перпендикулярные прямые и от точки O откладывают отрезки $OA = OB = a$; $OF_1 = OF_2 = c$. Из центра O радиусом OF_1 строят полуокружность и из вершин A и B проводят хорды AM_1 и BM_2 , перпендикулярные к действительной оси гиперболы. Через найденные точки

M_1 , M_2 и центр O пройдут асимптоты l_1 и l_2 гиперболы. На оси гиперболы отмечают произвольные точки $1, 2, 3, \dots$ и из фокусов F_1 и F_2 как из центров делают засечки радиусами, равными расстояниям от любой из точек $1, 2, 3, \dots$ до вершин A и B гиперболы. Например, чтобы определить точку II , из фокуса F_2 проводят дугу радиусом $R_2 = B2$, а из фокуса F_1 — встречную дугу радиусом $R_1 = A2$. Левая ветвь гиперболы строится как симметричная кривая относительно мнимой оси CD .

Построение гиперболы по заданным асимптотам и произвольной точке M (рис. 70, з). Через точку M проводят прямые m и n , соответственно параллельные асимптотам l_1 и l_2 . Из центра O проводят пучок прямолинейных лучей, пересекающих прямые m и n . Из точек пересечения каждого луча с прямыми m и n проводят прямые, параллельные асимптотам, и на пересечении соответствующих прямых получают точки гиперболы. Например, точка I получена в пересечении прямых, проведенных из точек 1 и I' параллельно l_2 и l_1 . Полученные точки I, II, \dots соединяют плавной кривой.

7.4. Парабола

Парабола получается в пересечении конуса плоскостью σ , параллельной одной из его образующих, в нашем случае — образующей SN (рис. 71, а).

Параболой называется незамкнутая плоская кривая, каждая точка которой одинаково удалена от направляющей прямой (директрисы) KL и от фокуса F .

Точка A — вершина параболы, а прямая BF — ось параболы. Расстояние от фокуса F до директрисы KL называется *фокальным параметром* p . Вершина параболы находится на расстоянии $\frac{p}{2}$ от фокуса и директрисы. Прямая, соединяющая произвольную точку M параболы с фокусом F , называется *радиусом-вектором*. Касательная t к параболе в точке M направлена по биссектрисе угла FMD , т. е. угла между радиусом-вектором R и перпендикуляром, проведенным из точки M к директрисе. Нормаль n перпендикулярна к касательной.

Уравнение параболы: $y^2 = 2px$.

Построение параболы по параметру p (рис. 72, а). Проводят две взаимно перпендикулярные прямые — директрису KL и ось BC параболы. Откладывают на оси отрезок BF , равный параметру p , и получают фокус параболы F . Вершина A лежит посередине отрезка BF . На оси берут ряд произвольных точек $1, 2, 3, \dots$ и проводят через них прямые, перпендикулярные к оси. Из фокуса F как из центра радиусами, соответственно равными отрезкам $B1, B2, B3, \dots$, засекают проведенные перпендикуляры и на пересечении получают точки параболы. Например, чтобы получить точку II , принадлежащую параболе, измеряют отрезок $a = B2$ и из фокуса F радиусом $R = a$ делают засечки на перпендикуляре, проходящем через точку 2 . Полученные точки I, II, III, \dots соединяют по лекалу.

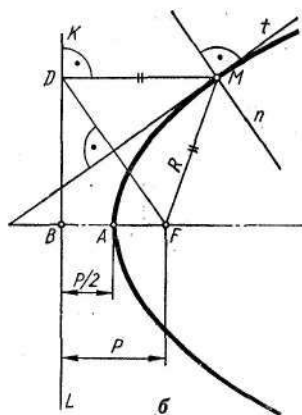
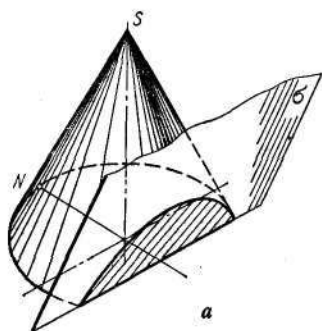


Рис. 71

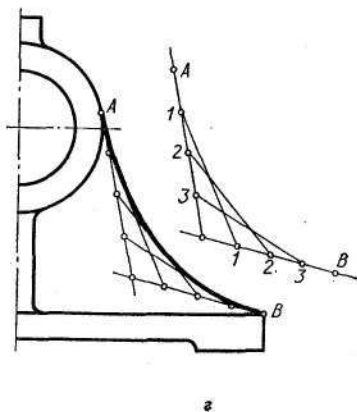
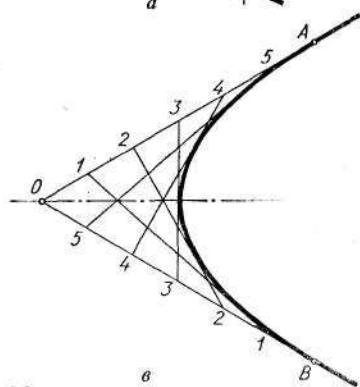
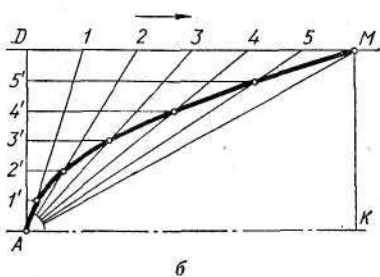
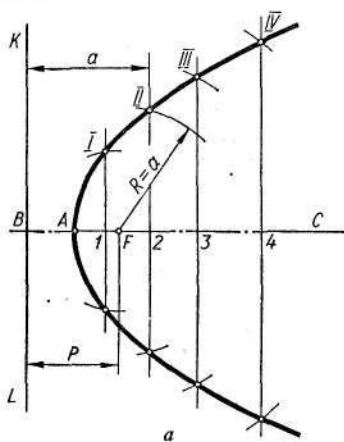


Рис. 72

Построение параболы по заданной оси AK , вершине A и произвольной точке M , принадлежащей параболе (рис. 72, б). Строят прямоугольник $ADMK$, вершинами которого являются точки A и M . Отрезки AD и DM делят на равное число частей, например на шесть. Точки деления нумеруют в направлении, указанном стрелками. Вершину A соединяют с точками $1, 2, 3, \dots$ на прямой DM , а через точки $1', 2', 3', \dots$ проводят прямые, параллельные оси AK . Пересечение одноименных прямых дает точки, принадлежащие параболе.

Построение параболы, касательной в точках A и B к двум пересекающимся прямым (рис. 72, в). Отрезки OA и OB делят на одинаковое число равных частей, нумеруют точки, как показано на рисунке, и одноименные точки соединяют прямыми. Кривая, огибающая пучок прямых, и будет параболой.

Упражнение. Поясните построение параболы в виде корнуса подшипника (рис. 72, г).

7.5. Циклоидальные кривые (рулетты)

Циклоидальными называются незамкнутые плоские кривые, описываемые точкой окружности, катящейся без скольжения по неподвижной прямой или по окружности.

Если окружность катится по прямой, то ее точка описывает *циклоиду*. Если окружность катится по внешней стороне второй окружности, то описываемая точкой кривая называется *эпициклоидой*, а если по внутренней — *гипоциклоидой*. Циклоидальные кривые имеют множество ветвей, каждая из которых отвечает одному полному обороту образующей окружности.

Циклоида. Построение циклоиды по заданному диаметру d образующей окружности можно вести двумя способами.

1-й способ (рис. 73, а). На горизонтальной прямой, проходящей через центр O образующей окружности, откладывают отрезок OO_8 , равный длине окружности πd . Образующую окружность и отрезок OO_8 делят на одинаковое число равных частей, например на восемь, и из точек $1, 2, 3, \dots$ деления окружности проводят горизонтальные прямые. Из точек O_1, O_2, O_3, \dots как из центров дугами радиуса $\frac{d}{2}$ последовательно засекают проведенные горизонтальные прямые и получают точки A_1, A_2, \dots циклоиды. Например, из центра O_1 засекают дугой прямую, проходящую через точку 1 , из центра O_2 — прямую, проходящую через точку 2 , и т. д. Полученные точки соединяют по лекалу.

2-й способ (рис. 73, б). Направляющую прямую AA_8 , равную длине πd окружности, и образующую окружность делят на одинаковое число равных частей, например на восемь. Из точек $1, 2, 3, \dots$ деления окружности проводят горизонтальные прямые, а из точек $1', 2', 3', \dots$ — перпендикулярные до пересечения с соответствующими горизонтальными прямыми в точках C_1, C_2, C_3, \dots . Откладывая из полученных точек отрезки $C_1A_1 = B_1I, C_2A_2 = B_2I, \dots$, получают точки A_1, A_2, A_3, \dots циклоиды. Правую половину циклоиды можно построить, исходя из условия симметрии ее относительно вертикальной оси.

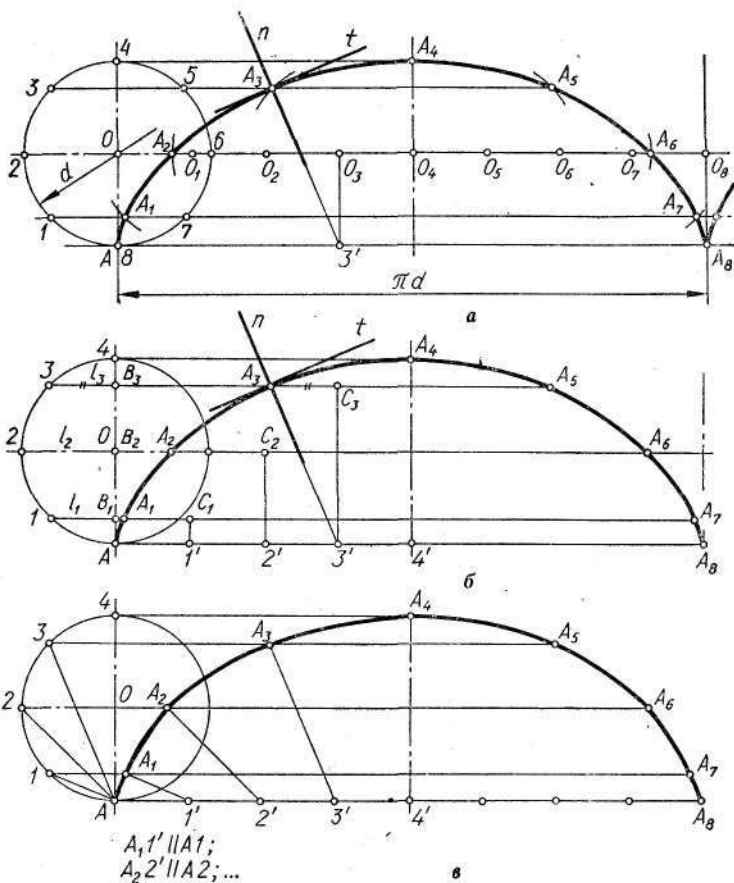


Рис. 73

Нормаль n к циклоиде в произвольной ее точке, например в точке A_3 , можно получить, соединив точки A_3 и $3'$, а касательная t направлена перпендикулярно к нормали.

Упражнение. Рассмотрите и поясните третий способ построения циклоиды, изображенный на рис. 73, в.

Эпициклоида (рис. 74, а). Величину центрального угла сектора, охватывающего одну ветвь эпициклоиды, можно определить по формуле $\alpha = \frac{d \cdot 360^\circ}{R}$, где d — диаметр образующей окружности, а R — радиус дуги направляющей окружности.

Построение эпициклоиды по данным величинам d и R (рис. 74, а) ведут так. Радиусом R строят дугу направляющей окружности и ограничивают ее сектором, центральный угол которого находят по приведенной формуле. Из центра O_c проводят линию центров радиусом $O_c O = R + \frac{d}{2}$. Образующую окружность и дугу OO_8 делят на одина-

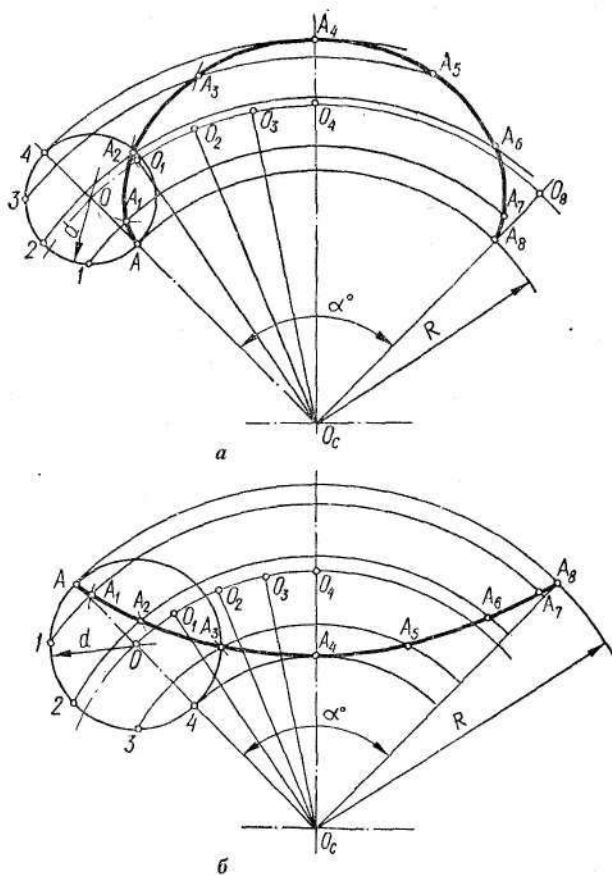


Рис. 74

ковое число равных частей, например на восемь. Из центра O_c проводят концентрические окружности радиусами O_c1 , O_c2 , ..., а из точек O_1 , O_2 , O_3 , ... как из центров дугами радиуса $\frac{d}{2}$ последовательно пересекают эти окружности. В пересечении получают точки эпициклоиды A_1 , A_2 , A_3 , ... Например, из центра O_1 пересекают дугу, проходящую через точку 1, из центра O_2 — дугу, проходящую через точку 2, и т. д.

Гипоциклоида (рис. 74, б). Величину центрального угла, охватывающего ветвь гипоциклоиды, определяют по той же формуле, что и при построении эпициклоиды. Рассмотрите и поясните последовательность построения гипоциклоиды на рис. 74, б. Построение аналогично эпициклоиде.

7.6. Спиральные кривые

Из спиральных кривых рассмотрим эвольвенту окружности и спираль Архимеда.

Эвольвента окружности — плоская кривая, описываемая точкой прямой, катящейся без скольжения по окружности (рис. 75, а).

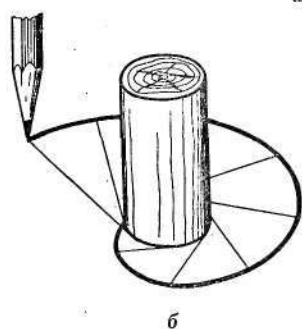
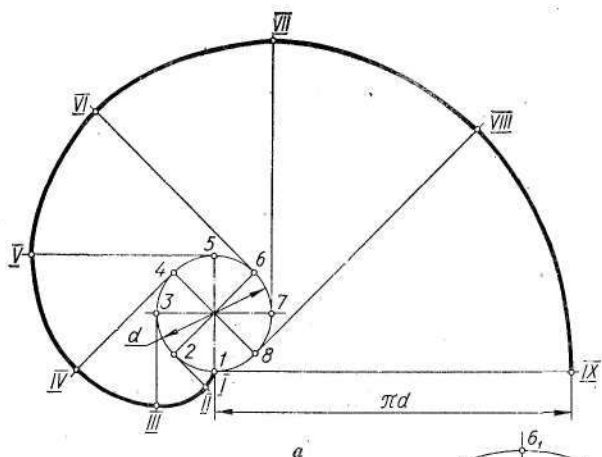


Рис. 75

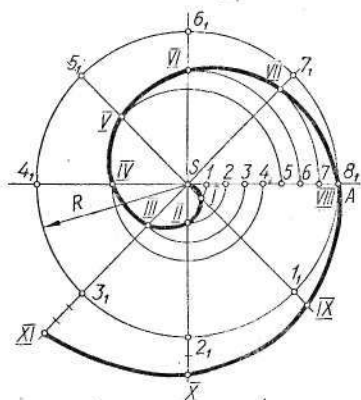


Рис. 76

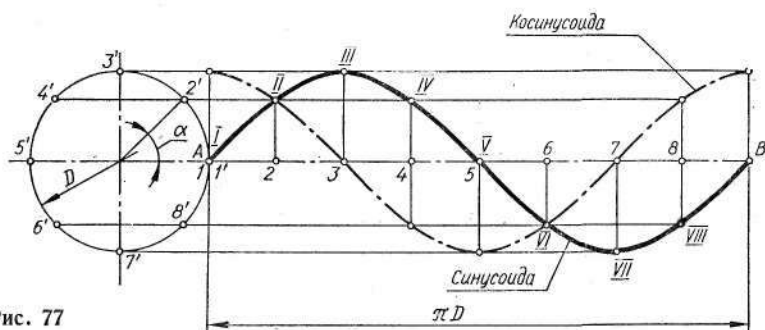


Рис. 77

На рис. 75, б эвольвенту описывает конец карандаша, прикрепленного к нити, намотанной на неподвижный цилиндр. Если, натягивая, разматывать нить, то ее конец с карандашом опишет эвольвенту.

Построение эвольвенты по заданному диаметру d (рис. 75, а) ведут так. Окружность делят на некоторое число равных частей, напри-

мер на восемь. Из точек $I, 2, 3, \dots$ деления проводят касательные к окружности и откладывают на них соответственно $\frac{1}{8}, \frac{2}{8}, \frac{3}{8}, \dots$ длины окружности. Например, отрезок $2-II$ равен $\frac{\pi d}{8}$, отрезок $3-III$ равен $\frac{2\pi d}{8}$ и т. д. Полученные точки I, II, III, \dots соединяют по лекалу.

Спираль Архимеда — это плоская кривая, описываемая точкой, равномерно движущейся по радиусу-вектору, который в то же время равномерно вращается вокруг неподвижной точки S .

Точка S — полюс спирали. Отрезок, соединяющий произвольную точку спирали с полюсом, называется радиусом-вектором. Шаг спирали SA — это путь, который проходит точка по радиусу-вектору за время одного полного оборота вокруг полюса S .

Построение спирали по заданному шагу SA и полюсу S (рис. 76) проводят так. Из точки S как из центра проводят окружность радиусом SA . Окружность и шаг SA спирали делят на одинаковое число равных частей, например на восемь. Из полюса S к точкам деления окружности $1_1, 2_1, 3_1, \dots$ проводят лучи. Из той же точки S как из центра проводят дугу радиусом $S1$ до пересечения с лучом $S1_1$ в точке I ; далее проводят дугу радиусом $S2$ до пересечения в точке II с лучом $S2_1$, дугу радиусом $S3$ до пересечения в точке III с лучом $S3_1$ и т. д. Полученные точки, включая S и A , соединяют по лекалу.

7.7. Синусоида

Синусоида (рис. 77) — это траектория сложного движения точки, участвующей одновременно в двух движениях: равномерно-поступательном и возвратно-поступательном в направлении, перпендикулярном к направлению первого движения.

Синусоида показывает изменение тригонометрической функции синуса в зависимости от изменения угла α . Отрезок AB называется периодом синусоиды, а наибольшее отклонение точки синусоиды от ее оси называется амплитудой.

Упражнение. Самостоятельно рассмотрите и поясните построение синусоиды и косинусоиды по известному диаметру окружности d (рис. 77).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какая кривая называется эллипсом? Назовите основные элементы эллипса.
2. Как построить эллипс по двум его осям?
3. Какая кривая называется гиперболой? Назовите основные элементы гиперболы.
4. Как построить гиперболу по фокусному расстоянию и расстоянию между ее вершинами?
5. Какая кривая называется параболой? Назовите ее основные элементы.
6. Как построить параболу по ее параметру?
7. Какая кривая называется циклоидой? Как построить циклоиду по заданному диаметру окружности d ?
8. Что такое эвольвента и как построить ее по данному диаметру d окружности?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Лекальные кривые». На каждый вопрос найдите ответ в конце карты. Правильность ответов проверьте в конце учебника.

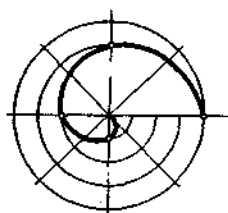


Рис. 1

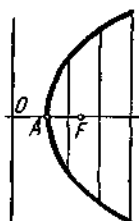


Рис. 2

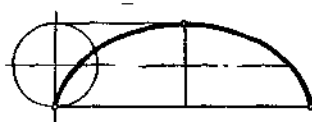


Рис. 3

1. Как называется кривая, показанная на рис. 1?
2. Как называется кривая, приведенная на рис. 2?
3. Как называется кривая, представленная на рис. 3?
4. Как называется кривая, заданная таким определением: «Незамкнутая плоская кривая, у которой разность расстояний от произвольной точки M до фокусов F_1 и F_2 есть величина постоянная, равная расстоянию между ее вершинами?»
5. Как называется кривая, заданная уравнением $y^2 = 2px$?
6. Какая кривая получится в пересечении конуса плоскостью, параллельной его оси?
7. Чему равно фокусное расстояние для эллипса, у которого большая ось $AB = 100$ мм, а малая $CD = 70$ мм?
8. На поверхности цилиндра концом закреплена нить. Какую кривую опишет второй конец нити, если ее разматывать?
9. Какое из уравнений, приведенных в таблице ответов, передает характеристику эллипса?
10. Мотоциклист едет по внешней стороне цилиндрической арены. Какую кривую будет описывать точка, расположенная на ободе колеса мотоцикла?

Ответы

- | | | |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1. Эллипс | 8. Гипоциклоида | 14. $R_1 + R_2 = 2a$ |
| 2. Эвольвента | 9. Циклоида | 15. $\approx 69,5$ мм |
| 3. Гипербола | 10. Косинусоида | 16. $\approx 71,4$ мм |
| 4. Парабола | 11. $c^2 = a^2 + b^2$ | 17. $\approx 66,3$ мм |
| 5. Синусоида | 12. $y = \sin x$ | 18. 50 |
| 6. Спираль Архимеда | 13. $a = \frac{p^2}{2}$ | 19. 80 |
| 7. Эпициклоида | | 20. 30 |

§ 8. ПРОЕКЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ. КОМПЛЕКСНЫЙ ЧЕРТЕЖ ТОЧКИ

8.1. Метод проецирования

Проекционное черчение изучает способы построения на плоскости изображений предметов, имеющих три измерения. По этим изображениям учащийся должен уметь определять форму и величину предмета, взаимное расположение и размеры его составных частей, положение предмета относительно других предметов и изделий и т. п.

Перед изучающим курс черчения стоят две основные задачи:

1) научиться по определенным законам строить чертежи различных предметов;

2) уметь читать чертежи любых деталей и изделий.

Вторая задача более сложна, так как она требует не только знания основных законов черчения и стандартов, но и достаточно развитого пространственного мышления.

Для построения изображений предметов на плоскости пользуются методом проецирования. Слово «проекция» — латинское, от глагола *proiecere*, что в переводе означает «бросать вперед».

Следовательно, *проекция* — это изображение предмета, «отброшенное» на плоскость при помощи лучей. *Спроецировать предмет на плоскость* — это значит построить его изображение на плоскости.

Проекции разделяют на центральные и параллельные.

Идея **центрального проецирования** видна из рис. 78, а. Пусть заданы в пространстве точка S — *центр проекций* и плоскость Π_1 — *плоскость проекций*. Плоскость Π_1 и точка S составляют *аппарат центральной проекции*. Проецируемый треугольник ABC называется *оригиналом* или *натурой*. Чтобы спроецировать заданный оригинал, нужно из центра проекций S через вершины треугольника провести проецирующие лучи до пересечения с плоскостью проекций Π_1 . Точки пересечения A_1, B_1, C_1 называются *центральными проекциями вершин* A, B, C на плоскость Π_1 , а треугольник $A_1B_1C_1$ — *центральной проекцией треугольника ABC* . Центральные проекции (перспективу) применяют в архитектурных чертежах, в аэрофотосъемке, рисовании и др. Вследствие трудностей при построении изображений и их измерении, а также при чтении чертежей в машиностроительном черчении центральными проекциями не пользуются.

В черчении используют метод **параллельного проецирования** (рис. 78, б). Как и в предыдущем случае, выбирают плоскость проекций Π_1 , но вместо центра проекций S задают *направление проецирования* s , т. е. считают, что точка S — центр проекций — расположена в бесконечности и поэтому проецирующие лучи параллельны между

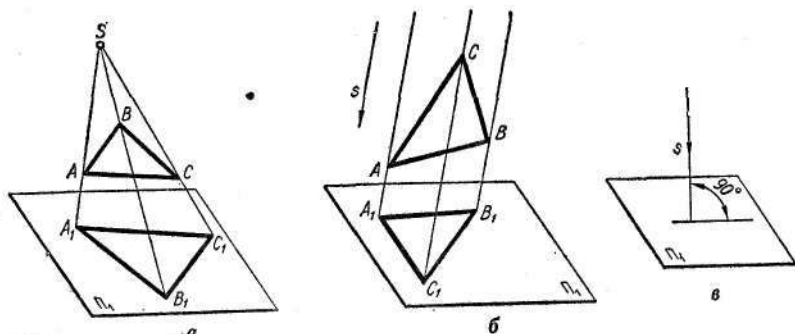


Рис. 78

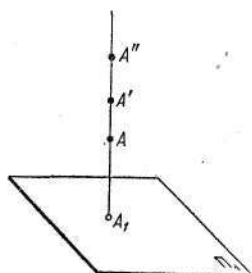


Рис. 79

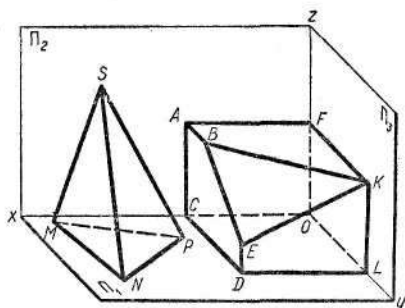


Рис. 81

собой. Плоскость Π_1 и направление s составляют *аппарат параллельной проекции*. Чтобы спроецировать треугольник ABC на плоскость Π_1 , через вершины A, B, C проводят проецирующие лучи параллельно направлению проецирования s . Треугольник $A_1B_1C_1$, образованный пересечением лучей AA_1, BB_1, CC_1 с плоскостью Π_1 , и будет параллельной проекцией треугольника ABC .

Параллельные проекции разделяют на прямоугольные и косоугольные. Если проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости проекций (рис. 78, в), то способ проецирования называется *прямоугольным*, а полученные при этом проекции — *прямоугольными* или *ортогональными*. Если же угол наклона лучей не равен 90° , то подобная параллельная проекция называется *косоугольной*. В черчении используют, главным образом, прямоугольные проекции.

8.2. Проецирование точки на три плоскости проекций

Одна прямоугольная проекция точки не определяет ее положения в пространстве. Из рис. 79 видно, что проекции A_1 отвечает бесчисленное множество точек (A, A', A''), лежащих на проецирующем луче, идущем из A_1 перпендикулярно к плоскости проекций Π_1 .

Совокупность двух прямоугольных проекций на две взаимно перпендикулярные плоскости позволяет однозначно определить форму и положение предмета в пространстве. Однако в черчении при построе-

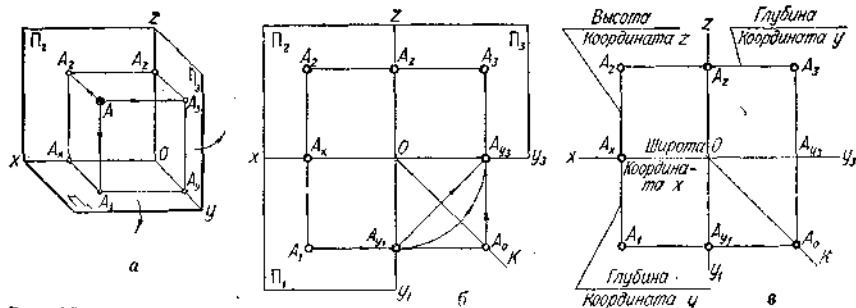


Рис. 80

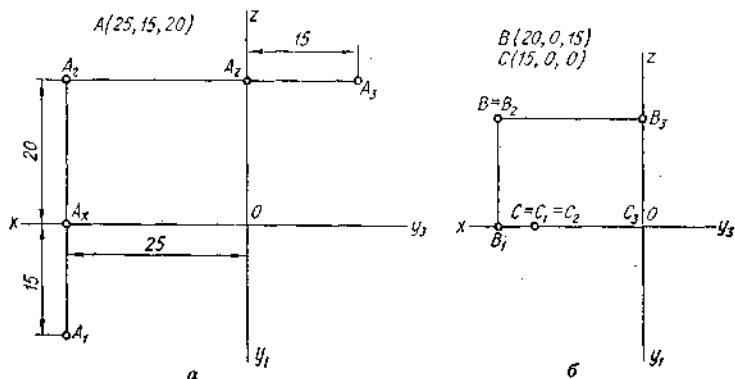


Рис. 82

нии изображений довольно часто используют три плоскости проекций и потому рассмотрим законы проецирования на три плоскости проекций.

Пусть заданы три взаимно перпендикулярные плоскости проекций, образующие прямой трехгранный угол (рис. 80, а): Π_1 — горизонтальная; Π_2 — фронтальная и Π_3 — профильная плоскости проекций; линии Ox , Oy , Oz взаимного пересечения плоскостей проекций называются *осями проекций*, а точка O — *началом осей проекций*.

В пространстве трехгранного угла задана точка A и требуется построить ее проекции на плоскости Π_1 , Π_2 и Π_3 (точку можно рассматривать как вершину некоторого предмета, например срезанного параллелепипеда — рис. 81). Для этого из точки A проводят проецирующие лучи AA_1 , AA_2 , AA_3 , перпендикулярные к плоскостям проекций, до пересечения с ними. В результате пересечения получают A_1 — горизонтальную, A_2 — фронтальную и A_3 — профильную проекции точки A (проекции обозначают той же буквой, какой обозначена точка, с индексом 1 для горизонтальной, 2 — для фронтальной и 3 — для профильной проекций). Прямая AA_1 называется *горизонтально проецирующим*, AA_2 — *фронтально проецирующим*, AA_3 — *профильно проецирующим* лучами. Проецирующие лучи AA_1 и AA_2 определяют плоскость, перпендикулярную к оси Ox и к плоскостям Π_1 и Π_2 . Эта плоскость пересекает плоскости проекций по прямым A_1A_x и A_2A_x .

перпендикулярным к оси Ox . Точку пересечения этой плоскости с осью Ox обозначают A_x . Рассуждая аналогично, получают прямые A_1A_y и A_3A_y , перпендикулярные к оси Oy , и прямые A_2A_z и A_3A_z , перпендикулярные к оси Oz .

8.3. Комплексный чертеж точки

От пространственного изображения точки и ее проекций переходят к плоскому, или комплексному, чертежу, образованному вращением плоскостей проекций вокруг осей проекций (рис. 80, а, б). Сохраняя неподвижной фронтальную плоскость проекций Π_2 , горизонтальную плоскость Π_1 поворачивают вокруг оси Ox вниз на 90° , а профильную — вокруг оси Oz вправо на 90° до их совмещения с фронтальной плоскостью проекций. Направление вращения показано на рис. 80, а стрелками. Полученное изображение трех плоскостей проекций вместе с изображенными на них проекциями A_1, A_2, A_3 точки A называют комплексным чертежом точки A . На комплексном чертеже ось Oy раздвигается и кроме вертикального положения Oy_1 (вниз от точки O) занимает и второе — горизонтальное положение Oy_2 (вправо от точки O).

Прямую, соединяющую две проекции точки на комплексном чертеже, называют линией связи.

Из анализа рис. 80, б вытекают следующие основные положения:

а) горизонтальная A_1 и фронтальная A_2 проекции точки всегда расположены на вертикальной линии связи, перпендикулярной к оси проекций Ox ;

б) фронтальная A_2 и профильная A_3 проекции точки всегда расположены на горизонтальной линии связи, перпендикулярной к оси проекций Oz ;

в) горизонтальная A_1 и профильная A_3 проекции точки всегда расположены на линиях связи, пересекающихся на биссектрисе угла y_1Oy_2 . Эта биссектриса получила наименование постоянной прямой чертежа (линия K), а линия связи $A_1A_3A_2$ — ломаной или горизонтально-вертикальной линией связи.

8.4. Измерения и координаты точки

В пространстве может быть взято множество точек, занимающих по отношению к плоскостям проекций различное положение. Например, пирамида и срезанный параллелепипед (рис. 81) имеют 13 вершин — точек, различно расположенных относительно плоскостей Π_1, Π_2 и Π_3 . Чтобы определить положение каждой из этих точек в отдельности, нужно знать три ее измерения — высоту, глубину и широту.

Высоту точки (рис. 80, а, в) определяется ее расстоянием от горизонтальной плоскости проекций, или удалением ее фронтальной проекции A_2 от оси Ox ($AA_1 = A_2A_x$).

Глубину точки измеряют ее расстоянием от фронтальной плоскости проекций, или удалением ее горизонтальной проекции A_1 от оси Ox ($AA_2 = A_1A_x$).

Широтой точки является ее удаление от профильной плоскости проекций, или расстояние от точки A_x до начала осей проекций O ($AA_3 = A_xO$).

Все эти утверждения вытекают из рассмотрении прямоугольников $AA_1A_xA_2$ и $AA_1A_yA_3$.

Если плоскости и оси проекций принять за координатные плоскости и оси координат x, y, z , то положение любой точки пространства может быть задано тремя ее координатами. В этом случае отрезок $AA_3 = A_xO$ выражает координату x , т. е. расстояние от точки до плоскости Π_3 , отрезок $AA_2 = A_1A_x$ — координату y , т. е. расстояние от точки до плоскости Π_2 , и отрезок $AA_1 = A_3A_x$ — координату z , т. е. расстояние от точки до плоскости Π_1 . Запись типа $A(10, 16, 8)$ означает, что координата x точки A равна 10 мм, координата $y = 16$ мм, координата $z = 8$ мм.

Рассмотрим на примере построение проекций точки по ее координатам (измерениям). Задана точка $A(25, 15, 20)$, т. е. $x = 25$ мм, $y = 15$ мм, $z = 20$ мм. Нужно построить комплексный чертеж точки в системе трех плоскостей проекций.

Проводят оси Ox, Oy, Oz (рис. 82, а). По оси Ox влево от точки O откладывают координату $x = 25$ мм и через полученную точку A_x проводят вертикальную линию связи. На этой линии вниз от A_x откладывают значение координаты $y = 15$ мм и получают горизонтальную проекцию A_1 точки A . На этой же линии вверх от A_x откладывают значение координаты $z = 20$ мм и получают фронтальную проекцию A_2 точки A . Найденные проекции A_1 и A_2 определяют положение точки. Если нужно построить третью, профильную, проекцию, из проекции A_2 проводят горизонтальную линию связи и откладывают вправо от точки A_2 отрезок, равный значению координаты y ($A_2A_3 = 15$ мм). Точка A_3 — профильная проекция точки A .

На рис. 82, б построены комплексные чертежи точек $B(20, 0, 15)$ и $C(15, 0, 0)$.

8.5. Положения точек относительно плоскостей проекций

{ Возможны следующие случаи:

• **Точка расположена в пространстве.** В этом случае ее задают тремя координатами (измерениями). Все три проекции точки удалены от осей проекций (рис. 82, а).

• **Точка находится на одной из плоскостей проекций — Π_1, Π_2 или Π_3 .** В этом случае ее задают двумя действительными координатами, не равными нулю. Одна проекция совпадает с самой точкой, а две другие лежат на осях. На рис. 82, б изображены проекции точки $B(20, 0, 15)$, лежащей в плоскости проекций Π_2 . В этом случае фронтальная проекция B_2 совпадает с самой точкой B , горизонтальная проекция B_1 лежит на оси Ox , а профильная B_3 — на оси Oz .

• **Точка находится на одной из осей проекций — Ox, Oy или Oz .** В этом случае ее задают одной действительной координатой, не равной нулю. Две проекции совпадают с самой точкой, а третья находится в точке O — начале осей проекций. На рис. 82, б изображены проекции

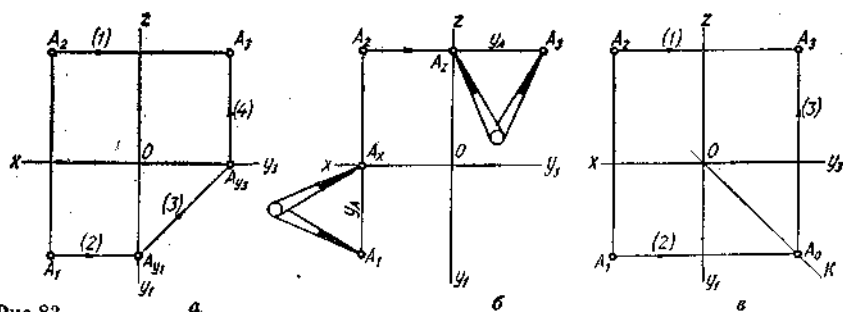


Рис. 83.

точки $C(15, 0, 0)$, лежащей на оси Ox . В этом случае горизонтальная C_1 и фронтальная C_2 проекции совпадают с самой точкой C , а профильная проекция C_3 находится в точке O .

8.6. Построение третьей проекции точки по двум другим

В черчении часто приходится решать задачи на построение третьей проекции фигуры по двум данным. Для этого прежде нужно научиться строить третью проекцию точки, если известны две ее проекции. Выполнить это можно тремя способами.

Проекционный способ (рис. 83, а). Из фронтальной проекции A_2 проводят горизонтальную линию связи. Из горизонтальной проекции A_1 опускают перпендикуляр на ось Oy_1 , получают точку A_{y_1} и при помощи циркуля или прямоугольного равнобедренного треугольника находят на оси Oy_3 положение точки A_{y_3} . Из этой точки проводят вертикальную линию связи до пересечения с линией связи, проведенной из A_2 . Точка A_3 — профильная проекция точки A .

Координатный способ (рис. 83, б). Из фронтальной проекции A_2 проводят горизонтальную линию связи. Измеряют расстояние от проекции A_1 до оси Ox (глубину точки, или координату y_A) и откладывают этот отрезок на линии связи вправо от точки A_2 . Получают профильную проекцию A_3 .

Способ с использованием постоянной прямой чертежа (рис. 83, в). Из фронтальной проекции A_2 проводят горизонтальную линию связи. Из горизонтальной проекции A_1 проводят линию связи до пересечения в точке A_0 с постоянной прямой K , т. е. биссектрисой угла y_1Oy_3 . Из точки A_0 проводят вертикальную линию связи до пересечения с линией, проведенной из фронтальной проекции A_2 .

Предпочтительней второй и третий способы, требующие меньшего числа построений и позволяющие использовать чертежные приборы.

8.7. Чтение комплексного чертежа точки

К чтению чертежа следует отнести решение таких вопросов:

- определение третьей проекции точки по двум данным;
- определение координат точки и ее положения относительно плоскостей проекций;

в) построение аксонометрического изображения точки по ее комплексному чертежу;

г) анализ взаимного расположения нескольких точек относительно плоскостей проекций и др.

На рис. 84 заданы проекции точек A и B . Эти точки расположены в пространстве, так как ни одна из их координат не равна нулю.

Широта точки A больше широты точки B , так как отрезок OA_x больше отрезка OB_x . Следовательно, точка A дальше отстоит от плоскости Π_3 , чем точка B . Глубины этих точек равны вследствие равенства координат y ($A_1A_x = B_1B_x$). Из этого следует, что точки одинаково удалены от плоскости проекций Π_2 .

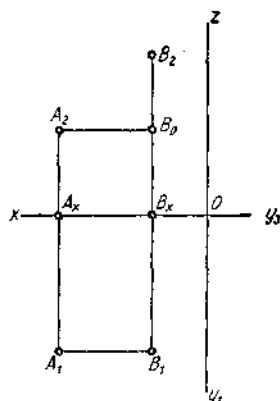


Рис. 84

Высоты у точек различны. Точка B дальше отстоит от плоскости Π_1 на величину, равную отрезку B_2B_0 .

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем сущность центрального проецирования?
2. В чем сущность параллельного проецирования?
3. На какие виды разделяются параллельные проекции?
4. Как называют и как обозначают три основные плоскости проекций?
5. Как обозначают оси проекций?
6. Как называются лучи AA_1 ; AA_2 ; AA_3 ?
7. Что такое комплексный чертеж точки и как его получают?
8. Сформулируйте основные положения проецирования точки.
9. Какие координаты (измерения) имеет точка, находящаяся в пространстве? лежащая на плоскости Π_3 ? находящаяся на оси Oy ?
10. В какой последовательности строят проекции точки по ее координатам?
11. Назовите способы построения третьей проекции точки по двум другим.
12. Задайтесь на комплексном чертеже двумя произвольными точками, лежащими на одном проецирующем луче относительно плоскости Π_2 . Запишите координаты этих точек.
13. Задайтесь на комплексном чертеже двумя произвольными точками, равноотстоящими от плоскостей проекций Π_2 и Π_3 ; запишите их координаты.
14. Заданы точки $A(40, 60, 10)$; $B(0, 18, 50)$; $C(60, 0, 30)$; $D(0, 30, 0)$. Постройте три проекции каждой из точек на комплексном чертеже. Постройте наглядное изображение этих точек в кабинетной проекции.

Упражнение. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Проецирование точки». На каждый вопрос запишите номер правильного ответа из тех, которые приведены в карте. Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля по теме «Проецирование точки»

- | | |
|--|--|
| 1. Как называется плоскость проекций Π_2 ? | III. Вертикальная линия связи |
| I. Горизонтальная | IV. Постоянная прямая |
| II. Фронтальная | V. Ось проекций |
| III. Профильная | 3. Как называется прямая K (рис. 1)? |
| 2. Как называется линия A_1A_2 ? | I. Проекционная прямая |
| I. Проекционная линия | II. Наклонная прямая |
| II. Линия связи | III. Линия связи |
| | IV. Постоянная прямая |

4. Какие из точек лежат в плоскости проекций Π_3 (рис. 1)?

- I. A; B III. C V. A; C
II. A; D IV. E; D VI. A

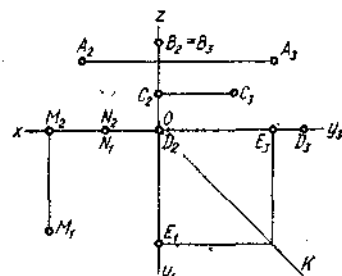


Рис. 1

5. Какие из точек лежат на оси проекций Oy (рис. 1)?

- I. D III. M; D V. D; E
II. D; N IV. E VI. N

6. Какая из точек наиболее удалена от плоскости Π_2 (рис. 1)?

- I. D III. M V. C
II. E IV. B VI. A

7. Какими координатами задают точку, лежащую в плоскости проекций Π_1 ?

- I. x, y II. x, y, z III. x, z
IV. y V. x VI. y

8. Сколько вершин имеет деталь, изображенная на рис. 2?

- I. 8
II. 12
III. 14
IV. 10
V. 11

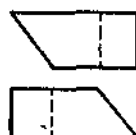


Рис. 2

9. Заданы точки A (45, 20, 80); B (30, 60, 40); C (80, 45, 10). Какая из этих точек расположена ближе к плоскости проекций Π_3 ?

- I. A II. B III. C

10. Каким способом определена проекция A_3 на рис. 3?

- I. Проекционным
II. Координатным
III. При помощи постоянной прямой

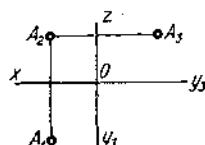


Рис. 3

§ 9. ПРОЕКЦИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ

9.1. Проецирование прямой на три плоскости проекций

Прямую можно рассматривать как результат пересечения двух плоскостей (рис. 85, а, б).

Прямая в пространстве безгранична. Ограниченная часть прямой называется отрезком.

Проецирование прямой сводится к построению проекций двух произвольных ее точек, так как две точки полностью определяют положение прямой в пространстве. Опустив из точек A и B (рис. 85, а) перпендикуляры до пересечения с плоскостью Π_1 , определяют их горизонтальные проекции A_1 и B_1 . Отрезок A_1B_1 — горизонтальная проекция прямой AB. Аналогичный результат получают, проведя перпендикуляры к Π_1 из произвольных точек прямой AB. Совокупность этих перпендикуляров (проецирующих лучей) образует горизонтальную проецирующую плоскость α , которая пересекается с плоскостью Π_1 по прямой A_1B_1 — горизонтальной проекции прямой AB. Исходя из тех же соображений, получают фронтальную проекцию A_2B_2 прямой AB (рис. 85, б).

Одна проекция прямой не определяет ее положения в пространстве. Действительно, отрезок A_1B_1 (рис. 85, а) может быть проекцией произвольного отрезка, лежащего в проецирующей плоскости α .

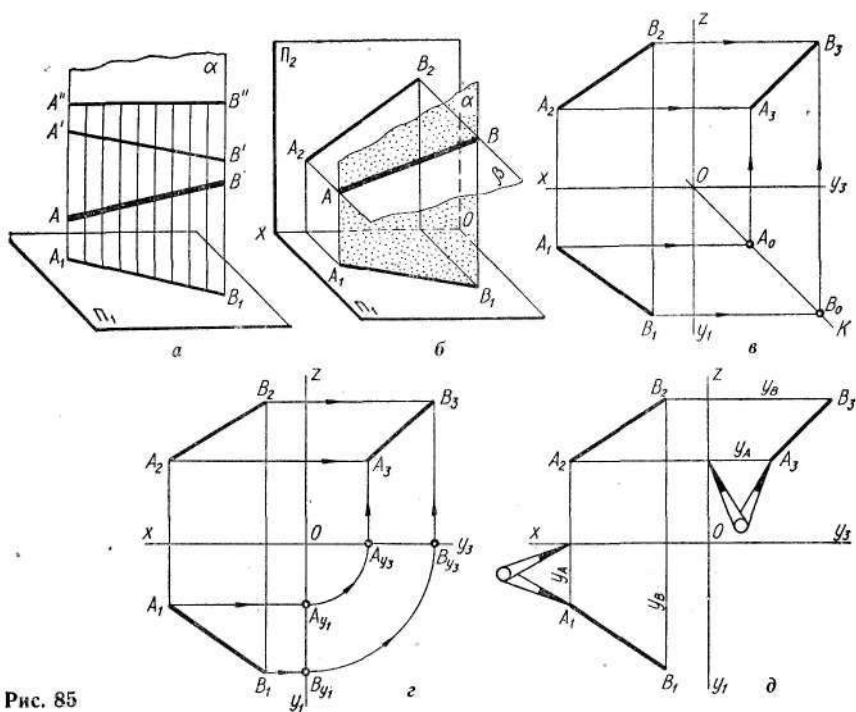


Рис. 85

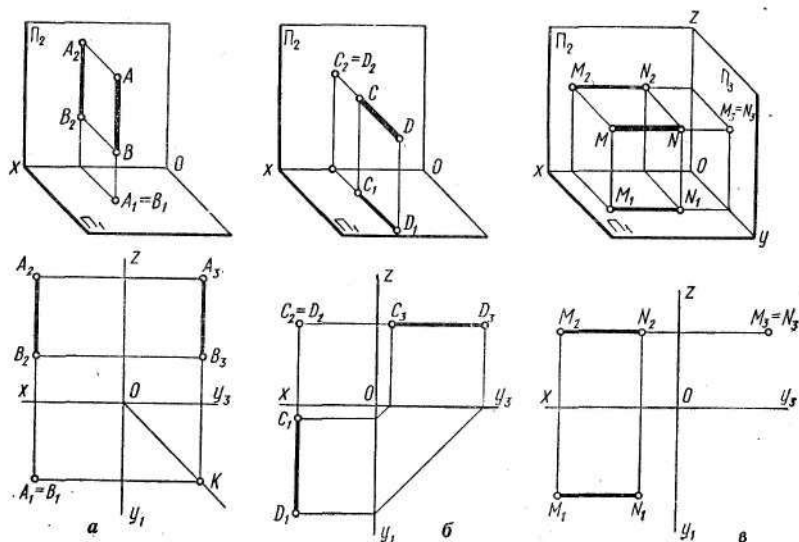


Рис. 86

Положение прямой в пространстве однозначно определяется совокупностью двух ее проекций. Восставляя из точек горизонтальной A_1B_1 и фронтальной A_2B_2 проекций прямой (рис. 85, б) перпендикуляры к плоскостям проекций Π_1 и Π_2 , получают две проецирующие плоскости α и β , пересекающиеся по единственной прямой AB .

На комплексном чертеже (рис. 85, в) изображен отрезок AB прямой общего положения, где A_1B_1 — горизонтальная, A_2B_2 — фронтальная и A_3B_3 — профильная проекции отрезка. Для построения третьей проекции отрезка прямой по двум данным можно использовать те же способы, что и для построения третьей проекции точки: проекционный (рис. 85, г), координатный (рис. 85, д) и с использованием постоянной прямой чертежа (рис. 85, е).

9.2. Положение прямой относительно плоскостей проекций

На рис. 81 изображены параллелепипед со срезанной вершиной и произвольная треугольная пирамида. Ребра параллелепипеда и пирамиды занимают различные положения в пространстве относительно плоскостей проекций. Чтобы строить и читать чертежи, нужно уметь анализировать положения прямой. По своему положению в пространстве прямые разделяются на прямые частного и прямые общего положения.

Прямые частного положения могут быть проецирующими и прямыми уровня.

Проецирующими называются прямые, перпендикулярные к одной из плоскостей проекций, т. е. параллельные двум другим плоскостям. Прямая AB (рис. 86, а), перпендикулярная к плоскости проекций Π_1 , называется *горизонтально проецирующей прямой*; прямая CD (рис. 86, б), перпендикулярная к плоскости проекций Π_2 , называется *фронтально проецирующей прямой*; прямая MN (рис. 86, в), перпендикулярная к плоскости проекций Π_3 , называется *профильно проецирующей прямой*. На одной из плоскостей проекций проецирующая прямая изображается в виде точки, а на двух других — в виде отрезков, занимающих горизонтальное или вертикальное положение, величина которых равна натуральной величине самого отрезка прямой.

Прямыми уровня называются прямые, параллельные одной из плоскостей проекций. Прямая AB (рис. 87, а), параллельная горизонтальной плоскости проекций Π_1 , называется *горизонтальной прямой* или, сокращенно, *горизонталью*. Прямая CD (рис. 87, б), параллельная фронтальной плоскости проекций Π_2 , называется *фронтальной прямой* или, сокращенно, *фронталью*. Прямая MN (рис. 87, в), параллельная профильной плоскости проекций Π_3 , называется *профильной прямой*.

На одну из плоскостей проекций прямые уровня проецируются в натуральную величину, а на две другие — в виде отрезков уменьшенной величины, занимающих на чертеже вертикальное или горизонтальное положение. По чертежу можно определить величину углов наклона этих прямых к плоскостям проекций. Так, фронтальная проекция горизонтали A_2B_2 параллельна оси проекций Ox , а горизонтальная A_1B_1

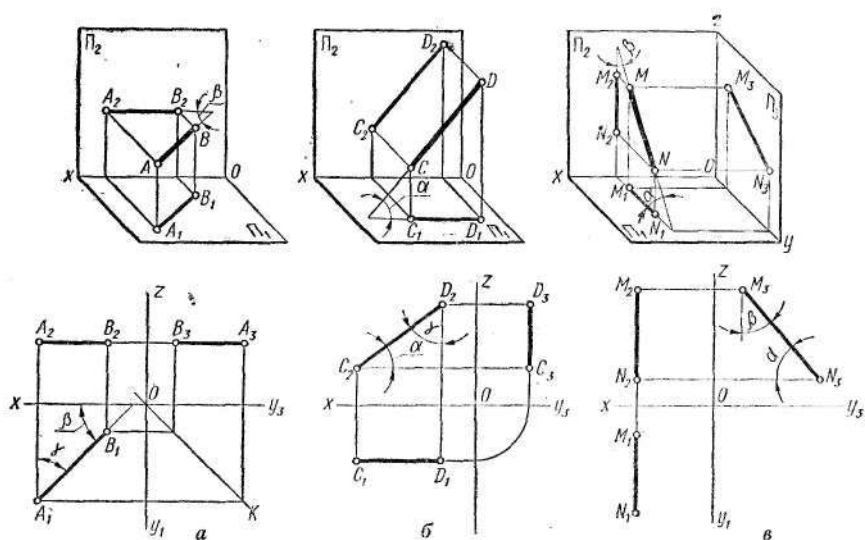


Рис. 87

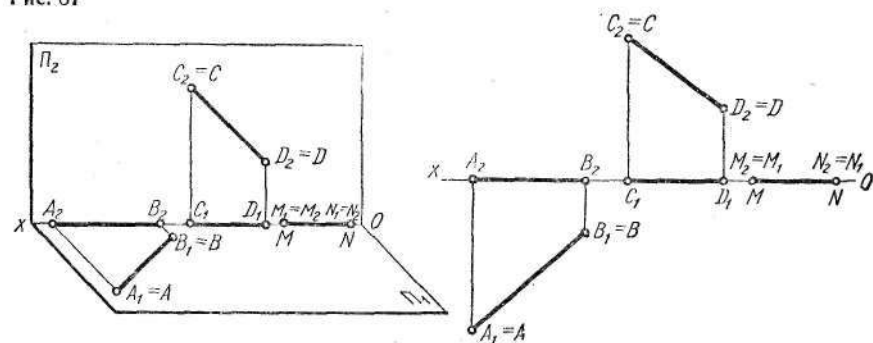


Рис. 88

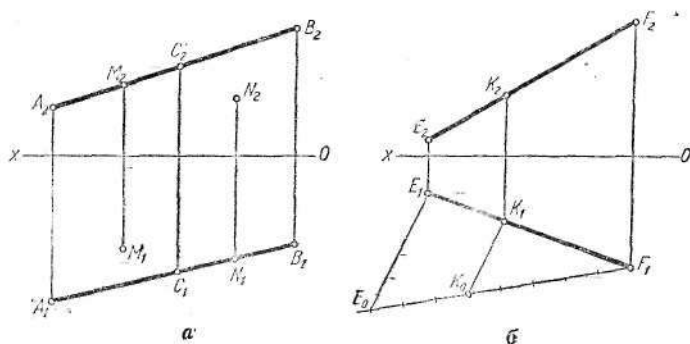


Рис. 89

равна натуральной величине отрезка прямой ($A_1B_1 = AB$). Угол β между горизонтальной проекцией A_1B_1 и осью Ox равен натуральной величине угла наклона прямой AB к плоскости проекций Π_2 .

Упражнение. Самостоятельно проанализируйте положение проекций прямых CD и MN (рис. 87, б, в) и определение углов их наклона к плоскостям проекций.

Если прямая лежит в плоскости проекций, то одна ее проекция (одноименная) совпадает с самой прямой, а две другие — с осями проекций. Например, прямая AB (рис. 88) лежит в плоскости Π_1 . Ее горизонтальная проекция A_1B_1 сливается с прямой AB , а фронтальная A_2B_2 — с осью Ox . Подобную прямую называют *нулевой горизонтальной*, так как высота ее точек (координата z) равна нулю.

Упражнение. Самостоятельно проанализируйте положение прямых CD и MN (рис. 88).

Прямой общего положения называют прямую, наклоненную ко всем плоскостям проекций. Ни одна из ее проекций не параллельна и не перпендикулярна к осям. Величина проекций прямой общего положения всегда меньше натуральной величины самого отрезка. Непосредственно по чертежу без дополнительных построений нельзя определить действительную величину прямой и ее углы наклона к плоскостям проекций. Эти вопросы будут рассмотрены в дальнейшем.

9.3. Прямая и точка

Если точка лежит на прямой, то проекции точки находятся на одноименных проекциях прямой и на общей линии связи.

На рис. 89, а точка C лежит на прямой AB , так как ее проекции C_1 и C_2 находятся соответственно на горизонтальной A_1B_1 и на фронтальной A_2B_2 проекциях прямой. Точки M и N не принадлежат прямой, так как одна из проекций каждой точки не находится на одноименной с ней проекции прямой.

Исходя из геометрических соображений относительно прямой и точки, можно сформулировать следующее положение: проекции точки делят проекции прямой в таком же отношении, в каком сама точка делит отрезок прямой, т. е. $\frac{A_1C_1}{C_1B_1} = \frac{A_2C_2}{C_2B_2} = \frac{AC}{CB}$. Пользуясь этим правилом, можно разделить заданный отрезок прямой в нужном соотношении. Например, на рис. 89, б прямая EF разделена точкой K в отношении 3 : 5. Деление выполнено способом, известным из геометрического черчения.

9.4. Следы прямой

Если отрезок AB прямой общего положения (рис. 90, а) продлить в обе стороны от точек A и B , то в точках M и N он встретится с плоскостями проекций Π_1 и Π_2 .

Точки пересечения прямой с плоскостями проекций называются *следами прямой*.

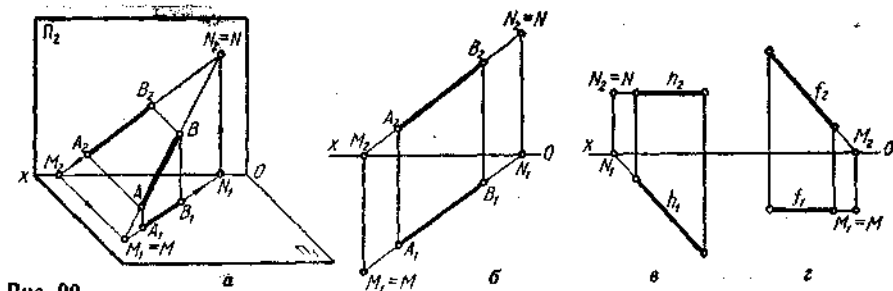


Рис. 90

Точка M — горизонтальный след прямой, а точка N — фронтальный. Проекции следов на чертеже соответственно обозначены M_1 и M_2 , N_1 и N_2 . На рис. 90, б прямая AB и ее следы изображены на комплексном чертеже.

Из условия, что след является точкой, одновременно принадлежащей данной прямой и плоскости проекций, вытекает правило нахождения следов прямой. Для построения на комплексном чертеже горизонтального следа прямой AB нужно (рис. 90, а, б):

а) продлить фронтальную проекцию A_2B_2 до пересечения с осью Ox в точке M_2 (точка M_2 — фронтальная проекция искомого следа M);

б) провести из M_2 вертикальную линию связи до пересечения с горизонтальной проекцией A_1B_1 в точке M_1 (точка M_1 — горизонтальная проекция следа и сам след M).

Аналогично определяют фронтальный след прямой.

Упражнение. Пользуясь рис. 90, б, самостоятельно сформулируйте правило построения фронтального следа N .

На рис. 90, в выполнено построение фронтального следа N горизонтали h , а на рис. 90, г — горизонтального следа M фронтали f .

9.5. Взаимное положение прямых в пространстве

Две прямые в пространстве могут пересекаться, быть параллельными и скрещиваться.

Параллельные прямые. Если прямые в пространстве параллельны, то их одноименные проекции на любую плоскость также взаимно параллельны (рис. 91, а). Так, одноименные проекции параллельных прямых общего положения (рис. 91, б) параллельны между собой, т. е. $A_1B_1 \parallel C_1D_1$; $A_2B_2 \parallel C_2D_2$. На рис. 91, в параллельные прямые MN и KF лежат в плоскости, перпендикулярной к плоскости проекций Π_1 , а на рис. 91, г параллельные прямые перпендикулярны к фронтальной плоскости проекций.

Пересекающиеся прямые. Если две прямые в пространстве пересекаются, то их одноименные проекции на чертеже также пересекаются в точках K_1 и K_2 , лежащих на общей линии связи. На рис. 91, д изображены пересекающиеся прямые общего положения, на рис. 91, е — пересекающиеся прямые, лежащие в плоскости, перпендикулярной

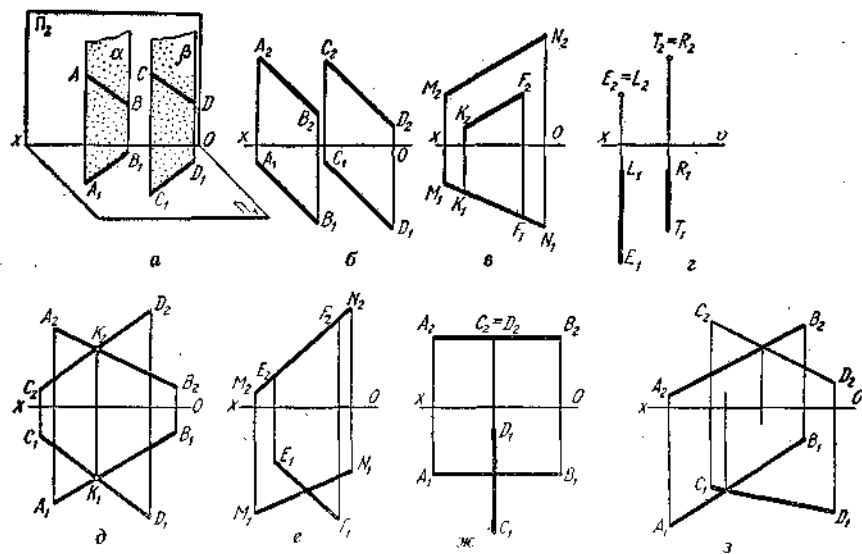


Рис. 91

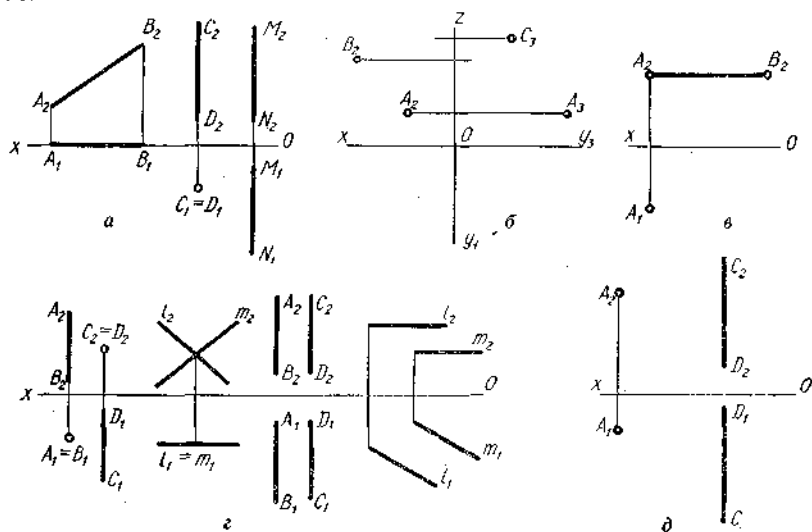


Рис. 92

к плоскости проекций Π_2 , а на рис. 91, ж — прямые частного положения, которые пересекаются и лежат в горизонтальной плоскости.

Скрещивающиеся прямые. Если две прямые в пространстве не параллельны между собой и не пересекаются, то они скрещиваются. Точки пересечения одноименных проекций этих прямых не находятся на одной линии проекционной связи. На рис. 91, з изображены скрещивающиеся прямые общего положения. Через эти прямые можно провести две взаимно параллельные плоскости.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

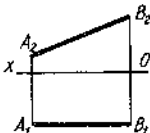
- На рис. 92, а изображены прямые AB , CD и MN . Какое положение занимают эти прямые относительно плоскостей проекций? Как они называются? Определите длину отрезков прямых в миллиметрах и величину углов наклона этих прямых к плоскостям проекций.
- Постройте профильные проекции прямых, изображенных на рис. 92, а.
- Задайтесь произвольным отрезком AB общего положения и разделите его в отношении 2 : 7.
- Возьмите произвольный отрезок профильной прямой MN и поделите его в отношении 2 : 5 (без использования профильной проекции).
- Постройте следы прямой общего положения, профильной прямой и фронтальной прямой.
- На рис. 92, б заданы проекции A_2 , A_3 , B_2 и C_3 точек A , B , C , лежащих на прямой m . Постройте три проекции этой прямой.
- Достройте проекцию отрезка AB (рис. 92, в) при условии, что отрезок параллелен плоскости Π_1 и длина его равна 40 мм.
- Через произвольную точку A проведите профильную прямую под углом 30° к плоскости проекций Π_2 .
- Определите взаимное положение прямых AB и CD , l и m , изображенных на рис. 92, г.
- Через точку A проведите горизонтальную прямую, которая пересекает прямую CD (рис. 92, д).

Упражнение. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Проецирование прямой линии». На каждый вопрос укажите номер правильного ответа из тех, которые приведены в карте. Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля по теме «Проецирование прямой линии»

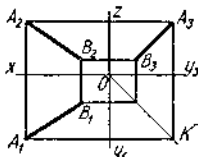
- Определите наименование прямой AB

- Горизонтальная
- Фронтальная
- Общего положения
- Фронтально проецирующая



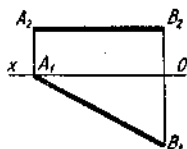
- Каким способом определена профильная проекция A_3B_3 ?

- Координатным
- При помощи постоянной прямой
- Проекционным



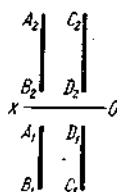
- Под каким углом прямая AB наклонена к плоскости Π_2 ?

- 45°
- 90°
- 30°
- 0°
- 60°



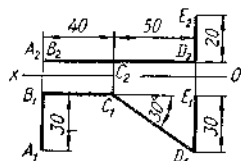
- Какое взаимное положение в пространстве имеют прямые AB и CD ?

- Параллельны
- Скрещиваются
- Пересекаются



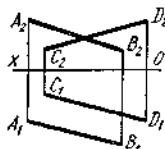
- Постройте по размерам ломаную линию $ABCDE$ и определите ее натуральную величину.

- 140 мм
- 150 мм
- 135 мм
- 163 мм

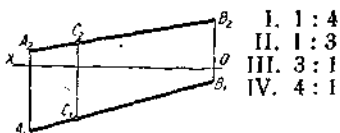


- Определите взаимное положение прямых в пространстве.

- Пересекаются
- Параллельны
- Скрещиваются



7. В каком отношении точка C делит прямую AB ?

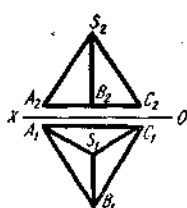


- I. 1 : 4
II. 1 : 3
III. 3 : 1
IV. 4 : 1

8. Сколько ребер имеет деталь, изображенная на рисунке?



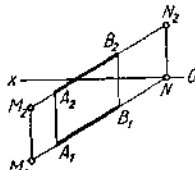
- I. 16
II. 20
III. 24
IV. 18
V. 22



9. Сколько ребер пирамиды являются прямыми общего положения?

- I. 2
II. 3
III. 0
IV. 4

10. Какие следы прямой AB построены правильно?



- I. Горизонтальный
II. Фронтальный
III. Горизонтальный и фронтальный

§ 10. ПРОЕКЦИРОВАНИЕ ПЛОСКОСТИ

10.1. Изображение плоскости на комплексном чертеже

Из элементарной геометрии известно, что *через три произвольные точки, не лежащие на одной прямой, можно провести одну и только одну плоскость*. Следовательно, на комплексном чертеже плоскость может быть задана проекциями геометрических элементов, определяющих ее положение в пространстве, а именно:

- а) тремя точками, не лежащими на одной прямой (рис. 93, а);
- б) прямой и точкой, лежащей вне этой прямой (рис. 93, б);
- в) двумя пересекающимися прямыми (рис. 93, в);
- г) двумя параллельными прямыми (рис. 93, г);
- д) треугольником или любой плоской фигурой (рис. 93, д).

Из приведенных рисунков ясно, что от одного способа задания плоскости легко перейти к другому. Так, чтобы перейти от задания плоскости прямой и точкой к заданию ее треугольником, нужно соединить точку с концами отрезка прямой.

Рассмотрим еще один способ задания плоскости — способ следов. На рис. 93, е изображена плоскость σ , произвольно расположенная в пространстве. Прямые, по которым заданная плоскость пересекается с плоскостями проекций, называются *следами плоскости*. Фронтальный след σ_2 — линия пересечения плоскости σ с плоскостью проекций Π_2 ; горизонтальный след σ_1 — линия пересечения плоскости σ с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 и, наконец, профильный след σ_3 — линия пересечения плоскостей σ и Π_3 . Точки пересечения заданной плоскости с осями проекций Ox , Oy , Oz называют *точками схода следов плоскости*. Обозначают их соответственно σ_x , σ_y и σ_z .

На рис. 93, ж плоскость, заданная следами, изображена на комплексном чертеже. След плоскости — это прямая, принадлежащая данной плоскости и плоскости проекций, а поэтому след совпадает на чертеже

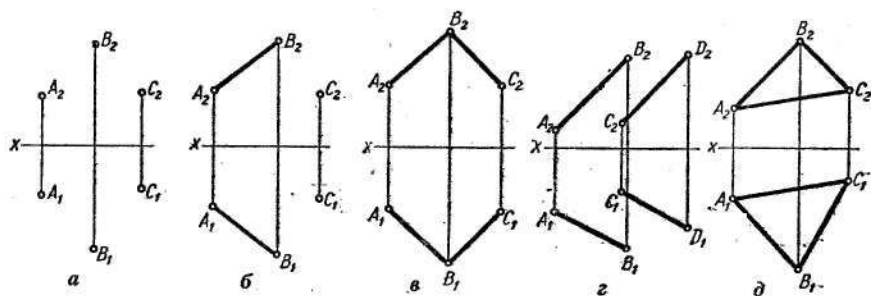


Рис. 93

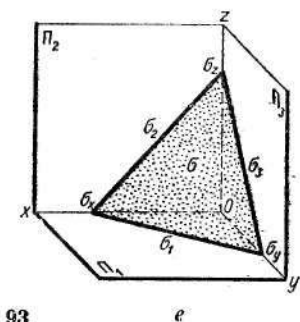


Рис. 94

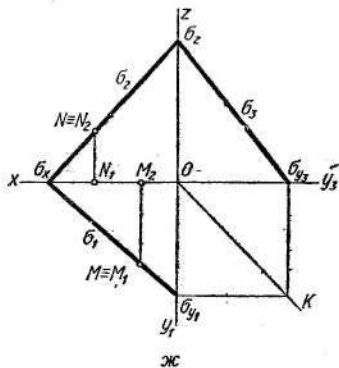
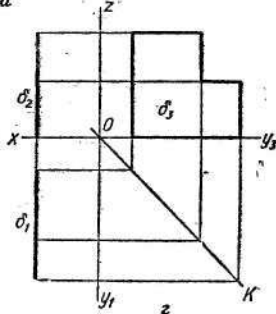
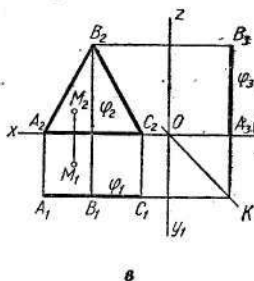
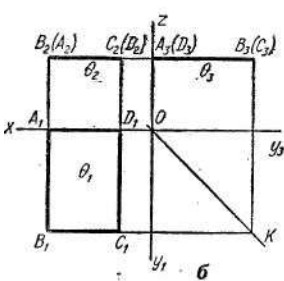
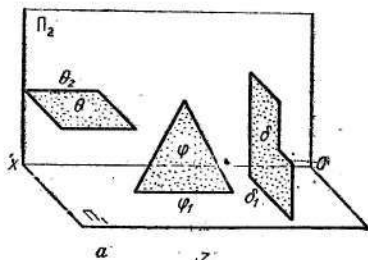


Рис. 95



с одноименной своей проекцией, а другие его проекции лежат на осях. Например, фронтальная проекция фронтального следа σ_2 совпадает с самим следом, а горизонтальная его проекция лежит на оси Ox . Проекции следов плоскостей на комплексном чертеже не обозначают. На рис. 93, ж изображены проекции точки N , лежащей на фронтальном следе σ_2 , и точки M , лежащей на горизонтальном следе σ_1 .

10.2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций

Чтобы научиться читать чертежи и строить изображения сложных технических деталей (рис. 94), нужно уметь анализировать плоскости с точки зрения расположения их в пространстве. По положению в пространстве различают плоскости общего и частного положения.

Плоскости частного положения разделяются на плоскости уровня и проецирующие.

Плоскостью уровня называется плоскость, параллельная одной или перпендикулярная к двум плоскостям проекций. Различают три вида плоскостей уровня: горизонтальную θ , параллельную плоскости проекций Π_1 (рис. 95, а, б); фронтальную φ , параллельную плоскости проекций Π_2 (рис. 95, а, в), и профильную δ , параллельную плоскости Π_3 (рис. 95, а, г).

Сформулируем свойства плоскостей уровня:

1. Любая фигура, лежащая в плоскости уровня, проецируется в натуральную величину на ту плоскость проекций, которой плоскость уровня параллельна. На две другие плоскости проекций фигура проецируется отрезками прямых, занимающими вертикальное или горизонтальное положение. Так, прямоугольник θ ($ABCD$) проецируется в натуральную величину на плоскость Π_1 , так как лежит в горизонтальной плоскости уровня (рис. 95, б), на Π_2 и Π_3 он проецируется в виде горизонтальных отрезков θ_2 и θ_3 . Проекцию плоскости уровня в виде прямой линии называют *следом-проекцией*.

2. Следы-проекции плоскостей уровня обладают собирательными свойствами. Это свойство заключается в том, что проекции точек, линий и фигур, принадлежащих плоскостям уровня, совпадают с их следами-проекциями. Например, точка M (рис. 95, в) не принадлежит плоскости треугольника ABC , так как ее горизонтальная проекция M_1 не совпадает со следом-проекцией φ_1 плоскости треугольника.

3. Не ограниченную определенной фигурой плоскость уровня можно задавать одним лишь следом-проекцией. Например, горизонтальную плоскость θ можно задать следом-проекцией θ_2 , а фронтальную — следом-проекцией φ_1 (рис. 95, б, в).

Проецирующей называется плоскость, перпендикулярная к одной из плоскостей проекций. Различают три вида проецирующих плоскостей: горизонтально проецирующую θ , перпендикулярную к плоскости проекций Π_1 (рис. 96, а, в), фронтально проецирующую φ , перпендикулярную к плоскости Π_2 (рис. 96, а, г), и профильно проецирующую δ , перпендикулярную к плоскости проекций Π_3 (рис. 96, а, б).

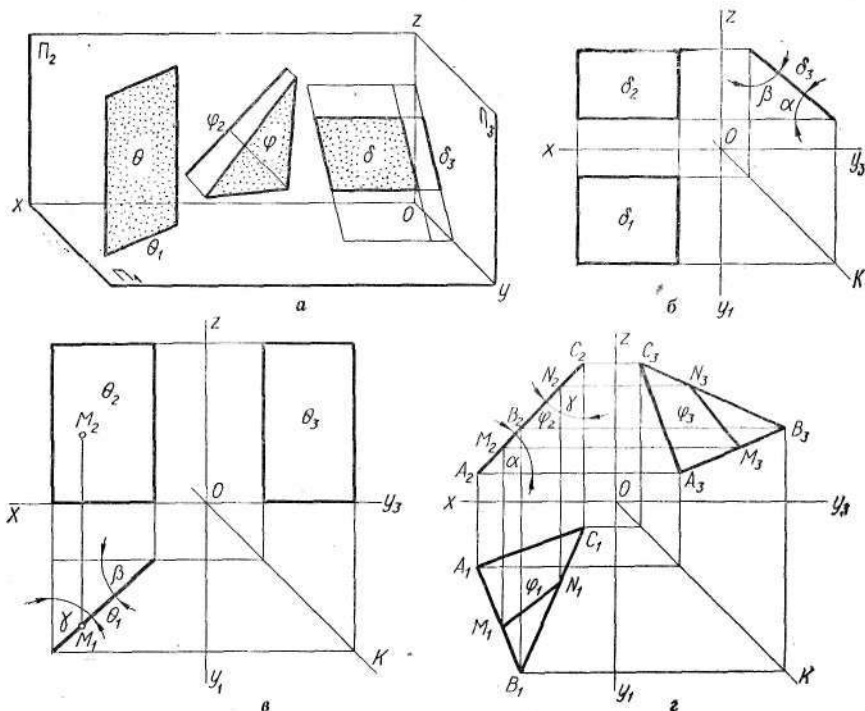


Рис. 96

Основные свойства проецирующих плоскостей:

1. Проецирующая плоскость изображается прямой линией (следом-проекцией) на перпендикулярной к ней плоскости проекций. Так, прямоугольник θ , лежащий в горизонтально проецирующей плоскости, изображается на плоскости Π_1 в виде отрезка θ_1 , наклоненного к осям проекций Ox и Oy (рис. 96, в).

2. На двух других плоскостях проекций фигура, принадлежащая проецирующей плоскости, изображается искаженно. Например, профильная проекция $A_3B_3C_3$ (рис. 96, г) треугольника ABC , находящегося в плоскости φ , не равна его натуральной величине.

3. Следы-проекции проецирующих плоскостей обладают собирательным свойством. Так, точка M (рис. 96, в) находится в горизонтально проецирующей плоскости θ , так как ее горизонтальная проекция M_1 лежит на след-проекции θ_1 . Аналогично и прямая MN принадлежит плоскости треугольника ABC (рис. 96, г).

4. Проецирующую плоскость можно задать на чертеже одним лишь следом-проекцией.

5. По комплексному чертежу можно определить углы наклона проецирующей плоскости к плоскостям проекций. Обозначим углы наклона заданной плоскости к плоскостям проекций Π_1, Π_2, Π_3 соответственно через α, β, γ .

Упражнение. Самостоятельно проанализируйте углы, образованные проецирующими плоскостями с плоскостями проекций на рис. 96, б, г.

10.3. Прямые и точки, принадлежащие плоскости

Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, принадлежащие этой плоскости (рис. 97, а), или через одну ее точку параллельно прямой, принадлежащей этой же плоскости (рис. 97, б).

Из прямых, лежащих в плоскости, рассмотрим прямые общего положения, горизонтالي и фронтали.

Прямая общего положения. Допустим, что в плоскости треугольника ABC нужно провести произвольную прямую DE (рис. 97, в). Построение можно начать с проведения любой из проекций прямой, например с фронтальной D_2E_2 . Эта проекция пересекает стороны треугольника в точках D_2 и E_2 . Проведя из этих точек вертикальные линии связи, определяют на горизонтальных проекциях соответствующих сторон треугольника проекции D_1 и E_1 . Прямая D_1E_1 и будет горизонтальной проекцией искомой прямой.

На рис. 97, г построена прямая общего положения, принадлежащая плоскости, заданной следами. В этом случае используют следующее проекционное свойство: если прямая принадлежит плоскости, то следы прямой находятся на одноименных следах плоскости, т. е. горизонтальный след M прямой находится на горизонтальном следе σ_1 плоскости, а фронтальный след N — на фронтальном следе σ_2 .

Необходимым и достаточным условием принадлежности прямой плоскости частного положения является то, что проекция прямой должна совпадать с одноименным следом-проекцией плоскости. Например, прямая AB (рис. 97, д) лежит в горизонтально проецирующей плоскости θ , так как ее проекция A_1B_1 совпадает со следом θ_1 . Фронтальная проекция A_2B_2 может занимать произвольное положение.

Горизонталь плоскости. Горизонталью плоскости называется горизонталь (см. § 9.2), принадлежащая плоскости. Построение горизонтали h плоскости θ , заданной пересекающимися прямыми a и b (рис. 98, а), начинают с проведения ее фронтальной проекции h_2 , параллельной оси Ox . Эта проекция пересекает фронтальные проекции прямых a_2 и b_2 в точках C_2 и D_2 . Проведя вертикальные линии связи,

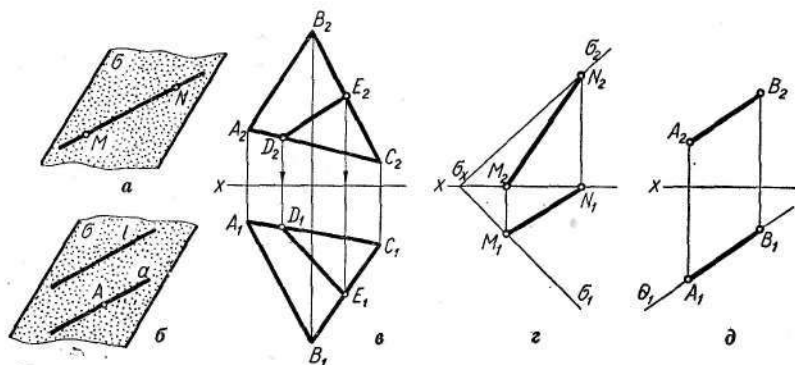


Рис. 97

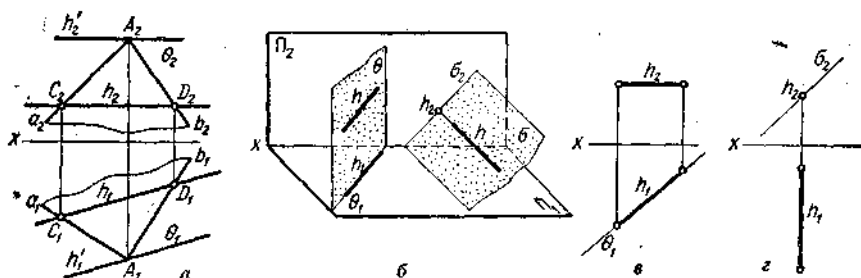


Рис. 98

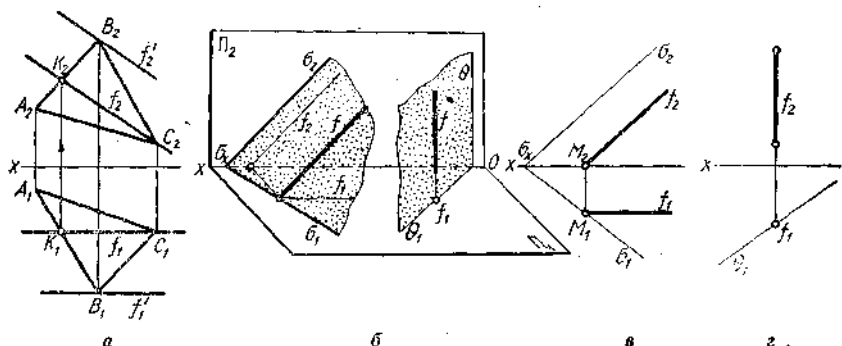


Рис. 99

определяют горизонтальные проекции C_1 и D_1 и соединяют их между собой. Прямая h_1 (C_1D_1) — горизонтальная проекция горизонтали h .

В плоскости можно провести бесчисленное множество горизонталей, и все они будут параллельны между собой. На рис. 98, а через точку A проведена еще одна горизонталь h' , причем $h'_1 \parallel h_1$, а $h'_2 \parallel h_2$. На рис. 98, б, в показана горизонталь, принадлежащая горизонтально проецирующей плоскости θ , а на рис. 98, б, г — горизонталь, лежащая во фронтально проецирующей плоскости σ .

Фронталь плоскости. Фронталью плоскости называется фронталь (см. § 9.2), принадлежащая данной плоскости. Построение фронтали f в плоскости треугольника ABC (рис. 99, а) начинают с проведения ее горизонтальной проекции f_1 , параллельной оси Ox . Эта проекция пересекает горизонтальные проекции прямых A_1B_1 и B_1C_1 в точках K_1 и C_1 . Проведя вертикальные линии связи, определяют фронтальные проекции K_2 и C_2 этих точек и соединяют их между собой. Прямая f_2 (K_2C_2) — фронтальная проекция фронтали f .

В плоскости можно провести бесчисленное множество фронталей, которые всегда будут параллельны между собой. На рис. 99, а через точку B проведена еще одна фронталь f' , причем $f'_1 \parallel f_1$, а $f'_2 \parallel f_2$. На рис. 99, б, в изображена фронталь, принадлежащая плоскости общего положения, заданной следами, а на рис. 99, б, г — фронталь, лежащая в горизонтально проецирующей плоскости θ .

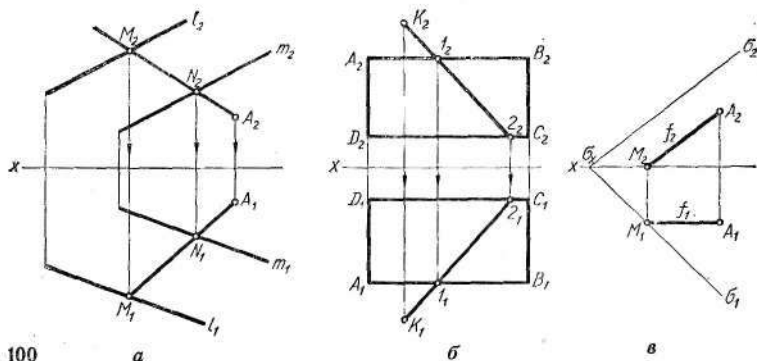


Рис. 100

а

б

в

Точка в плоскости. Точка принадлежит плоскости, если она лежит на прямой, принадлежащей данной плоскости.

На рис. 100, а плоскость задана параллельными прямыми l и m . Нужно определить горизонтальную проекцию A_1 точки A , лежащей в этой плоскости, если известна ее фронтальная проекция A_2 . Для этого через проекцию A_2 точки A проводят фронтальную проекцию вспомогательной прямой, лежащей в плоскости. Отмечают точки M_2 и N_2 пересечения этой проекции с l_2 , m_2 и с помощью вертикальных линий связи определяют горизонтальные проекции M_1 и N_1 этих точек. Соединяют найденные проекции точек и, проведя из проекции A_2 вертикальную линию связи до пересечения с M_1N_1 , определяют горизонтальную проекцию A_1 точки A , принадлежащей плоскости.

На рис. 100, б определена горизонтальная проекция точки K , принадлежащей плоскости прямоугольника $ABCD$, если известна ее фронтальная проекция K_2 . На рис. 100, в с помощью фронтали найдены проекции точки A , принадлежащей плоскости общего положения σ , заданной следами.

10.4. Проекция плоских фигур

Плоскими называются фигуры, все точки которых лежат в одной плоскости. Они подразделяются на прямолинейные (треугольники, четырехугольники и вообще любые многоугольники) и криволинейные (окружность, овал, эллипс и т. д.). Большинство плоских технических деталей имеют аналогичные контуры. Рассмотрим проецирование некоторых плоских фигур.

Треугольник. На рис. 101, б изображен треугольник, лежащий в горизонтальной плоскости проекций Π_1 , а на рис. 101, в — треугольник, плоскость которого параллельна Π_1 . В обоих случаях горизонтальная проекция равна действительной величине треугольника, а фронтальная и профильная проекции изображаются отрезками, параллельными осям проекций. Подобное расположение треугольников встречается в призмах, пирамидах и некоторых других фигурах (рис. 101, а). Треугольник, изображенный на рис. 101, г, расположен во фронтально проецирующей плоскости. На плоскость проекций Π_2

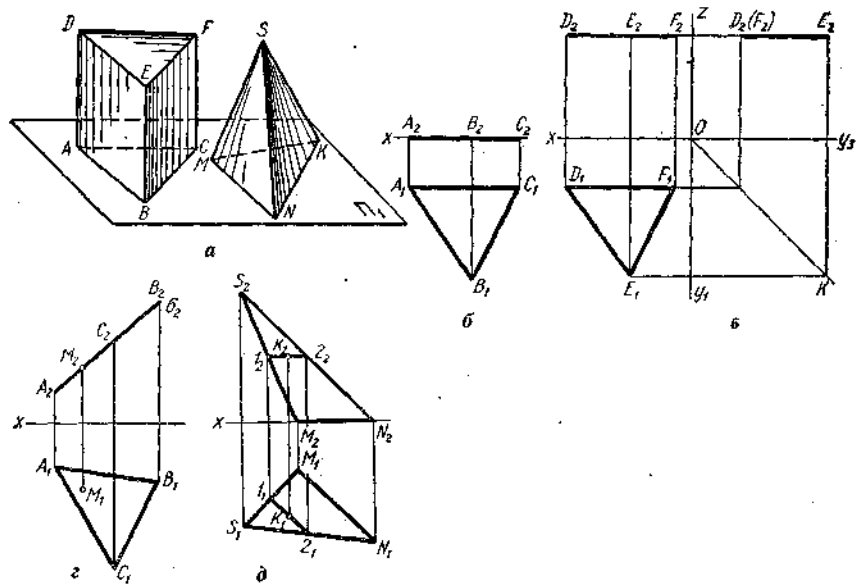


Рис. 101

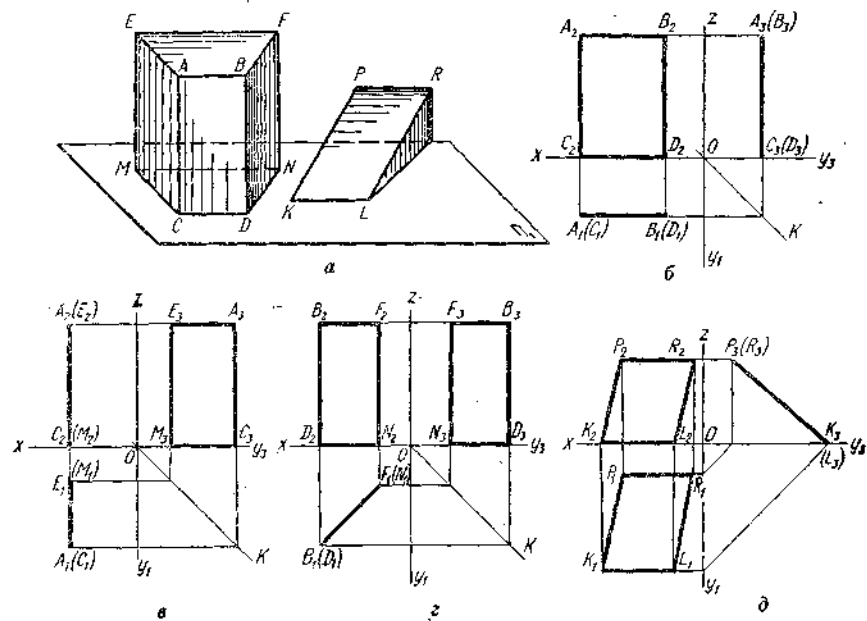


Рис. 102

он проецируется отрезком $A_2C_2B_2$, наклоненным к оси Ox . Горизонтальная проекция $A_1B_1C_1$ искажена и не равна натуральной величине треугольника ABC . Точка M принадлежит плоскости треугольника, так как ее фронтальная проекция совпадает со следом-проекцией этой плоскости. На рис. 101, δ изображены две проекции треугольника общего положения, например боковой грани пирамиды (рис. 101, a). Фронтальная проекция K_2 точки K , принадлежащей треугольнику, определена по известной горизонтальной проекции K_1 проведением вспомогательной прямой $1-2$.

Упражнение. Рассмотрите и поясните различные случаи расположения и проецирования прямоугольников (рис. 102, $b-\delta$), изображенных на рис. 102, a .

Четырехугольник. Если три точки, не лежащие на одной прямой, всегда определяют некоторую плоскость, то это никак нельзя утверждать относительно четырех или большего числа точек. В этих случаях нужно проверить, будет ли образованная фигура плоской.

Если горизонтальная и фронтальная проекции точек пересечения диагоналей четырехугольника (рис. 103, a) расположены на общем перпендикуляре к оси Ox , то четырехугольник является плоским. В нашем случае это условие не удовлетворяется, так как точки M_2 и K_1 не лежат на общей линии связи, следовательно, точки A, B, C, D не принадлежат одной плоскости.

Другой способ проверки такой: противоположные стороны AD и BC четырехугольника продлены до взаимного пересечения в точках K_1 и K_2 . Поскольку K_1 и K_2 находятся на общей вертикальной линии связи, то четырехугольник $ABCD$ — плоский.

На рис. 103, b полностью задана горизонтальная проекция $A_1B_1C_1D_1E_1$ пятиугольника и три точки A_2, B_2, C_2 его фронтальной проекции. Пользуясь рисунком, поясните, как с помощью диагоналей определены проекции D_2 и E_2 точек D и E .

Упражнение. Проанализируйте проецирование правильных шестиугольников (рис. 104, $b, в$), изображенных на рис. 104, a .

Круг. В зависимости от положения плоскости круга относительно плоскостей проекций он может проецироваться в виде окружности, эллипса или прямолинейного отрезка. На рис. 105, a изображены проекции круга, плоскость которого параллельна плоскости проекций Π_1 .

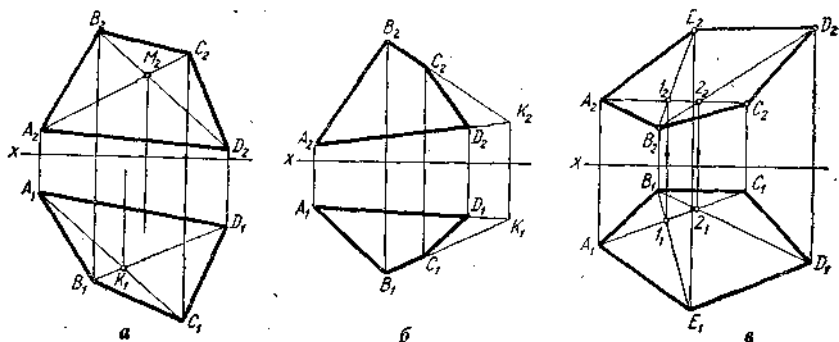


Рис. 103

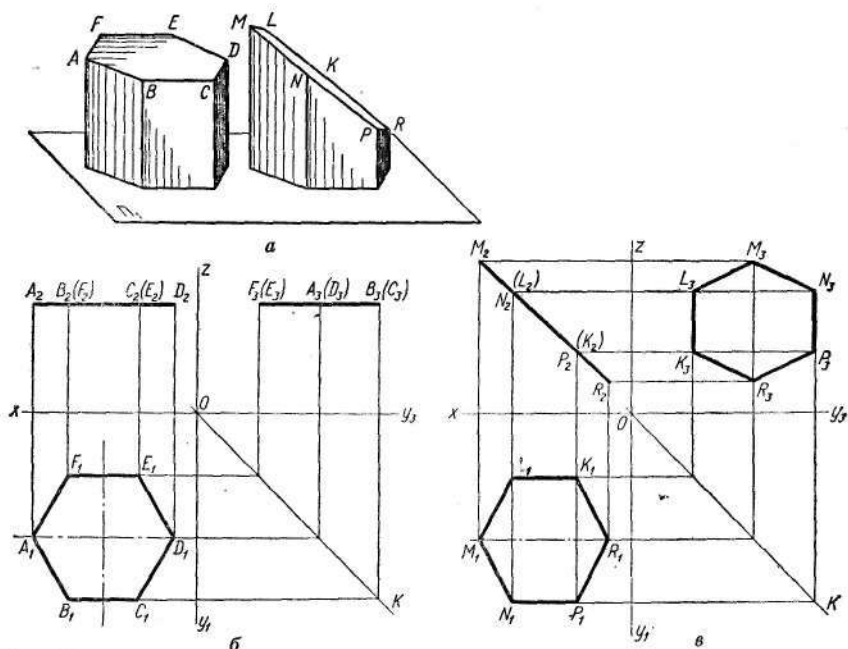


Рис. 104

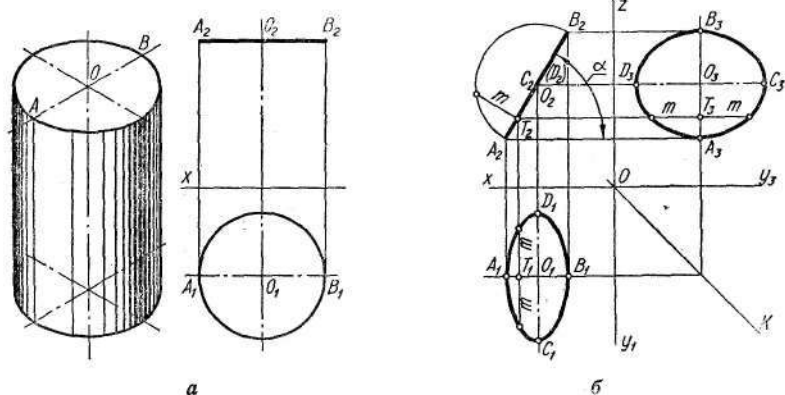


Рис. 105

На рис. 105, б плоскость круга занимает фронтально проецирующее положение. На плоскости Π_2 круг изобразится отрезком A_2B_2 , наклоненным к оси проекций Ox ; величина A_2B_2 равна диаметру круга. На горизонтальную и профильную плоскости проекций круг проецируется в виде эллипсов. Большая ось эллипса на плоскости Π_1 параллельна оси Oy_1 и равна диаметру, т. е. $C_1D_1 = A_2B_2$. Малую ось A_1B_1 получают, проводя линии связи из точек A_2 и B_2 . Направление малой оси параллельно оси проекций Ox , а ее величина зависит от угла наклона плоскости круга, т. е. от угла α .

По двум главным осям C_1D_1 и A_1B_1 способом, известным из геометрического черчения, можно построить эллипс. На рис. 105, б показано, как можно определить промежуточные точки эллипса. Из точки O_2 как из центра проводят вспомогательную полуокружность диаметра A_2B_2 . Произвольная хорда этой полуокружности, перпендикулярная к A_2B_2 , определяет величину отрезка, лежащего в плоскости круга и параллельного горизонтальной плоскости проекций. Поэтому, измеряя, например, величину хорды m , проведенной из произвольной точки T_2 , откладывают ее в обе стороны от горизонтальной проекции T_1 параллельно большой оси эллипса C_1D_1 . Построение эллипса на профильной плоскости проекций понятно из рис. 105, б.

10.5. Взаимное положение плоскостей

Две плоскости в пространстве могут быть параллельными или пересекаться.

Параллельные плоскости. Плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной из них соответственно параллельны двум пересекающимся прямым второй (рис. 106, а). Треугольники ABC и DEK (рис. 106, б) параллельны между собой, так как стороны AB и AC одного треугольника соответственно параллельны сторонам DE и DK второго. Третьи стороны BC и EK у этих треугольников могут быть и непараллельными.

Плоскости частного положения параллельны в том случае, если параллельны их одноименные следы-проекции. На рис. 106, в изображены параллельные фронтально проецирующие плоскости σ и θ , а на рис. 106, г — горизонтально проецирующие плоскости δ и φ . Если

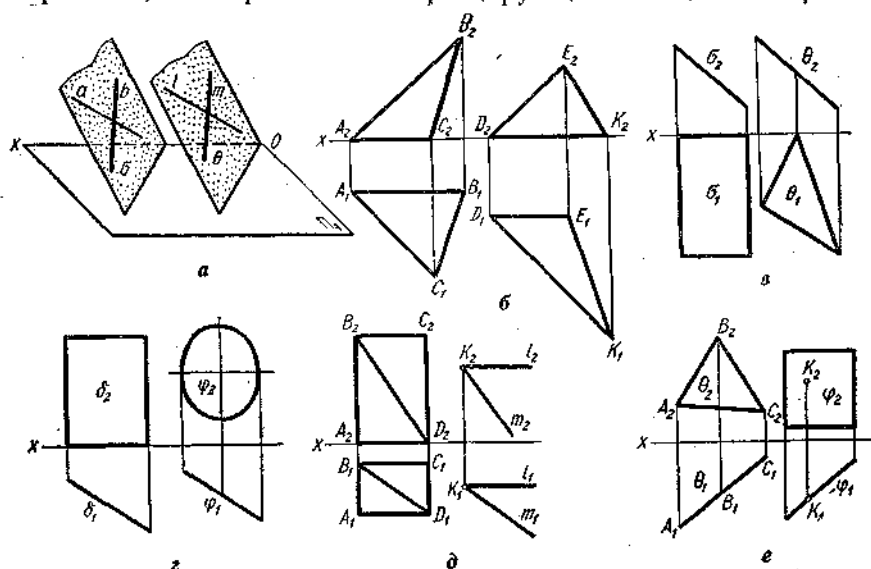


Рис. 106

параллельны между собой плоскости общего положения, заданные следами, то их одноименные следы также параллельны.

Чтобы через заданную точку K провести плоскость, параллельную плоскости прямоугольника $ABCD$ (рис. 106, δ), достаточно через точку K провести две прямые, каждая из которых параллельна соответствующей прямой, лежащей в плоскости прямоугольника. На рисунке через точку K проведены прямые l и m , соответственно параллельные стороне BC и диагонали BD прямоугольника.

Упражнение. Поясните, как через точку K (рис. 106, ϵ) проведена плоскость, параллельная треугольнику ABC .

Пересекающиеся плоскости. Две плоскости пересекаются по прямой, а положение прямой определяется либо двумя ее точками, либо одной точкой, если известно направление этой прямой. Рассмотрим случаи пересечения плоскостей, встречающиеся в практике черчения.

На рис. 107, $a, б$ изображены два пересекающихся прямоугольника α и β . Эти прямоугольники (боковые грани призмы) занимают горизонтально проецирующее положение, т. е. положение, перпендикулярное к плоскости проекций Π_1 . Линией их пересечения является прямая AB , также перпендикулярная к плоскости Π_1 . Горизонтальная плоскость γ (рис. 107, $a, в$) пересекается с горизонтально проецирующей плоскостью α (верхнее основание призмы с боковой ее гранью) по прямой AC , проекции которой совпадают со следами-проекциями данных плоскостей, т. е. с α_1 и γ_2 . Линия пересечения двух фронтально проецирующих плоскостей α и β (рис. 107, $г, д$) будет фронтально проецирующей прямой.

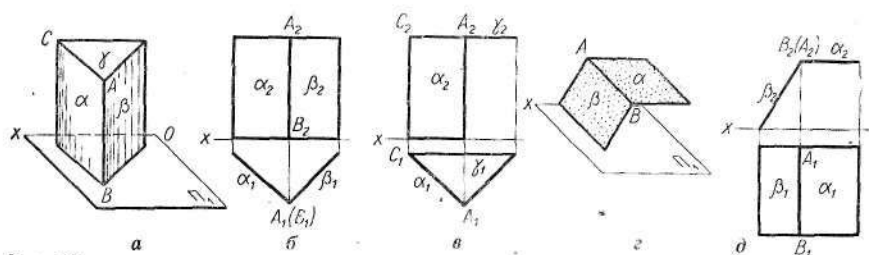


Рис. 107

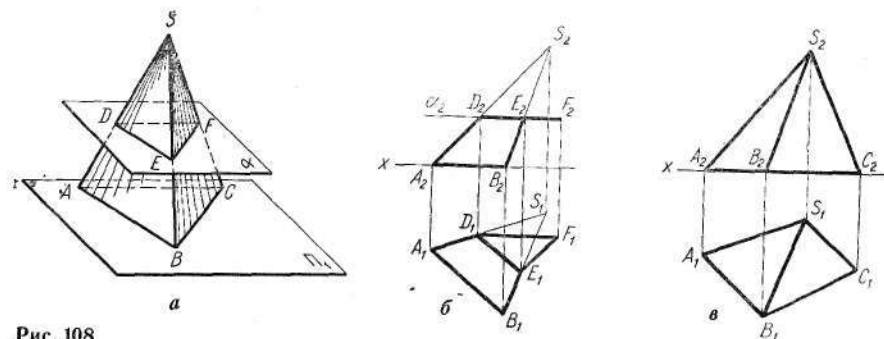


Рис. 108

Рассмотренный материал позволяет сделать следующие выводы:
а) две плоскости, перпендикулярные к одной и той же плоскости проекций, пересекаются по прямой, перпендикулярной к той же плоскости проекций;

б) две плоскости, перпендикулярные к разным плоскостям проекций, пересекаются по прямой, проекции которой совпадают со следами-проекциями данных плоскостей.

На рис. 108, а, б изображено пересечение горизонтальной плоскости уровня α с плоскостью общего положения — треугольником ABS . Фронтальная проекция E_2D_2 линии пересечения совпадает со следом α_2 . Проводя из E_2 и D_2 вертикальные линии связи, определяют горизонтальную проекцию линии пересечения E_1D_1 . Две плоскости общего положения, например боковые грани пирамиды (рис. 108, а), пересекаются также по прямой общего положения (рис. 108, в).

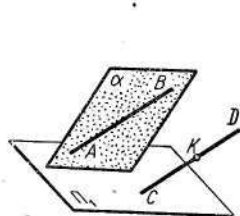
10.6. Прямая, параллельная плоскости. Пересечение прямой с плоскостью

Прямая может находиться в плоскости, быть ей параллельной или пересекаться с ней.

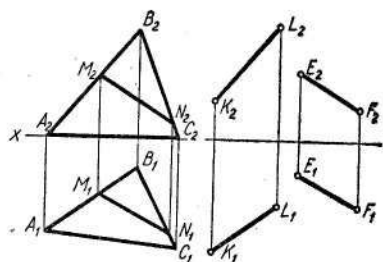
Прямая, параллельная плоскости. Если прямая параллельна какой-либо прямой, лежащей в плоскости, то она параллельна этой плоскости (рис. 109, а). Если через точку нужно провести прямую, параллельную плоскости, то сначала в этой плоскости задаются некоторой прямой, а затем через точку проводят прямую, ей параллельную. На рис. 109, б через точки K и E проведены прямые, параллельные плоскости треугольника ABC . В первом случае прямая KL параллельна стороне AB треугольника ($K_1L_1 \parallel A_1B_1$; $K_2L_2 \parallel A_2B_2$), а во втором — прямая EF параллельна произвольной прямой MN , принадлежащей треугольнику. На рис. 109, в, г через точку K проведена прямая AB , параллельная горизонтально проецирующей плоскости α . В этом случае через K_1 проведена горизонтальная проекция A_1B_1 искомой прямой параллельно следу-проекции α_1 . Фронтальная проекция A_2B_2 пройдет через K_2 произвольно. Следовательно, условие параллельности прямой и плоскости частного положения заключается в том, что проекция прямой должна быть параллельна одноименному следу-проекции плоскости.

Прямая, пересекающая плоскость. Вначале рассмотрим пересечение прямой с плоскостью частного положения. Прямая AB (рис. 110, а, б) пересекает горизонтально проецирующую плоскость α . Горизонтальная проекция K_1 точки пересечения лежит на пересечении проекции A_1B_1 со следом-проекцией α_1 плоскости. Проводя из K_1 вертикальную линию связи до пересечения с проекцией A_2B_2 , определяют фронтальную проекцию точки — K_2 . Следовательно, если прямая пересекает проецирующую плоскость, то соответствующая проекция точки пересечения находится на пересечении следа-проекции плоскости с одноименной проекцией прямой.

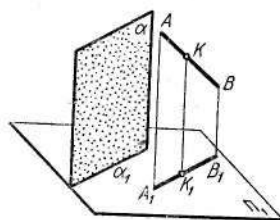
На рис. 110, в проецирующая прямая l пересекает плоскость общего положения — треугольник ABC . Горизонтальная проекция K_1



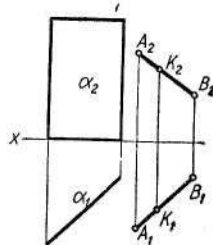
a



б

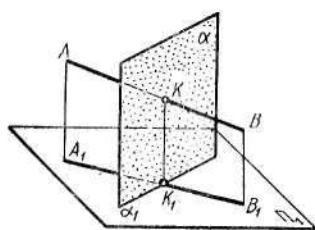


в

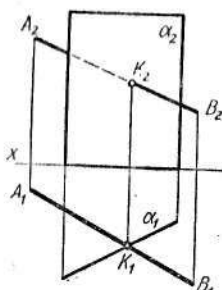


г

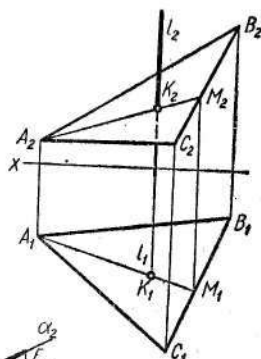
Рис. 109



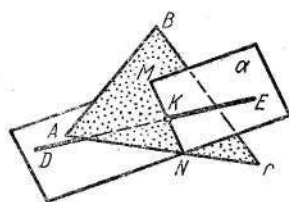
а



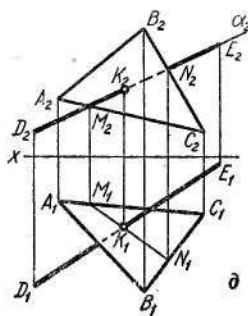
б



в



г



д

Рис. 110

точки пересечения совпадает с горизонтальной проекцией l_1 заданной прямой. Фронтальную проекцию K_2 точки пересечения определяют проведением в данной плоскости вспомогательной прямой AM .

На рис. 110, *г, д* прямая общего положения DE пересекается с плоскостью общего положения ABC . В этом случае задача решается по такому плану:

а) через заданную прямую DE проводят вспомогательную плоскость-посредник α (в нашем примере — фронтально проецирующую плоскость);

б) определяют линию MN , по которой заданная плоскость ABC пересекается со вспомогательной проецирующей плоскостью α ;

в) на взаимном пересечении полученной линии MN с заданной прямой DE находят точку встречи K .

Упражнение. Рассмотрите и поясните построение, выполненное на рис. 111, где треугольник пересекается с плоскостью прямоугольника.

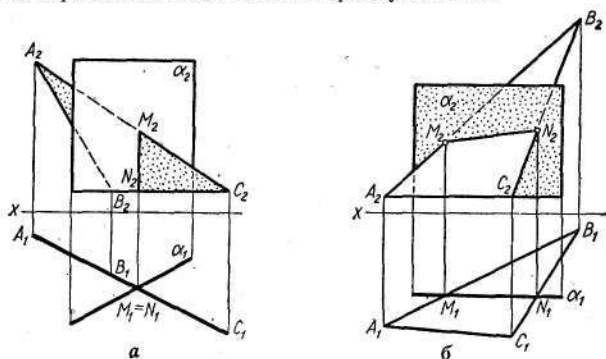


Рис. 111

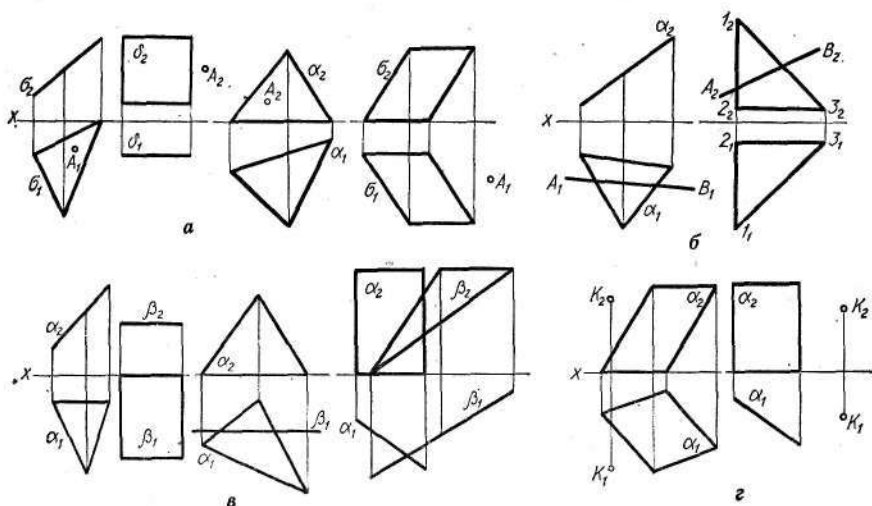


Рис. 112

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие вы знаете способы задания плоскости на комплексном чертеже?
2. Что такое следы плоскости?
3. Какие плоскости называются плоскостями уровня? Укажите свойства этих плоскостей.
4. Какие плоскости называются проецирующими? Укажите свойства этих плоскостей.
5. Сформулируйте условие принадлежности прямой плоскости.
6. Какие прямые называют горизонтальными плоскости? Фронтальными?
7. Постройте недостающую проекцию точки, принадлежащей плоскости (рис. 112, а).
8. Постройте недостающую проекцию прямой, принадлежащей плоскости (рис. 112, б).
9. Постройте линию пересечения плоскостей α и β (рис. 112, в).
10. Сформулируйте условие параллельности прямой и плоскости, двух плоскостей.
11. Проведите через точку K прямую, параллельную заданной плоскости (рис. 112, г).
12. Проведите через точку K плоскость, параллельную заданной (рис. 112, з).

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Проецирование плоскости». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля по теме «Проецирование плоскости»

1. Как называется плоскость, изображенная на рис. 1?
2. Как называется плоскость, изображенная на рис. 2?
3. Какие из точек, изображенных на рис. 1 и 2, принадлежат треугольникам ABC ?

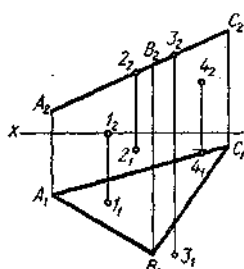


Рис. 1

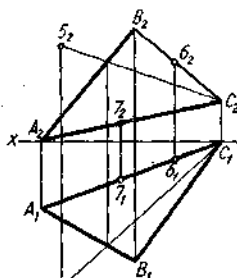


Рис. 2

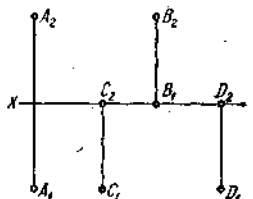


Рис. 3

4. Принадлежат ли четыре точки A, B, C, D одной плоскости (рис. 3)?
5. На каких рисунках (рис. 4—7) прямая a принадлежит плоскости?
6. На каких рисунках (рис. 4—7) прямая является горизонталью плоскости?

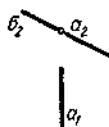


Рис. 4

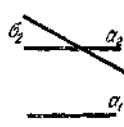


Рис. 5

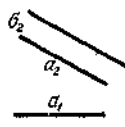


Рис. 6

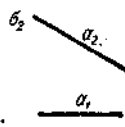


Рис. 7

7. На каких рисунках (рис. 8—12) прямая l параллельна плоскости?

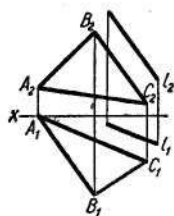


Рис. 8

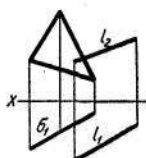


Рис. 9

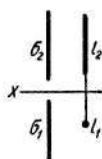


Рис. 10

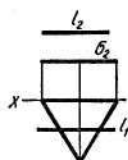


Рис. 11

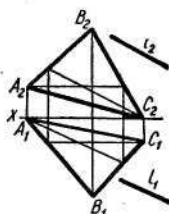


Рис. 12

8. На каких рисунках (рис. 13—16) плоскости параллельны между собой?

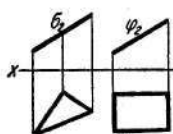


Рис. 13

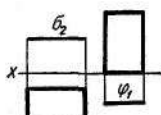


Рис. 14

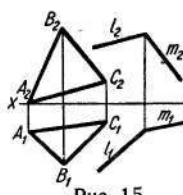


Рис. 15

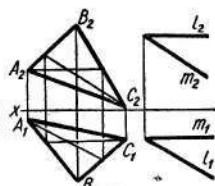


Рис. 16

§ 11. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

11.1. Сущность аксонометрического проецирования

Комплексные ортогональные проекции имеют то преимущество, что у них два измерения, параллельные соответствующей плоскости проекций, проецируются на эту плоскость без искажения, а третье измерение, перпендикулярное к ней, исчезает. Благодаря этому свойству комплексный чертеж строится достаточно просто и по нему легко определить размеры предмета и изготовить предмет на производстве. Однако такие изображения недостаточно наглядны.

По сравнению с комплексными, аксонометрические проекции имеют существенное преимущество — наглядность. Для сравнения наглядности комплексных и аксонометрических проекций на рис. 113 изображен чертеж кронштейна. По нему видно, что аксонометрическое изображение производит на нас такое же впечатление, как и сама деталь. Слово «аксонометрия» означает «измерение по осям».

Сущность аксонометрического проецирования заключается в том, что предмет относят к системе координатных осей и проецируют его вместе с координатными осями на произвольно выбранную плоскость аксонометрических проекций.

На рис. 114, а точка A — вершина некоторого предмета — отнесена к координатным осям Ox, Oy, Oz и вместе с ними спроецирована на плоскость Π' . На плоскости Π' получают оси $O'x', O'y', O'z'$, являющиеся изображением координатных осей, и точку A' — аксонометрическое

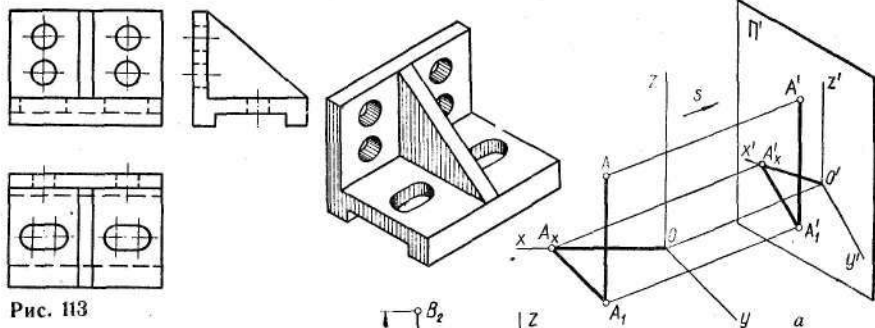


Рис. 113

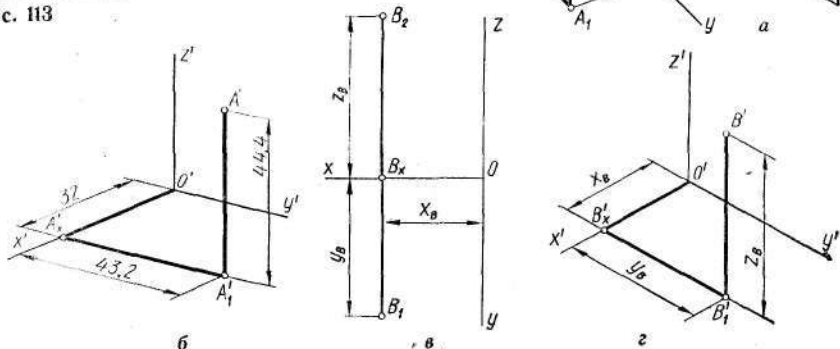


Рис. 114

изображение точки A . Рассмотрим некоторые новые термины, относящиеся к аксонометрическим проекциям.

Плоскость Π' , на которой строится аксонометрическая проекция, называется *плоскостью аксонометрических проекций*. Оси $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$, полученные проецированием координатных осей, называются *аксонометрическими осями*. Точка O' — *начало аксонометрических осей*, s — *направление аксонометрического проецирования*. Точка A' — *аксонометрическая проекция точки A* , а точка A_1' — *вторичная проекция точки A* .

Вторичной проекцией принято называть аксонометрическое изображение не самой точки, а одной из ее проекций (в нашем случае — горизонтальной). Чтобы задание точки на аксонометрическом чертеже (или некоторого другого геометрического элемента) было определенным, нужно, кроме изображения самой точки, показать одну из ее вторичных проекций.

В зависимости от направления проецирующих лучей и положения плоскости Π' аксонометрическое изображение оригинала может претерпеть некоторое искажение, т. е. каждое из трех основных измерений предмета в аксонометрии будет меньшим или большим по сравнению с натуральной величиной либо равняться ей.

Отношение длины аксонометрической проекции отрезка, взятого по определенной оси или ей параллельно, к длине этого отрезка в натуре называется *коэффициентом (показателем) искажения*.

Коэффициенты искажения по направлениям осей $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ или по направлениям, им параллельным, определяются по формулам (рис. 114, а)

$$p = \frac{x'}{x} = \frac{O'A'_x}{OA_x}; \quad q = \frac{y'}{y} = \frac{A'_xA'_1}{A_xA_1}; \quad r = \frac{z'}{z} = \frac{A'_1A'}{A_1A}.$$

Таким образом, коэффициенты искажения показывают, как изменяются значения координат точки при проецировании ее на плоскость аксонометрических проекций. Рассмотрим два примера:

1. Заданы аксонометрические оси x' , y' , z' (рис. 114, б). Построить аксонометрическое изображение точки A (40, 48, 60), если известно, что коэффициенты искажения $p = 0,8$; $q = 0,9$; $r = 0,74$.

Определяют значения аксонометрических координат точки A : $x' = px = 0,8 \cdot 40 = 32$ мм; $y' = qy = 0,9 \cdot 48 = 43,2$ мм; $z' = rz = 0,74 \cdot 60 = 44,4$ мм. На оси x' от точки O' откладывают отрезок $O'A'_x = 32$ мм и из его конца проводят прямую, параллельную оси $O'y'$, на которой откладывают аксонометрическую координату y' . Получают точку A'_1 — вторичную проекцию точки A . Из этой точки проводят прямую, параллельную оси $O'z'$, на которой откладывают отрезок $A'_1A' = 44,4$ мм. Точка A' — аксонометрическая проекция точки A .

2. Точка B задана на комплексном чертеже двумя своими проекциями (рис. 114, в). Нужно построить аксонометрическое изображение этой точки на осях, расположенных друг к другу под углом 120° (рис. 114, г), если коэффициенты искажения $p = q = r = 1$. Последовательность построения та же, что и в предыдущем примере, но в этом случае аксонометрические координаты равны натуральным координатам точки на комплексном чертеже. Построение понятно из чертежа.

При построении аксонометрических проекций проецирующие лучи могут быть направлены перпендикулярно или с наклоном к плоскости аксонометрических проекций. Аксонометрические проекции, получаемые в первом случае, называют *прямоугольными*, во втором — *косоугольными*. Если все три коэффициента искажения равны между собой, то такая аксонометрия называется *изометрической*, или *изометрией*. Если равны между собой только два коэффициента искажения, а третий им не равен, то аксонометрия называется *диметрической*, или *диметрией*. Наконец, если все три коэффициента искажения отличны друг от друга, то полученная аксонометрия называется *триметрией*. ГОСТ 2.317—69 предусматривает следующие стандартизованные аксонометрические проекции: прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольная фронтальная диметрия и косоугольные фронтальная и горизонтальная изометрии.

11.2. Прямоугольная изометрия

Прямоугольную изометрию, или, сокращенно, изометрию, широко применяют в практике технического черчения. В прямоугольной изометрической проекции (рис. 115, а) аксонометрические оси $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ образуют друг с другом углы 120° , а коэффициенты искажения по

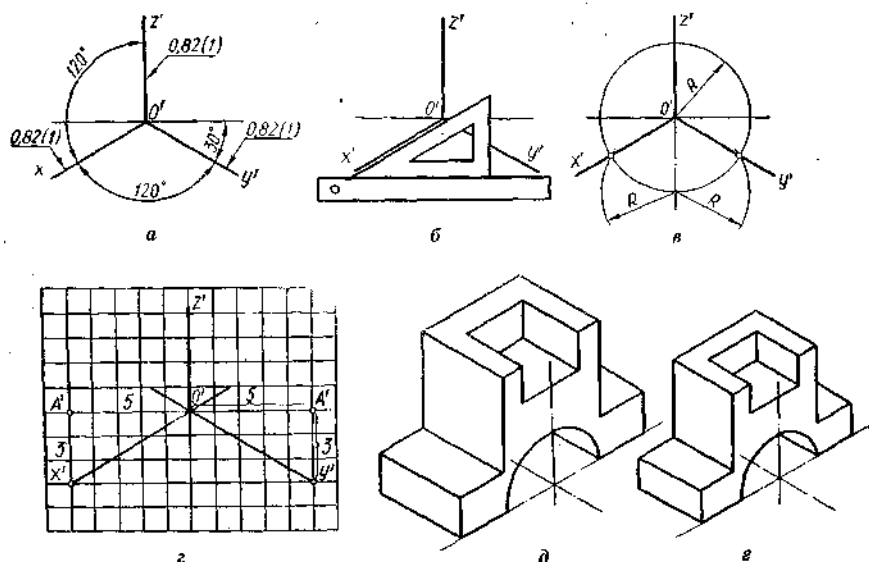


Рис. 115

всем трем осям одинаковы и равны 0,82. Ось $O'z'$ располагают вертикально, а оси $O'x'$ и $O'y'$ — под углом 30° к горизонтальному направлению. На рис. 115, б показано, как построить оси изометрии при помощи угольника с углами 30° , 60° и 90° ; на рис. 115, в — при помощи циркуля; на рис. 115, г показано, как строить изометрические оси на клетчатой бумаге.

Чтобы построить изображение предмета в изометрии, нужно все его линейные размеры, параллельные осям, умножить на коэффициент искажения 0,82, а затем уже откладывать их на аксонометрическом чертеже. Полученное изображение называется *нормальным* или *точным*. Однако стандарт предусматривает построение и упрощенной изометрии, когда по осям x' , y' , z' и параллельно им откладывают натуральные размеры предмета. При этом получается несколько увеличенное изображение без нарушения пропорциональности отдельных частей предмета. Коэффициент увеличения для изометрии равен $\frac{1}{0,82} \approx$

$\approx 1,22$ раза. На рис. 115, д изометрия детали построена по натуральным размерам, а на рис. 115, е — с учетом коэффициента искажения 0,82. Сравнение показывает, что оба изображения совершенно одинаковы по структуре и наглядности и отличаются только величиной изображения. Все дальнейшие построения выполнены в стандартной изометрии — по натуральным размерам, как это предусмотрено ГОСТ 2.317—69.

Построение изометрических проекций многоугольников. Так как плоские фигуры имеют два измерения, то для их построения в аксонометрической проекции используют две оси, выбираемые в зависимости от того, какой из плоскостей проекций параллельна заданная фигура. При параллельности плоскости Π_1 используют оси x и y , при

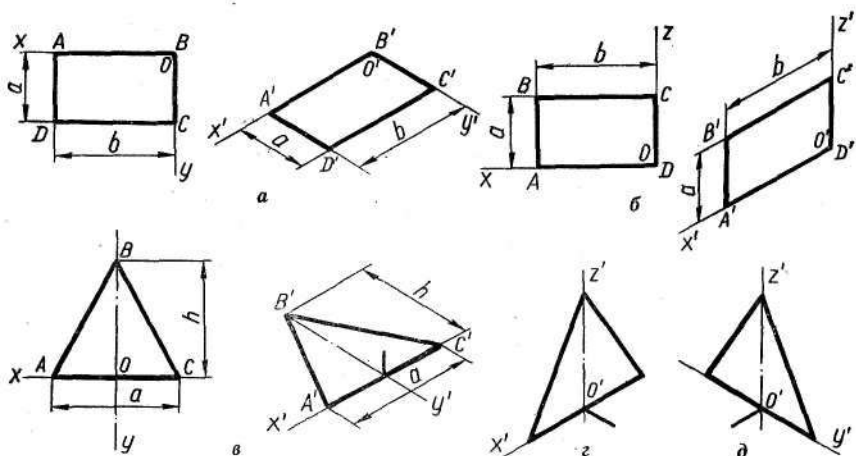


Рис. 116

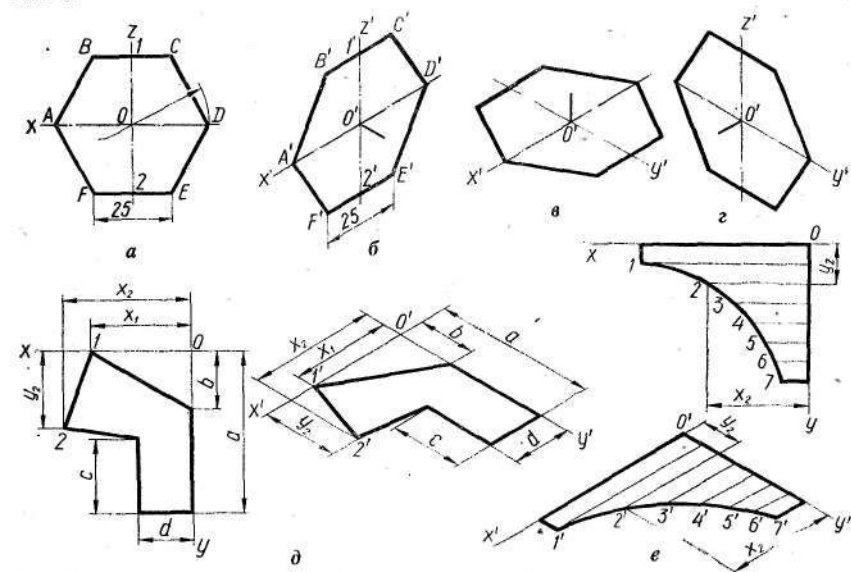


Рис. 117

параллельности плоскости Π_2 — x и z , при параллельности плоскости Π_1 — y и z .

Рассмотрим построение в изометрии прямоугольника $ABCD$, лежащего в горизонтальной плоскости. Координатные оси совмещают со сторонами прямоугольника AB и BC (рис. 116, а). Строят оси $O'x'$ и $O'y'$ прямоугольной изометрии и откладывают от точки O' отрезки, равные размерам сторон прямоугольника ($A'B' = AB = b$; $B'C' = BC = a$). Из полученных точек A' и C' проводят прямые, параллельные аксонометрическим осям, до их взаимного пересечения в точке D' . Параллелограмм $A'B'C'D'$ является изометрической проекцией

прямоугольника $ABCD$. На рис. 116, б изображена изометрия прямоугольника $ABCD$, расположенного параллельно плоскости проекций Π_2 .

Упражнение 1. Самостоятельно постройте изометрическую проекцию прямоугольника, расположенного параллельно плоскости проекций Π_3 .

Упражнение 2. Поясните построение в изометрии треугольника, расположенного параллельно различным плоскостям проекций (рис. 116, в—д). Обратите внимание на расположение координатных осей.

Если плоская фигура имеет две взаимно перпендикулярные оси симметрии, то целесообразно принять их за координатные оси. Рассмотрим построение в изометрии правильного шестиугольника, расположенного параллельно плоскости Π_2 (рис. 117, а, б). Проводят оси $O'x'$ и $O'z'$ и откладывают по оси $O'x'$ влево и вправо от точки O' отрезки $O'A' = OA$ и $O'D' = OD$. По оси $O'z'$ вверх и вниз от точки O' откладывают отрезки $O'I' = O - 1$ и $O'2' = O - 2$. Через полученные точки I' и $2'$ проводят прямые, параллельные оси $O'x'$, и на них откладывают в обе стороны от точек I' и $2'$ отрезки, равные половине величины стороны шестиугольника, т. е. $I'B' = IB = \frac{25}{2}$ мм, и т. д. Соединяя полученные вершины шестиугольника, получают его изометрическую проекцию $A'B'C'D'E'F'$. На рис. 117, в изображен в изометрии шестиугольник, расположенный параллельно плоскости проекций Π_1 , а на рис. 117, г — шестиугольник, параллельный плоскости Π_3 . Обратите внимание на то, что в изометрии, как и на комплексном чертеже, противоположные стороны шестиугольника параллельны между собой, т. е. $A'B' \parallel E'D'$; $A'F' \parallel C'D'$; ... Если это условие соблюдается, то построение выполнено правильно.

Из рис. 117, б видно, что стороны шестиугольника, не параллельные координатным осям, имеют различную степень искажения. Например, сторона AB изображается в изометрии отрезком, величина которого больше 25 мм, т. е. больше действительной длины стороны шестиугольника, а сторона CD — отрезком, величина которого меньше 25 мм. Следовательно, если какой-либо отрезок прямой не параллелен координатной оси, то построение его в изометрии или в любой другой аксонометрической проекции выполняют по координатам концевых точек отрезка, так как величина искажения произвольного направления нам не известна и определить ее достаточно сложно.

Пример. На рис. 117, д построена изометрия произвольного плоского контура, расположенного параллельно горизонтальной плоскости проекций Π_1 . Вершину 1 строят по координате x_1 , а вершину 2 — по координатам x_2 и y_2 . Последовательность построения остальных точек может быть различной. Например, вначале откладывают отрезок a , потом отрезки b , c и d . Последовательно соединяя построенные вершины, получают изометрическую проекцию заданного контура.

Упражнение. На рис. 117, е в изометрии построена плоская фигура, ограниченная кривой линией. Рассмотрите и поясните последовательность построения.

Построение изометрической проекции окружности. Изометрическими проекциями окружностей, расположенных в плоскостях проекций или в плоскостях, параллельных им, являются эллипсы с одинаковыми соотношениями осей (рис. 118, а). Большие оси эллипсов равны $1,22d$,

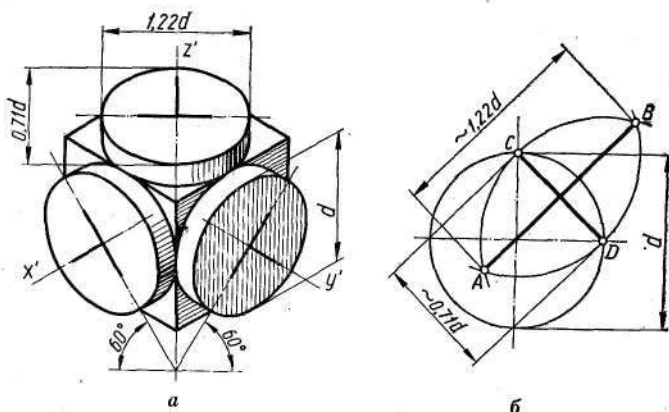


Рис. 118

а малые — $0,71d$, где d — диаметр изображаемой окружности. Направление осей эллипсов зависит от положения проецируемой окружности. Существует следующее правило: *большая ось эллипса всегда перпендикулярна к той аксонометрической оси, которой нет в плоскости заданной окружности, а малая ось совпадает с направлением этой оси*. Например, окружность, лежащая в горизонтальной плоскости проекций, в изометрии проецируется в эллипс, большая ось которого перпендикулярна к оси $O'z'$, а малая совпадает с направлением этой оси. Это правило действительно для всех видов прямоугольной аксонометрии.

Величину осей эллипса можно вычислить по указанным соотношениям или определить графически (рис. 118, б). На практике принято заменять эллипсы в изометрии овалами, что значительно упрощает построение.

Рассмотрим два способа построения четырехцентрового овала, приближенно заменяющего изометрическую проекцию окружности, расположенной в плоскости проекций или ей параллельной. Допустим, что требуется построить изометрическую проекцию окружности диаметра 60 мм, расположенную в плоскости проекций Π_1 .

1-й способ (рис. 119, а—в). Проводят изометрические оси $O'x'$ и $O'y'$ и откладывают на них в обе стороны от точки O' отрезки, равные радиусу заданной окружности, т. е. 30 мм. Через найденные точки $1', 2', 3', 4'$ проводят прямые, параллельные аксонометрическим осям, и получают ромб $A'B'C'D'$, представляющий собой изометрию квадрата, описанного вокруг окружности. Вершины ромба A' и C' , лежащие на короткой диагонали, являются центрами больших дуг овала. Соединяют лучами точку A' с точками $2'$ и $3'$ и в пересечении с большой диагональю $B'D'$ ромба получают еще два центра дуг овала — O'_1 и O'_2 . Из центров A' и C' проводят дуги радиусом $R_1 = A'2'$, а из центров O'_1 и O'_2 — малые дуги радиусом $R_2 = O'_23'$. На рис. 119, г этим же способом построена изометрическая проекция окружности, лежащей в плоскости проекций Π_2 , а на рис. 119, д — изометрическая проекция окружности, лежащей в плоскости Π_3 .

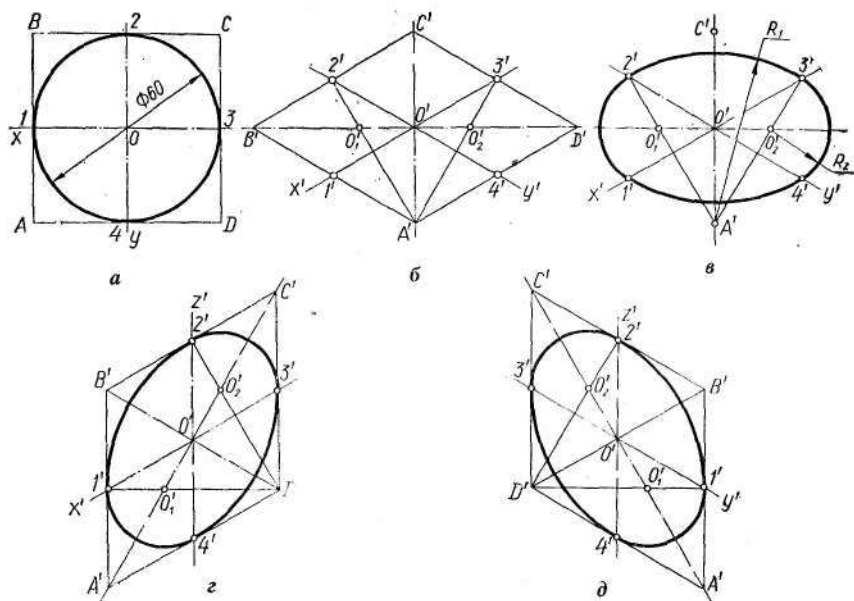


Рис. 119

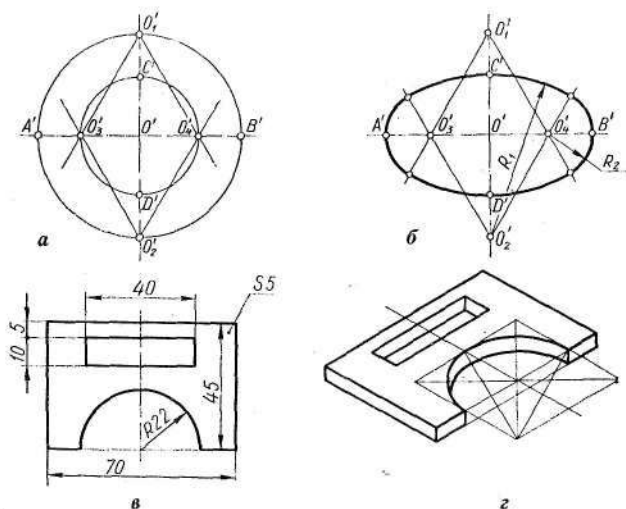


Рис. 120

2-й способ. Определяют размеры большой и малой осей эллипса: $A'B' = 1,22d = 1,22 \cdot 60 \text{ мм} = 73,2 \text{ мм}$; $C'D' = 0,7d = 0,7 \cdot 60 \text{ мм} = 42 \text{ мм}$. Через точку O' — начало аксонометрических осей — проводят две взаимно перпендикулярные прямые (рис. 120, а, б). Из точки O' как из центра проводят окружности, диаметры которых соответственно равны большой и малой осям эллипса, т. е. $1,22d$ и $0,71d$. На

вертикальном диаметре большой окружности отмечают центры O'_1 и O'_2 , а на горизонтальном диаметре малой — центры O'_3 и O'_4 . Эти точки являются центрами сопряжения дуг овала. Проводят прямые $O'_1O'_3$; $O'_1O'_4$; $O'_2O'_3$; $O'_2O'_4$, на которых расположены точки сопряжения дуг овала. Две дуги радиуса $R_1 = O'_2C'$ описывают из центров O'_1 и O'_2 , а две другие радиуса $R_2 = O'_4B'$ — из центров O'_3 и O'_4 .

Упражнение. Поясните построение в изометрии пластинки, изображенной на рис. 120, в, г.

11.3. Прямоугольная диметрия

Прямоугольной диметрией называется аксонометрическая проекция с равными показателями искажения по двум осям.

По ГОСТ 2.317—69 применяют прямоугольную диметрию (рис. 121, а), у которой ось $O'z'$ расположена вертикально, ось $O'x'$ наклонена под углом $7^\circ 10'$, а ось $O'y'$ — под углом $41^\circ 25'$ к линии горизонта. Коэффициенты искажения по осям x' и z' равны 0,94, а по оси y' — 0,47. Но на практике применяют увеличенную диметрию с коэффициентами $p = r = 1$ и $q = 0,5$, т. е. по осям x' и z' или по направлениям, им параллельным, откладывают действительные размеры, а по оси y' размеры уменьшают в два раза ($q = 0,5$).

Для построения осей диметрии применяют два способа:

1-й способ (рис. 121, б). На горизонтальной прямой, проходящей через точку O' , откладывают в обе стороны от O' восемь равных произвольных отрезков. Из конечных точек этих отрезков вниз по вертикали откладывают слева один такой же отрезок, а справа — семь. Полученные точки соединяют с точкой O' и получают направления аксонометрических осей $O'x'$ и $O'y'$.

2-й способ (рис. 121, в). На вертикальной прямой вниз от точки O' откладывают отрезок $O'D'$ произвольной длины, а вверх — два таких же отрезка ($O'A' = 2O'D'$). Из точки O' как из центра проводят дугу окружности радиусом $R_1 = O'A'$ до пересечения в точке B' с дугой, проведенной из центра A' радиусом $R_2 = A'D'$. Прямая $O'B'$ — направление аксонометрической оси x' . Третью дугу радиусом $R_3 = B'A'$ проводят из центра B' до пересечения с дугой радиуса R_2 в точке C' . Прямая $O'C'$ даст направление оси y' прямоугольной диметрии.

Построение диметрических проекций многоугольников. На рис. 122, а, б в диметрии построен квадрат, расположенный в горизонтальной плоскости. Последовательность построения та же, что и прямоугольника в изометрии (см. рис. 116, а, б), с той лишь разницей, что по оси $O'y'$ следует откладывать половину действительного размера стороны квадрата. На рис. 122, в изображена диметрическая проекция квадрата, расположенного параллельно плоскости Π_2 , а на рис. 122, г — квадрата, параллельного плоскости Π_3 .

На рис. 122, д, е в диметрии построен правильный пятиугольник, расположенный параллельно плоскости Π_1 . На рис. 122, ж изображен

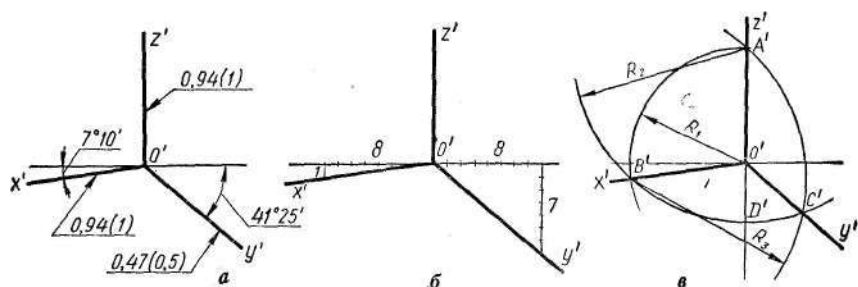


Рис. 121

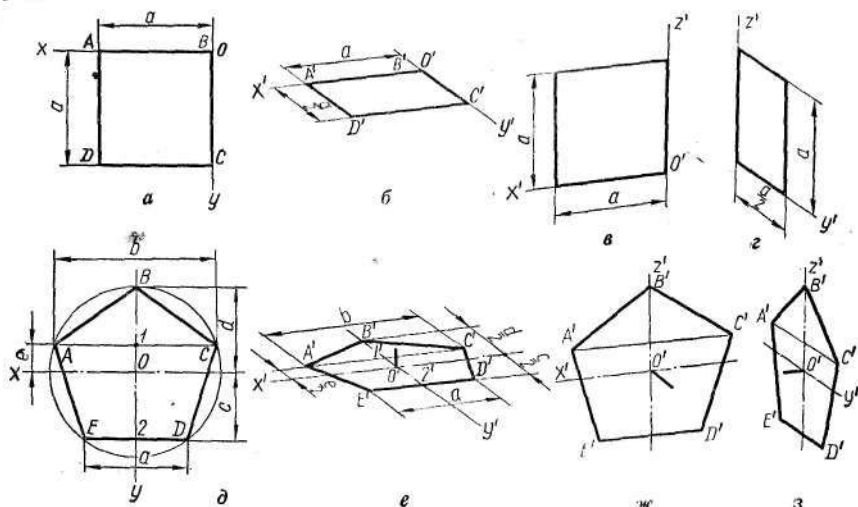


Рис. 122

в диметрии пятиугольник, расположенный параллельно плоскости Π_2 , а на рис. 122, з — пятиугольник, размещенный в профильной плоскости проекций.

Построение окружности в диметрии. На рис. 123, а изображена диметрическая проекция куба с вписанными в его грани окружностями. Передняя и задняя грани куба проецируются в виде ромбов, а остальные грани — в виде параллелограммов. Окружности проецируются в виде эллипсов, малые оси которых, как и в изометрии, параллельны осям, отсутствующим в плоскостях данных окружностей (направление малых осей указано утолщенной линией). Например, для эллипса, лежащего в горизонтальной плоскости, малая ось идет по направлению оси $O'z'$, а большая — перпендикулярно к ней.

Длина большой оси для всех эллипсов одинакова и равна $1,06d$, где d — диаметр изображаемой окружности. Величина малой оси различна: для передней и задней граней куба, т. е. для фронтальной плоскости проекций, величина малой оси равна $0,9$ длины большой оси, или $0,95d$; для верхней и левой граней куба и для плоскостей, параллельных им, величина малой оси равна $1/3$ большой оси, т. е. $0,35d$.

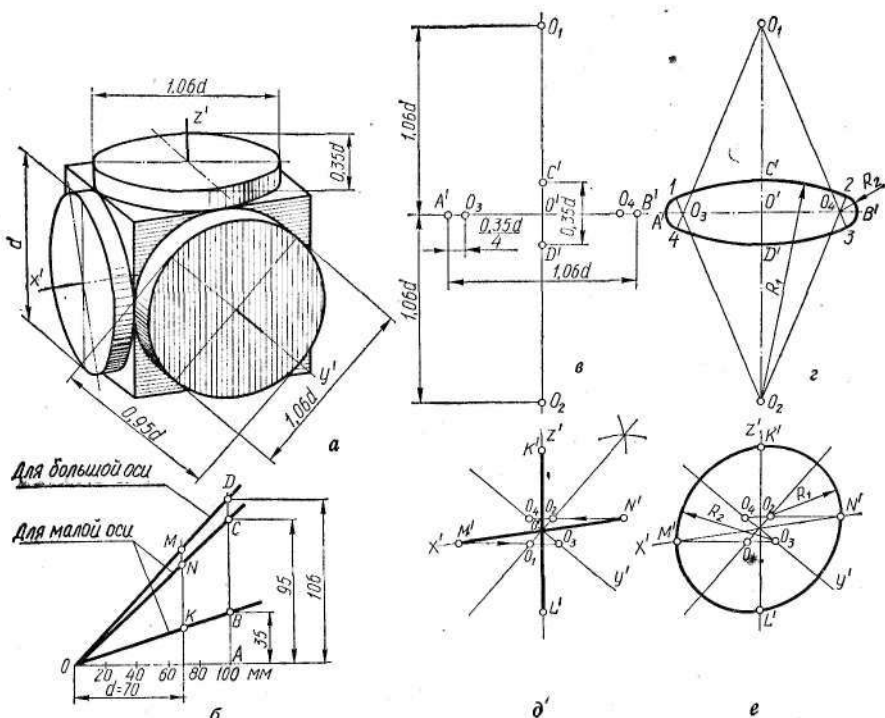


Рис. 123

На рис. 123, б построен график, с помощью которого можно определить размеры большой и малой осей эллипса для произвольного диаметра окружности. Самостоятельно рассмотрите и поясните способ использования этого графика.

На практике эллипсы заменяют четырехцентровыми овалами. Рассмотрим построение овала, заменяющего проекцию окружности, лежащей в плоскостях Π_1 или Π_3 (рис. 123, в, г). Через точку O' — начало аксонометрических осей — проводят две взаимно перпендикулярные прямые и откладывают на горизонтальной прямой величину большой оси $A'B' = 1,06d$, а на вертикальной — величину малой оси $C'D' = 0,35d$. Вверх и вниз от точки O' по вертикали откладывают отрезки $O'O_1$ и $O'O_2$, равные по величине большой оси эллипса, т. е. $O'O_1 = O'O_2 = A'B' = 1,06d$. Точки O_1 и O_2 являются центрами больших дуг овала. Для определения центров O_3 и O_4 откладывают на горизонтальной прямой от точек A' и B' отрезки O_3A' и O_4B' , равные $\frac{1}{4}$ величины малой оси, т. е. $\frac{C'D'}{4}$. Из точки O_2 как из центра радиусом R_1 , равным отрезку O_2C' , проводят дугу овала до пересечения в точках 1 и 2 с линиями центров O_2O_3 и O_2O_4 . Точки 1 и 2 — точки сопряжения дуг овала. Аналогично этому проводят дугу из центра O_1 . Из центров O_3 и O_4 проводят замыкающие дуги овала радиусом $R_2 = O_3A' = O_4B'$.

На рис. 123, д, е показано построение овала, заменяющего эллипс, в который проецируется окружность, расположенная в плоскости Π_2 .

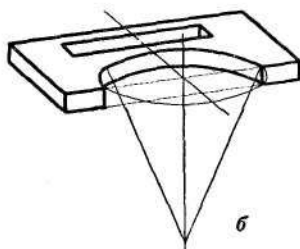
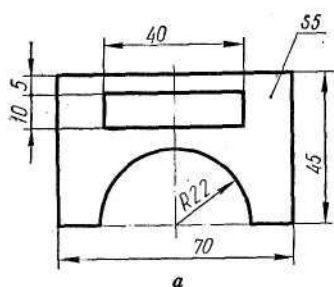


Рис. 124

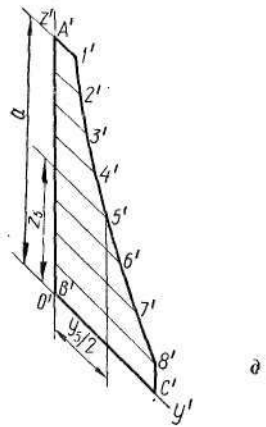
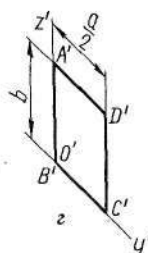
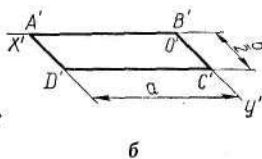
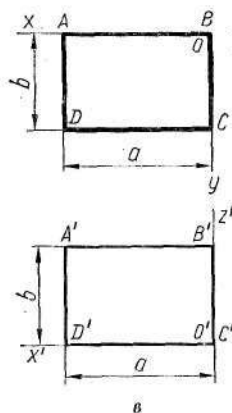
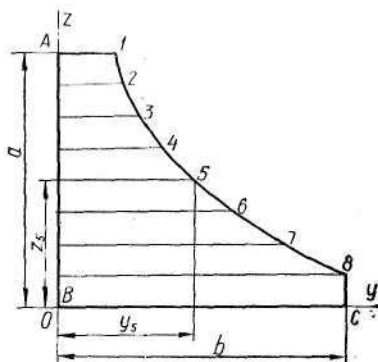
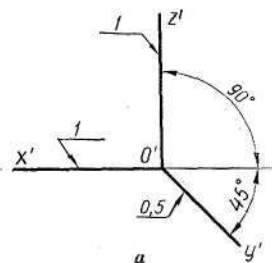


Рис. 125

Проводят оси диметрии $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ и из точки O' восстанавливают перпендикуляр к оси $O'y'$ (малая ось эллипса совпадает с направлением оси $O'y'$, а большая перпендикулярна к ней). На осях $O'x'$ и $O'z'$ откладывают величину радиуса заданной окружности, т. е. $O'M' = O'N' = O'K' = O'L' = \frac{d}{2}$, и получают точки M' , N' , K' , L' , являющиеся точками сопряжения дуг овала. Из точек M' и N' проводят горизонтальные прямые, которые в пересечении с осью $O'y'$ и перпендикуляром к ней дают точки O_1 , O_2 , O_3 , O_4 — центры дуг овала. Из

центров O_3 и O_4 описывают дуги радиусом $R_2 = O_3M'$, а из центров O_1 и O_2 — дуги радиусом $R_1 = O_2N'$.

Упражнение. На рис. 124, а, б в прямоугольной диметрии изображена пластинка. Объясните произведенное построение и сравните этот рисунок с рис. 120, в, г.

11.4. Косоугольная фронтальная диметрия

Косоугольная фронтальная диметрия (сокращенно — фронтальная диметрия) характеризуется (рис. 125, а) вертикальным расположением оси $O'z'$ и горизонтальным — оси $O'x'$, ось $O'y'$ наклонена к горизонтальной оси под углом 45° . Коэффициенты искажения по осям $O'x'$ и $O'z'$ равны единице ($p = r = 1$), а по оси $O'y'$ коэффициент $q = 0,5$. Следовательно, все плоские фигуры, размещенные параллельно фронтальной плоскости проекций, изображаются во фронтальной диметрии без искажения размеров и углов.

Построение плоских фигур во фронтальной диметрии. На рис. 125, б во фронтальной диметрии изображен прямоугольник, лежащий в горизонтальной плоскости. Размер стороны $A'B'$, совпадающей с осью $O'x'$, остается неизменным, а величина стороны $B'C'$, совпадающей с направлением оси $O'y'$, сокращается вдвое, т. е. $B'C' = \frac{b}{2}$. На рис. 125, в во фронтальной диметрии изображен прямоугольник, параллельный плоскости Π_2 , а на рис. 125, г — параллельный плоскости Π_3 .

На рис. 125, д построено изображение во фронтальной диметрии плоской фигуры, размещенной параллельно профильной плоскости проекций. Эта фигура с правой стороны ограничена произвольной кривой 1—8. Отрезки AB и $A'B'$ делят на некоторое число равных частей, например на восемь, и из точек деления проводят прямые, параллельные оси $O'y'$. На этих прямых откладывают отрезки, равные половине значений координат y точек 1, 2, 3, ... (на рисунке обозначены координаты точки 5). Полученные точки $1'$, $2'$, $3'$, ... соединяют плавной кривой.

Построение окружности во фронтальной диметрии. На рис. 126, а изображена диметрия куба с окружностями, вписанными в его грани. Передняя грань куба изображается в натуральную величину — в виде квадрата, поэтому и окружность, лежащая в этой плоскости, изображается без искажения. Это удобно при вычерчивании фронтальной диметрии деталей цилиндрической формы или с большим числом цилиндрических отверстий. Верхняя и левая грани куба проецируются в форме параллелограммов. Окружности, вписанные в эти грани, изображаются эллипсами такой же формы и размеров, как и в прямоугольной диметрии, т. е. большая ось этих эллипсов равна $1,06d$, а малая — $0,35d$. В отличие от прямоугольной диметрии, большая ось эллипса в плоскости Π_1 наклонена к горизонтальному направлению под углом $7^\circ 14'$, а в профильной плоскости — под тем же углом к вертикальному направлению. Упрощенное построение эллипсов в виде овалов выполняют по тем же правилам, что и в прямоугольной диметрии. На

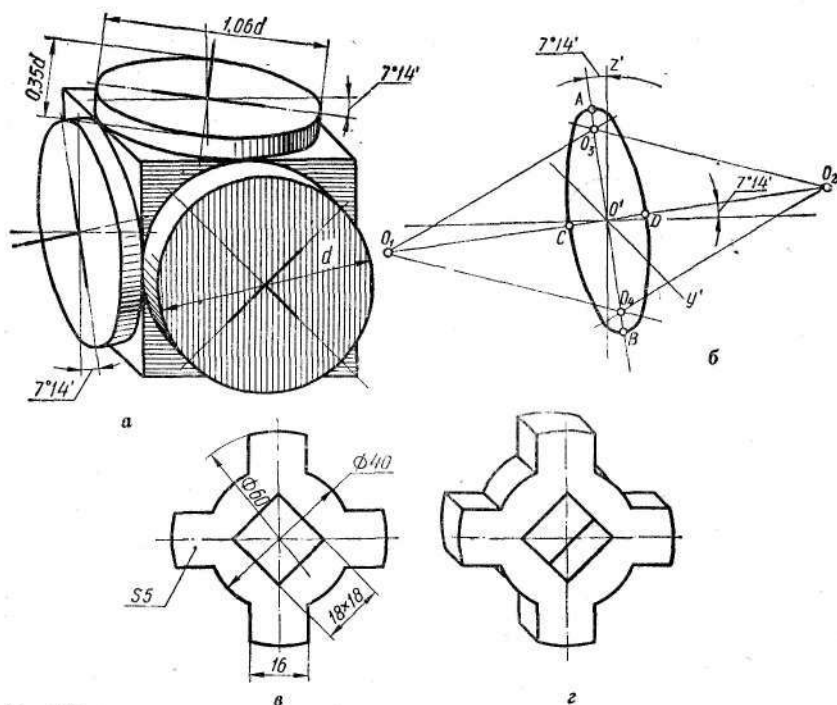


Рис. 126

рис. 126, б построена фронтальная диметрия окружности, лежащей в профильной плоскости проекции.

Упражнение. Поясните построение во фронтальной диметрии пластинки, размещенной параллельно плоскости Π_2 (рис. 126, в, г).

11.5. Косоугольные изометрические проекции

По ГОСТ 2.317—69, кроме косоугольной фронтальной диметрии, применяют еще косоугольные изометрические проекции.

Фронтальная косоугольная изометрическая проекция. Направление аксонометрических осей показано на рис. 127, а. Разрешается применять фронтальную изометрию с углами наклона оси y' в 30 или 60°. Все три коэффициента искажения по осям x' , y' и z' равны единице.

Окружности, находящиеся в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекции, изображаются в косоугольной фронтальной изометрии в натуральную величину, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям Π_1 и Π_3 , проецируются в эллипсы (рис. 127, в). Большая ось эллипса 2 наклонена к горизонту, а эллипса 3 — к вертикали под углами 22° 30'. Большие оси этих эллипсов равны $1,3d$, а малые — $0,54d$, где d — диаметр изображаемой окружности. Эллипсы заменяют овалами, которые вычерчивают по двум известным осям (см. § 6.6).

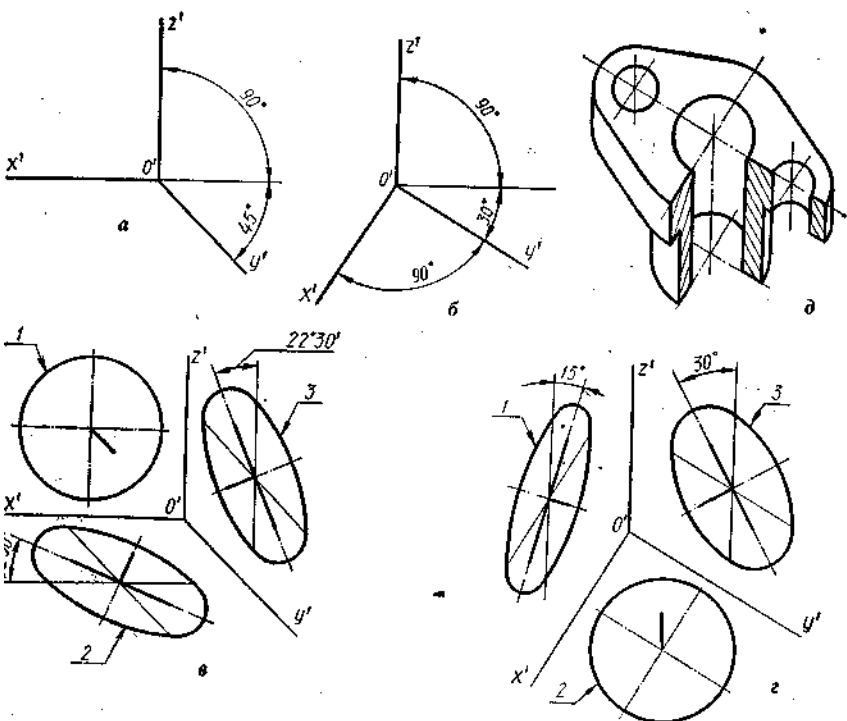


рис. 127

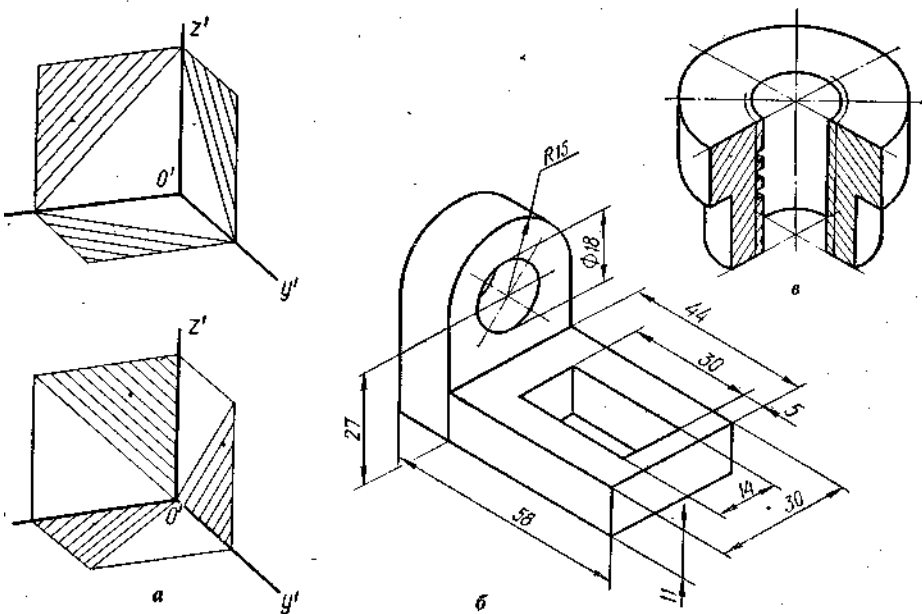


рис. 128

Горизонтальная косоугольная изометрическая проекция. Направление аксонометрических осей изображено на рис. 127, б. Разрешается применять горизонтальную изометрию с углами наклона оси y' к горизонтальному направлению в 45° и 60° , сохраняя угол 90° между осями x' и y' . Коэффициенты искажения по всем трем осям равны единице.

Окружности, находящиеся в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, изображаются в аксонометрии без искажения, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных Π_2 и Π_3 , проецируются эллипсами. Большая ось эллипса 1 (рис. 127, в) наклонена к вертикали под углом 15° , а эллипса 3 — под углом 30° . Величина большой оси эллипса 1 равна $1,37d$, а малой — $0,37d$; величина большой оси эллипса 3 равна $1,22d$, а малой — $0,71d$. Сопряженные диаметры эллипсов, т. е. диаметры, параллельные аксонометрическим осям, во всех случаях равны d . Построение эллипса 3 выполняют по правилам построения проекций окружностей в прямоугольной изометрии (см. § 11.2), а эллипс 1 строят как овал по двум заданным осям (см. § 6.6).

На рис. 127, д дан пример технической детали, выполненной в косоугольной горизонтальной изометрии.

11.6. Условности и нанесение размеров в аксонометрии

Линии штриховки разрезов и сечений в аксонометрических проекциях выполняют параллельно одной из диагоналей квадратов, стороны которых расположены в соответствующих координатных плоскостях параллельно аксонометрическим осям (рис. 128, а).

При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, а размерные линии — параллельно измеряемому отрезку (рис. 128, б). В отличие от комплексных чертежей, в аксонометрии заштриховывают в разрезах и сечениях ребра жесткости, спицы маховиков, колес и подобные элементы.

Резьбу в аксонометрических проекциях изображают по ГОСТ 2.311—68. Если необходимо, частично изображают профиль резьбы (рис. 128, в).

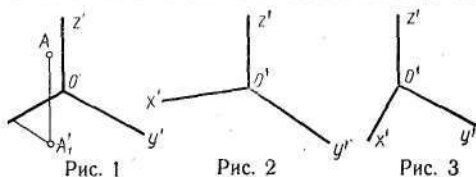
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем преимущество аксонометрических проекций перед комплексными?
2. В чем сущность аксонометрического проецирования?
3. Что называется коэффициентами искажений?
4. Как классифицируют аксонометрические проекции?
5. Как строить оси прямоугольной изометрии и чему равны коэффициенты искажения по аксонометрическим осям?
6. Как строить оси прямоугольной диметрии и чему равны коэффициенты искажения по аксонометрическим осям?
7. Как строить окружность в изометрии, если плоскость окружности параллельна плоскости проекций Π_2 ? плоскости Π_1 ? плоскости Π_3 ?
8. Как строить окружность в прямоугольной диметрии, если плоскость окружности параллельна плоскости проекций Π_1 ? плоскости Π_2 ? плоскости Π_3 ?
9. Как строить окружность во фронтальной диметрии при различном ее положении по отношению к плоскостям проекций?

Как строить окружность во фронтальной косоугольной изометрии? в горизонтальной косоугольной изометрии?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Аксонетрические проекции». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля
темы «Аксонетрические проекции»



1. Как называются аксонометрические проекции, оси которых изображены на рис. 1, 2 и 3?
2. Чему равны коэффициенты искажения для аксонометрии, изображенной на рис. 2?
3. Как называется проекция A_1 (рис. 1)?

В чем разница между прямоугольными и косоугольными аксонометрическими проекциями?

На каких рисунках (рис. 4—8) правильно изображены проекции окружностей в изометрии и каким плоскостям проекций они отвечают?

Объясните, что означают числа $1,06d$ и $0,95d$ для аксонометрии окружности диаметра d .

На каких рисунках правильно изображены проекции окружностей в прямоугольной диметрии и каким плоскостям проекций они отвечают (рис. 9—13)?

В какой аксонометрии изображен цилиндр на рис. 14, если высота цилиндра равна его диаметру?

Какие из размеров на рис. 15 нанесены неправильно?

Правильно ли выполнена штриховка в прямоугольной диметрии (рис. 16)?

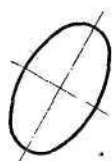


Рис. 4

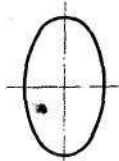


Рис. 5

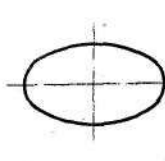


Рис. 6

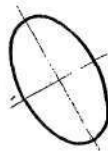


Рис. 7



Рис. 8

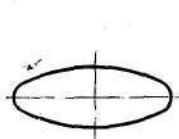


Рис. 9



Рис. 10

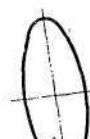


Рис. 11

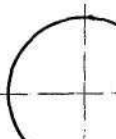


Рис. 12

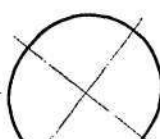


Рис. 13

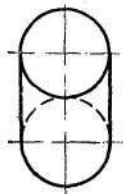


Рис. 14

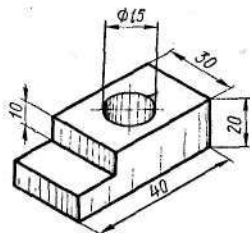


Рис. 15

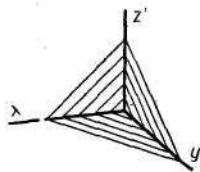


Рис. 16

§ 12. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТУРАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПЛОСКИХ ФИГУР

12.1. Общие положения

Обычно, выполняя чертеж, предмет располагают так, чтобы его основные размеры проецировались в натуральную величину. Но даже в таком случае некоторые из элементов могут занять по отношению к плоскостям проекций общее положение. Поэтому необходимы приемы, которые позволили бы перевести элементы из общего положения в частные. Для этого используют два способа преобразования проекций. В первом положение плоскостей проекций оставляют неизменным, а новые проекции фигуры получают, изменяя ее положение в пространстве. В зависимости от характера движения различают способы вращения, совмещения и плоскопараллельного перемещения. Второй способ заключается в том, что объект проецирования остается неизменным; изменяют положение системы плоскостей проекций. Этот способ называют способом замены плоскостей проекций.

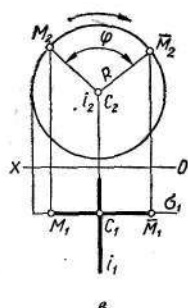
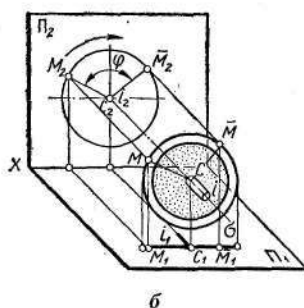
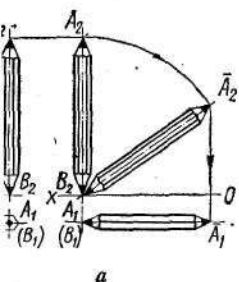
12.2. Способ вращения

Теория способа вращения. Прделаем такой опыт. Возьмем карандаш (рис. 129, а) и поставим его в положение, перпендикулярное к горизонтальной плоскости проекций, например к столу. Повернем карандаш вокруг его нижнего конца (точки B) так, чтобы плоскость вращения оставалась параллельной плоскости проекций Π_2 . Верхний конец карандаша (точка A) опишет дугу окружности, которая спроецируется в натуральную величину на фронтальную плоскость проекций. После вращения карандаш займет положение BA . На горизонтальной плоскости проекций точка B_1 останется на месте, а точка A_1 переместится в положение A_1 , причем движение проекции происходит параллельно оси Ox .

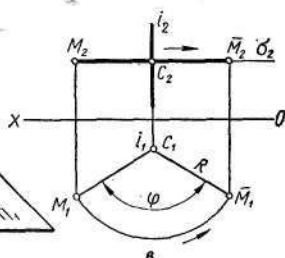
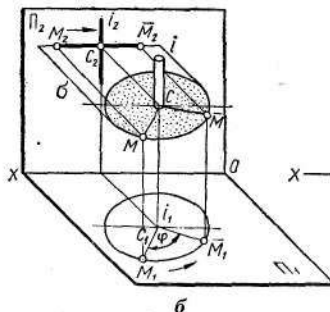
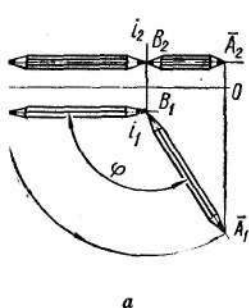
Аналогичный опыт можно поставить, вращая небольшое колесо вокруг оси, расположенной, например, перпендикулярно к фронтальной плоскости проекций (рис. 129, б, в). Произвольная точка M , зафиксированная на ободе этого колеса, опишет окружность, плоскость которой перпендикулярна к оси вращения и параллельна плоскости проекций Π_2 . Путь точки M на плоскость Π_2 проецируется в натуральную величину, т. е. в виде окружности радиуса C_2M_2 , а на плоскость Π_1 — в виде отрезка прямой, параллельного оси Ox (рис. 129, в). Если же точку M повернуть в пространстве только на угол φ — в положение \bar{M} , то ее фронтальная проекция повернется по дуге окружности на тот же угол φ , а горизонтальная пройдет путь $M_1\bar{M}_1$.

Итак, если точка вращается вокруг оси, перпендикулярной к одной из плоскостей проекций, то на этой плоскости проекция точки перемещается по дуге окружности, а на остальных — по прямым, параллельным осям проекций.

Упражнение. Сформулируйте правило вращения точки вокруг оси, перпендикулярной к плоскости проекций Π_1 (рис. 130).



с. 129



с. 130

Решая задачу способом вращения, нужно отметить на чертеже следующие основные элементы вращения (рис. 129, в):

а) *ось вращения* i — прямую, вокруг которой вращается точка. вращения берут перпендикулярной к плоскостям проекций Π_1 и Π_2 ;

б) *плоскость вращения* σ , т. е. плоскость, в которой точка перемещается и которая перпендикулярна к оси вращения. Если ось вращения перпендикулярна к плоскости проекций Π_1 , то плоскость вращения будет горизонтальной; если же ось вращения перпендикулярна к Π_2 , плоскость вращения будет фронтальной;

в) *центр вращения* — точку C пересечения оси с плоскостью вращения;

г) *радиус вращения* $R = C_2M_2$ — расстояние от точки до центра вращения. Радиус вращения проецируется в натуральную величину в плоскость, перпендикулярную к оси вращения.

Вращение отрезка прямой. Для поворота отрезка прямой вокруг нужно повернуть две точки, принадлежащие отрезку. Построение можно упростить, если ось вращения провести через одну из концевых точек отрезка. Для определения натуральной величины отрезка AB (рис. 131, а) повернем его в положение, параллельное фронтальной плоскости проекций. Ось вращения i проведем через точку A перпендикулярно к плоскости Π_1 . Точка A , лежащая на оси вращения, его положения не изменит. Точка B переместится вокруг оси вращения i в плоскости σ , перпендикулярной к оси вращения. Горизон-

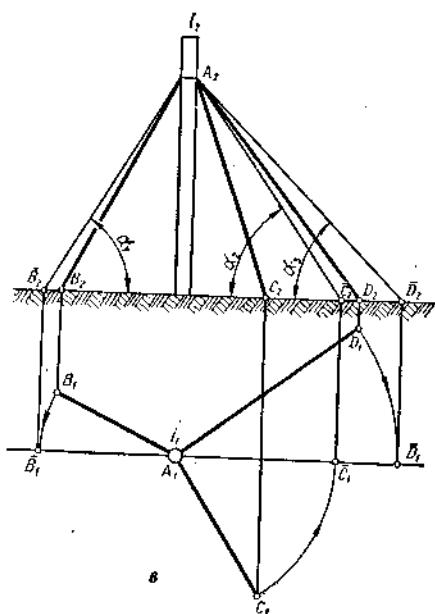
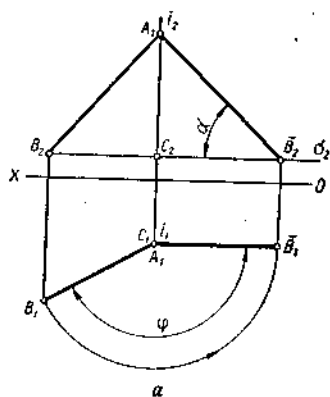


Рис. 131

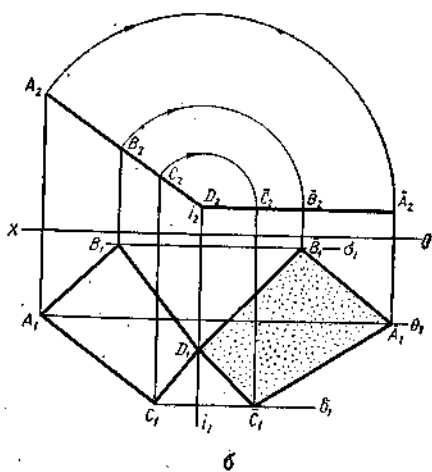
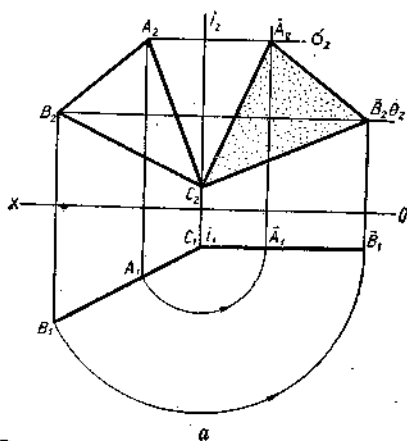


Рис. 132

Горизонтальная проекция отрезка займет положение $A_1\bar{B}_1 \parallel O_x$. Фронтальная проекция B_2 точки B переместится по прямой, параллельной оси O_x , и займет положение \bar{B}_2 . $A_2\bar{B}_2$ — истинная величина отрезка AB , а угол β — угол наклона прямой к плоскости проекций Π_1 .

Упражнение 1. Поясните задачу, решенную на рис. 131, б, где определены натуральная величина отрезка CD и угол β .

Упражнение 2. На рис. 131, в изображен столб, укрепленный тремя растяжками. Определите, сколько метров провода уйдет на изготовление растяжек и под какими углами они наклонены к плоскости земли.

Вращение плоской фигуры. Требуется определить натуральную величину треугольника ABC , лежащего в горизонтально проецирующей плоскости (рис. 132, а). Вращают треугольник вокруг оси i , перпендикулярной к плоскости проекций Π_1 , до положения, параллельного плоскости проекций Π_2 . Чтобы упростить построение, ось i проведут через одну из вершин треугольника, например через вершину C . Теперь она при вращении не изменит своего положения. После поворота горизонтальная проекция треугольника займет положение $C_1\bar{A}_1\bar{B}_1$, параллельное оси O_x . Вершины треугольника A и B перемещаются в параллельных плоскостях σ и θ , перпендикулярных к оси вращения i . Фронтальные проекции вершин после поворота займут положение \bar{A}_2 и \bar{B}_2 . Эти точки лежат на вертикальных линиях связи с \bar{A}_1 и \bar{B}_1 . Треугольник $C_2\bar{A}_2\bar{B}_2$ и представляет натуральную величину треугольника ABC .

Упражнение. Поясните построение, произведенное на рис. 132, б.

2.3. Способ совмещения

Совмещением называют вращение плоской фигуры вокруг одного из ее следов до совпадения с той плоскостью проекций, на которой находится этот след. Совмещение осуществляют также вращением плоской фигуры вокруг ее горизонтали или фронтали до положения, при котором фигура станет параллельной плоскости проекций.

В результате совмещения плоская фигура и ее элементы изображаются без искажения.

Для определения натуральной величины треугольника ABC , размещенного в горизонтально проецирующей плоскости σ (рис. 133, а), совместим плоскость σ с плоскостью проекций Π_1 вращением вокруг следа σ_1 . В результате совмещения фронтальный след σ_2 займет положение σ_2 , перпендикулярное к σ_1 . Вершины A и B треугольника, лежащие на оси вращения, т. е. на σ_1 , своего положения не изменят. Чтобы определить совмещенное положение вершины C , используют вспомогательную горизонталь h (CN). На рисунке показано, что после совмещения горизонталь h пойдет параллельно σ_1 , причем отрезок $\bar{N}_2 = \sigma_x N_2$, т. е. положение точки \bar{N}_2 определится проведением дуги радиуса $\sigma_x N_2$ из центра σ_x . Опуская из C_1 перпендикуляр пересечения с h , находят точку \bar{C} — совмещенное положение вершины треугольника. $A_1B_1\bar{C}$ — натуральная величина треугольника ABC .

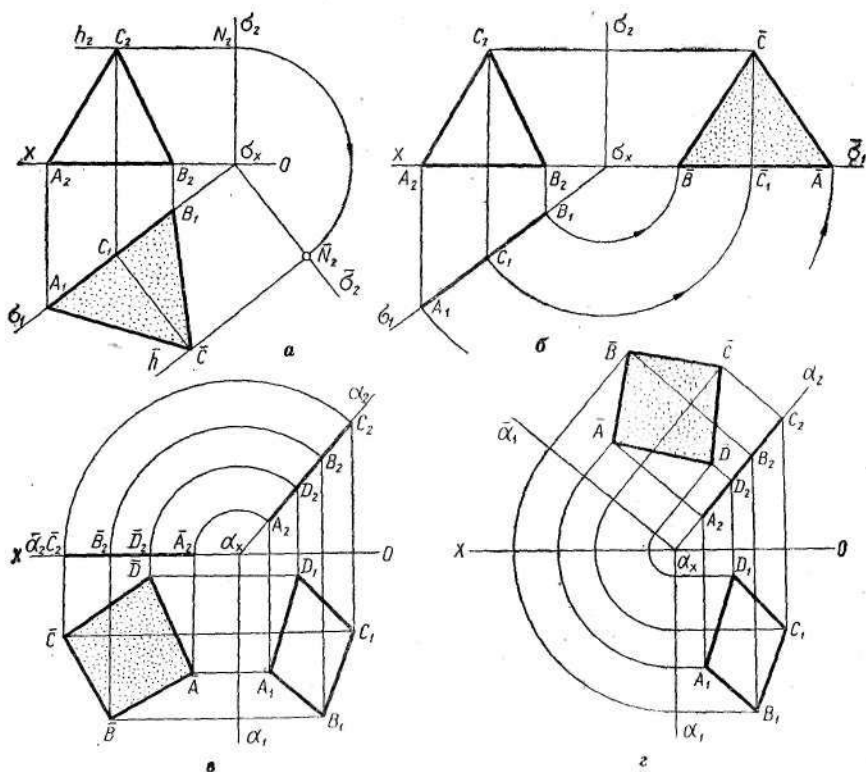


Рис. 133

На рис. 133, б натуральная величина того же треугольника ABC определена вращением вокруг следа σ_2 до совмещения с фронтальной плоскостью проекций Π_2 . В результате совмещения горизонтальный след плоскости σ_1 займет положение $\bar{\sigma}_1$, т. е. совпадет с направлением оси x . Совмещенное положение вершин \bar{A} и \bar{B} треугольника, лежащих на следе σ_1 , получится проведением дуг из σ_x как из центра. Горизонтальная проекция C_1 точки C переместится в совмещенное положение с помощью дуги окружности и займет положение \bar{C}_1 . На пересечении перпендикуляров, проведенных из вершины C_2 к оси вращения σ_2 и из точки \bar{C}_1 к оси x , определится совмещенное положение \bar{C} третьей вершины треугольника. $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ — натуральная величина треугольника ABC .

На рис. 133, в натуральная величина четырехугольника найдена совмещением с плоскостью проекций Π_1 . Порядок построения следующий:

а) из точки схода следов α_x как из центра проводят дуги радиусами $\alpha_x A_2; \alpha_x B_2; \dots$ до пересечения с осью Ox в точках $\bar{A}_2, \bar{B}_2, \dots$; α_2 — совмещенный фронтальный след плоскости α ;

б) из точек $\bar{A}_2, \bar{B}_2, \dots$ проводят вспомогательные прямые, перпендикулярные к оси Ox , а из горизонтальных проекций вершин четырехугольника A_1, B_1, \dots — прямые, параллельные оси Ox ;

в) точки \bar{A}, \bar{B}, \dots взаимного пересечения этих прямых определяют вершины четырехугольника в совмещенном с плоскостью Π_1 положении. \overline{ABCD} — натуральная величина заданного четырехугольника.

Упражнение. Рассмотрите построение натуральной величины четырехугольника, выполненное совмещением его с фронтальной плоскостью проекций Π_2 (рис. 133, г).

12.4. Способ плоскопараллельного перемещения

Плоскопараллельным называется такое движение фигуры в пространстве, при котором все ее точки перемещаются в плоскостях, параллельных между собой и параллельных одной из плоскостей проекций.

Основные положения, лежащие в основе этого способа, следующие:

а) при плоскопараллельном перемещении фигуры относительно плоскости проекций Π_1 фронтальные проекции точек перемещаются по прямым, параллельным оси Ox , а горизонтальная проекция фигуры, перемещаясь, остается неизменной по своей величине и форме;

б) при плоскопараллельном перемещении фигуры относительно плоскости проекций Π_2 горизонтальные проекции точек перемещаются параллельно оси Ox , а фронтальная проекция фигуры, перемещаясь, остается неизменной по своей величине и форме.

Перемещение отрезка прямой (рис. 134, а). Для определения натуральной величины отрезка AB его перемещают параллельно плоскости проекций Π_1 до положения, при котором отрезок станет параллельным плоскости проекций Π_2 . Для этого горизонтальную проекцию A_1B_1 , не изменяя ее величины, располагают на свободном месте чертежа параллельно оси проекций Ox ($A_1B_1 = \bar{A}_1\bar{B}_1$). Из фронтальных проекций A_2 и B_2 проводят прямые, параллельные оси Ox , пересечения с вертикальными линиями связи, проведенными из $\bar{A}_1, \bar{B}_1, \bar{A}_2\bar{B}_2$ (фронтальная проекция перемещенного отрезка) равна натуральной величине самого отрезка, так как в результате перемещения прямая из общего положения преобразована во фронтальную прямую, параллельную плоскости проекций Π_2 . Угол α является углом наклона прямой AB к горизонтальной плоскости проекций.

Упражнение. Объясните построение натуральной величины отрезка CD , выполненное на рис. 134, б.

Перемещение плоской фигуры. На рис. 134, в способом плоскопараллельного перемещения относительно плоскости проекций Π_2 определена натуральная величина треугольника ABC , лежащего в горизонтально проецирующей плоскости. Для этого фронтальную проекцию $A_2C_2B_2$, не изменяя ее величины и формы, перемещают в положение, параллельное оси Ox ($\bar{A}_2\bar{C}_2\bar{B}_2 = A_2C_2B_2$), располагая проекцию на свободном месте поля чертежа. Из горизонтальных проекций A_1, C_1 вершин треугольника проводят прямые, параллельные оси Ox ,

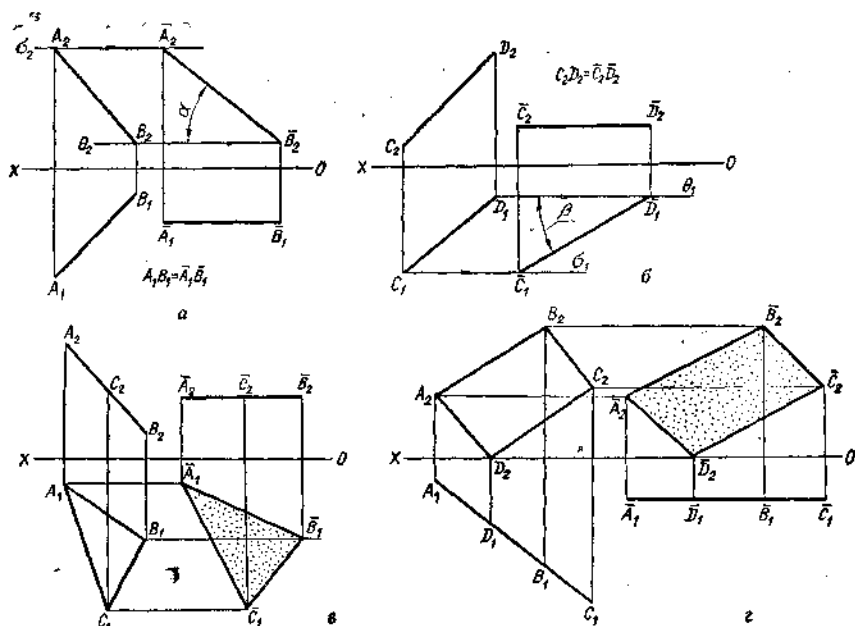


Рис 134

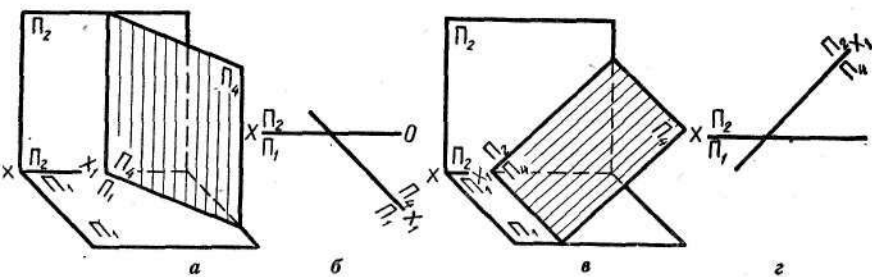
а из точек $\bar{A}_2, \bar{B}_2, \bar{C}_2$ — вертикальные линии связи, перпендикулярные к оси Ox . Взаимное пересечение этих прямых определяет горизонтальную проекцию $\bar{A}_1\bar{B}_1\bar{C}_1$ треугольника после перемещения. В результате перемещения плоскость треугольника заняла положение, параллельное плоскости Π_1 , и $\bar{A}_1\bar{B}_1\bar{C}_1$ — натуральная величина треугольника ABC .

Упражнение. Объясните определение натуральной величины четырехугольника, выполненное на рис. 134, г.

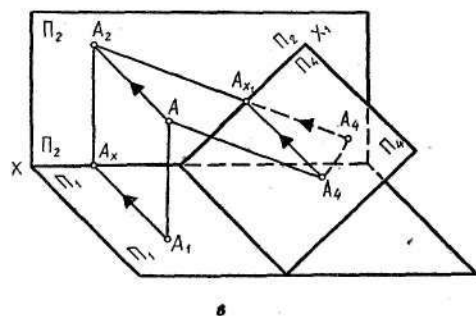
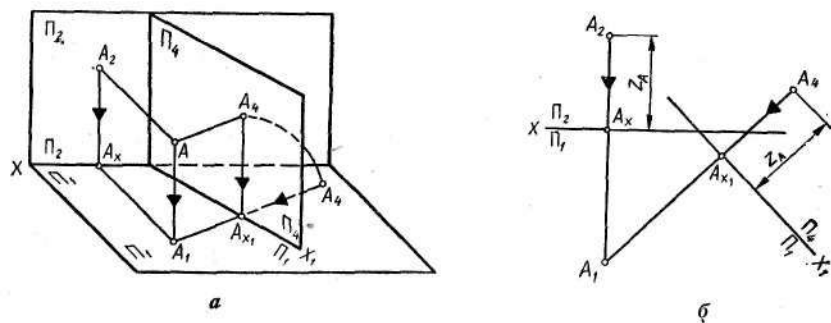
12.5. Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа заключается в том, что вместо существующей выбирают новую плоскость проекций так, чтобы проецированием на нее можно было определить натуральную величину заданных геометрических элементов или решать другие задачи.

На рис. 135, а задана система плоскостей проекций $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$. Чтобы решить задачу, нужно заменить одну из плоскостей проекций, например Π_2 , на новую плоскость Π_4 , т. е. от системы плоскостей проекций $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ перейти к системе $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$. Новая плоскость Π_4 должна оставаться перпендикулярной к плоскости проекций Π_1 . На комплексном чертеже (рис. 135, б) возникает новая ось x_1 как результат пересечения плоскостей Π_1 и Π_4 . Обратите внимание на обозначение осей проекций в старой и новой системах плоскостей проекций. На рис. 135, в горизонтальная плоскость Π_1 заменена плоскостью Π_4 , перпендикулярной



ис. 135



ис. 136

оставшейся плоскости проекций Π_2 . На комплексном чертеже ис. 135, г) изображены и обозначены старая и новая оси проекций.

Замена плоскости при проецировании точки. Пусть точка A ис. 136, а) задана своими проекциями в системе $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$. Нужно построить проекции точки, если плоскость Π_2 заменена новой вертикальной плоскостью Π_4 .

Горизонтальная проекция A_1 остается неизменной, так как не меняется положение плоскости проекций Π_1 . Для определения новой горизонтальной проекции A_4 из точки A опускают перпендикуляр до пересечения с плоскостью проекций Π_4 . A_4 — новая фронтальная проекция точки A . Следовательно, в системе плоскостей $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ проекциями

точки были A_2 и A_1 , а в новой системе $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ ее проекциями будут A_4 и A_1 . Из чертежа 136, а видно, что $A_4A_{x_1} = A_2A_x$, т. е. расстояние от новой проекции точки до новой оси равно расстоянию от заменяемой проекции до старой оси. Так как отрезок A_2A_x есть координата z точки A (z_A), то, следовательно, при замене фронтальной плоскости проекций неизменными остаются координаты z всех точек фигуры.

На рис. 136, б указанное построение выполнено на комплексном чертеже. Для этого из проекции A_1 опускают перпендикуляр на новую ось проекций x_1 и от A_{x_1} откладывают на нем координату z_A точки A , т. е. $A_4A_{x_1} = A_2A_x$.

Выводы:

а) при замене фронтальной плоскости проекций Π_2 новой плоскостью горизонтальная проекция точки остается без изменения;

б) чтобы определить новую фронтальную проекцию точки, нужно из горизонтальной проекции опустить перпендикуляр на новую ось и от оси отложить на нем отрезок, равный расстоянию от заменяемой проекции до старой оси, т. е. координату z данной точки.

Упражнение. Поясните построение, произведенное на рис. 136, в, г, где выполнен переход от системы $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ к системе плоскостей проекций $\frac{\Pi_3}{\Pi_4}$. Сформулируйте соответствующий вывод при замене горизонтальной проекции точки.

Замена плоскости проекций для определения натуральной величины отрезка прямой (рис. 137, а). Чтобы определить действительную величину отрезка AB , фронтальную плоскость проекций Π_2 заменяют новой вертикальной плоскостью Π_4 , параллельной отрезку AB и перпендикулярной к плоскости проекций Π_1 . Фронтальную проекцию A_4B_4 находят в такой последовательности:

а) на произвольном расстоянии от A_1B_1 параллельно горизонтальной проекции отрезка проводят новую ось x_1 ;

б) из точек A_1 и B_1 проводят линии связи перпендикулярно к оси x_1 ;

в) на этих линиях от новой оси откладывают отрезки, равные координатам z точек A и B , т. е. отрезки z_A и z_B , замеренные на плоскости проекций Π_2 ;

г) полученный отрезок A_4B_4 и есть натуральная величина отрезка AB , так как в новой системе он параллелен плоскости Π_4 .

Упражнение. Поясните определение натуральной величины отрезка прямой, выполненное на рис. 137, б.

Замена плоскости проекций для определения натуральной величины плоской фигуры. Нужно определить истинную величину треугольника ABC , расположенного в горизонтально проецирующей плоскости σ (рис. 137, в). Плоскость проекций Π_2 заменяют новой вертикальной плоскостью Π_4 , параллельной плоскости треугольника ABC и перпендикулярной к плоскости Π_1 . Для этого проводят новую ось проекций x_1 системы плоскостей $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ параллельно следу-проекции σ_1 на произвольном от него расстоянии. В нашем примере ось x_1 выбрана так, что она совпадает с проекцией $A_1B_1C_1$ (рис. 137, в). Из точек A_1 , B_1 , C_1 проводят

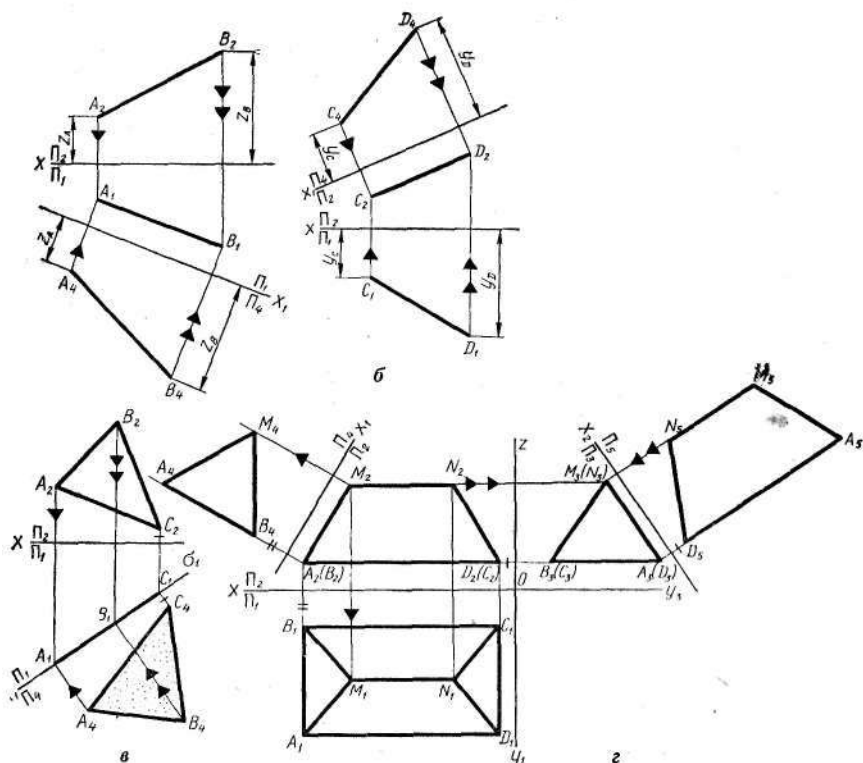


рис. 137

нии связи перпендикулярно к x_1 и откладывают на них отрезки, равные координатам z точек A, B, C , т. е. равные расстояниям от A_2, B_2 и C_2 до оси Ox . Построенный треугольник $A_4B_4C_4$ и является натуральной величиной треугольника ABC .

Упражнение. На рис. 137, г определены размеры склонов крыши. Поясните приведенное построение.

ОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите способы преобразования проекций, применяемые в черчении.
2. В чем сущность способа вращения вокруг осей, перпендикулярных к плоскостям проекций?
3. Назовите основные элементы вращения.
4. Определите способом вращения истинную величину отрезка прямой и треугольника.
5. В чем сущность способа совмещения?
6. Определите способом совмещения действительную величину треугольника, принадлежащего горизонтально проецирующей плоскости.
7. В чем сущность способа плоскопараллельного перемещения?
8. Определите способом плоскопараллельного перемещения действительную величину отрезка прямой и треугольника, принадлежащего фронтально проецирующей плоскости.
9. В чем сущность способа замены плоскостей проекций?

10. Определите способом замены плоскостей проекций натуральную величину треугольника, лежащего в профильно проецирующей плоскости.

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Способы преобразования проекций». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

**Карта программированного контроля
по теме «Способы преобразования проекций»**

1. Каким способом определена истинная величина отрезка AB прямой на рис. 1?

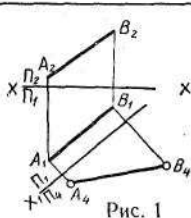


Рис. 1

2. Каким способом определена истинная величина отрезка прямой CD на рис. 2?

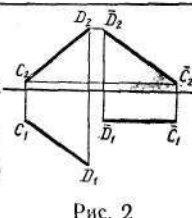


Рис. 2

3. На каких рисунках правильно определена истинная величина треугольника ABC (рис. 3—6)?

4. Относительно какой плоскости проекций выполнено перемещение на рис. 5?

5. Как называется прямая i (рис. 6)? Что представляет собой линия $A_2\bar{A}_2$ (рис. 6)?

6. Какая плоскость проекций заменена на рис. 3?

7. Относительно какой линии выполнено вращение на рис. 4?

8. Правильно ли найдена действительная величина треугольника ABC на рис. 7?

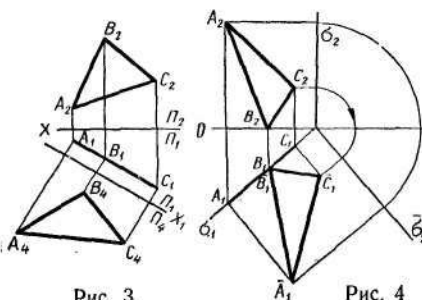


Рис. 3

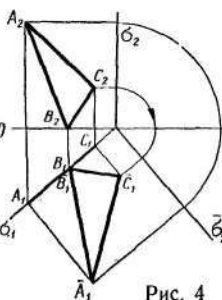


Рис. 4

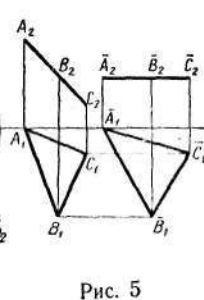


Рис. 5

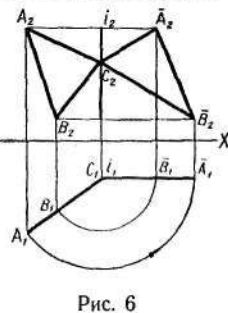


Рис. 6

9. По заданным размерам (рис. 8) постройте прямую AB и определите ее действительную величину в миллиметрах способом плоскопараллельного перемещения.

10. По данным размерам (рис. 9) постройте треугольник ABC и определите способом плоскопараллельного перемещения его действительную величину в мм².

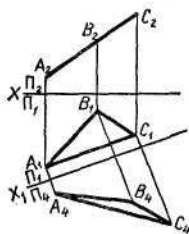


Рис. 7

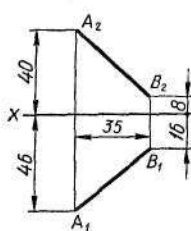


Рис. 8

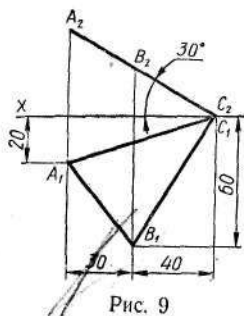


Рис. 9

13.1. Общие положения

Чтобы вычертить сложную техническую деталь, нужно научиться вычерчивать простые геометрические формы, из которых состоят детали, — призмы, цилиндры, сферы и т. п. Проецирование геометрических тел заключается не только в построении по заданным размерам проекций этих тел, но и в умении провести полный анализ чертежа, т. е. указать ребра, вершины, грани, образующие, определить взаимное расположение этих элементов, указать видимые и невидимые части фигуры, определить проекции точек, лежащих на поверхности тела, проставить размеры и т. п.

13.2. Призма

Если прямая (образующая) скользит по произвольной направляющей ломаной линии так, что отдельные ее положения остаются параллельными между собой, то образуется замкнутая призматическая поверхность.

Призмой называется многогранник, образованный пересечением призматической поверхности двумя параллельными плоскостями.

Две грани призмы (*основания*) представляют собой равные многоугольники с соответственно параллельными ребрами, а *боковые грани* в общем случае — параллелограммы (рис. 138). Линии пересечения граней призмы называются *ребрами*. Различают *боковые ребра* призмы и *ребра основания*. Точки пересечения ребер, или точки, в которых входят грани, называют *вершинами многогранника*. Призма называется *прямой* (рис. 138, а, в, г), если боковые ребра ее перпендикулярны к основанию, и *наклонной* (рис. 138, б), если это условие не выполняется. Боковые грани прямой призмы — прямоугольники, наклонной — параллелограммы. Призмы разделяются также на правильные и неправильные. *Правильной* называется призма, в основании которой лежит правильный многоугольник. По форме основания различают призмы треугольные, четырехугольные, шестиугольные и др. Если основанием призмы служит прямоугольник или параллелограмм, то она называется *параллелепипедом*.

Построение проекций призмы на комплексном чертеже (рис. 139, а). Нужно построить проекции прямой правильной треугольной призмы, лежащей основанием на плоскости Π_1 . Основание вписано в окружность диаметром 50 мм, высота призмы — 48 мм. На плоскость проекций Π_1 призма проецируется равнобедренным треугольником, представляющим собой проекции верхнего и нижнего оснований призмы. Вершины треугольника являются проекциями боковых граней призмы, его вершины — проекциями боковых ребер. На плоскости проекций призма изобразится прямоугольником, величина которого равна величине, параллельной плоскости Π_2 . Проекция переднего ребра призмы делит этот прямоугольник пополам. На плоскость Π_3 призма проецируется также прямоугольником, величина которого меньше действитель-

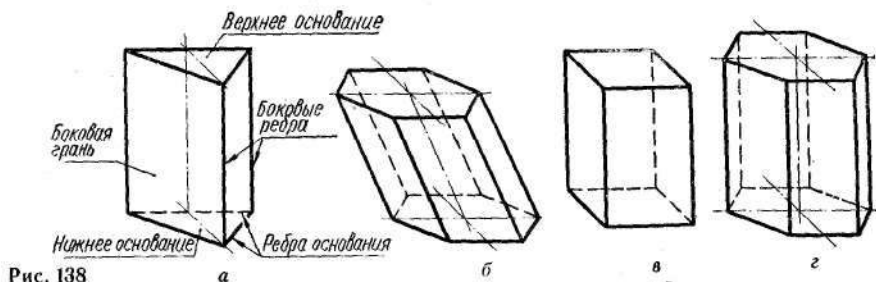


Рис. 138

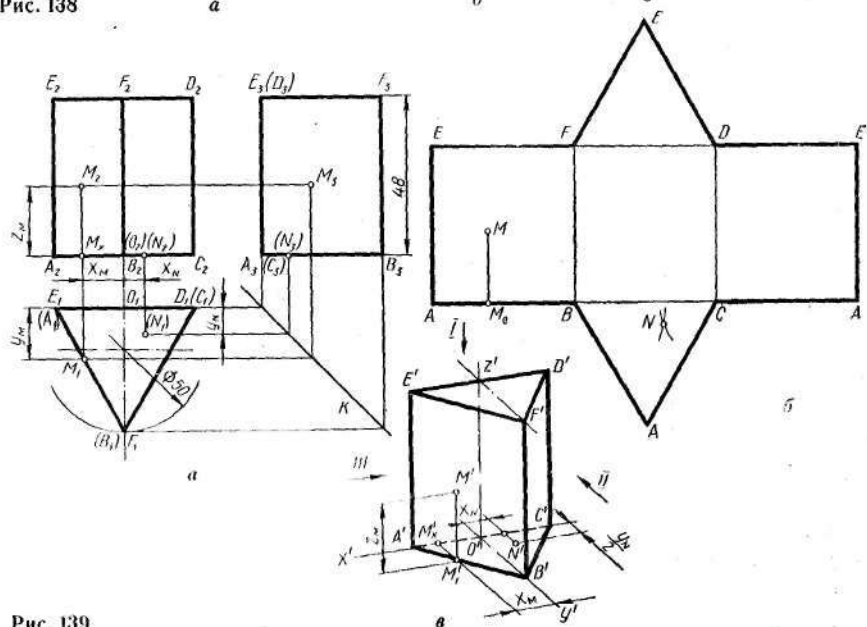


Рис. 139

ной величины боковой грани призмы. На рис. 139, а построение профильной проекции выполнено при помощи постоянной прямой чертежа.

Анализ чертежа призмы. Призма, изображенная на рис. 139, а, имеет 5 граней, 9 ребер и 6 вершин. Грань ABC — нижнее основание призмы — лежит в плоскости проекций Π_1 , а верхнее основание EFD параллельно плоскости Π_1 и отстоит от нее на 48 мм. На горизонтальную плоскость проекций верхнее и нижнее основания призмы проецируются в натуральную величину. Боковая грань $AEDC$, параллельная фронтальной плоскости проекций, изображается на ней в натуральную величину; левая и правая грани $AEFB$ и $FDCB$, представляющие горизонтально проецирующие плоскости, на плоскостях проекций Π_2 и Π_3 имеют уменьшенные размеры. Величина уменьшения зависит от угла наклона грани призмы к соответствующей плоскости проекций. Чем больше угол наклона грани, тем больше сокращение ее размеров. Грани $AEFB$ и $FDCB$ к плоскости Π_2 наклонены под углом 60° , а к плоскости Π_3 — под углом 30° , поэтому размеры

этих граней на Π_2 меньше, чем на Π_3 (т. е. площадь прямоугольника $A_2E_2F_2B_2$ меньше площади прямоугольника $A_3E_3F_3B_3$).

Шесть ребер призмы — это ребра верхнего и нижнего оснований. Ребра AB , BC , CA лежат в горизонтальной плоскости проекций Π_1 , а ребра EF , FD , DE параллельны этой плоскости и проецируются на Π_1 в натуральную величину. Ребра AC и ED — профильно проецирующие прямые, которые на Π_1 и Π_2 изображаются отрезками, параллельными оси Ox . Боковые ребра призмы — горизонтально проецирующие прямые. На плоскость Π_1 они проецируются в виде точек, а на Π_2 и Π_3 — отрезками, перпендикулярными к оси проекций Ox . Эти отрезки равны натуральной величине ребер призмы.

Видимость элементов призмы. Горизонтальная проекция — это изображение призмы в направлении стрелки I (рис. 139, *в*). Поэтому на плоскости Π_1 видимым будет лишь верхнее основание призмы. Стрелка II указывает направление лучей зрения при построении фронтальной проекции; следовательно, на этой проекции видимы грани $AEFB$ и $FDCB$, а грань $AEDC$ — невидимая. На профильной плоскости видимой будет боковая грань $AEFB$, так как направление взгляда отвечает стрелке III .

Определение проекций точек, лежащих на поверхности призмы. На рис. 139, *а* задана фронтальная проекция M_2 точки, лежащей на левой боковой грани призмы. Эта грань перпендикулярна к плоскости Π_1 и проецируется на нее отрезком A_1B_1 . Следовательно, горизонтальная проекция M_1 точки находится на этом отрезке. При помощи постоянной прямой чертежа определена проекция M_3 . На этом же рисунке построены фронтальная и профильная проекции точки N , лежащей на нижнем основании призмы. Построение понятно из чертежа.

Размеры призмы. Из размеров, характеризующих правильную прямую призму, на чертеже достаточно показать высоту призмы и диаметр окружности, в которую вписан равносторонний треугольник основания.

Построение развертки призмы (рис. 139, *б*).

Разверткой многогранника называется фигура, полученная в результате совмещения всей его поверхности с плоскостью.

Развертка боковой поверхности призмы — это прямоугольник, длина которого равна периметру треугольника основания, а высота равна высоте призмы. Для получения полной развертки добавляют верхнее и нижнее основания призмы. Переносят на развертку точки M и N . Для этого на ребре AB откладывают отрезок $AM_0 = A_1M_1$ и через точку M_0 проводят прямую, параллельную направлению боковых ребер призмы. На этой прямой откладывают отрезок M_0M , равный отрезку M_xM_2 . Точка N построена способом засечек. На горизонтальной проекции измеряют отрезки B_1N_1 и C_1N_1 и из точек B и C как из центров проводят дуги до взаимного их пересечения в точке N . Ребра призмы (линии перегиба) на развертке изображают тонкой сплошной линией.

Построение аксонометрического изображения призмы. На рис. 139, *в* призма изображена в прямоугольной диметрии. Последовательность построения показана на рис. 140, *а* — *в*. Проводят аксонометрические оси x' , y' , z' и строят изображение нижнего основания

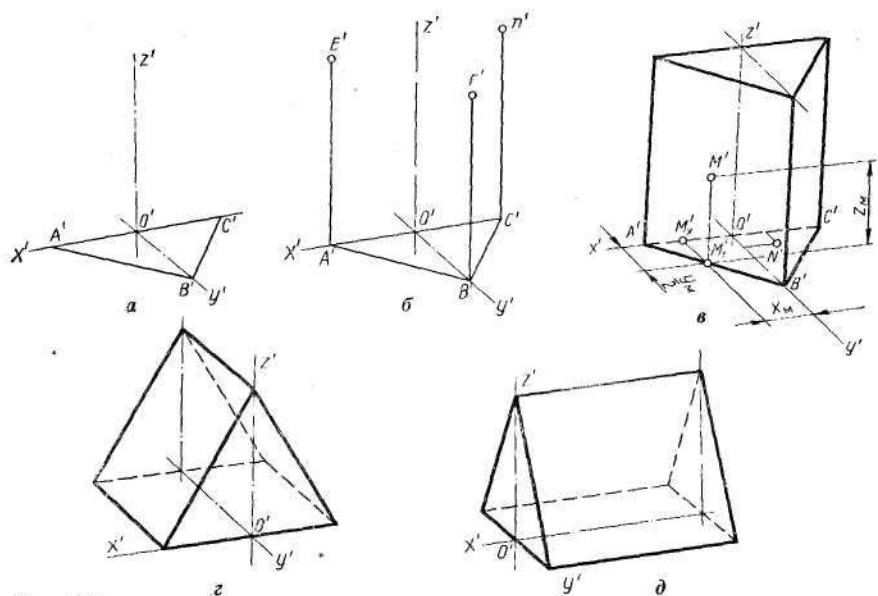


Рис. 140

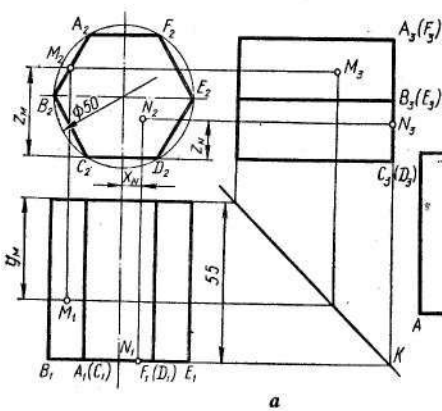
призмы (рис. 140, а). Откладывая на оси x' отрезки $O'A'$ и $O'C'$, соответственно равные O_1A_1 и O_1C_1 , получают вершины треугольника A' и C' . По оси y' откладывают половину высоты треугольника основания, т. е. $O'B' = \frac{O_1B_1}{2}$. Соединяя полученные точки A' , B' , C' , получают

изображение в диметрии нижнего основания призмы. Из вершин основания проводят прямые, параллельные оси z' (рис. 140, б), и откладывают на них отрезки, равные длине боковых ребер призмы, например $A'E' = A_2E_2$ и т. д. Соединяя концевые точки этих отрезков, получают изображение верхнего основания призмы (рис. 140, в). Невидимые ребра показывают штриховой линией. Переносят на аксонометрическое изображение точки M и N . Выполняют это методом координат. Влево от точки O' по оси x' откладывают отрезок $O'M'_x = x_M$ и проводят прямую, параллельную оси y' , до пересечения с ребром основания в точке M'_1 . Из полученной вторичной проекции M'_1 проводят прямую, параллельную оси z' , на которой откладывают отрезок $M'_1M' = z_M$. Линия $O'M'_xM'_1M'$, состоящая из трех звеньев, каждое из которых равно соответствующей координате точки M , есть *трехзвенная координатная ломаная линия*. Самостоятельно выполните построение в аксонометрии точки N .

На рис. 140, г треугольная призма изображена в положении, перпендикулярном к плоскости Π_2 , а на рис. 140, д — в положении, перпендикулярном к плоскости Π_3 .

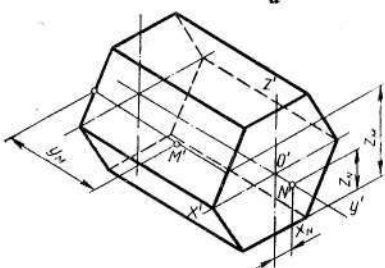
Упражнение. Выполните анализ призмы, изображенной на рис. 141.

На рис. 142 изображена призма, основания её имеют форму трапеции и параллельны плоскости Π_3 . Призма срезана горизонтальной

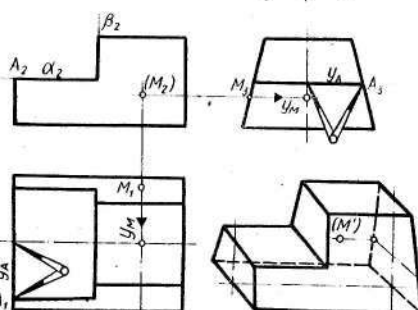


a

b



a

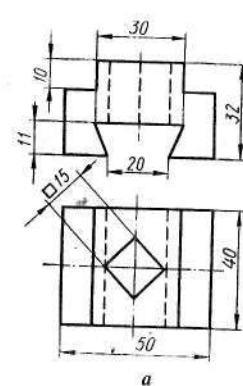


a

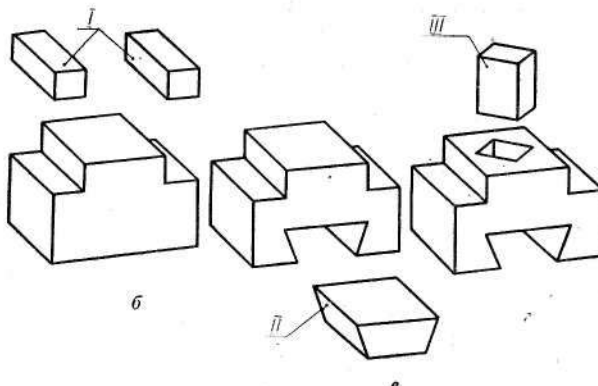
b

Рис. 141

Рис. 142



a



b

b

Рис. 143

плоскостью α и профильной β . Плоскость α пересекает прямую по прямоугольнику, длина которого равна длине образованного уступа, а ширина может быть определена по профильной плоскости проекций. Для этого измеряют отрезок y_A и откладывают его на горизонтальной проекции в обе стороны от оси симметрии. На боковой невидимой грани призмы задана точка M . Известна ее фронтальная проекция M_2 . Укажите, как получены проекции M_1 и M_3 .

На рис. 143 изображена деталь, представляющая собой комбинацию призматических форм. Последовательность изготовления детали такова: из бруска размерами $50 \times 32 \times 40$ мм, имеющего форму параллелепипеда, вырезаны в верхней части два параллелепипеда I размерами $10 \times 10 \times 40$ мм (рис. 143, а, б), а в нижней части — призматический паз II с трапецидальным основанием размерами $20 \times 30 \times 11 \times 40$ мм (рис. 143, а, в). В средней части получено отверстие удалением прямоугольного параллелепипеда III размерами $15 \times 15 \times 21$ мм (рис. 143, а, г).

Подобный анализ позволяет лучше понять форму элементов деталей и рациональнее подойти к нанесению размеров.

13.3. Пирамида

Если образующая, проходящая через постоянную точку, скользит по замкнутой ломаной линии, то получается многогранный угол, или пирамидальная поверхность. Пересекая пирамидальную поверхность плоскостью, получают пирамиду.

Следовательно, пирамидой называется многогранник (рис. 144, а), одна грань которого (основание) — многоугольник, а боковые грани — треугольники с общей точкой — вершиной пирамиды.

Линии пересечения граней называют ребрами. Ребра пирамиды разделяются на боковые и ребра основания. По форме основания пирамиды бывают треугольные, четырехугольные, пятиугольные и т. д. Пирамида называется *правильной*, если ее основанием является правильный многоугольник и ось проходит через центр основания. Боковые грани правильной пирамиды — равнобедренные треугольники. Ближайшее расстояние от вершины до основания называется *высотой пирамиды*. Если пирамиду рассечь плоскостью, параллельной ее основанию, то получится так называемая *усеченная пирамида*.

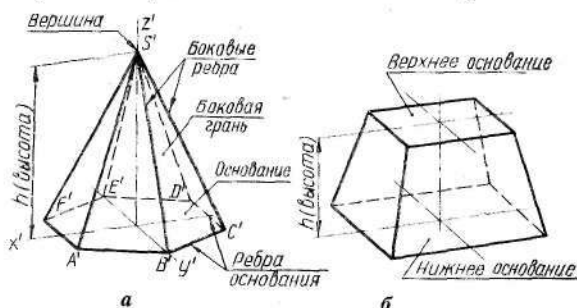


Рис. 144

часть пирамиды между основанием и секущей плоскостью (рис. 144, б). Стороны верхнего и нижнего оснований усеченной пирамиды параллельны между собой. Усеченная пирамида называется правильной, если ее основаниями служат правильные многоугольники.

Построение проекций пирамиды на комплексном чертеже. Нужно построить проекции пирамиды, в основании которой лежит прямоугольник со сторонами 32 и 54 мм и высотой 50 мм (рис. 145, а). Горизонтальная проекция пирамиды представляет собой прямоугольник, поделенный диагоналями на треугольники. По форме и размерам этот прямоугольник равен основанию пирамиды. Треугольники являются проекциями боковых граней пирамиды. На плоскости Π_2 пирамида изображается треугольником с основанием 54 мм и высотой 50 мм, равной высоте пирамиды. Треугольник $A_2S_2B_2$ является проекцией передней видимой грани пирамиды. На плоскости Π_3 пирамида изображается также треугольником с основанием 32 мм и высотой 50 мм. Треугольник $D_3S_3A_3$ является проекцией левой боковой грани пирамиды.

Анализ чертежа пирамиды. Пирамида, изображенная на рис. 145, а, имеет 5 граней, 8 ребер, вершину S и 4 вершины четырехугольника основания. Грани SAD и SBC — фронтально проецирующие плоскости, которые на Π_2 изображаются отрезками прямых, а на Π_3 и Π_1 — треугольниками уменьшенной величины. Величина уменьшения зависит от угла наклона этих граней к плоскостям Π_1 и Π_3 (см. § 13.2). Грани SAB и SDC — профильно проецирующие плоскости, которые на Π_3 изображаются отрезками прямых, а на Π_1 и Π_2 — треугольниками уменьшенной величины. Основание пирамиды $ABCD$ находится в плоскости Π_1 и проецируется на эту плоскость в натуральную величину. Ребра AB и CD — профильно проецирующие, а ребра AD и BC — фронтально проецирующие прямые. Боковые ребра SA, SB, SC, SD — прямые общего положения, которые не проецируются в натуральную величину ни на одну из плоскостей проекций.

Видимость элементов пирамиды. На горизонтальной проекции видимыми будут все четыре боковые грани, на плоскости Π_2 видимой будет грань ASB , а на плоскости Π_3 — грань ASD . Грани ASD и BSC проецируются отрезками прямых на плоскость Π_2 , а грани CSD и ASB — на плоскость Π_3 . Задняя невидимая грань CSD сливается с контуром передней грани ASB на фронтальной плоскости, а CSB и ASD — на профильной.

Определение проекций точек, лежащих на поверхности пирамиды. На рис. 145, а задана горизонтальная проекция точки N , лежащей на ребре AS . Исходя из условия, что точка принадлежит прямой, если ее проекции лежат на одноименных проекциях этой прямой, проводят вертикальную и горизонтальную линии связи и определяют фронтальную и профильную проекции N_2 и N_3 .

На передней грани ASB находится точка F , причем задана ее фронтальная проекция F_2 . Горизонтальную проекцию F_1 можно определить двумя способами. Первый заключается в том, что используют собирательные свойства профильно проецирующей грани ASB . На плоскости Π_3 эта грань изображается отрезком A_3S_3 . Проводя из F_2 горизонтальную линию связи, определяют профильную проекцию F_3 и по двум

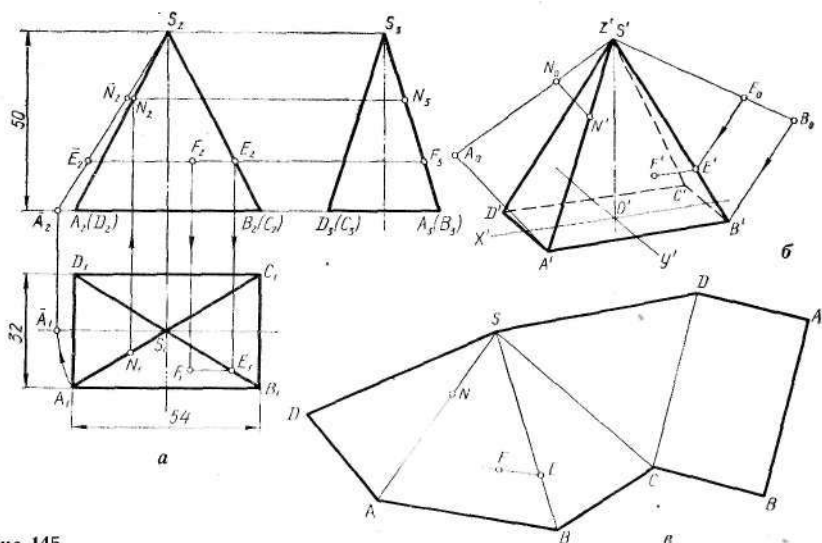


Рис. 145

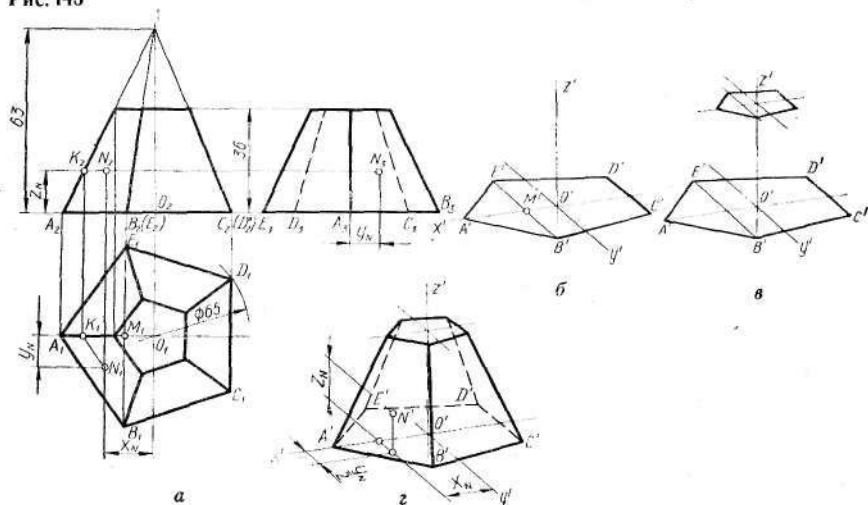


Рис. 146

проекциям находят горизонтальную проекцию F_1 . При втором способе решения через точку в плоскости грани ASB проводят вспомогательную прямую (рис. 145, а). Фронтальная проекция F_2E_2 этой прямой проведена параллельно A_2B_2 , следовательно, и горизонтальная проекция пройдет параллельно A_1B_1 . Опуская из F_2 вертикальную линию связи до пересечения с E_1F_1 , определяют горизонтальную проекцию F_1 .

Размеры пирамиды. Прямоугольную пирамиду с прямоугольным основанием характеризуют три размера: 32 и 54 мм, определяющие основание пирамиды, и 50 мм — высота пирамиды (рис. 145, а).

Построение развертки пирамиды. Для построения развертки пирамиды нужно определить натуральную величину всех ее ребер. Ребра основания проецируются в истинную величину на плоскость Π_1 . Натуральную величину одного из ребер, например SA , определяют способом вращения (рис. 145, а) вокруг оси, проходящей через вершину пирамиды S перпендикулярно к ее основанию. Горизонтальная проекция ребра после вращения займет положение $S_1\bar{A}_1$, параллельное оси Ox . На фронтальной плоскости проекций A_2 перемещается в положение \bar{A}_2 . Прямая $S_2\bar{A}_2$ — натуральная величина бокового ребра пирамиды.

Из произвольной точки S (рис. 145, в) радиусом, равным натуральной величине бокового ребра, т. е. $SD = S_2\bar{A}_2$, проводят дугу окружности, на которой засекают четыре хорды, соответственно равные сторонам основания пирамиды: $AD = A_1D_1$; $AB = A_1B_1$; ... Соединяя точки S, D, A, B, C, D, S , получают развертку боковой поверхности. Достраивают прямоугольник основания пирамиды.

Наносят на развертку точки N и F . При вращении ребра SA до положения, параллельного фронтальной плоскости проекций, точка N , лежащая на этом ребре, перемещается в положение \bar{N} . Измеряют величину отрезка $S_2\bar{N}_2$ и откладывают ее на развертке ($SN = S_2\bar{N}_2$). Если вращать ребро BS до положения, параллельного плоскости проекций Π_2 , точка E_2 переместится параллельно оси Ox и займет положение \bar{E}_2 . Откладывают на ребре BS развертки отрезок $SE = S_2\bar{E}_2$. Из точки E проводят прямую EF , параллельную ребру AB , и находят на этой прямой точку F ($EF = E_1F_1$).

Построение аксонометрического изображения. На рис. 145, б пирамида показана в прямоугольной диметрии. Проводят аксонометрические оси x', y', z' . Построение начинают с основания пирамиды, откладывая по оси x' длину прямоугольника, т. е. 54 мм, а по оси y' — половину ширины прямоугольника, т. е. 16 мм. Основание пирамиды изображается в аксонометрии в виде параллелограмма. Из точки O' по оси z' откладывают высоту пирамиды (50 мм) и найденную проекцию вершины S' соединяют с вершинами основания пирамиды — точками A', B', C', D' . Невидимые ребра пирамиды наводят штриховой линией. Для изображения в аксонометрии точек N и F использовали правило пропорционального деления (заметим, что аксонометрия — это параллельная проекция, поэтому для нее сохраняются все законы параллельного проецирования, и в частности свойство пропорционального деления). Из точки S' под произвольным углом проводят прямую, на которой откладывают соответственно отрезки $S'N_0 = S_2N_2$ и $N_0A_0 = N_2A_2$. Соединяют точку A_0 с A' , а из точки N_0 проводят прямую N_0N' , параллельную A_0A' ; точка N' — искомая проекция точки N . Аналогично найдена точка E' . Из E' проводят прямую $E'F' \parallel A'B'$ и откладывают $E'F' = E_1F_1$.

Упражнение. На рис. 146 изображена правильная пятиугольная пирамида на комплексном чертеже и в аксонометрии. Поясните выполненное построение.

13.4. Цилиндр

Если прямоугольник $ABCD$ вращать вокруг одной из его сторон, например CD (рис. 147, а), то противоположная сторона AB опишет цилиндрическую поверхность, а малые стороны прямоугольника AD и BC опишут две плоскости, имеющие форму кругов.

Цилиндром называется тело, ограниченное цилиндрической поверхностью и двумя параллельными плоскостями (основаниями).

Прямая i — ось цилиндра, а отрезок AB — его образующая. Расстояние между плоскостями оснований цилиндров называется *высотой*. Цилиндры разделяются на *прямые* (рис. 147, а) и *наклонные* (рис. 147, б). Прямым называется цилиндр, у которого образующие перпендикулярны к основанию. Технические детали чаще всего имеют форму прямых круговых цилиндров.

Построение проекций цилиндра на комплексном чертеже. Нужно построить проекции прямого кругового цилиндра, диаметр основания которого равен 40 мм, а высота — 50 мм. Ось цилиндра перпендикулярна к плоскости Π_1 (рис. 148, а). На горизонтальную плоскость цилиндр проецируется в виде круга диаметром 40 мм, а на плоскости Π_2 и Π_3 — в виде прямоугольников, высота которых равна высоте цилиндра (50 мм), а ширина — диаметру основания (40 мм).

Анализ чертежа цилиндра. Нижнее основание цилиндра находится в плоскости Π_1 , а верхнее параллельно этой плоскости и отстоит от нее на расстоянии 50 мм. На горизонтальную плоскость проекций оба основания проецируются в натуральную величину, т. е. в круг диаметром 40 мм. Проекцией боковой цилиндрической поверхности на эту плоскость является окружность. Образующие этой поверхности занимают горизонтально проецирующее положение и изображаются на Π_1 в виде точек. Эта окружность обладает собирательным свойством, так как она является следом-проекцией цилиндрической поверхности. Поэтому все точки, линии и фигуры, принадлежащие цилиндрической поверхности, совпадают с этой окружностью. Образующие AB и CD , ограничивающие прямоугольник на фронтальной плоскости, называются *очерковыми образующими*. На плоскости Π_3 проекции этих образующих сливаются с осью симметрии. Образующие EK и FL — *очерковые относительно профильной плоскости проекций*.

Видимость элементов цилиндра. На плоскости Π_2 видимой будет лишь плоскость верхнего основания цилиндра. На фронтальной плоскости видима передняя часть цилиндрической поверхности. Проекции очерковых образующих A_2B_2 и C_2D_2 отделяют видимую часть поверхности цилиндра от невидимой. На профильной плоскости видима левая часть цилиндра.

Определение точек, лежащих на поверхности цилиндра. Задана фронтальная проекция линии, лежащей на цилиндрической поверхности. Отмечают характерные точки этой линии: 1, 4 — крайние точки; 1, 3 — точки, принадлежащие очерковым образующим, 2 — промежуточная, или случайная, точка. Горизонтальные проекции всех этих точек совпадают с очерком окружности, т. е. с горизонтальной проекцией цилиндрической поверхности. Координатным способом

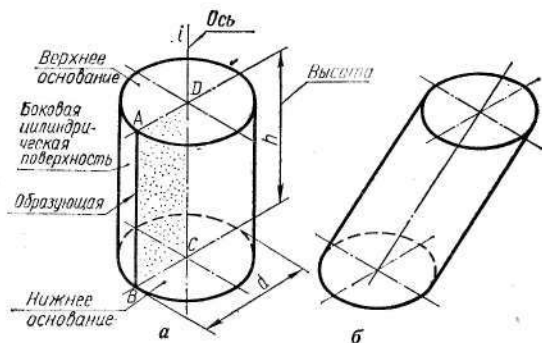


Рис. 147

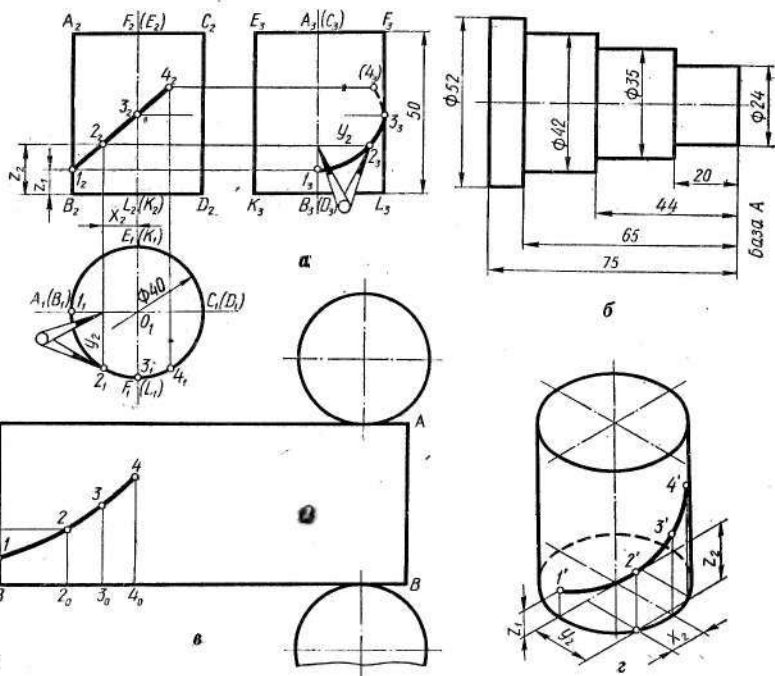


Рис. 148

определяют профильные проекции точек и соединяют их плавной кривой. Часть кривой $3_3 4_3$ невидима, так как она лежит на невидимой половине поверхности цилиндра — за очерковой образующей.

Размеры и число проекций цилиндра. Прямой круговой цилиндр определяется двумя размерами: диаметром окружности основания и высотой.

Если техническая деталь имеет цилиндрическую форму, то для ее изображения достаточно одной проекции, так как знак \varnothing свидетельствует о том, что деталь имеет форму тела вращения. На рис. 148, б в одной проекции изображен ступенчатый цилиндрический валик. Обратите внимание на то, что размеры, указывающие длину отдельных ступеней, проставлены от одной размерной базы А, что отвечает тех-

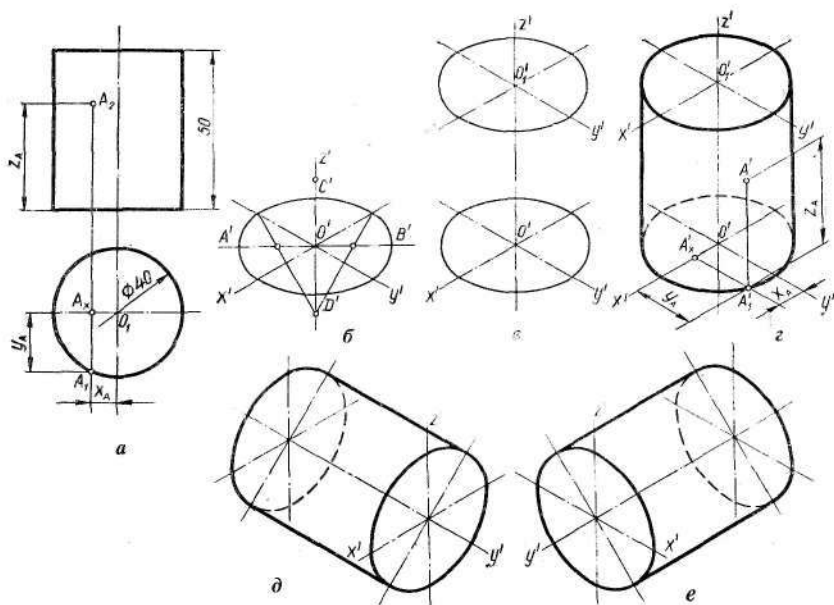


Рис. 149

нологии изготовления детали. Вначале валик протачивают по диаметру 52 мм на всю его длину. Затем обрабатывают первую ступень диаметром 42 мм на длине 65 мм. После этого обрабатывают вторую ступень диаметром 35 мм на длине 44 мм и т. д. Правильное нанесение размеров показывает последовательность технологии изготовления детали на станке.

Развертка цилиндра (рис. 148, в). Разверткой боковой поверхности цилиндра является прямоугольник, длина которого равна длине окружности основания цилиндра (в нашем случае $\pi d = 3,14 \cdot 40 = 125,6$ мм), а высота равна высоте цилиндра (50 мм). Для получения полной развертки добавляют верхнее и нижнее основания цилиндра, т. е. два круга диаметром 40 мм. Чтобы перенести на развертку линию 1—2—3—4, на основании прямоугольника откладывают длины дуг окружности между точками $1_1, 2_1, 3_1, 4_1$ (приближенно можно откладывать длины соответствующих хорд). Из точек $B, 2_0, 3_0, 4_0$ проводят вертикальные прямые, на которых откладывают высоты отдельных точек: $B1 = z_1; 2_02 = z_2; \dots$ Точки 1, 2, 3, 4 соединяют плавной кривой.

Построение аксонометрического изображения цилиндра. На рис. 148, г цилиндр изображен в прямоугольной изометрии. Последовательность построения указана на рис. 149. Проводят аксонометрические оси x', y', z' и строят изображение нижнего основания цилиндра. Окружность проецируется в эллипс, вычерчиваемый упрощенно как овал (см. § 11.2). Из точки O' на оси z' откладывают отрезок $O'O'_1$, равный высоте цилиндра, и строят изометрическое изображение верхнего основания цилиндра, которое по форме и размерам совпадает с изображением нижнего основания. Проводят касательные к очеркам

эллипсов и получают изображение цилиндра в изометрии. При помощи трехзвенной координатной ломаной линии (см. § 13.2) находят изображение точек $1', 2', 3', 4'$ (рис. 148, *г*) в изометрии (на рис. 149, *г* обозначены координаты только точки A). Полученные точки соединяют плавной кривой. На рис. 149, *д* цилиндр изображен в положении, перпендикулярном к плоскости Π_2 ; на рис. 149, *е* — в положении, перпендикулярном к плоскости Π_3 .

Три проекции цилиндра, в котором сделан вырез горизонтальной плоскостью γ и двумя профильными плоскостями α и β , изображены на рис. 150, *а*. Плоскость γ пересекает цилиндр по окружности, диаметр которой равен диаметру основания. На плоскости Π_1 проекция этой окружности совпадает с проекцией основания цилиндра. Профильная плоскость α пересекает боковую поверхность по образующим AC и BD . Переносим измерителем размер y_D , определяют профильные проекции образующих — A_3C_3 и B_3D_3 . Пересечение горизонтальной плоскости γ с профильной α дает прямую CD , перпендикулярную к фронтальной плоскости проекций. На профильной проекции эта линия невидима и потому наведена штриховой линией. Аналогичную картину получают в пересечении цилиндра плоскостью β .

Упражнение 1. Поясните построение срезанного цилиндра (рис. 150, *б*). Постройте развертку этого цилиндра.

Упражнение 2. На рис. 151 изображена техническая деталь, которая состоит из комбинации цилиндрических форм. Найдите проекции недостающих видимых точек, которые лежат на поверхности детали.

13.5. Конус

Возьмем прямоугольный треугольник $A'S'O'$ и будем вращать его вокруг катета $S'O'$ (рис. 152, *а*). Любая точка гипотенузы $A'S'$ опишет окружность, плоскость которой перпендикулярна к катету $S'O'$. Вся гипотенуза опишет кривую поверхность, которая называется *конической поверхностью*. Второй катет $O'A'$ опишет часть плоскости в форме круга.

Таким образом, конус представляет собой геометрическое тело, ограниченное боковой конической поверхностью и плоскостью основания, пересекающей все его образующие.

Прямая $S'O'$ — ось конуса, точка S' — его вершина, а $S'A'$ — образующая конуса. Перпендикуляр, опущенный из вершины конуса на плоскость его основания, называется *высотой*. Конусы разделяют на *прямые* (рис. 152, *а, в*) и *наклонные* (рис. 152, *б*). Прямым круговым называется конус, у которого основанием служит круг, а высота проходит через центр основания. На рис. 152, *в* изображен *усеченный конус*, который можно рассматривать как геометрическое тело, образованное вращением прямоугольной трапеции вокруг боковой стороны $S'O'$, перпендикулярной к основанию.

Построение проекций конуса на комплексном чертеже. Нужно построить проекции прямого кругового конуса, диаметр основания и высота которого равны 50 мм. Ось конуса перпендикулярна к плоскости Π_1 (рис. 153, *а*). На горизонтальную плоскость конус проеци-

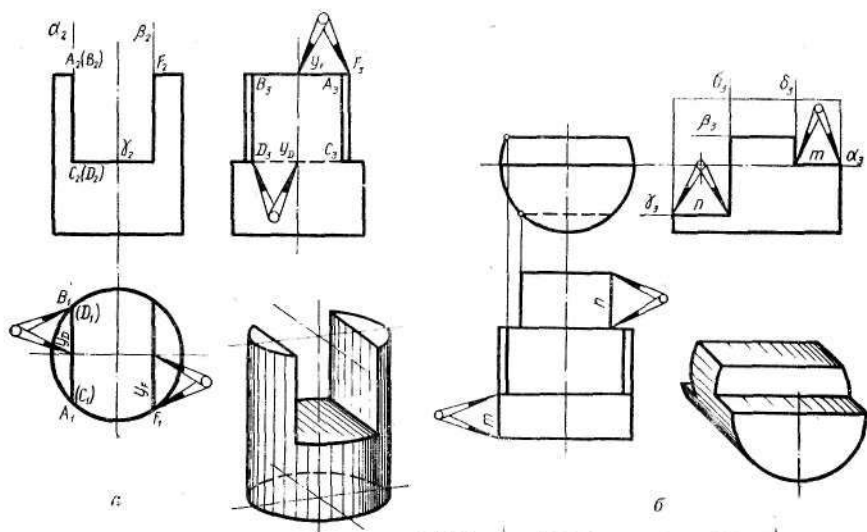


Рис. 150

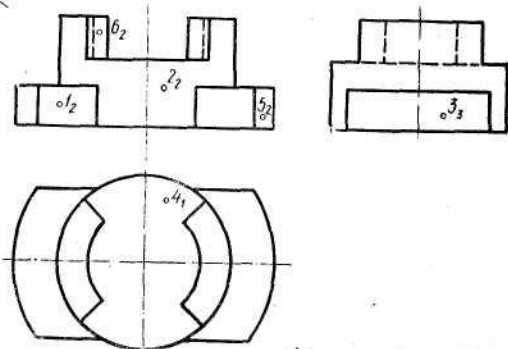


Рис. 151

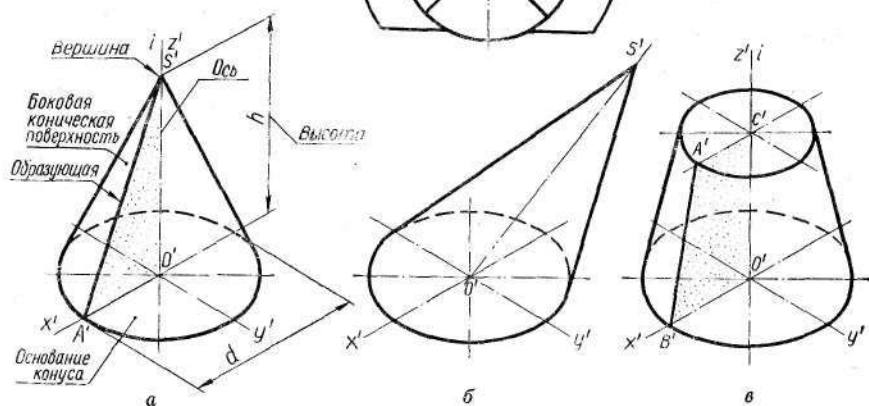


Рис. 152

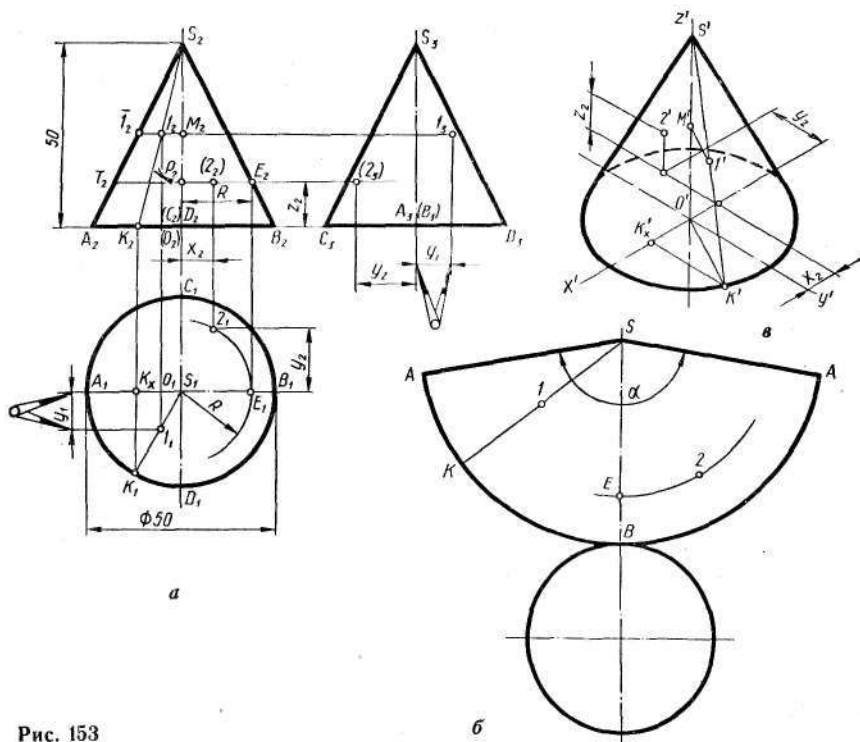


Рис. 153

руется в круг диаметром 50 мм, центр которого — проекция вершины конуса ($S_1 = O_1$). На плоскостях Π_2 и Π_3 конус изобразится равнобедренным треугольником, основание которого равно диаметру окружности (50 мм), а высота — высоте конуса (50 мм).

Анализ чертежа конуса. Основание конуса лежит в плоскости Π_1 и проектируется на эту плоскость в натуральную величину. Боковая поверхность конуса — это криволинейная поверхность, образующие которой проходят через общую точку S — вершину конуса. Образующие AS и BS являются очерковыми (крайними) по отношению к плоскости проекций Π_2 и делят боковую поверхность конуса на две части — переднюю и заднюю. Образующие CS и DS — очерковые по отношению к плоскости проекций Π_3 . Эти образующие являются прямыми уровнями и проектируются соответственно на Π_2 и Π_3 в натуральную величину. Все остальные образующие занимают в пространстве общее положение.

Видимость элементов конуса. На плоскости Π_1 видимой будет вся боковая поверхность конуса. На фронтальной плоскости проекций видима передняя часть конической поверхности, ограниченная образующими AS и BS , а на профильной — левая часть конуса, ограниченная проекциями образующих CS и DS .

Определение проекций точек, лежащих на поверхности конуса. Для этого в качестве вспомогательных линий используют образующие

или окружности, лежащие на поверхности конуса. Например, нужно определить горизонтальную и профильную проекции точки 1, если известна ее фронтальная проекция I_2 (рис. 153, а). Через I_2 и S_2 проводят фронтальную проекцию S_2K_2 образующей конуса. Определяют ее горизонтальную проекцию S_1K_1 и на пересечении этой проекции с линией связи, проведенной из I_2 , получают искомую проекцию I_1 . Используя координату y_1 этой точки, находят профильную проекцию I_3 .

Другой способ применен для определения горизонтальной проекции точки 2. Через точку 2_2 проводят вспомогательную окружность, лежащую на поверхности конуса. Фронтальная проекция этой окружности изобразится отрезком E_2T_2 , равным диаметру вспомогательной окружности. Радиусом $R = \frac{E_2T_2}{2}$ из центра O_1 на плоскости Π_1 проводят окружность. Пересечение этой окружности с линией связи, приведенной из точки 2_2 , определяет проекцию 2_1 . Профильная проекция 2_3 определена координатным способом.

Размеры и число проекций конуса. Прямой круговой конус определяется двумя размерами: диаметром окружности основания и высотой. Для изображения технической детали, имеющей коническую форму, часто бывает достаточно одной проекции, так как знак диаметра \varnothing свидетельствует о том, что деталь имеет форму тела вращения. Усеченный прямой круговой конус определяется тремя размерами.

Развертка конуса. Если разрезать поверхность конуса вдоль его образующей и развернуть эту поверхность на плоскость, то получится развертка боковой поверхности в виде кругового сектора (рис. 153, б). Его радиус равен длине образующей l , а длина дуги сектора — длине окружности основания. Угол α при вершине S может быть вычислен по формуле $\alpha^\circ = 180^\circ \frac{d}{l}$. В нашем примере длина образующей, замеренная на чертеже, $l = 55$ мм, диаметр $d = 50$ мм, откуда $\alpha^\circ = 180^\circ \frac{50}{55} \approx 164^\circ$. Пристраивая основание — круг диаметром 50 мм, получают полную развертку конуса.

Определяют положение точек 1 и 2 на развертке. Для этого находят на развертке положение образующей SK . Приблизительно принимая дугу A_1K_1 равной хорде A_1K_1 , откладывают эту величину на развертке от точки A . Полученную точку K соединяют с вершиной S . На образующей SK нужно отложить истинную величину расстояния от вершины до точки 1. Для этого образующую SK поворачивают вокруг вертикальной оси (рис. 153, а) до положения, параллельного плоскости проекций Π_2 , т. е. до совпадения с очерковой образующей SA . Точка I_2 при этом переместится в положение \bar{I}_2 , и расстояние $S_2\bar{I}_2$ будет искомым. Откладывают отрезок $SI = S_2\bar{I}_2$. Чтобы определить на развертке положение точки 2, из вершины S как из центра проводят дугу окружности радиусом $SE = S_2E_2$ и на проведенной дуге откладывают хорду $E2$, равную хорде E_12_1 .

Построение изометрического изображения конуса (рис. 153, в; 154). Проводят аксонометрические оси x', y' и z' и строят изображение

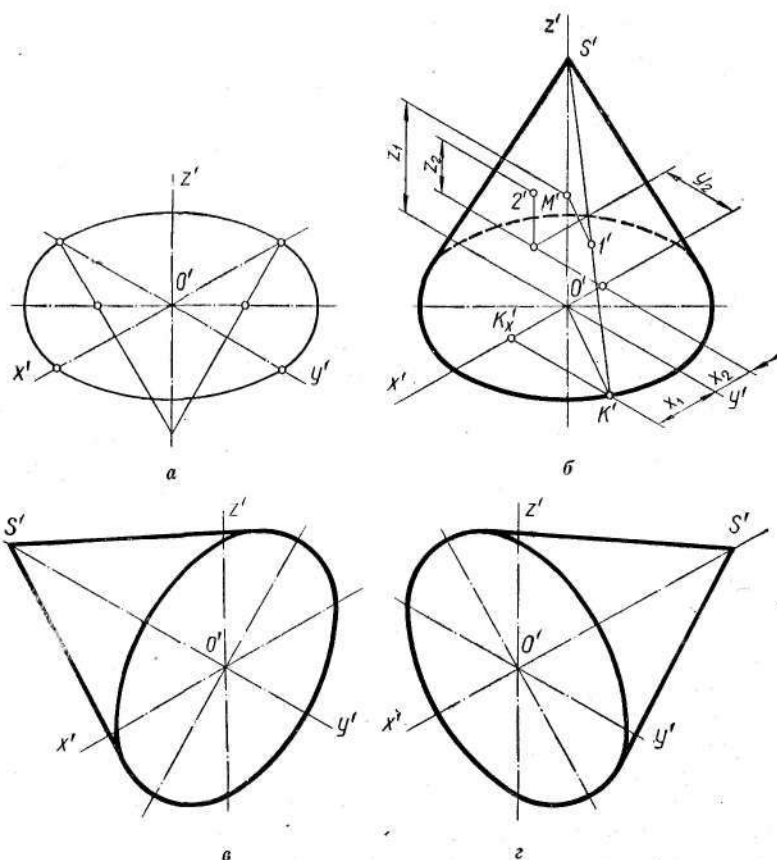


Рис. 154

окружности основания конуса (рис. 154, а). Из точки O' (рис. 154, б) по оси z' откладывают значение высоты конуса и из полученной вершины S' проводят касательные к основанию. Чтобы определить положение точки I в изометрии, откладывают по оси x' отрезок $O'K'_x = O_1K_x$ и из точки K'_x проводят прямую, параллельную оси y' , до пересечения в точке K' с контуром эллипса: Прямая $S'K'$ — образующая, на которой лежит точка I . По оси z' откладывают координату z_1 этой точки ($z_1 = O_2M_2 = O'M'$) и из точки M' проводят прямую $M'I' \parallel O'K'$ ($O'K'$ — вторичная проекция образующей SK). Точка I' — изображение в изометрии точки I . Точка $2'$ на рис. 154, б определена координатным способом.

На рис. 154, в показан в изометрии прямой круговой конус, ось которого перпендикулярна к плоскости проекций Π_2 , а на рис. 154, г — конус, ось которого перпендикулярна к плоскости Π_3 .

Упражнение. На рис. 155 изображен конус, пересеченный горизонтальной плоскостью α и профильно проецирующей плоскостью β . Объясните произведенное построение.

13.6. Шар (сфера)

Если полуокружность $A'K'B'$ вращать вокруг диаметра $A'B'$ (рис. 156), то дуга $A'K'B'$ опишет сферическую поверхность. Прямая i — ось вращения, дуга $A'K'B'$ — образующая поверхности. Все точки сферической поверхности одинаково удалены от одной точки — центра шара O' . Произвольная прямая, проходящая через центр шара, является осью симметрии поверхности. На шаре выделяют следующие характерные линии:

1) *параллели* — окружности, образованные в пересечении шара плоскостями, перпендикулярными к его вертикальной оси. *Наибольшая параллель, проходящая через центр шара, называется экватором;*

2) *меридианы* — окружности, образованные в пересечении шара плоскостями, проходящими через вертикальную ось вращения. *Главными являются фронтальный и профильный меридианы.*

Построение проекций шара. На все три плоскости проекций Π_1 , Π_2 и Π_3 шар проецируется в виде кругов, диаметры которых равны диаметру шара. На рис. 157 изображены проекции шара диаметром 55 мм. Экватор проецируется на горизонтальную плоскость в окружность, фронтальной и профильной проекциями которой будут отрезки C_2D_2 и E_3F_3 . Фронтальный меридиан проецируется в окружность на плоскости Π_2 , а на плоскости Π_1 и Π_3 — в отрезки C_1D_1 и A_3B_3 , равные диаметру шара и параллельные осям проекций. Профильный меридиан проецируется в окружность на плоскость Π_3 , а на Π_1 и Π_2 — в отрезки E_1F_1 и A_2B_2 .

Видимость поверхности шара. На горизонтальной плоскости экватор делит шар на верхнюю видимую и нижнюю невидимую части. На плоскости Π_2 фронтальный меридиан является границей между передней видимой и задней невидимой частями шара. На плоскости Π_3 профильный меридиан отделяет левую видимую часть шара от правой невидимой.

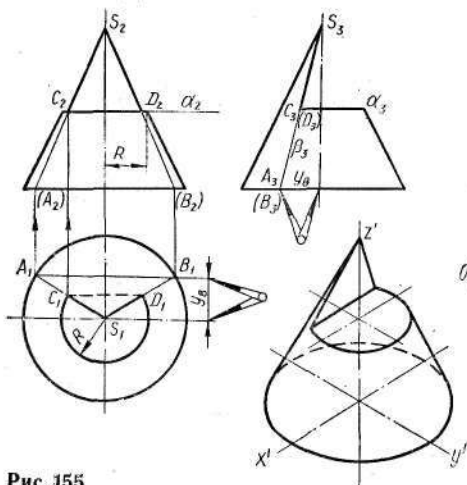


Рис. 155

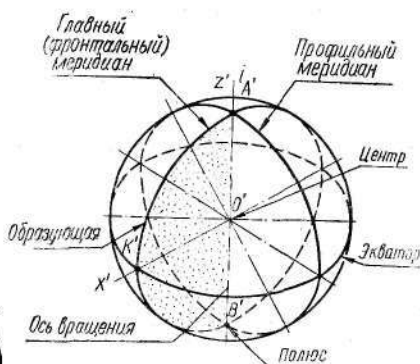


Рис. 156

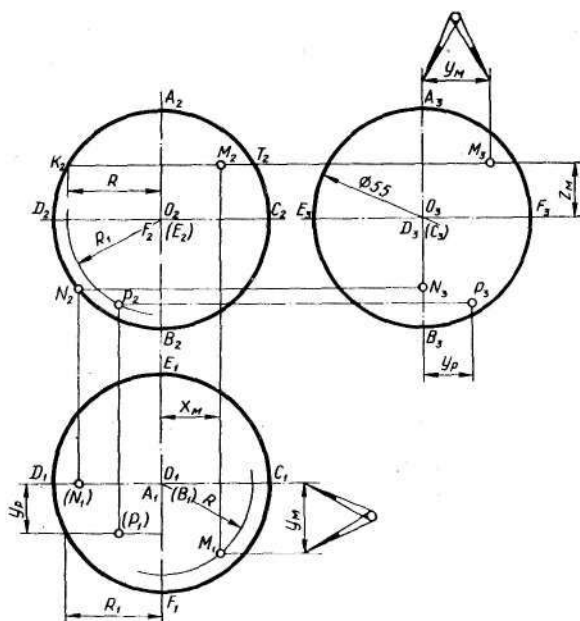


Рис. 157

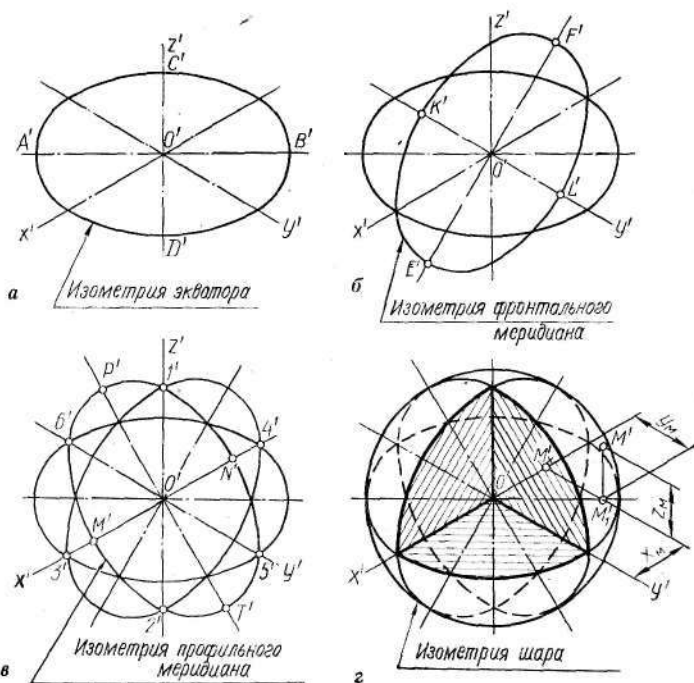


Рис. 158

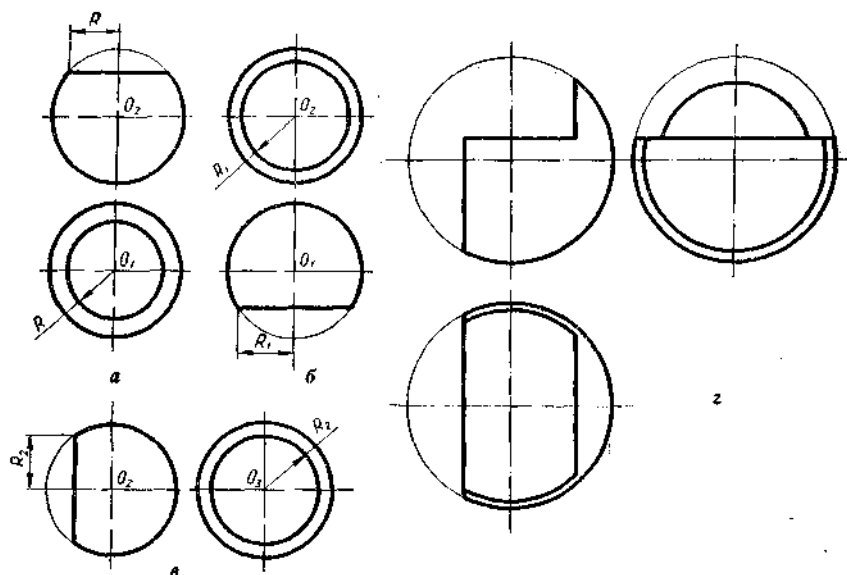


Рис. 159

Построение проекций точек на поверхности шара. На рис. 157 изображена фронтальная проекция M_2 точки M . Чтоб определить две другие ее проекции, проводят через точку M вспомогательную окружность — параллель шара диаметром K_2T_2 . Радиусом $R = \frac{K_2T_2}{2}$ строят окружность на плоскости проекций Π_1 и из M_2 проводят линию связи до пересечения с окружностью в точке M_1 . Профильная проекция определена координатным способом.

Самостоятельно рассмотрите и поясните построение проекций точек N и P , лежащих на поверхности шара.

Построение изометрического изображения шара. В прямоугольной изометрии шар проецируется в окружность. Диаметр этой окружности равен $1,22d$. Чтобы изображение было наглядным, в аксонометрии принято изображать проекции трех главных окружностей, расположенных в плоскостях Π_1 , Π_2 и Π_3 , т. е. строить проекции экватора, фронтального и профильного меридианов. Такое построение последовательно выполнено на рис. 158, а — г. Нужно помнить, что малая ось каждого эллипса, в которую проецируется окружность, совпадает с направлением аксонометрической оси, перпендикулярной к плоскости изображаемой окружности. Характерными точками пересечения меридианов и экватора с аксонометрическими осями являются точки $1'$, $2'$, $3'$, ... (рис. 158, в). Обратите внимание на видимость отдельных элементов этих трех эллипсов в изометрии. На рис. 158, г часть шара вырезана и сечения заштрихованы. Точка M перенесена на аксонометрическое изображение шара координатным способом.

Упражнение. На рис. 159, а — г изображены шары, рассеченные различными плоскостями. Рассмотрите и поясните произведенные построения.

Тором называется поверхность, образованная вращением окружности вокруг оси, лежащей в плоскости окружности, но не проходящей через ее центр (рис. 160).

Возможны такие случаи образования торовой поверхности:

1. Ось i пересекает окружность в точках E и F (рис. 160, а). Вращается большая дуга \widehat{EAF} окружности. Образуется поверхность, по форме напоминающая яблоко.

2. Ось i пересекает окружность в точках E и F (рис. 160, б). Вращается меньшая дуга \widehat{EAF} окружности. Образуется поверхность, по форме напоминающая лимон.

3. Ось i размещена вне окружности, т. е. не пересекает ее (рис. 160, в). При вращении образуется поверхность, называемая *круговым кольцом*. Поверхность кольца напоминает спасательный круг или автомобильную камеру.

4. Ось вращения i касается окружности (рис. 160, г). Образуется поверхность, являющаяся переходной от поверхности, рассмотренной в первом случае, к поверхности кругового кольца.

На поверхности тора, как и на сфере, выделяют *параллели* и *меридианы*. Наибольшая параллель называется *экватором*, а меридианы, параллельные плоскостям Π_2 и Π_3 , называются соответственно *фронтальным* и *профильным*. Найдите и укажите эти линии на рис. 160, в.

Построение проекций тора для всех случаев показано на рис. 160.

Видимость поверхности тора. На плоскости Π_1 видимой будет та часть поверхности тора, которая лежит выше экватора. Следовательно, дуга \widehat{AKD} (рис. 160, в) при вращении окружности вокруг оси i образует видимую часть поверхности тора, а дуга \widehat{ALD} — невидимую. На плоскости Π_2 видимой будет та часть поверхности, которую описы-

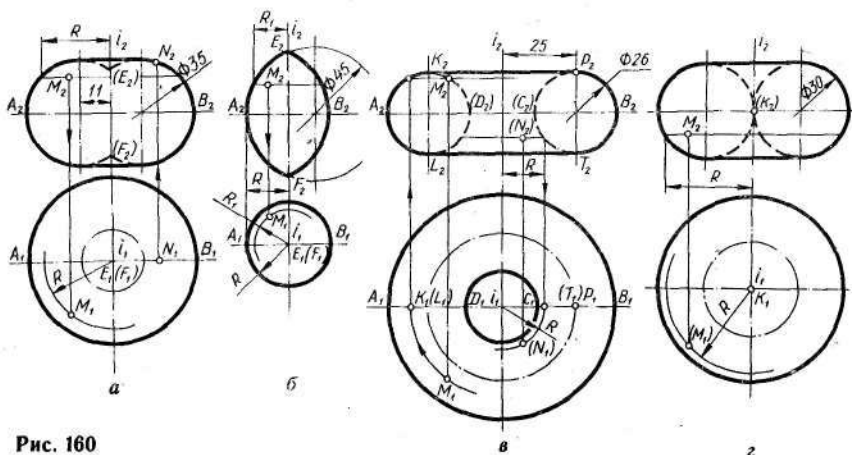


Рис. 160

вает дуга KAL , а невидимой — часть поверхности, описываемая дугой KDL . Фронтальный меридиан, создающий очерк поверхности на плоскости проекций Π_2 , является границей, отделяющей видимую часть поверхности от невидимой на плоскости Π_2 .

Определение проекций точек, лежащих на поверхности тора. Построение проекций точек на поверхности тора выполняют при помощи параллелей, как и на поверхности сферы. Рассмотрите и поясните построение точек M и N на рис. 160, в.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Определение призмы. Как разделяются призмы? Основные элементы призмы.
2. Как построить развертку треугольной прямой призмы?
3. Дайте определение пирамиды. Как разделяются пирамиды?
4. Основные элементы пирамиды. Построение развертки четырехугольной пирамиды?
5. Как определить проекции точек, лежащих на поверхности пирамиды?
6. Дайте определение цилиндра. Назовите основные элементы цилиндра.
7. Как строится изображение цилиндра в прямоугольной изометрии? Как показать в изометрии точки, лежащие на поверхности цилиндра?
8. Дайте определение конуса. Назовите основные элементы конуса.
9. Как строится развертка прямого кругового конуса? Как нанести на развертку точки, лежащие на поверхности конуса?
10. Как построить конус в прямоугольной диметрии?
11. Основные элементы сферы. Как определять точки на поверхности сферы?
12. Дайте определение тора. Назовите различные виды торовой поверхности. Как находить точки, лежащие на поверхности тора?

Упражнение. Выполните задания карт программированного контроля по теме «Проецирование геометрических тел».

Проецирование геометрических тел

Карта программированного контроля № 1. На рис. 161 и 162 изображены модели прямоугольной формы. Определите, каким комплексным изображениям рис. 161 соответствуют аксонометрические изображения рис. 162. Пример записи: «рис. 1 отвечает рис. 9А». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

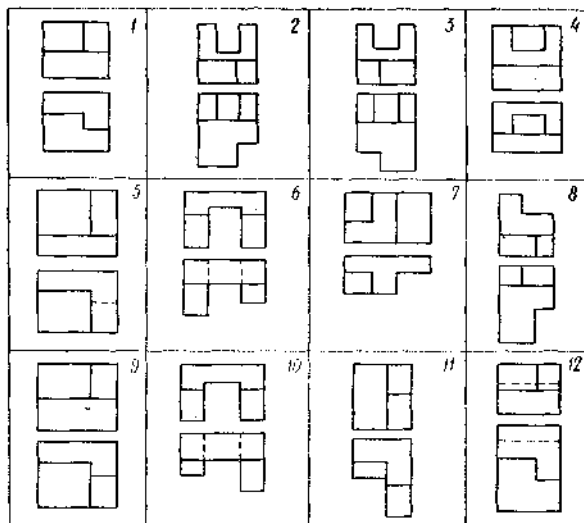


Рис. 161

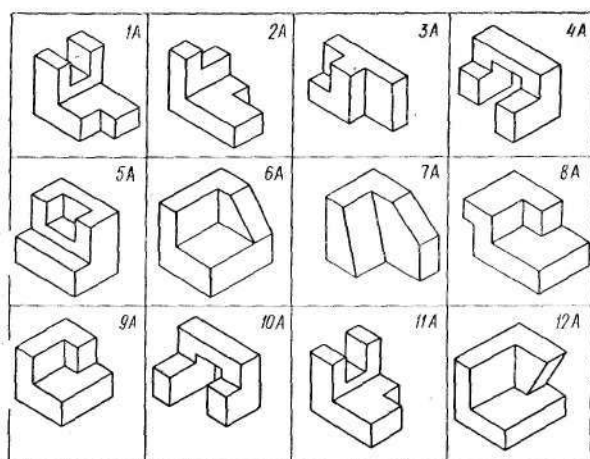


Рис. 162

Карта программированного контроля № 2. На рис. 163 и 164 изображены модели цилиндрической формы. Определите, каким комплексным изображениям рис. 163 соответствуют аксонометрические изображения рис. 164. Пример записи: «рис. 1 отвечает рис. 4А». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

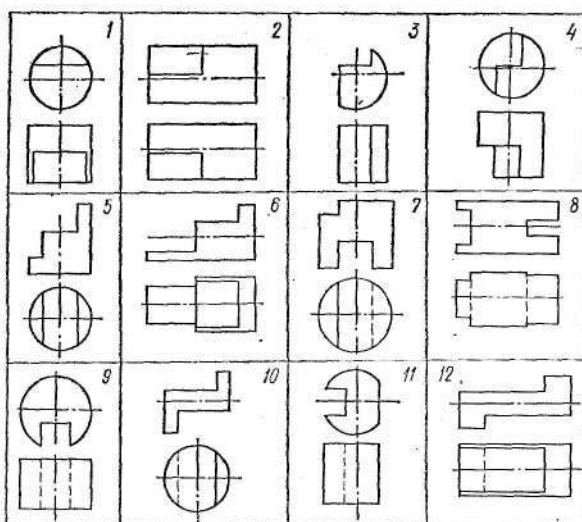


Рис. 163

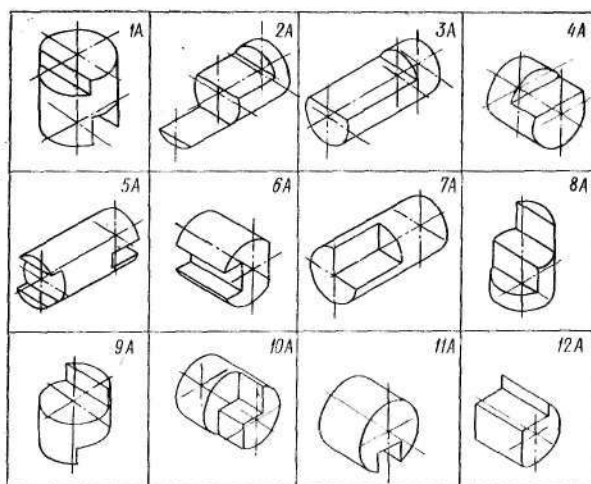


Рис. 164

Карта программированного контроля № 3. На рис. 165 и 166 изображены эхнические модели. Определите, каким комплексным изображениям рис. 165 соответствуют аксонометрические изображения рис. 166. В аксонометрии возможно изменение оложения модели относительно координатных осей. Правильность ответов проверьте конце учебника.

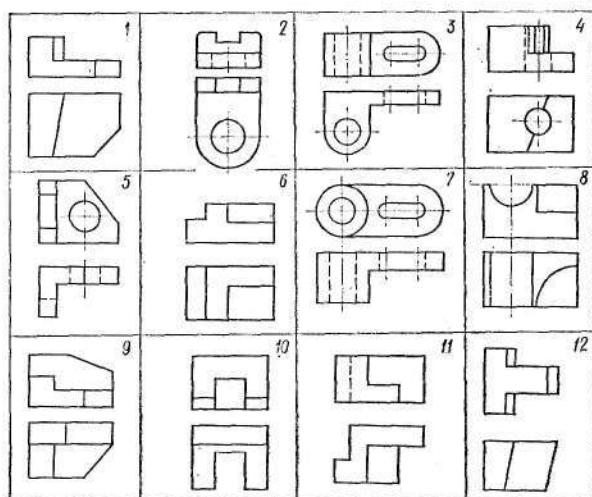


Рис. 165

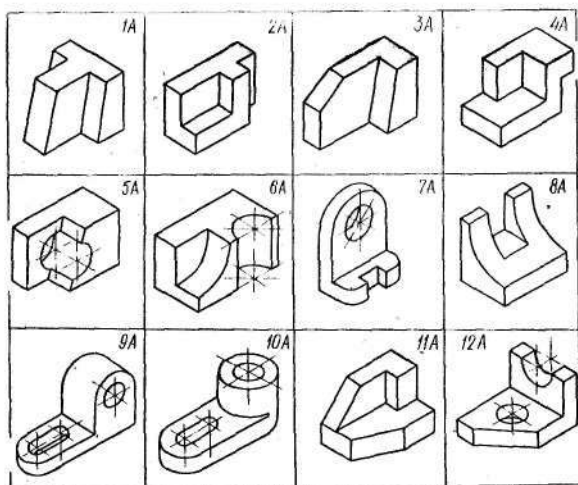


Рис. 166

§ 14. СЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПЛОСКОСТЯМИ

14.1. Общие положения

При пересечении многогранника плоскостью образуется многоугольник, лежащий в секущей плоскости. Вершины многоугольника — это точки пересечения ребер многогранника, а стороны — линии пересечения его граней с секущей плоскостью.

В каждой задаче на пересечение геометрического тела плоскостью рассмотрено:

- построение проекций фигуры сечения;
- определение натуральной величины фигуры сечения;
- построение развертки поверхности усеченного тела;
- построение аксонометрической проекции усеченного тела.

14.2. Пересечение призмы

В зависимости от положения секущей плоскости в сечении призмы можно получить: а) многоугольник, параллельный и равный основанию, если секущая плоскость I параллельна основанию призмы (рис. 167, а, б); б) прямоугольник для прямой призмы (рис. 167, а, в) или параллелограмм — для наклонной, если плоскость II параллельна ребрам призмы; в) многоугольник, не равный и не подобный основанию, если секущая плоскость III наклонена к ребрам призмы (рис. 167, а, г).

Построение проекций фигуры сечения. На комплексном чертеже (рис. 168, а) правильная шестиугольная призма пересечена фронтально проецирующей плоскостью σ . Фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с фронтальным следом-проекцией σ_2 , обладающим собирательными свойствами. Проекции вершин фигуры сечения — точки $1_2, 2_2, 3_2$ — определяются на пересечении фронтальных проекций боковых

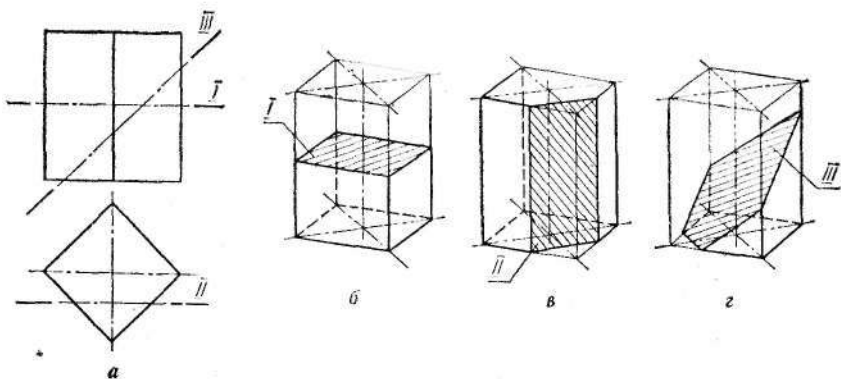


рис. 167

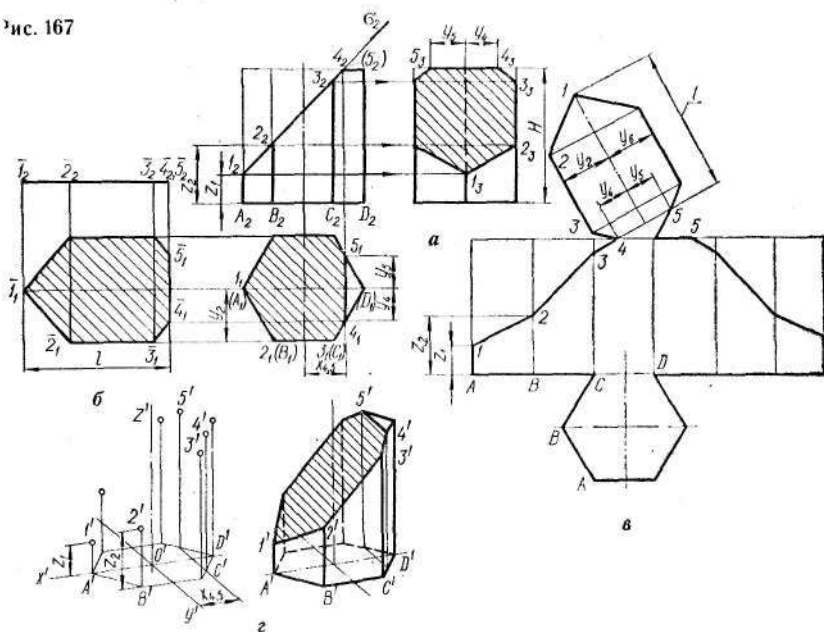


рис. 168

ебер призмы со следом-проекцией σ_2 , а точки $4_2, 5_2$ — на пересечении фронтальных проекций ребер верхнего основания призмы с σ_2 . Горизонтальные проекции точек $1_1, 2_1, 3_1$ совпадают с горизонтальными проекциями соответствующих ребер, а проекции 4_1 и 5_1 получаются пересечением вертикальных линий связи с горизонтальной проекцией верхнего основания призмы. Проведя из точек $1_2, 2_2, 3_2$ горизонтальные линии связи до пересечения с профильными проекциями соответствующих боковых ребер, получают проекции $1_3, 2_3, 3_3$, а проекции 4_3 и 5_3 получают координатным способом, используя значения y_4 и y_5 . Полученные точки соединяют прямыми линиями и сечение заштриховывают.

Натуральная величина фигуры сечения (рис. 168, б) определена способом плоскопараллельного перемещения (см. § 12.4).

Развертка призмы (рис. 168, в). Развертка боковой поверхности шестиугольной призмы — это шесть прямоугольников, высота которых равна высоте самой призмы, а ширина — стороне ее основания. Развертку следует выполнять так, чтобы показать внешнюю (лицевую) сторону каждой грани. Пристраивая основание, получают развертку призмы. На фронтальной или профильной проекциях призмы замеряют отрезки ребер от основания призмы до точек сечения и откладывают их на развертке: $A1 = z_1$; $B2 = z_2$; ... К полученной линии сечения пристраивают натуральную величину фигуры сечения.

На комплексном чертеже и на развертке верхнюю отсеченную часть призмы изображают сплошной тонкой линией. Такой же линией изображают промежуточные ребра призмы (линии сгиба) на развертке.

Построение прямоугольной диметрической проекции (рис. 168, г) начинают с изображения нижнего основания — правильного шестиугольника. Из вершин шестиугольника восстанавливают перпендикуляры, на которых, откладывая соответствующие высоты, находят точки $1'$, $2'$, $3'$, ... фигуры сечения: $A'1' = z_1$; $B'2' = z_2$; ... Построение точек $4'$ и $5'$, принадлежащих верхнему основанию призмы, видно из чертежа.

14.3. Пересечение пирамиды

Неправильная треугольная пирамида пересечена горизонтально проецирующей плоскостью σ (рис. 169, а).

Построение проекций фигуры сечения. Горизонтальная проекция фигуры сечения совпадает со следом-проекцией σ_1 . Точки 1_1 , 2_1 , 3_1 определяют на пересечении следа σ_1 с проекциями A_1B_1 ; B_1S_1 ; C_1B_1 ребер пирамиды. Из этих точек проводят вертикальные линии связи пересечения с фронтальными проекциями соответствующих ребер в точках 1_2 и 3_2 . Фронтальная проекция 2_2 точки 2, лежащей на профильном ребре BS , найдена проведением вспомогательной прямой $2K$, горизонтальная проекция которой 2_1K_1 идет параллельно горизонтальной проекции B_1C_1 одной из сторон основания пирамиды, а фронтальная проекция 2_2K_2 — параллельно B_2C_2 . По двум проекциям при помощи постоянной прямой построена профильная проекция фигуры сечения — $1_32_33_3$. Точку 2_2 можно было бы определить по предварительно найденной профильной проекции 2_3 .

Натуральная величина фигуры сечения определена способом зазены плоскостей проекций (см. § 12.5).

Развертка пирамиды. Чтобы построить развертку поверхности усеченной пирамиды, вначале строят полную развертку треугольной пирамиды. Эта развертка состоит из трех треугольников — боковых граней — и треугольника основания. Для построения треугольников определяют натуральную величину всех ребер пирамиды. Ребра B , BC , AC основания пирамиды проецируются в натуральную величину на плоскость P_1 . Ребро SC , параллельное фронтальной плоскости проекций, изображается в натуральную величину на ней (проекция

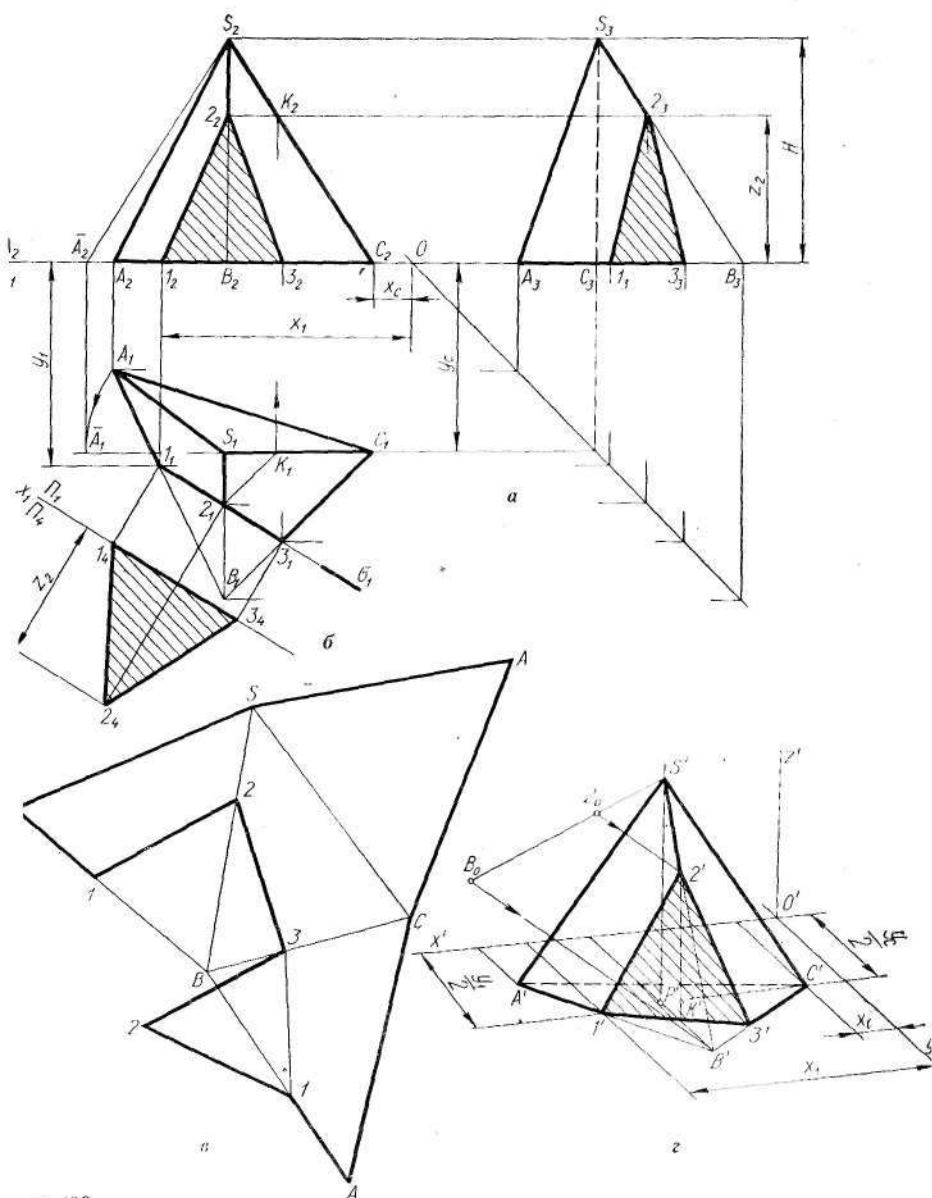


рис. 169

$2C_2$). Из тех же соображений натуральной величиной профильного образа SB будет его профильная проекция S_3B_3 . Натуральную величину ребра SA , которое занимает в пространстве общее положение, определяют способом вращения вокруг оси, проходящей через точку S перпендикулярно к плоскости Π_1 . Прямая $S_2\bar{A}_2$ — натуральная величина ребра SA .

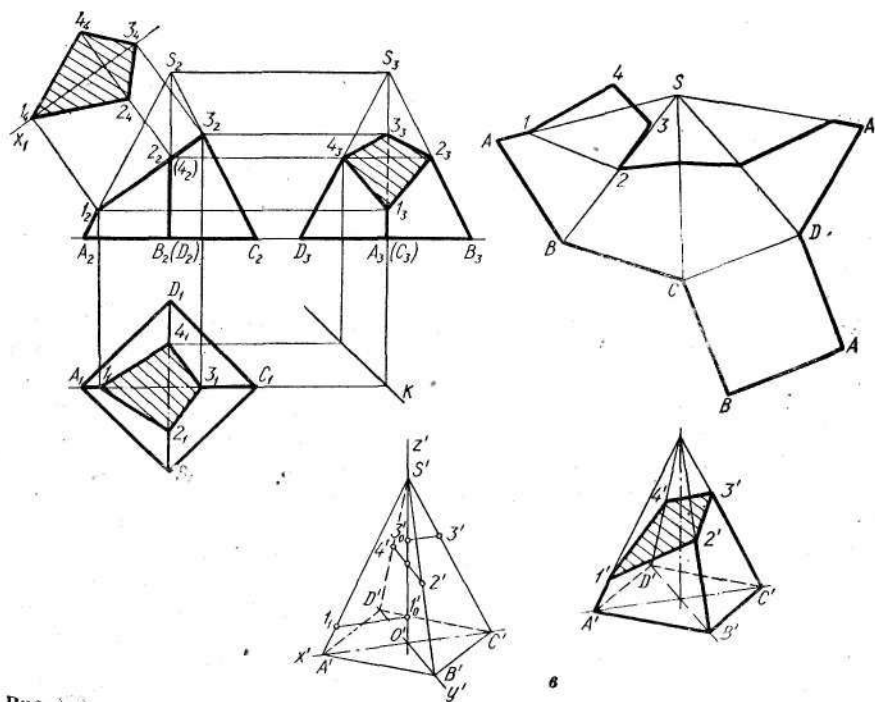


Рис. 169

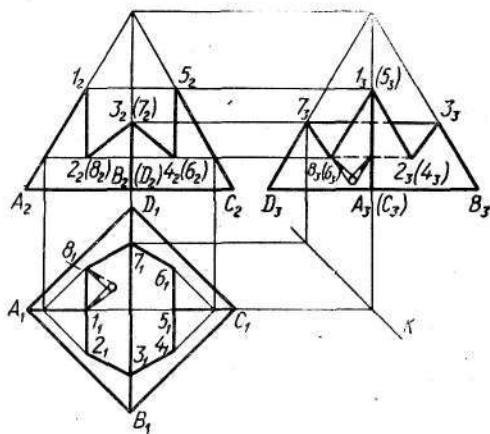


Рис. 171

По натуральной величине ребер последовательно строят развертку всех граней пирамиды. Для получения развертки усеченной пирамиды нужно на каждое ребро перенести соответствующую точку фигуры сечения. Так, на ребре SB (рис. 169, в) откладывают отрезок $S2$, равный $S_3 2_3$, а на ребрах AB и BC — соответственно отрезки $A1 = A_1 1_1$ и $B3 = B_1 3_1$ (следует помнить, что на развертку переносят отрезки лишь по их действительной величине). После этого к одной из прове-

денных прямых, например к $3-1$, пристраивают натуральную величину сечения $1-2-3$.

Построение аксонометрического изображения. Чтобы построить диметрическую прямоугольную проекцию пирамиды (рис. 169, г), прежде всего вычерчивают в диметрии основание пирамиды — треугольник $A'B'C'$. Построение выполняют по координатам вершин треугольника (на чертеже показаны координаты лишь для вершины C'). Затем так же определяют точку P' — горизонтальную (вторичную) проекцию вершины пирамиды — и откладывают на перпендикуляре, восстановленном из этой точки, отрезок $P'S'$, равный высоте H пирамиды. Вершину S' соединяют с вершинами основания A' , B' , C' .

По координатам x и y точек 1 и 3 определяют их диметрические проекции (на рис. 169, г обозначены координаты только точки $1 - x_1, y_1$). Из точки K' пересечения прямых $1'3'$ и $P'B'$ восстанавливают перпендикуляр до пересечения с $S'B'$ в точке $2'$. Найденные точки $1'$, $2'$, $3'$ соединяют прямыми.

На рис. 169, г дан и другой способ построения в аксонометрии точки $2'$ — способ пропорционального деления. Для этого из вершины S' проводят произвольную прямую, на которой откладывают отрезки $S'2_0 = S_22_2$ и $2_0B_0 = 2_2B_2$. Соединяют точку B_0 с B' и из точки 2_0 проводят прямую, параллельную B_0B' ($2_02' \parallel B_0B'$). Получают искомую точку $2'$. Этот способ дает большую точность построения.

Упражнение 1. Объясните построение линии пересечения правильной четырехугольной пирамиды фронтально проецирующей плоскостью (рис. 170).

Упражнение 2. На рис. 171 пирамида пересечена четырьмя плоскостями: двумя фронтально проецирующими и двумя профильными. Поясните произведенное построение. Постройте развертку поверхности усеченной части пирамиды.

14.4. Пересечение цилиндра

В пересечении прямого кругового цилиндра плоскостью могут образоваться такие фигуры: а) прямоугольник, если плоскость сечения параллельна оси цилиндра (рис. 172, а); б) окружность, если плоскость перпендикулярна к оси (рис. 172, б); в) эллипс, если плоскость наклонена к оси (рис. 172, в). Эллипс получается полным, если плоскость пересекает все образующие цилиндра, и усеченным, если она пересекает одно или оба основания цилиндра.

На рис. 173, а изображен прямой круговой цилиндр, пересеченный фронтально проецирующей плоскостью σ .

Построение проекций фигуры сечения. Вначале в точках линиях выполняют три проекции цилиндра и проводят след σ_2 секущей плоскости. Горизонтальную проекцию основания цилиндра делят на некоторое число равных частей, например на восемь. Точки деления окружности A_1, B_1, C_1, \dots одновременно являются и горизонтальными проекциями образующих цилиндра. Проводя из этих точек линии проекционной связи, определяют фронтальные и профильные проекции образующих. Фронтальные проекции $1_2, 2_2, 3_2, \dots$ точек эллиптического сечения цилиндра совпадают с фронтальным следом-проекцией σ_2 плоскости σ . Следовательно, фронтальная проекция фигуры

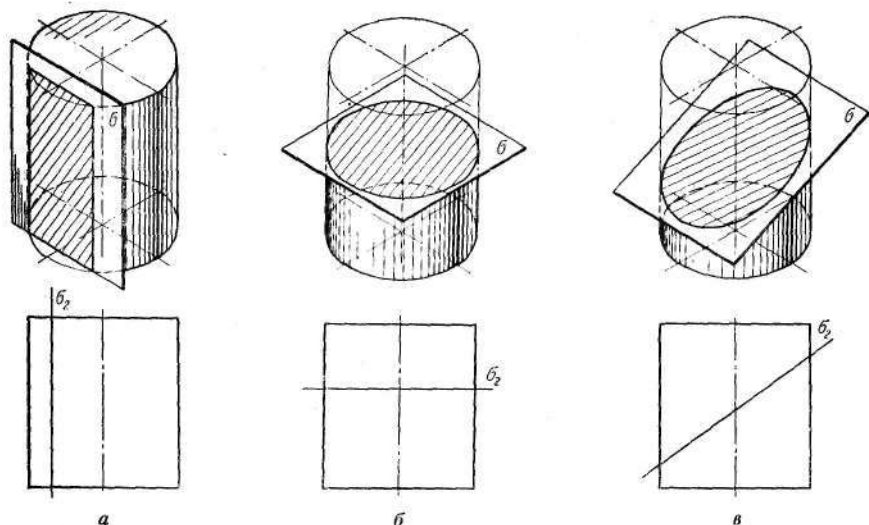


Рис. 172

сечения — отрезок $I_2\bar{5}_2$, а горизонтальная проекция эллипса совпадает с окружностью (горизонтальной проекцией цилиндрической поверхности). Проводя из точек $I_2, 2_2, 3_2, \dots$ горизонтальные линии связи до пересечения с профильными проекциями соответствующих образующих, получают профильные проекции точек $I_3, 2_3, 3_3, \dots$. По лекалу соединяют полученные точки в плавную кривую — эллипс.

Большой осью эллипса является отрезок $1-5$, а малой — отрезок $3-7$, т. е. диаметр цилиндра. Точки $1, 5, 3, 7$ служат опорными, а лежащие между ними — промежуточными. Построение линии сечения начинают с определения опорных точек кривой.

На профильную плоскость проекций малая ось эллипса проецируется без искажения, а величина проекции большой оси зависит от угла наклона следа σ_2 к оси Ox . Если этот угол меньше 45° , как в нашем случае, то большая ось эллипса сечения на профильной проекции будет изображена как малая, а малая ось сечения, равная диаметру цилиндра, спроецируется без искажения и будет изображена как большая. Если секущая плоскость наклонена к оси под углом 45° , то профильная проекция сечения изобразится в виде окружности.

Натуральная величина фигуры сечения (рис. 173, б) определена способом плоскопараллельного перемещения. Ее можно построить также по большой $1-5$ и малой $3-7$ осям способом, известным из геометрического черчения.

Разверткой боковой поверхности цилиндра (рис. 173, в) является прямоугольник, высота которого равна высоте цилиндра, а длина — длине окружности основания (πd).

Длинную сторону прямоугольника делят на восемь равных частей и из точек деления проводят образующие A, B, C, D, \dots цилиндра. На этих образующих откладывают измеренные на фронтальной и профильной плоскостях отрезки, равные расстояниям от соответствующих

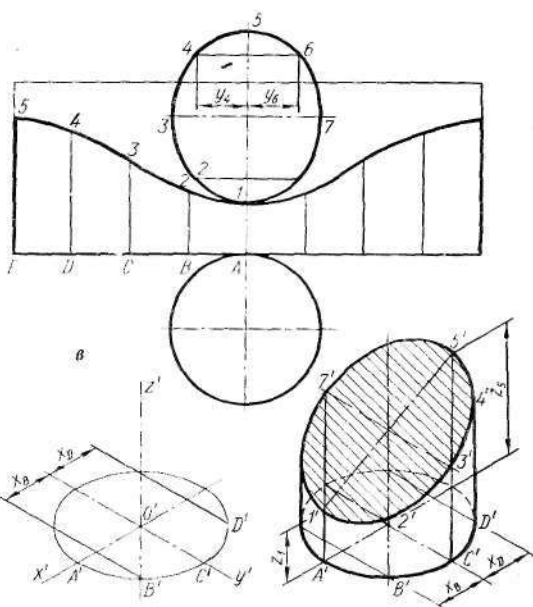
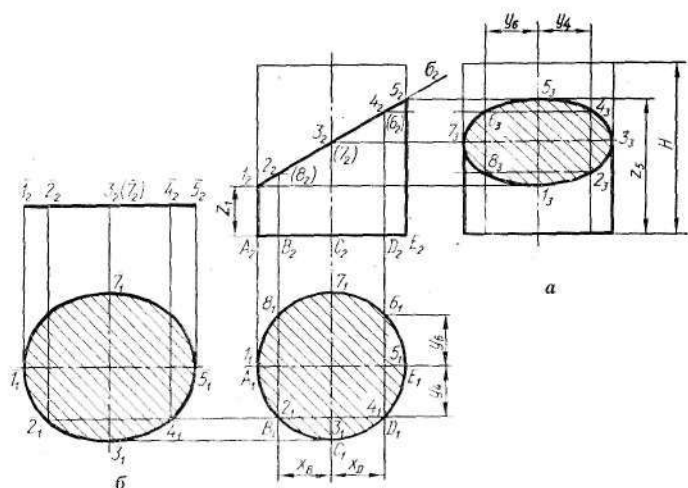


Рис. 173

точек сечения до основания цилиндра: $A1 = z_1$; $E5 = z_5$; ... Полученные точки 1, 2, 3, ... соединяют по лекалу в плавную кривую — развертку линии сечения. К этой линии пристраивают натуральную величину эллипса сечения.

Строят **изометрическую проекцию** нижней усеченной части цилиндра (рис. 173, з). Окружность нижнего основания цилиндра изображается в изометрии в виде эллипса (овала — см. § 11.2). Используя координаты x_B и x_D , переносят на аксонометрическое изображение точки A' ,

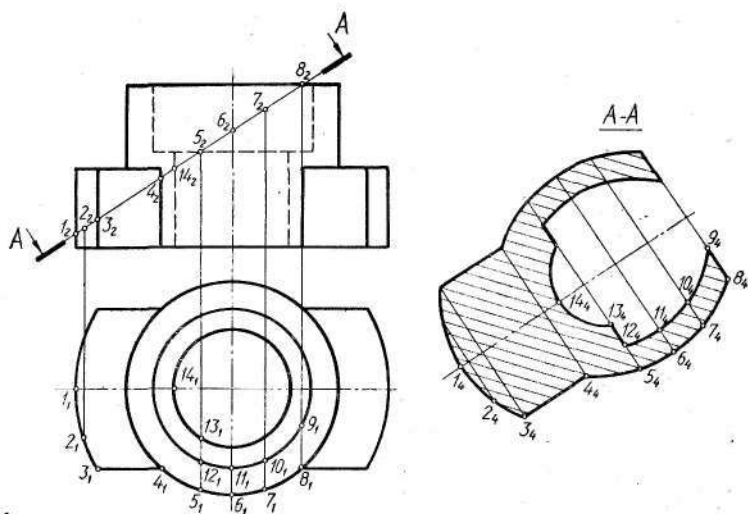


Рис. 174

$3'$, C' , ... деления основания на равные части и из этих точек проводят образующие цилиндра параллельно оси $O'z'$. На этих прямых откладывают отрезки, равные соответствующей длине усеченных образующих: $A'I' = A_2I_2$; $B'2' = B_22_2$; ... Полученные точки соединяют по текалу.

Упражнение. Поясните построение фигуры сечения технической детали плоскостью $A - A$ (рис. 174).

14.5. Сечение конуса

В зависимости от направления секущей плоскости в сечении конуса могут быть получены такие фигуры:

а) окружность, если секущая плоскость параллельна основанию конуса (рис. 175, а);

б) треугольник, если плоскость проходит через вершину конуса (рис. 175, б);

в) полный или усеченный эллипс, если секущая плоскость наклонена к оси под углом, большим угла наклона образующей к оси (рис. 175, в). Усеченный эллипс получается тогда, когда плоскость пересекает основание конуса;

г) парабола, если секущая плоскость параллельна образующей конуса, т. е. наклонена к оси конуса под углом, равным углу наклона образующей к оси, и не проходит через вершину (рис. 175, г);

д) гипербола, если секущая плоскость параллельна двум образующим конуса (т. е. если плоскость наклонена к оси под углом, меньшим, чем угол наклона образующей к оси) и не проходит через вершину или параллельна оси (рис. 175, д).

Рассмотрим построение сечения прямого кругового конуса фронтально проектирующей плоскостью σ (рис. 176, а). Вычерчивают три проекции полного конуса и указывают след-проекцию σ_2 секущей

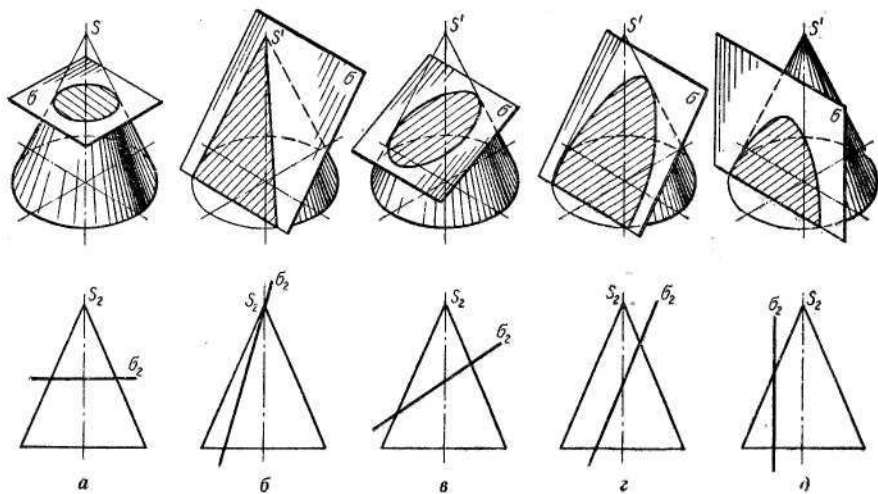


Рис. 175

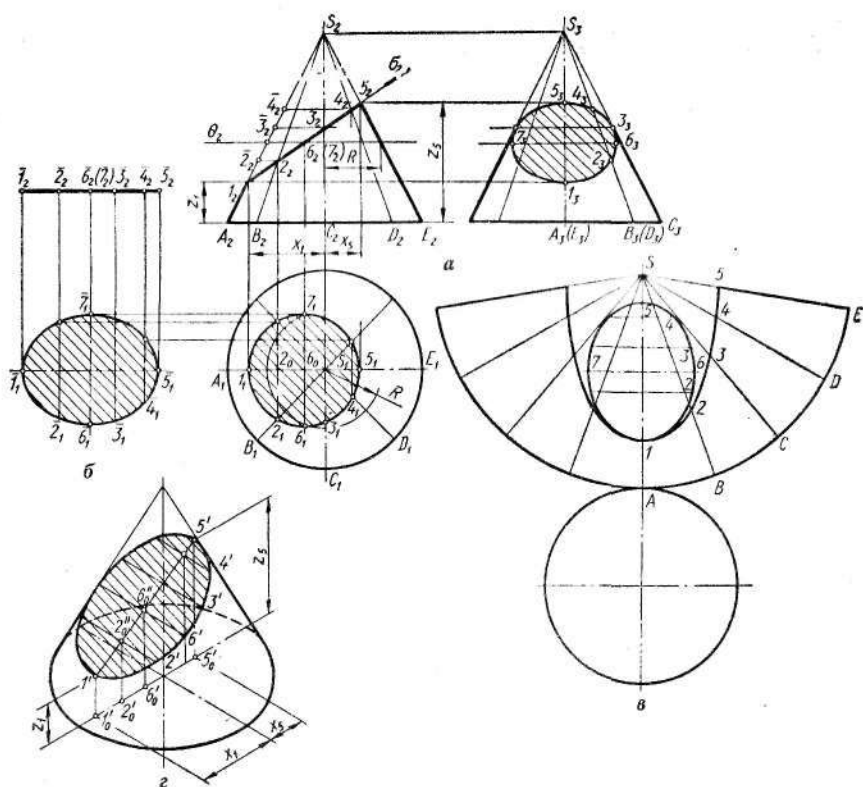


Рис. 176

плоскости. Разделив окружность основания на некоторое число равных частей, например на восемь, проводят образующие конуса. В сечении конуса плоскостью σ получается полный эллипс, так как секущая плоскость пересекает все образующие конуса и наклонена к его оси под углом, большим, чем угол наклона образующих. Фронтальные проекции $1_2, 2_2, 3_2, \dots$ точек сечения совпадают со следом σ_2 , т. е. отрезок $1_2 5_2$ является фронтальной проекцией фигуры сечения. Проводя из точек $1_2, 2_2, 3_2, \dots$ вертикальные и горизонтальные линии связи до пересечения с соответствующими проекциями образующих на Π_1 и Π_3 , получают горизонтальные и профильные проекции точек эллипса — $1_1, 2_1, 3_1, \dots$ и $1_3, 2_3, 3_3, \dots$. По лекалу эти точки соединяют в плавные кривые.

Находят главные оси эллипса. Большую ось $1-5$ в натуральную величину определяет отрезок $1_2 5_2$, а малая ось проецируется на плоскость Π_2 в точку 6_2 (7₂), находящуюся посередине отрезка $1_2 5_2$. Чтобы определить горизонтальную проекцию малой оси (и одновременно ее натуральную величину), через точку 6_2 (7₂) проводят вспомогательную горизонтальную плоскость θ . Эта плоскость пересекает боковую поверхность конуса по окружности радиуса R . Полученным радиусом строят горизонтальную проекцию окружности и из точки 6_2 (7₂) проводят линию связи до пересечения с окружностью в точках 6_1 и 7₁. Хорда $6_1 7_1$ и дает натуральную величину малой оси эллипса. Аналогично этому, не проводя образующих, можно было бы определить любое нужное число точек эллипса.

Натуральная величина фигуры сечения найдена способом плоско-параллельного перемещения (рис. 176, б). Однако можно было бы построить эллипс и по его главным осям.

Разверткой боковой поверхности конуса служит круговой сектор, радиус дуги которого равен длине образующей конуса, а длина дуги равна длине окружности основания конуса (рис. 176, в). Центральный угол сектора определяется по формуле $\alpha^\circ = \frac{r}{l} 360^\circ$, где r — радиус окружности основания, а l — длина образующей. Дугу развертки делят на восемь равных частей и проводят образующие конуса.

На каждую образующую переносят точку ее пересечения с плоскостью σ . Величины отрезков $S1$ и $S5$ измеряют непосредственно на фронтальной проекции и откладывают на развертке, т. е. $S1 = S_2 1_2$; $S5 = S_2 5_2$. Чтобы получить на развертке точки 2, 3, 4, нужно прежде переместить фронтальные проекции этих точек параллельно оси Ox в положения $\bar{2}_2, \bar{3}_2, \bar{4}_2$. Это соответствует вращению образующих конуса вокруг оси, проходящей через вершину конуса перпендикулярно плоскости Π_1 , до положения, параллельного фронтальной плоскости проекций. Полученные после вращения натуральные величины отрезков образующих переносят на развертку, т. е. $S2 = S_2 \bar{2}_2$; $S3 = S_2 \bar{3}_2, \dots$ Точки 1, 2, 3, ... соединяют плавной кривой линией и пристраивают на развертке боковой поверхности истинную величину эллипса и основание конуса.

Построение изометрии усеченной части конуса начинают с построения в тонких линиях проекции всего конуса (рис. 176, г). Используя

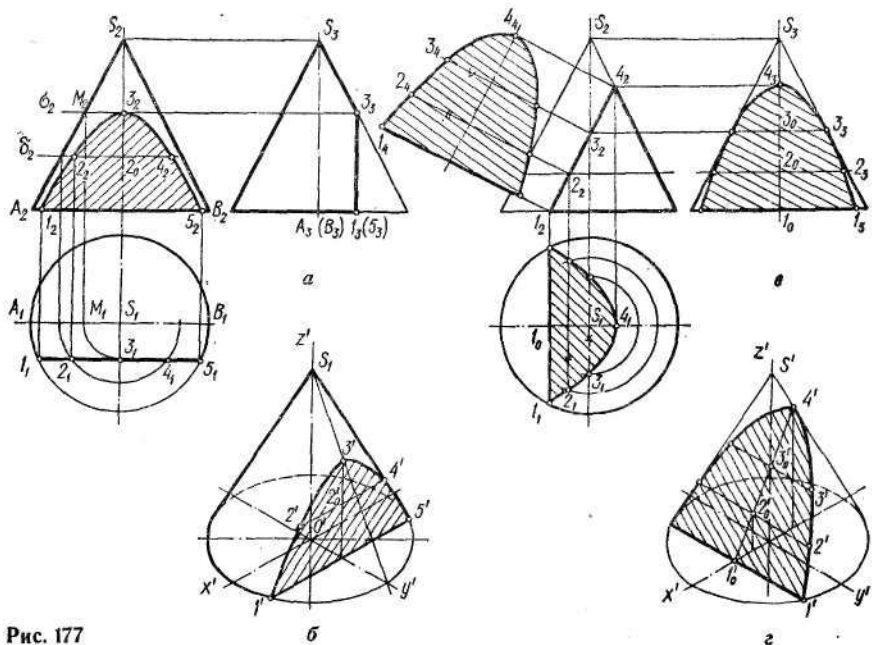


Рис. 177

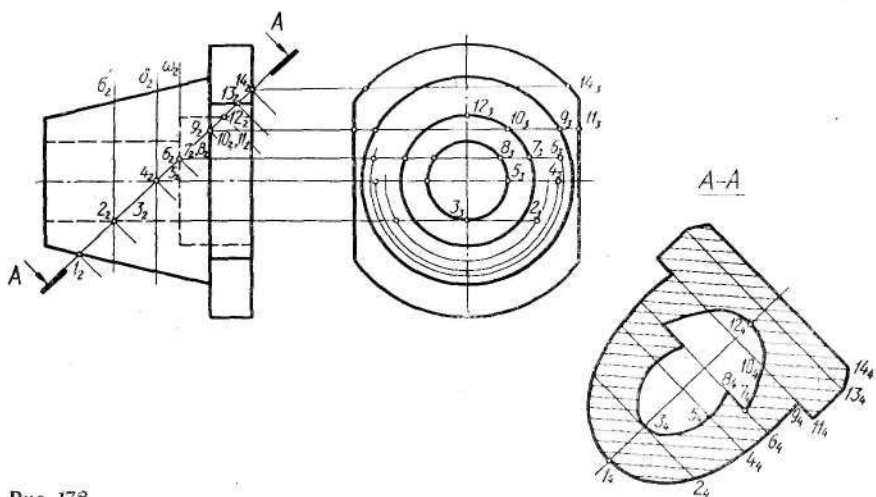


Рис. 178

координаты x_1 и x_5 ; z_1 и z_5 , строят вершины $1'$ и $5'$ большой оси эллипса. Соединяя точки $1'$ и $5'$, получают направление средней линии фигуры сечения. С горизонтальной проекции на аксонометрическую ось x' переносят точки $2'$, $6'$, ... и восстанавливают из них перпендикуляры до пересечения со средней линией $1'5'$ сечения. Через полученные точки

$2''_0, 6''_0, \dots$ проводят прямые, параллельные оси $O'y'$, на которых откладывают отрезки $2''_0 2' = 2_0 2_1; 6''_0 6' = 6_0 6_1; \dots$ Точки $1', 2', 6', \dots$ фигуры сечения соединяют по лекалу.

Упражнение 1. Рассмотрите и поясните построение фигуры сечения конуса плоскостью по гиперболе (рис. 177, а, б) и по параболе (рис. 177, в, г). Для одного из этих случаев постройте развертку усеченной части конуса.

Упражнение 2. Поясните построение сечения технической детали плоскостью $A - A$ (рис. 178).

14.6. Сечение шара

В сечении шара любой плоскостью образуется окружность. В зависимости от положения секущей плоскости эта окружность проецируется в натуральную величину (если плоскость параллельна плоскости проекций), в прямую линию (если плоскость перпендикулярна к плоскости проекций) или, наконец, в эллипс (если секущая плоскость наклонена к плоскости проекций).

Рассмотрим **построение сечения шара** фронтально проецирующей плоскостью γ (рис. 179, а). В сечении образуется окружность, фронтальная проекция которой $1_2 6_2$ совпадает со следом-проекцией γ_2 плоскости γ . На плоскость проекций Π_1 окружность проецируется в эллипс. Малую ось эллипса $1_1 6_1$ получают проведением линий связи из точек 1_2 и 6_2 до пересечения с горизонтальной осью шара, т. е. до пересечения с горизонтальной проекцией фронтального меридиана. Большая ось эллипса $3_1 7_1$ пройдет через середину малой оси перпендикулярно к ней; по величине она равна отрезку $1_2 6_2$, т. е. диаметру окружности сечения. На плоскости Π_1 характерными будут также точки 2 и 8, в которых плоскость γ пересекает экватор шара. Горизонтальные проекции этих точек определяют проведением линий связи из 2_2 и 8_2 до пересечения с горизонтальной проекцией экватора. Кроме найденных шести опорных точек, определяют ряд промежуточных точек проведением вспомогательных горизонтальных плоскостей уровня. Например, для построения горизонтальных проекций случайных точек 5 и 9 проводят вспомогательную плоскость σ , пересекающую шар по окружности радиуса R . Пересечение горизонтальной проекции этой окружности с линиями связи дает искомые проекции 5_1 и 9_1 . По двум проекциям определяют профильную проекцию фигуры сечения.

В **прямоугольной изометрии** шар изображается окружностью диаметром 1,22d. Построение в аксонометрии фигуры сечения (рис. 179, б) начинают с определения положения диаметра 1—6, параллельного плоскости проекций Π_2 . Для этого на оси x' откладывают отрезки $O'A' = O_1A_1; O'E' = O_1E_1$ и из точек A', E' проводят лучи, параллельные оси z' , на которых откладывают величины $A'I' = A_2I_2; E'B' = E_2B_2$. Соединяя точки I' и B' , получают среднюю линию сечения. Воспользовавшись горизонтальной проекцией шара, переносят на аксонометрическую ось x' точки B, C, D ($A'B' = A_1B_1; B'C' = B_1C_1; \dots$) и из этих точек восстанавливают перпендикуляры до пересечения со средней линией. Через полученные точки $2''_0, 3''_0, \dots$ проводят

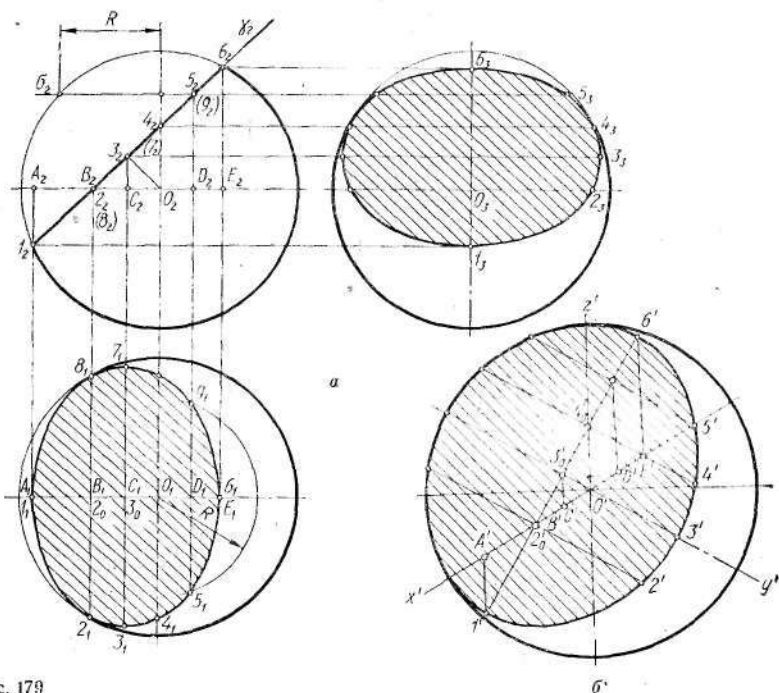


Рис. 179

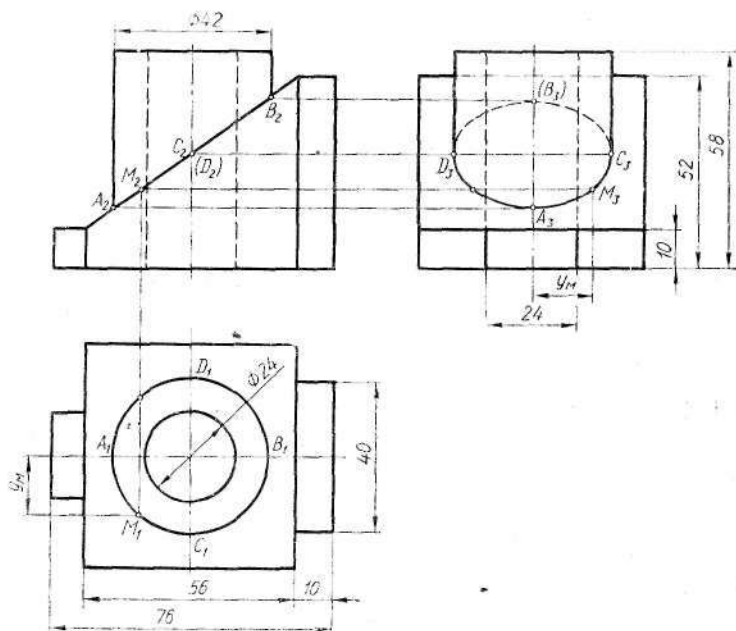


Рис. 180

прямые, параллельные оси y' , на которых откладывают отрезки $2'_0 2' = 2_0 2_1$; $3'_0 3' = 3_0 3_1$; ... Точки $1'$, $2'$, $3'$, ..., принадлежащие фигуре сечения, соединяют по лекалу.

14.7. Построение линий среза

Линиями среза называют линии пересечения плоскостями поверхностей.

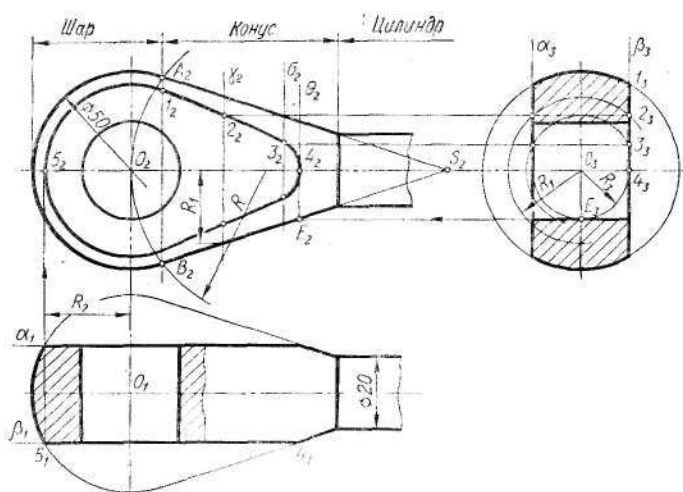
В зависимости от формы детали для построения линии среза применяют различные вспомогательные секущие плоскости.

На рис. 180 изображена деталь, сочетающая призматические и цилиндрические формы. Верхняя наклонная плоскость параллелепипеда пересекает вертикальный цилиндрический выступ по эллипсу. Горизонтальная и фронтальная проекции линии сечения известны из чертежа, поэтому построение сводится лишь к определению профильной проекции. Проведя горизонтальные линии связи из точек A_2 , B_2 , получают профильные проекции вершин эллипса сечения (точки A_3 и B_3). На чертеже показано, как при помощи координаты y_M определить профильную проекцию M_3 случайной точки M фигуры сечения. Участок эллипса $D_3 B_3 C_3$ на профильной проекции невидим, так как он расположен на невидимой части проекции цилиндра.

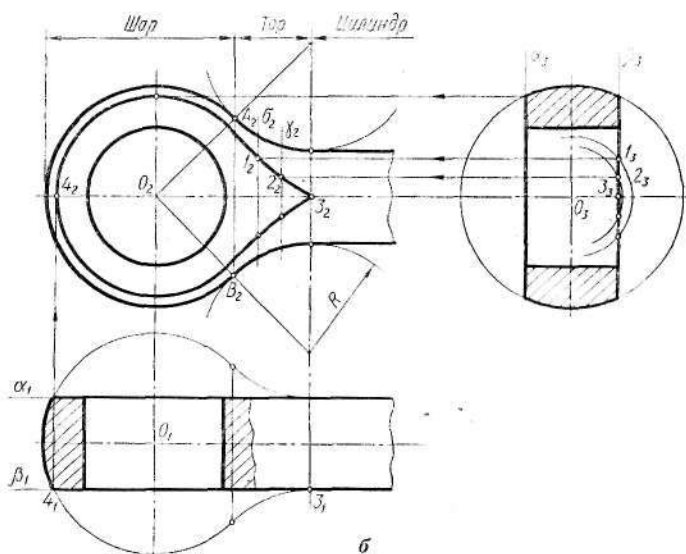
На рис. 181, а изображена головка штанги. Ее поверхность составлена поверхностями трех тел вращения, расположенных на общей горизонтальной оси: цилиндра диаметром 20 мм, усеченного конуса и части сферы диаметром 50 мм. Построение начинают с проведения граничных линий, разделяющих деталь на отдельные геометрические формы.

Деталь пересечена двумя фронтальными плоскостями α и β , расположенными на одинаковом расстоянии от ее оси. В результате образуются две симметрично расположенные линии среза. Горизонтальная и профильная проекции линии среза совпадают со следами проекций плоскостей, т. е. с α_1 , β_1 и α_3 , β_3 . Сферическая поверхность головки пересекается ими по окружности радиуса R_2 , величину которого можно определить на горизонтальной или профильной проекциях. Чтобы построить линии среза на конической части головки, проводят вспомогательные плоскости, перпендикулярные к оси детали. Так, плоскость γ пересекает конус по окружности радиуса R_1 . Из центра O_3 проводят дугу окружности радиусом R_1 и на пересечении ее с прямолинейным контуром профильной проекции головки получают точку 2_3 . Из этой точки проводят горизонтальную линию связи до пересечения со следом γ_2 в точке 2_2 . Аналогично при помощи плоскости δ определяют точку 3 , принадлежащую линии среза.

Фронтальная плоскость α (или β) пересекает конус по гиперболе, вершину которой (точку 4) можно определить или непосредственно по горизонтальной проекции, или с использованием вспомогательной плоскости. В последнем случае из центра O_3 проводят дугу окружности радиусом R_3 , величина которого определяется из условия касания этой окружности прямолинейного контура проекции. Определив точку E_3 , находят фронтальную проекцию E_2 . Через E_2 проводят перпен-



а



б

Рис. 181

дикуляр к оси, являющийся следом вспомогательной плоскости O . В этой плоскости и лежит вершина гиперболы — точка 4.

Упражнение. Самостоятельно рассмотрите построение на рис. 181, б.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие кривые можно получить в сечении прямого конуса различными плоскостями?
2. Какие плоские фигуры можно получить в сечении правильной пятиугольной призмы различными плоскостями?

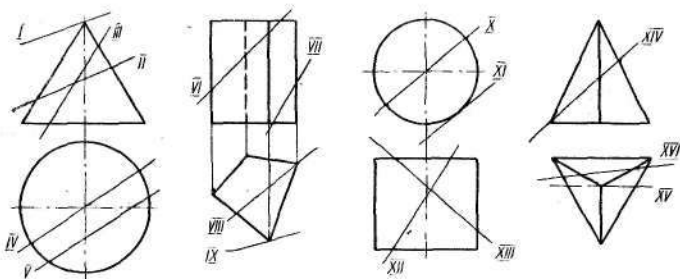
3. Как построить развертку усеченного конуса? усеченного цилиндра?
4. Как построить изометрическое изображение усеченного цилиндра? усеченной пирамиды?
5. Как построить изометрическое изображение усеченной сферы?
6. Что называется линией среза и каков порядок ее построения?

Упражнение 1. Решите задание карты программированного контроля № 1 по теме «Сечение геометрических тел плоскостями». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Упражнение 2. Решите задание карты программированного контроля № 2 по теме «Сечение геометрических тел плоскостями». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля № 1
по теме „Сечение геометрических тел плоскостями“

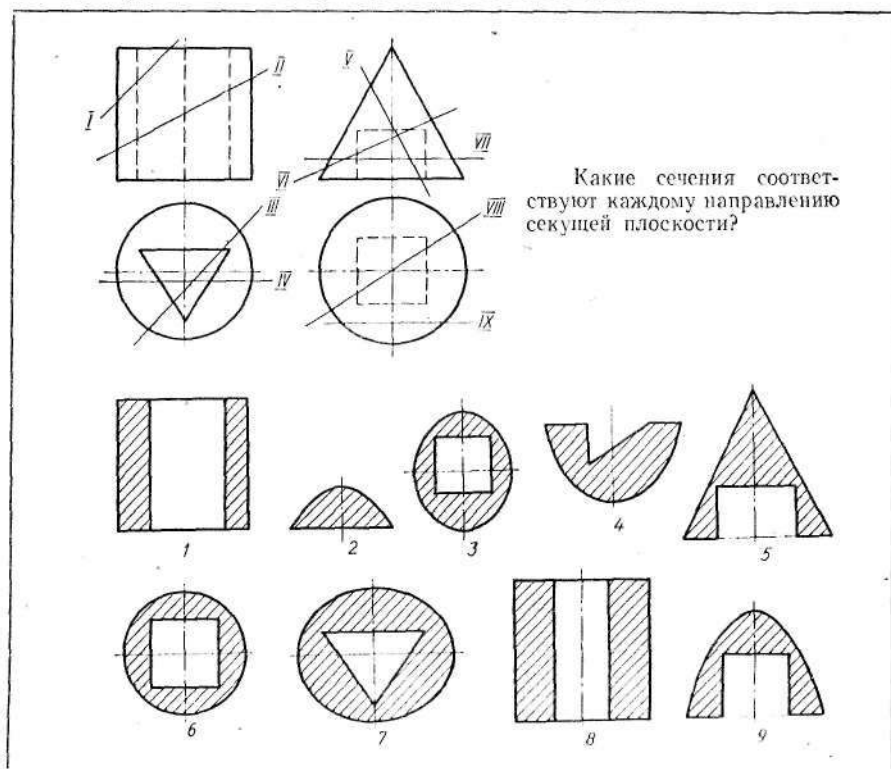
Какие фигуры образуются в сечении заданных тел плоскостями? (Пример ответа: I — 1, II — 19 и т. д.)



Ответы

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Точка | 13. Пятиугольник правильный |
| 2. Прямая | 14. Пятиугольник |
| 3. Треугольник равносторонний | 15. Шестиугольник правильный |
| 4. Треугольник равнобедренный | 16. Шестиугольник |
| 5. Треугольник разносторонний | 17. Семиугольник |
| 6. Квадрат | 18. Окружность |
| 7. Ромб | 19. Эллипс |
| 8. Трапеция | 20. Часть эллипса, большая половины |
| 9. Трапеция равнобедренная | 21. Часть эллипса, меньшая половины |
| 10. Четырехугольник | 22. Две дуги эллипса |
| 11. Прямоугольник | 23. Парабола |
| 12. Параллелограмм | 24. Гипербола |

Карта программированного контроля № 2
по теме „Сечение геометрических тел плоскостями“



§ 15. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

15.1. Общие положения

Детали машиностроительных конструкций представляют собой сочетания сравнительно простых геометрических форм. Возникает необходимость строить на чертежах линии пересечения этих поверхностей между собой.

Общая линия двух поверхностей называется линией их пересечения.

Для определения точек, принадлежащих линии пересечения поверхностей, используют способ вспомогательных секущих поверхностей (способ посредников), сущность которого заключается в следующем:

а) заданные поверхности пересекают третьей, вспомогательной поверхностью-посредником;

б) определяют линии пересечения посредника с каждой из заданных поверхностей в отдельности;

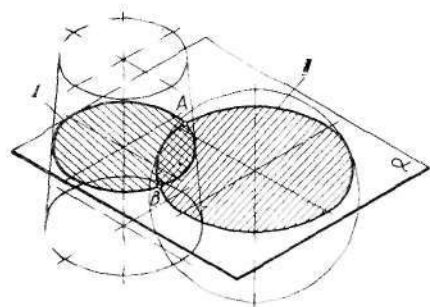


Рис. 182

ти. Для решения каждой задачи приходится применять несколько поверхностей-посредников.

На рис. 182 показан принцип построения точек линии пересечения усеченного конуса и сферы. Вспомогательная горизонтальная плоскость α пересекает обе поверхности по окружностям I и II, взаимное пересечение которых дает точки A и B, принадлежащие линии пересечения. Проведя несколько подобных вспомогательных плоскостей, определяют необходимое число точек для построения кривой пересечения.

У линии пересечения двух поверхностей различают *точки опорные* и *случайные*. В первую очередь определяют опорные точки, т. е. высшую и низшую, крайние правую и левую, точки видимости и др. Определение этих точек позволяет видеть, в каких пределах расположены проекции линии пересечения и где между ними есть смысл определять случайные точки для более точного построения линии пересечения поверхностей.

Две поверхности чаще всего пересекаются по одной или двум замкнутым пространственным линиям. В первом случае пересечение будет неполным и на поверхностях образуются фигурные углубления. Этот случай пересечения принято называть *врубкой*. При двух замкнутых линиях пересечения одна из поверхностей целиком проникает в другую. Этот случай называют *полным прониканием*.

Характер линии пересечения зависит от характера пересекающихся поверхностей:

а) при пересечении двух многогранников образуются одна или две замкнутые пространственные ломаные линии, отдельные отрезки которых являются линиями пересечения граней многогранников;

б) при пересечении многогранника с телом вращения образуются одна или две линии, состоящие из участков кривых второго порядка, т. е. из участков дуг окружностей, частей эллипса, параболы и т. д. Эти участки сходятся между собой на ребрах многогранников;

в) при пересечении двух кривых поверхностей второго порядка образуются одна или две пространственные плавные кривые, как правило, четвертого порядка, которые в отдельных случаях распадаются на кривые второго порядка или даже на прямые линии.

в) находят точки пересечения полученных линий, которые и принадлежат искомой линии пересечения поверхностей.

В качестве вспомогательных поверхностей чаще всего употребляют плоскости частного положения или сферы. При выборе посредника следует исходить из того, чтобы он в пересечении с заданными поверхностями образовывал графически простые линии — прямые или окружнос-

Найдя точки линии пересечения, нужно последовательно их соединить и указать видимость отдельных участков. При определении видимости исходят из следующих положений:

а) если отрезок линии пересечения двух многогранников лежит на пересечении видимых граней данной проекции фигур, то на этой проекции он является видимым. Если обе грани или одна из них невидимы, то и отрезок линии пересечения данных граней невидим;

б) для кривых поверхностей видимыми являются точки, получающиеся в пересечении двух видимых образующих. Если хотя бы одна из образующих невидима, то и точка линии пересечения невидима;

в) точки перехода видимой части линии пересечения в невидимую всегда лежат на очерковых образующих той или другой поверхности;

г) видимость определяется раздельно для каждой из проекций пересекающихся поверхностей.

15.2. Пересечение многогранников

Линией пересечения двух многогранников будет одна или две пространственные замкнутые ломаные линии. Вершинами этих линий являются точки пересечения ребер одного многогранника с гранями другого.

На рис. 183, а изображено пересечение двух призм — четырехугольной и треугольной. Из профильной и горизонтальной проекций видно, что: а) в данном случае имеем частичное врезание одной поверхности в другую, т. е. образуется одна линия пересечения; б) в пересечении участвуют три боковых ребра горизонтальной призмы и одно ребро вертикальной, следовательно, пространственная линия пересечения имеет восемь вершин.

Горизонтальная и профильная проекции линии пересечения совпадают с соответствующими проекциями призм, так как боковые грани четырехугольной призмы занимают проецирующее положение относительно профильной плоскости проекций, а треугольной — относительно горизонтальной. Проекции точек пересечения на этих плоскостях — $1, 2_1, 3_1, 4_1, \dots$ и $1_3, 2_3, 3_3, 4_3, \dots$. Проводя вертикальные линии связи из $1_1, 2_1, 4_1, \dots$ до пересечения с фронтальными проекциями соответствующих ребер, получают фронтальные проекции точек $1_2, 2_2, 4_2, \dots$. Фронтальные проекции $3_2, 6_2$ точек, лежащих на переднем ребре треугольной призмы, находят проведением горизонтальных линий связи из точек 3_3 и 6_3 .

Соединяя точки линии пересечения поверхностей, следует придерживаться таких правил: а) соединять между собой можно проекции только тех точек, которые одновременно находятся как на грани одной призмы, так и на грани другой (нельзя, например, соединять точки $3_2, 4_2$, так как для треугольной призмы они лежат на одной грани, а для четырехугольной — на разных); б) каждая точка соединяется только с двумя другими.

Последним этапом выполнения задания является определение видимости отдельных участков линии пересечения. При этом учитываются сформулированные положения. В нашем случае линии $1_2 4_2 7_2$ и $2_2 6_2 8_2$

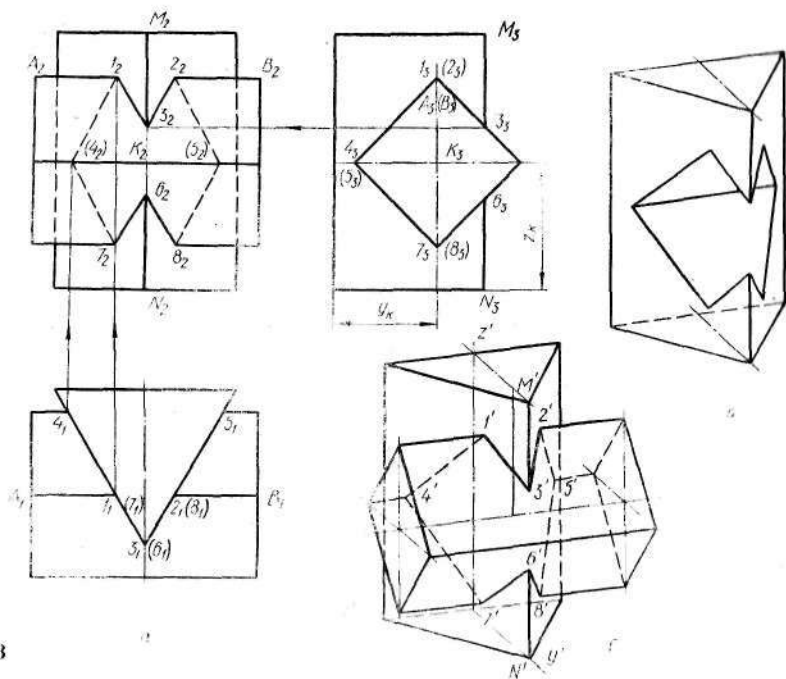


Рис. 183

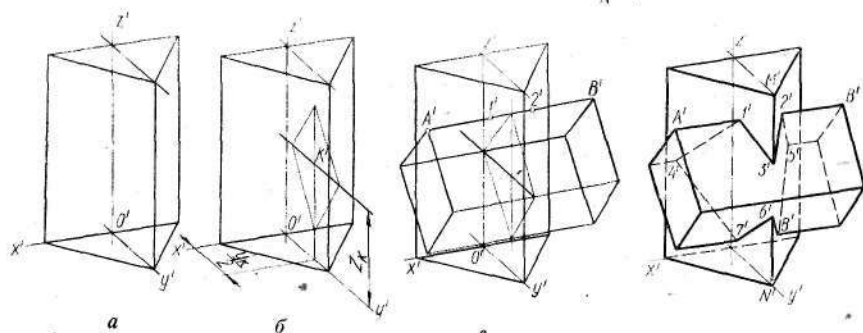


Рис. 184

на фронтальной проекции невидимы, так как они лежат на невидимых гранях четырехугольной призмы.

На рис. 183, б пересекающиеся призмы изображены в прямоугольной диметрии (на рис. 183, в горизонтальная призма вынута). Последовательность построения рассмотрена на рис. 184:

1. Строят диметрическую проекцию треугольной призмы (рис. 184, а).

2. В плоскости симметрии треугольной призмы (рис. 184, б) строят диметрию квадрата — поперечного сечения четырехугольной призмы. Для построения используют координаты y_K и z_K точки K , являющейся центром сечения.

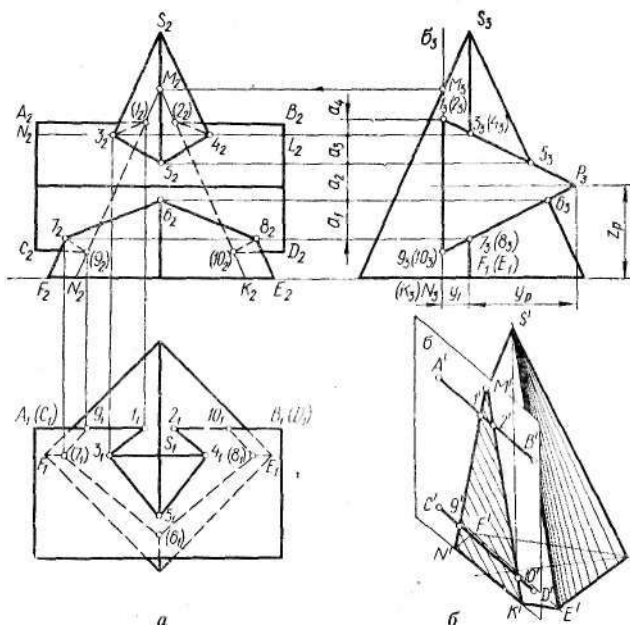


Рис. 185

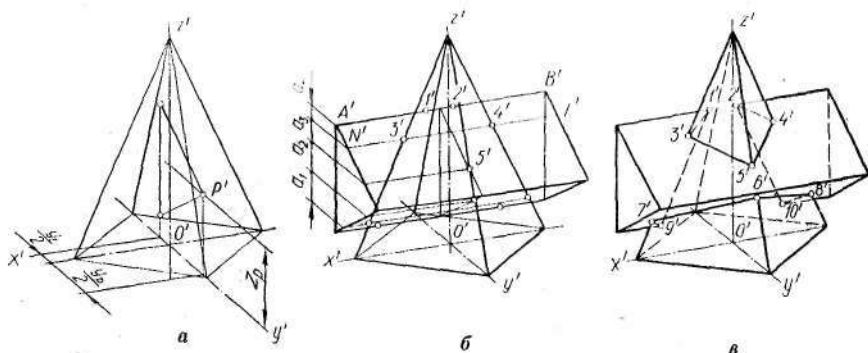


Рис. 186.

3. Из вершин проекции квадрата проводят линии, параллельные оси $O'x'$, на которых в обе стороны от поперечного сечения откладывают половину длины ребер четырехугольной призмы (рис. 184, в). Соединяя найденные точки, получают изображение четырехугольной призмы.

4. Находят точки линии пересечения, лежащие на ребрах четырехугольной призмы (рис. 184, г), откладывая отрезки, замеренные на фронтальной проекции (рис. 183, а): $A'1' = A_21_2$; $B'2' = B_22_2$;...

5. Находят точки линии пересечения, лежащие на переднем ребре треугольной призмы (отрезки $M'3' = M_23_2$; $N'6' = N_26_2$ на рис. 184, г).

6. Соединяют полученные точки и обводят видимый и невидимый контуры соответствующими линиями.

На рис. 185 четырехугольная пирамида пересекается с треугольной призмой, расположенной перпендикулярно к профильной плоскости проекций P_3 . Поэтому профильная проекция линии пересечения совпадает с профильной проекцией призмы. Задача сводится к построению горизонтальной и фронтальной проекций линии пересечения.

Фронтальные проекции $3_2, 4_2, 5_2, \dots$ точек, расположенных на боковых ребрах пирамиды, определяют проведением горизонтальных линий связи из проекций $3_3, 4_3, 5_3, \dots$ до пересечения с соответствующими проекциями ребер пирамиды. По фронтальной проекции находят горизонтальные проекции этих точек. Для определения точек пересечения ребер призмы AB и CD с пирамидой используют вспомогательную фронтальную плоскость σ , проходящую через эти ребра. Плоскость σ пересекает пирамиду по треугольнику MNK , подобному треугольнику SEF (рис. 185, б). Для построения фронтальной проекции треугольника MNK из точки M_3 проводят горизонтальную линию связи, находят проекцию M_2 и из этой точки строят стороны M_2N_2 и M_2K_2 треугольника сечения параллельно боковым ребрам пирамиды. В пересечении треугольника $M_2N_2K_2$ с проекциями A_2B_2 и C_2D_2 ребер призмы получают фронтальные проекции точек линии пересечения ($1_2, 9_2, 2_2, 10_2$). При помощи вертикальных линий связи находят горизонтальные проекции этих точек. Полученные точки соединяют сплошными или штриховыми линиями, учитывая видимость контура на плоскостях проекций P_1 и P_2 .

Последовательность построения в аксонометрии дана на рис. 186. Самостоятельно рассмотрите и объясните это построение. Обратите внимание на то, что для определения в аксонометрии точек $3', 5', \dots$ использованы размеры a_1, a_2, a_3, a_4 , взятые из рис. 185, а.

15.3. Пересечение многогранника с телом вращения

В пересечении тела вращения с многогранником получают одну или две замкнутые линии, отрезки которых являются кривыми второго порядка (эллипс, парабола, гипербола, окружность) или прямыми линиями. Линия пересечения не плавная на всей своей длине, а в некоторых местах имеет точки перелома, лежащие на ребрах многогранника. В этих точках меняется характер кривой пересечения: окружность переходит в эллипс, эллипс — в прямую и т. п.

На рис. 187 изображено пересечение прямого кругового конуса с треугольной призмой. Так как грани призмы перпендикулярны к плоскости проекций P_2 , то фронтальная проекция линии пересечения совпадает с фронтальной проекцией призмы. Для определения точек встречи ребер призмы с конусом в качестве посредников применяют горизонтальные плоскости уровня. Плоскость уровня σ , проходящая через верхнее ребро призмы, пересекает конус по окружности диаметра d . Горизонтальная проекция этой окружности в пересечении с проекцией верхнего ребра призмы дает искомую точку 1_1 . Опорные точки 2 и 3, принадлежащие нижним ребрам призмы, определены проведением

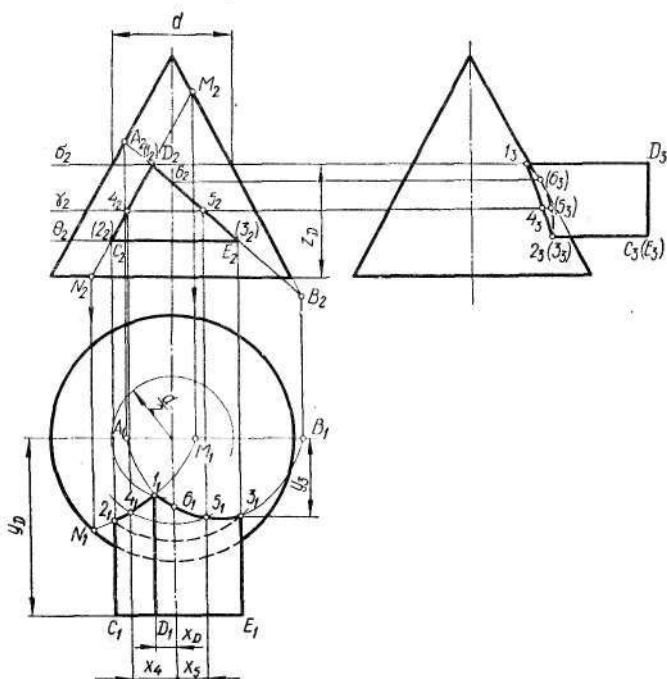


Рис. 187

вспомогательной горизонтальной плоскости θ . Дуга окружности между точками 2_1 и 3_1 является горизонтальной проекцией линии, по которой нижняя грань призмы пересекает поверхность конуса. Аналогично с помощью случайной горизонтальной плоскости γ найдены промежуточные точки 4 и 5 .

Для правильного построения линии пересечения рекомендуется использовать способ «полных сечений». Сущность его заключается в том, что грани призмы продолжают до полного пересечения с конусом. Например, продолжая левую грань призмы до полного пересечения с конусом, в сечении получают параболу, вершина которой находится в мнимой точке M , а наибольший раствор кривой отвечает точке N , лежащей на основании конуса. Определив эти точки, очерчивают тонкой линией контур параболы на горизонтальной плоскости, а ее часть в пределах грани призмы наносят сплошной основной линией. Правая грань призмы пересекает конус по эллипсу, большой осью которого является отрезок AB . На горизонтальной проекции тонкой линией вычерчивают контур всего эллипса, а окончательно обводят лишь ту его часть, которая принадлежит правой грани призмы.

Профильная проекция линии пересечения найдена координатным способом. Обратите внимание на то, что на профильной проекции линия пересечения касается правой очерковой образующей в точке 6_3 .

На рис. 188 изображена последовательность построения в изометрии пересекающихся поверхностей призмы и конуса:

1. Строят изометрическую проекцию конуса (рис. 188, а).

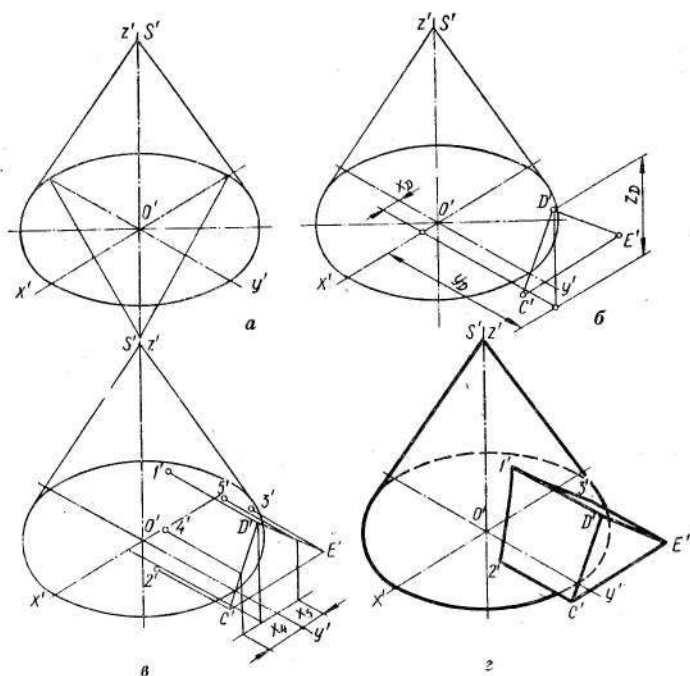


Рис. 188

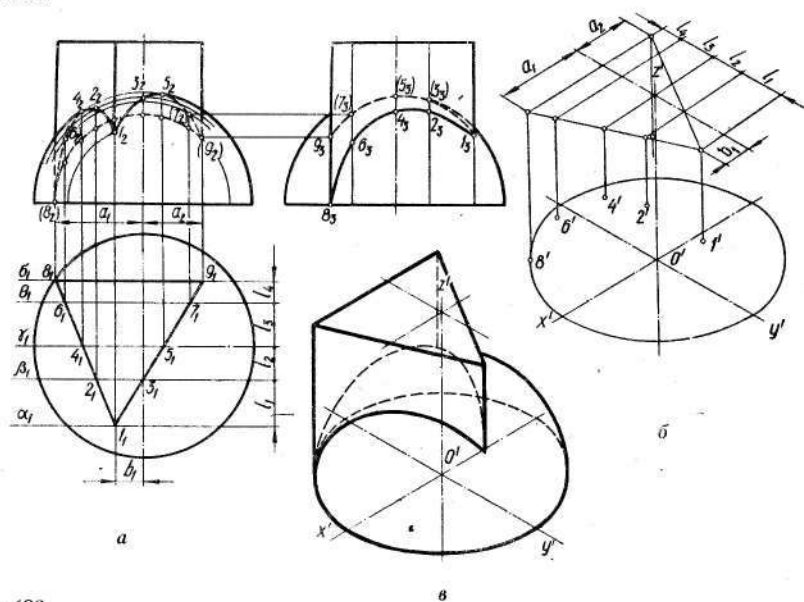


Рис. 189

2. Используя координаты x_D, y_D, z_D , определяют изометрическую проекцию вершины D , принадлежащей основанию призмы, и строят изометрическую проекцию треугольника $C'D'E'$ — основания призмы (рис. 188, б).

3. Из вершин $C'D'E'$ проводят прямые, параллельные оси Oy' , и откладывают на них отрезки, равные расстояниям от соответствующих вершин призмы до точек, принадлежащих линии пересечения: $C'2' = C_12_1$; $D'1' = D_11_1$; ... (рис. 187, 188, в).

4. Используя размеры x_4, x_5 и соответствующую длину отрезков, определяемую на горизонтальной проекции, находят положения промежуточных точек $4'$ и $5'$.

5. Соединяют полученные точки с учетом видимости линии пересечения (рис. 188, г).

Упражнение. На рис. 187 изображено пересечение полусферы с призмой. Рассмотрите и поясните сделанное построение.

15.4. Пересечение поверхностей вращения

В пересечении двух поверхностей вращения получаются одна или две пространственные замкнутые кривые линии, которые при определенных условиях распадаются на плоские кривые второго порядка или даже на прямые линии. Для решения задач применяют вспомогательные плоскости-посредники, чаще всего плоскости уровня. Начинать следует с определения опорных точек линии пересечения. При определении видимости исходят из указанных положений (см. § 15.1).

Рассмотрим построение линии пересечения вертикального цилиндра и горизонтального полуцилиндра, оси которых пересекаются под прямым углом (рис. 190, а). Горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с окружностью, в которую проецируется боковая поверхность вертикального цилиндра на плоскость Π_1 , а профильная проекция сливается с дугой окружности — проекцией боковой поверхности горизонтального полуцилиндра на плоскость Π_3 . Фронтальные проекции 2_2 и 3_2 высших опорных точек кривой лежат на пересечении фронтальных проекций очерковых образующих данных цилиндров. Низшую точку 1_2 определяют проведением горизонтальной линии связи из точки 1_3 до пересечения с фронтальной проекцией соответствующей образующей. Промежуточные точки 4 и 5 определены при помощи фронтальной секущей плоскости β , которая пересекает вертикальный цилиндр по образующим A и B , а горизонтальный — по образующей 4—5; взаимное их пересечение даст точки 4 и 5. Полученные точки соединяют плавной кривой.

На рис. 190, б, в построена изометрическая проекция пересекающихся поверхностей. Последовательность ее построения:

1. Вычерчивают изометрическую проекцию вертикального цилиндра и горизонтального полуцилиндра (см. § 13.4).

2. На верхнем основании вертикального цилиндра определяют положения точек M', A', T', B' . Точки M', T' лежат на концах аксонометрических осей x' и y' , а для определения точек A' и B' используют координату y_4 .

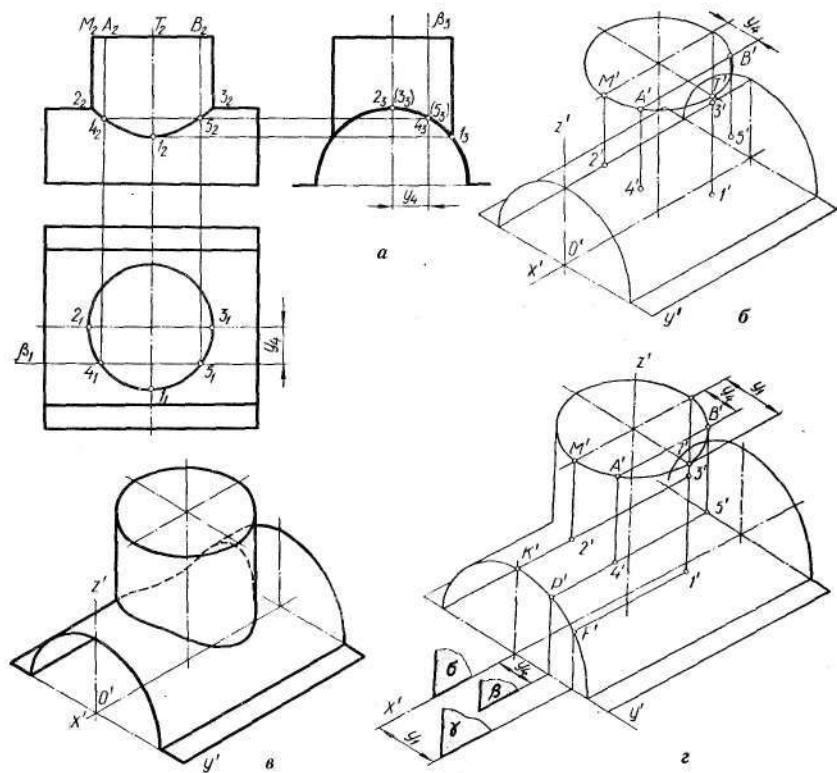


Рис. 190

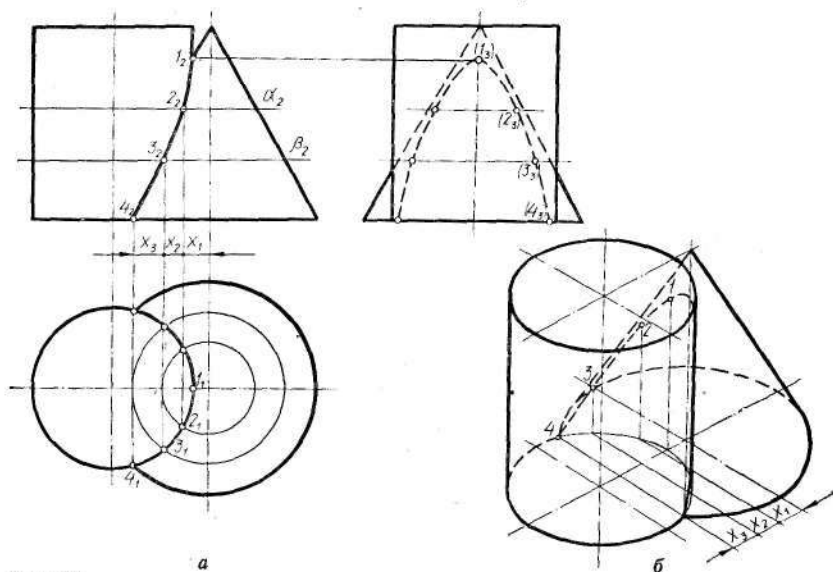


Рис. 191

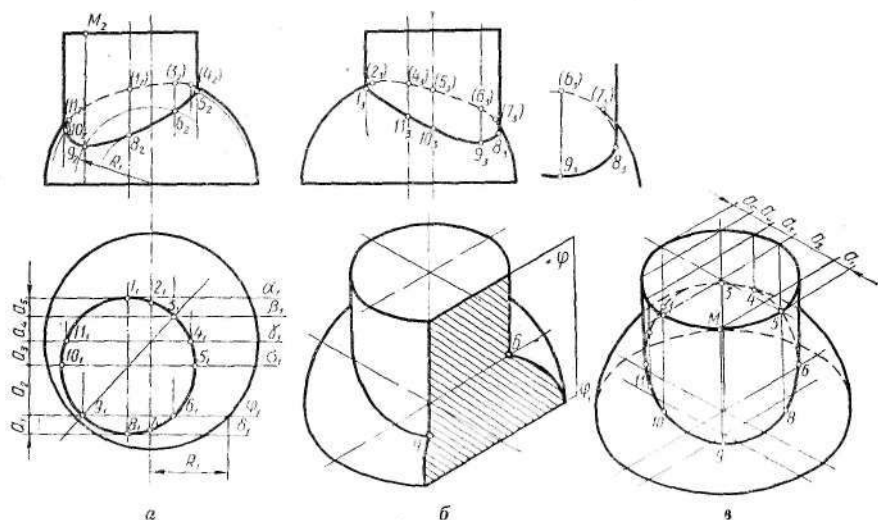


Рис. 192

3. Из найденных точек проводят образующие вертикального цилиндра параллельно оси z' и откладывают на них отрезки, измеренные на фронтальной проекции: $M'2' = M_22_2$; $A'4' = A_24_2$; ...

Окончательный вид изометрии показан на рис. 190, в.

На рис. 190, г построение изображения в изометрии выполнено проведением вспомогательных фронтальных секущих плоскостей без использования комплексного чертежа. Так, плоскость β , удаленная от осей вертикального и горизонтального цилиндров на величину y_4 , пересекает вертикальный цилиндр по образующим $A'4'$ и $B'5'$, а горизонтальный — по образующей $P'5'$. Взаимное их пересечение дает точки $4'$ и $5'$, принадлежащие линии пересечения поверхностей. Аналогично получены точки $2'$, $3'$, $1'$.

Упражнение 1. Рассмотрите и поясните построение линии пересечения кругового цилиндра с прямым круговым конусом (рис. 191).

Упражнение 2. Рассмотрите и поясните построение линии пересечения полушеры и вертикального цилиндра (рис. 192).

15.5. Способ вспомогательных сфер

На рис. 193 изображены пересечения тел вращения с общей осью: сферы и цилиндра (рис. 193, а), двух сфер (рис. 193, б), цилиндра и конуса (рис. 193, в). Во всех этих случаях линией пересечения поверхностей является окружность, которая проецируется на плоскость, параллельную оси вращения, в виде прямой, перпендикулярной к этой оси. Это свойство и лежит в основе способа вспомогательных сфер.

Различают способ концентрических сфер и способ эксцентрических сфер.

Способ концентрических сфер основан на том, что сфера пересекается с поверхностью вращения по окружности, если ось поверхности проходит

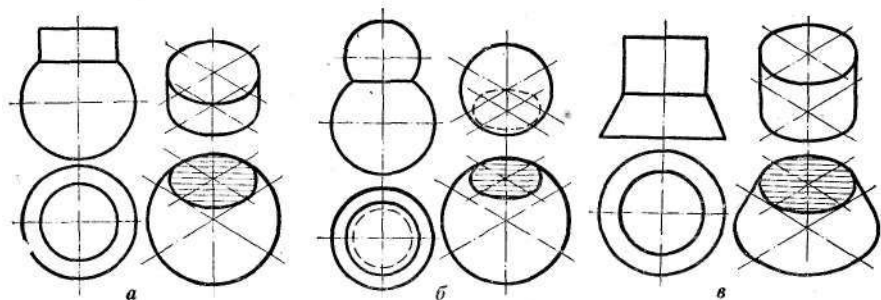


Рис. 193

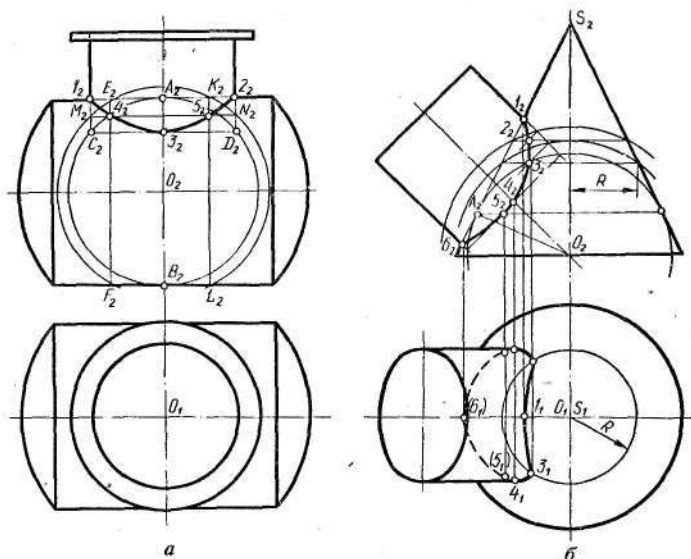


Рис. 194

через центр сферы. Если, кроме того, ось поверхности параллельна одной из плоскостей проекций, то плоскость полученной окружности занимает проецирующее положение по отношению к этой плоскости проекций, т. е. проецируется на нее в виде прямой. Следовательно, способ концентрических вспомогательных сфер можно применять для решения задач при наличии следующих условий: а) обе поверхности должны быть поверхностями вращения; б) оси поверхностей должны пересекаться между собой; в) обе оси должны быть параллельны одной из плоскостей проекций.

Решение задач выполняется по такому плану:

- 1) из точки пересечения осей заданных поверхностей как из центра проводят вспомогательные сферы;
- 2) определяют окружности, по которым вспомогательные сферы пересекаются с каждой из заданных поверхностей в отдельности;
- 3) находят точки пересечения полученных окружностей.

На рис. 194, а изображено построение линии пересечения двух цилиндров. Очевидными являются точки 1_2 и 2_2 пересечения очерковых

образующих данных цилиндров, так как они лежат в общей фронтальной плоскости. Принимая точку O за центр, строят вспомогательную сферу. Эта сфера пересекает вертикальный цилиндр по окружности, проецирующейся отрезком M_2N_2 , а горизонтальный — по двум окружностям, которые проецируются отрезками E_2F_2 и K_2L_2 . Пересечение этих трех линий дает точки 4_2 и 5_2 , принадлежащие линии пересечения. Вспомогательная сфера минимального радиуса должна касаться цилиндра большего диаметра. Эта сфера касается горизонтального цилиндра по окружности диаметра A_2B_2 , а вертикальный цилиндр пересекает по окружности, проецирующейся отрезком C_2D_2 . Взаимное их пересечение дает фронтальную проекцию нижней точки линии пересечения — 3_2 . Вспомогательная сфера максимального радиуса определяется расстоянием от центра O до точки 1 (или 2). Полученные точки пересечения соединяют плавной кривой.

На рис. 194, б заданы цилиндр и конус, оси которых пересекаются. Опорные точки 1_2 и 6_2 пересечения очерковых образующих определяют непосредственно из чертежа. Из точки O_2 пересечения осей цилиндра и конуса опускают перпендикуляр на очерковую образующую конуса. Длина этого перпендикуляра послужит радиусом минимальной вспомогательной сферы. Эта сфера касается конуса и пересекает цилиндр по окружности, проецирующейся на плоскость Π_2 в прямую линию. Пересечение этих линий дает проекцию 5_2 искомой точки. Увеличивая радиусы вспомогательных сфер, аналогичными построениями определяют точки $2_2, 3_2, \dots$

Горизонтальную проекцию линии пересечения получают построением вспомогательных окружностей, лежащих на поверхности конуса или на поверхностях сфер-посредников. Так, для построения горизонтальной проекции точки 3 (рис. 194, б) строят окружность радиуса R , лежащая на поверхности конуса. Точка 4_1 , лежащая на очерковой образующей цилиндра, отделяет на Π_1 видимую часть линии пересечения от невидимой.

При решении задач на пересечение поверхностей вращения второго порядка следует помнить, что пространственная линия пересечения проецируется на плоскость, параллельную плоскости симметрии данных фигур (в нашем случае на плоскость Π_2), в виде кривой второго порядка. Линия пересечения конуса и цилиндра дает в проекции ветвь гиперболы, а пересечение этих поверхностей со сферой — параболу.

Упражнение. Рассмотрите и поясните построение, выполненное на рис. 195, а.

Способ эксцентрических сфер заключается в использовании сфер, имеющих различные центры. Введение эксцентрических сферических посредников расширяет область применения способа сфер. Так, вместо поверхностей вращения можно брать поверхности, содержащие круговые сечения. Примерами таких поверхностей служат трехосный эллипсоид, тор, наклонный цилиндр и др.

На рис. 195, б цилиндр пересекается с круговым кольцом (тором). Высшая 1_2 и низшая 4_2 опорные точки определяются непосредственно из чертежа на пересечении очерковых образующих цилиндра с очерковой образующей тора, так как они лежат в общей фронтальной

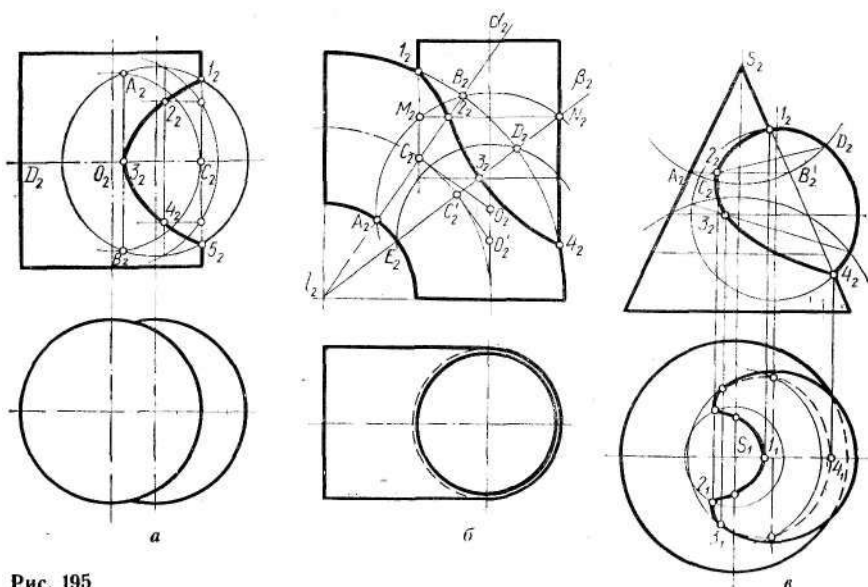


Рис. 195

плоскости. Для определения промежуточных точек применяют скользящие сферы. Через ось тора проводят случайную фронтально проецирующую плоскость α . Эта плоскость пересекает тор по окружности диаметра A_2B_2 с центром в точке C_2 . Из точки C_2 восстанавливают перпендикуляр к следу α_2 до пересечения с осью цилиндра в точке O_2 . Из этой точки как из центра проводят сферу радиусом O_2A_2 , которая пересечет цилиндр по окружности диаметра M_2N_2 . Пересечение линий M_2N_2 и A_2B_2 дает пару промежуточных точек кривой (2_2) . Проводя вторую вспомогательную фронтально проецирующую плоскость β , определяют пару точек 3_2 и т. д. Полученные точки соединяют плавной кривой.

На рис. 195, в способом эксцентрических сфер решена задача на пересечение конуса со сферой. Так как сфера имеет бесчисленное множество осей симметрии, то за центр вспомогательных сфер-посредников можно принять любую точку, лежащую на оси конуса или на ее продолжении. В нашем случае одна из сфер проведена из точки S_2 как из центра. Эта сфера пересекает конус по окружности диаметра A_2B_2 , а заданную сферу — по окружности диаметра C_2D_2 . Взаимное их пересечение дает точку 2_2 . Точка 3_2 найдена проведением сферы-посредника из другого центра, лежащего на продолжении оси конуса.

15.6. Пересечение поверхностей второго порядка то плоским кривым

При взаимном пересечении двух поверхностей второго порядка возможны случаи, когда пространственная кривая распадается на две плоские кривые. Случай распада отвечает теореме Монжа:

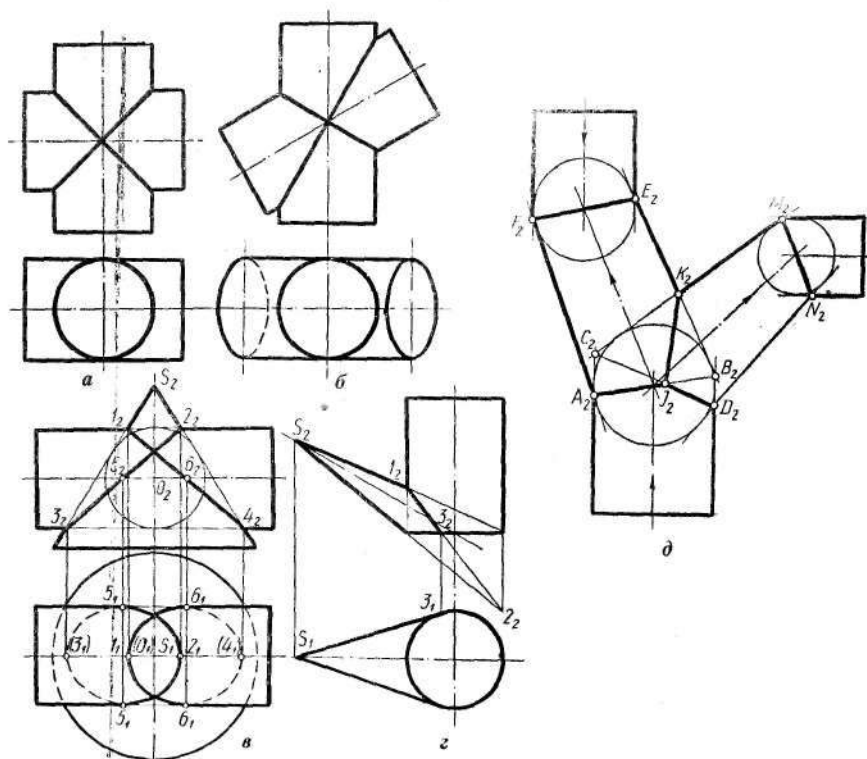


Рис. 196

если две поверхности второго порядка описаны около третьей или вписаны в нее, то они пересекаются по двум плоским кривым.

На рис. 196, а, б изображены цилиндры, оси которых пересекаются между собой. Диаметры этих цилиндров одинаковы. Линиями пересечения цилиндрических поверхностей будут два эллипса, которые на плоскость Π_2 проецируются отрезками прямых, расположенными по биссектрисам углов между проекциями осей цилиндров.

На рис. 196, в цилиндр и конус описаны вокруг сферической поверхности. Согласно теореме Монжа линия их пересечения распадается на две плоские кривые — два эллипса, проходящих через точки пересечения очерковых образующих поверхностей. На плоскость Π_2 эллипсы проецируются отрезками прямых, а на Π_1 — в виде эллипсов.

Существует и другая теорема:

если две кривые поверхности пересекаются по одной плоской кривой, то они пересекаются и по второй плоской кривой.

На рис. 196, г изображен такой случай пересечения. Здесь одной из линий пересечения можно считать общее основание цилиндра и наклонного конуса. Вторая линия пересечения — дуга эллипса, которая проецируется на Π_2 отрезком $1_2 3_2$.

Упражнение. Рассмотрите и поясните, как построены линии пересечения на воздуховоде, изображенном на рис. 196, д.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какая линия образуется в пересечении двух многогранников? двух поверхностей второго порядка? многогранника с телом вращения?
2. По какому плану решаются задачи на пересечение поверхностей?
3. Как определяется видимость точек линии пересечения?
4. Как пересекаются между собой поверхности вращения с общей осью?
5. Сформулируйте план решения задач при помощи сферических посредников.
6. Сформулируйте теорему Монжа.
7. Какие условия необходимы для решения задач способом сферических посредников.

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Взаимное пересечение поверхностей». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля по теме „Взаимное пересечение поверхностей“

1. На каких рисунках для решения задач целесообразно применить горизонтальные секущие плоскости (рис. 1—8)?
2. На каких рисунках для решения задач целесообразно применить фронтальные секущие плоскости (рис. 1—8)?
3. На каких рисунках задачи могут быть решены при помощи сфер (рис. 1—8)?
4. В каких случаях для решения задач используют теорему Монжа (рис. 1—8)?
5. Сколько вершин имеет замкнутая линия пересечения призм на рис. 6?

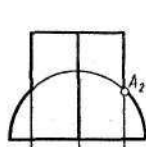


Рис. 1

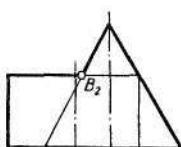


Рис. 2

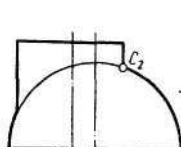


Рис. 3

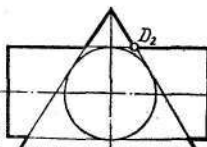


Рис. 4

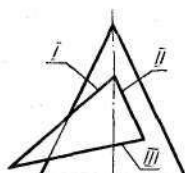


Рис. 5

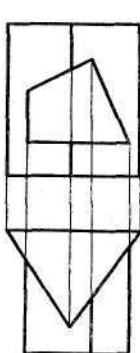


Рис. 6

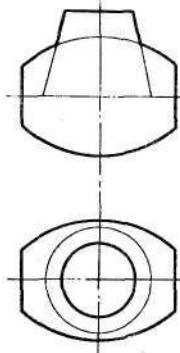


Рис. 7

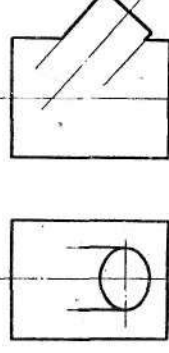


Рис. 8

6. Какие кривые образуются в пересечении конуса графями *I, II, III* призмы (рис. 5)?
7. Какие из точек *A, B, C, D* принадлежат линии пересечения заданных поверхностей (рис. 1—4)?
8. В каких случаях в пересечении образуется одна замкнутая линия (рис. 1—8)?
9. На каких рисунках линия пересечения представляет собой плавную замкнутую кривую (рис. 1—8)?
10. На каких рисунках линия пересечения состоит из нескольких плоских кривых второго порядка (рис. 1—8)?

§ 16. ТЕХНИЧЕСКОЕ РИСОВАНИЕ

16.1. Общие положения

Техническим рисунком называется изображение предмета в аксонометрической проекции, выполненное от руки и на глаз.

Технический рисунок служит вспомогательным средством при проектировании машин и изделий. Он развивает пространственное мышление, зрительную память, чувство пропорции, наблюдательность, эстетический вкус и способствует лучшему пониманию чертежа. Целью изучения рисования в техникуме является приобретение навыков в изображении сравнительно несложных по форме предметов и геометрических тел в аксонометрических проекциях.

Приведем некоторые общие указания, рекомендуемые в процессе рисования:

1. Лист бумаги для рисования закрепляют кнопками на фанере или небольшой чертежной доске. Во время работы планшет держат наклонно, под углом 60° . Один конец планшета упирается в колени учащегося, а второй — в стол или спинку стула.

2. Лист бумаги должен быть хорошо освещен; на него не должна падать тень от учащегося. Расстояние от глаз рисующего до предмета должно быть по крайней мере в три раза больше, чем размеры предмета.

3. В процессе рисования держать карандаш рекомендуется тремя пальцами: большим, указательным и средним. Рисовать следует свободно, без напряжения, движения руки должны быть твердыми и уверенными.

4. Рисовать следует сидя, сохраняя прямое и спокойное положение головы и корпуса. Для рисования используют карандаши марок *A* и *2M*.

6.2. Рисование прямых линий и углов

Первые упражнения учащиеся начинают с проведения горизонтальных, вертикальных и наклонных прямых линий (рис. 197, *a—г*). Рисуют мягким тонко заостренным карандашом. Длину отрезков рекомендуется брать в пределах 80—100 мм и выдерживать одинаковое расстояние между параллельными линиями каждой группы. Чтобы провести линию, намечают несколько точек и движением карандаша

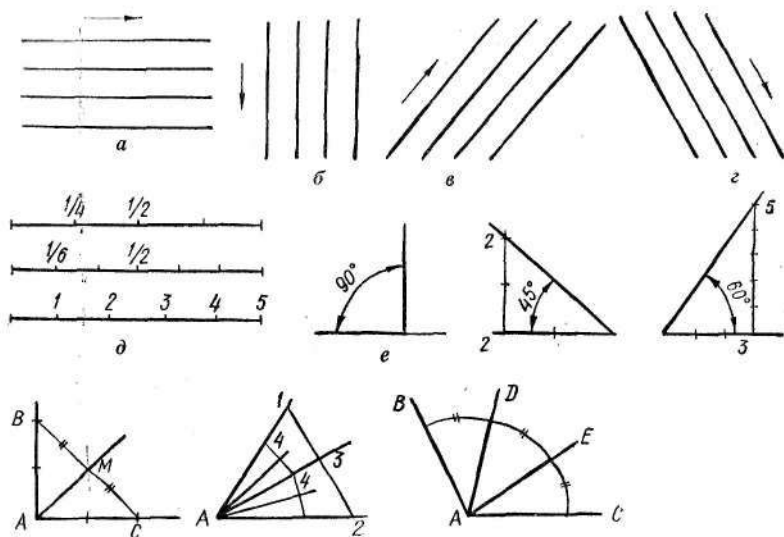


рис. 197

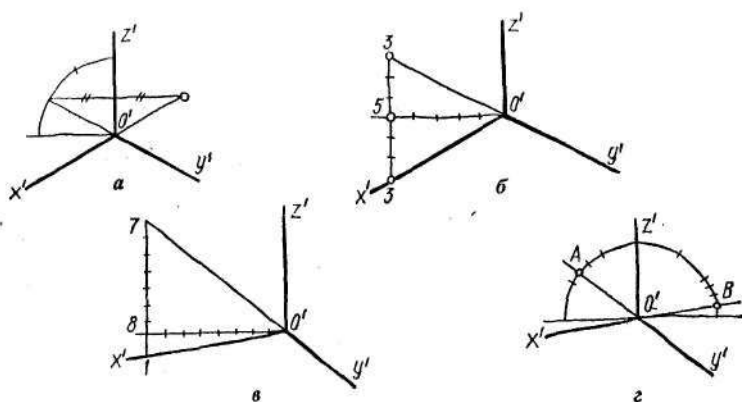


рис. 198

воздухе мысленно соединяют их. Затем соединяют точки на бумаге тонкой линией, проверяют ее прямолинейность и окончательно наводят линией нужной толщины. На рис. 197 стрелками показаны направления, в которых рекомендуется проводить линии различных руш.

Следует научиться «на глаз» делить произвольный отрезок прямой на любое число равных частей, например на 2, 4, 5, 6 и т. д. частей (рис. 197, д). Чтобы построить прямой угол, проводят две взаимно перпендикулярные прямые, сравнивают на глаз полученные смежные углы, если нужно, вносят поправки и наводят линией определенной толщины (рис. 197, е). На рис. 197, ж показано, как рисовать углы 45 и 60°, используя значения тангенсов этих углов (1 : 1 и 5 : 3).

Чтобы разделить произвольный угол пополам, в том числе и прямой (рис. 197, з), на сторонах угла откладывают равные отрезки AB и AC . Отрезок BC делят пополам. Биссектриса угла BAC пройдет из вершины A через точку M — середину отрезка. На этом же рисунке показано, как поделить угол на четыре и три равные части. В последнем случае проводят дугу окружности, делят ее на три равные части и точки деления соединяют с точкой A .

Для построения осей прямоугольной изометрии и диметрии нужно научиться рисовать углы 30° ; 7° и 41° . Для построения осей в прямоугольной изометрии применяют два способа: 1) деление дуги четверти окружности на три равные части (рис. 198, а); 2) использование значения тангенса угла 30° , равного $3 : 5$ (рис. 198, б). Для построения осей $O'x'$ и $O'y'$ в прямоугольной диметрии под углами 7° и 41° на рис. 198, в использованы значения тангенсов этих углов ($1 : 8$ и $7 : 8$). Другой способ построения показан на рис. 198, г. Четверть дуги окружности делят на три равные части и среднюю треть делят еще на три части. Соединяя точку A с началом осей O' , получают направление оси $O'y'$. Для получения оси $O'x'$ нижнюю треть делят на четыре части и точку B соединяют с началом осей проекций.

16.3. Рисование плоских фигур

Чтобы нарисовать изометрию квадрата, лежащего в плоскости Π_1 (рис. 199, а), проводят оси $O'x'$ и $O'y'$ и откладывают на осях от точки O' отрезки $O'A'$, $O'B'$, $O'C'$ и $O'D'$, равные половине длины стороны квадрата. Через полученные точки A' , B' , C' , D' проводят прямые, параллельные аксонометрическим осям. Квадрат в изометрии имеет форму ромба. Аналогично изображают квадраты, лежащие в плоскостях Π_2 и Π_3 .

На рис. 199, б в изометрии нарисован шестиугольник. Если вокруг шестиугольника описать окружность, то нетрудно заметить, что

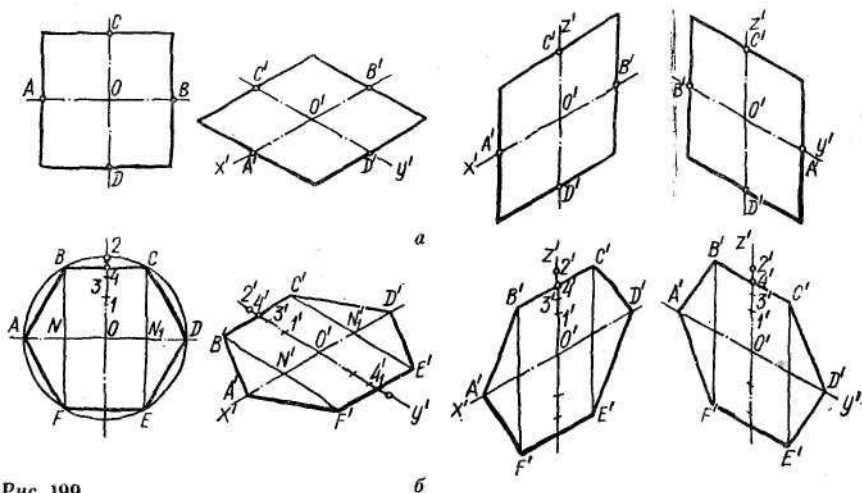


Рис. 199

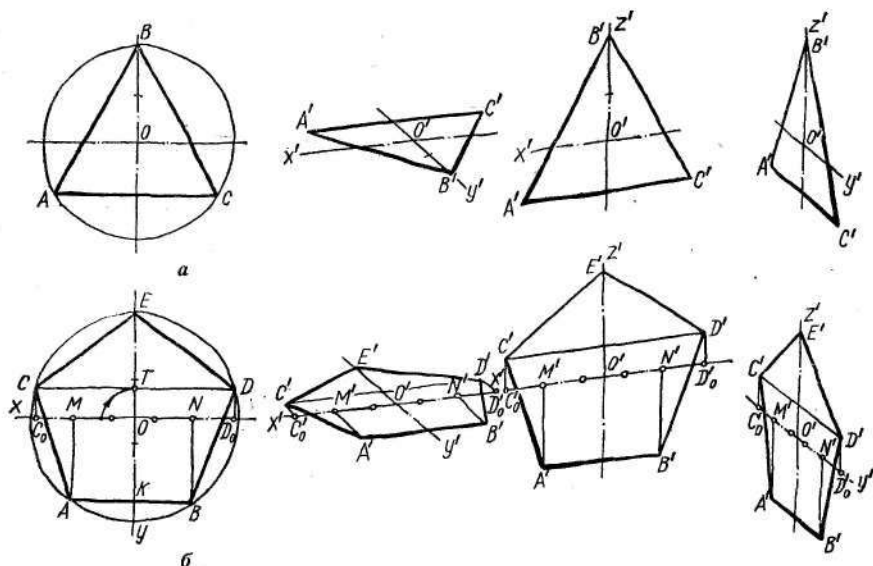


Рис. 200

сторона BC делит радиус $O2$ в отношении $1 : 8$, а диагональ AD равна удвоенной стороне шестиугольника. На изометрических осях откладывают в обе стороны от точки O' величину стороны шестиугольника. На оси $O'y'$ находят точку $4'$, которая делит отрезок $O'2'$ в отношении $1 : 8$. Симметрично ей определяют на оси $O'y'$ точку $4'_1$. Через точки $4'$ и $4'_1$ проводят прямые, параллельные оси $O'x'$, а через точки N' и N'_1 (середины отрезков $O'A'$ и $O'D'_1$) — прямые, параллельные оси $O'y'$. Взаимное их пересечение дает вершины шестиугольника B', C', E', F' .

Упражнение. Самостоятельно рассмотрите и поясните построение треугольника и пятиугольника в диметрии (рис. 200, а, б).

Окружность в аксонометрической проекции изображается в виде эллипса. Различные случаи построения окружности в изометрии и диметрии изображены на рис. 201. На осях $O'x'$ и $O'y'$ (рис. 201, а) откладывают отрезки, равные радиусу окружности, и рисуют ромб, представляющий собой изометрическую проекцию квадрата, описанного вокруг окружности. Отрезок $O'L'$ делят на три равные части и из точки K' проводят прямую, параллельную оси $O'x'$ до пересечения в точках B' и D' с направлениями главных осей эллипса. Симметрично им находят точки A' и C' . По восьми найденным точкам рисуют эллипс.

Эллипс в изометрии можно построить и по большой заданной оси способом «блокирования» (рис. 201, б). Для этого большую полуось эллипса делят на пять равных частей и откладывают на направлении малой оси три такие части. Отрезок $C'D'$ — малая ось эллипса. Через концы осей эллипса проводят дуги, пересекающиеся оси эллипса за его

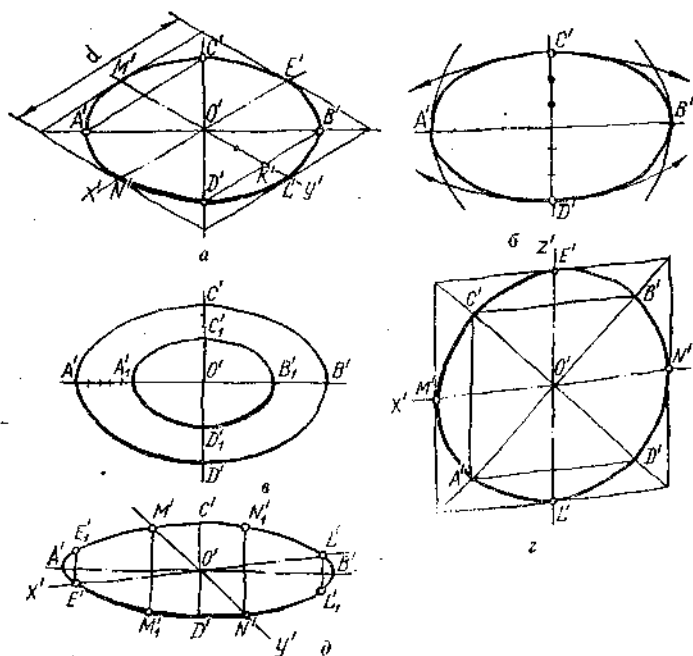


Рис. 201

пределами, и образованные углы пересечения дуг постепенно скругляют.

При изображении в изометрии двух concentрических окружностей следует учесть, что расстояние между эллипсами по малой оси относится к расстоянию между ними по большой оси, как 3 : 5 (рис. 201, в).

На рис. 201, г по сопряженным диаметрам в прямоугольной диметрии построен эллипс, расположенный в плоскости Π_2 . На аксонометрических осях откладывают отрезки $M'N'$ и $E'L'$, равные диаметру окружности, и строят ромб. Диагонали ромба дают направления главных осей эллипса. Отрезок $O'M'$ делят на три равные части и проводят прямую $A'C'$, параллельную оси $O'z'$. Полученные точки A' и C' принадлежат большой и малой осям эллипса. Симметрично им определяют точки B' и D' и по восьми точкам рисуют эллипс.

Для изображения диметрии эллипса в плоскости Π_1 или Π_3 проводят направления главных осей (рис. 201, д). По оси $O'x'$ откладывают отрезок $E'L'$, равный диаметру окружности, а по оси $O'y'$ — отрезок $M'N'$, равный половине диаметра. Из точек E', M', N', L' проводят прямые, перпендикулярные к $A'B'$, и находят симметричные им точки E'_1, M'_1, N'_1, L'_1 . Найденные 8 точек позволяют нарисовать эллипс.

16.4. Рисунки геометрических тел

На рис. 202, *а* в изометрии нарисованы шестигранные призмы, основания которых лежат в разных плоскостях проекций. На рис. 202, *б* дано изображение в изометрии цилиндров. На рис. 203 цилиндры изображены в прямоугольной диметрии. Большие оси эллипсов оснований цилиндров соответственно перпендикулярны к осям $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$, т. е. к осям вращения этих цилиндров; отношение величины большой оси к малой составляет $1 : 3$ и $9 : 10$. Размеры по оси $O'y'$ сокращены вдвое.

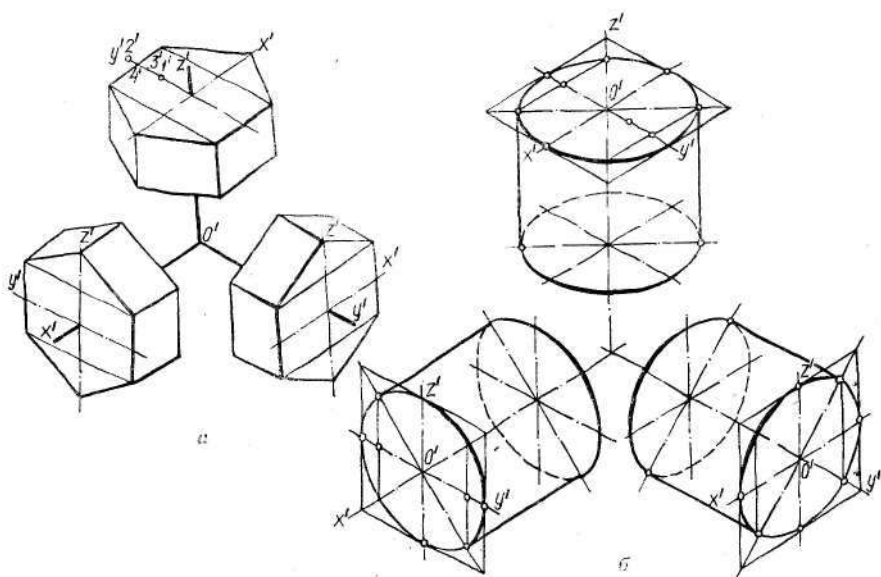


Рис. 202

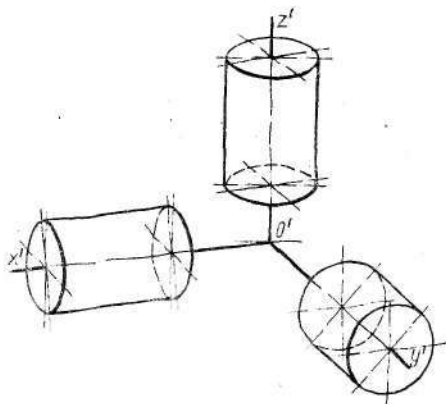


Рис. 203

16.5. Оттенение поверхности предметов

Чтобы получить впечатление объемности и придать рисунку наглядность, на изображение наносят светотени. *Светотенью называется распределение света на поверхности предмета.* В рисовании принято, что источник света условно расположен сверху, слева и сзади от рисующего, т. е. освещение левостороннее. Угол наклона световых лучей к горизонту равен 45° . Светотень состоит из следующих

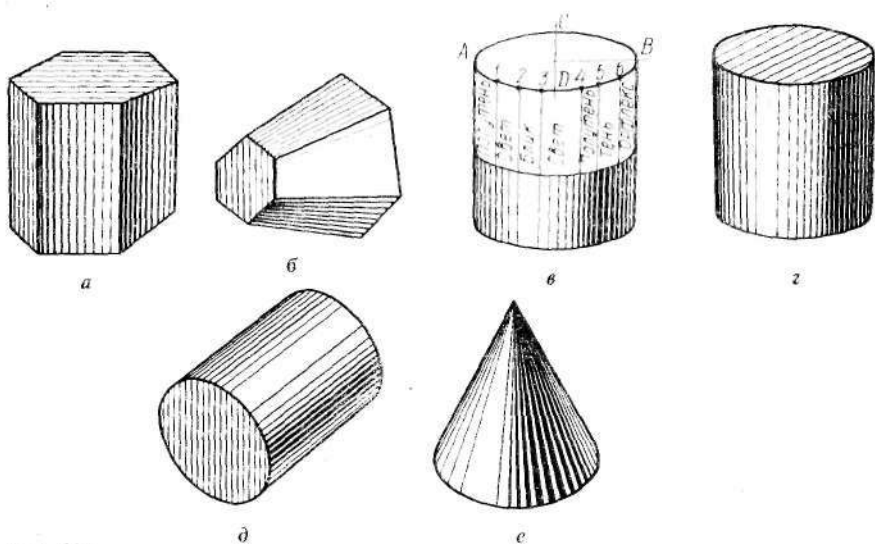


Рис. 204.

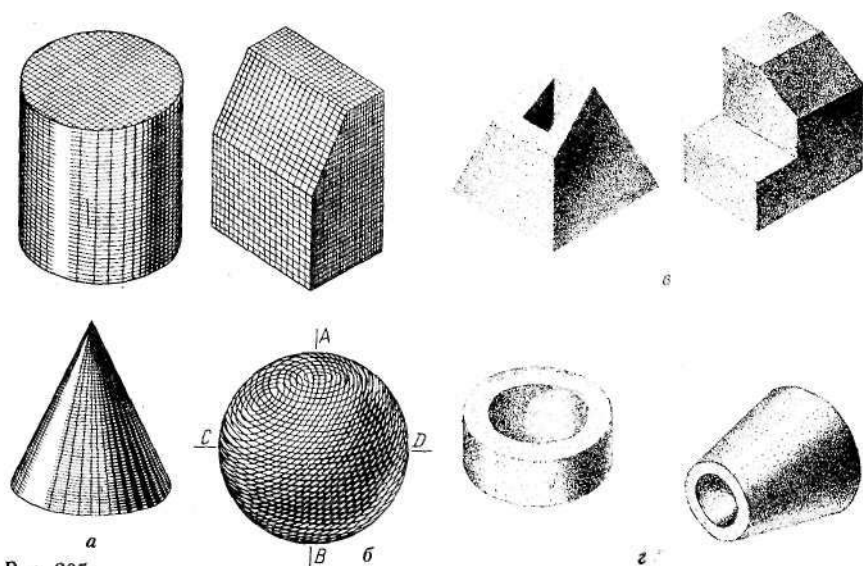


Рис. 205

элементов: падающей тени, рефлекса, собственной тени, полутени света и блика.

Падающие тени, т. е. тени, отбрасываемые предметом на другие поверхности, на технических рисунках не показывают. *Рефлексы* называют отраженный свет на поверхности предмета в его неосвещенной части. *Собственной тенью* называется тень, находящаяся на неосвещенной части предмета. *Полутень* — это участки перехода с света к тени. Освещенная часть поверхности предмета называется *светом*, а *блик* — самое светлое пятно на предмете.

Светотень наносят на рисунок штриховкой, шрафировкой, оттенением точками и другими способами.

Наиболее простым и распространенным способом является *штриховка*. Поверхности многогранника (рис. 204, а, б) заштриховывают параллельными линиями. Вертикальные плоскости штрихуют вертикальными прямыми, горизонтальные — прямыми, параллельными аксонометрическим осям $O'x'$ и $O'y'$, а наклонные — прямыми, параллельными углу наклона плоскости. Расстояние между штрихами — 1...3 мм. Выступающие ребра предмета оттеняют наиболее яркими толстыми штрихами. Различная густота штрихов позволяет добиться различных тонов — от светло-серых до наиболее темных. Можно изменять ширину штрихов, сильнее надавливать на карандаш и др. На рис. 204, в цилиндра показано вспомогательное построение, позволяющее выделить участки тени, полутени, рефлекса и т. п. Для этого половину эллипса основания делят на семь частей. Штриховать начинают с наиболее темных участков. На рис. 204, г—е показано нанесение светотени для цилиндров и конусов при различных их положениях.

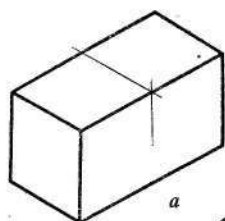
Шрафировка — это штриховка сеткой, т. е. двойная штриховка. Примеры шрафировки даны на рис. 205, а, б. На рис. 205, в, г объемность предмета выявлена *оттенением точками*. Эти способы требуют много времени и мало применяются в учебной практике.

16.6. Рисунки технических деталей

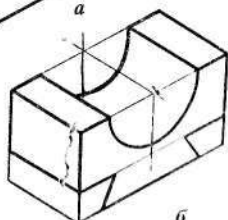
Рисовать детали можно с натуры или с чертежа. И в том и в другом случае последовательность работы примерно такова:

- а) изучают деталь и определяют ее рабочее положение;
- б) устанавливают на глаз приблизительное соотношение ее размеров (длины, ширины, высоты), а также размеры ее частей, т. е. устанавливают пропорциональные зависимости между частями детали;
- в) изучают конструкцию детали, мысленно расчленив ее на простые геометрические формы;
- г) устанавливают необходимость разреза при наличии в детали внутренних полостей;
- д) в зависимости от формы и конструкции предмета выбирают тот или другой вид аксонометрического изображения на рисунке;
- е) намечают композицию рисунка.

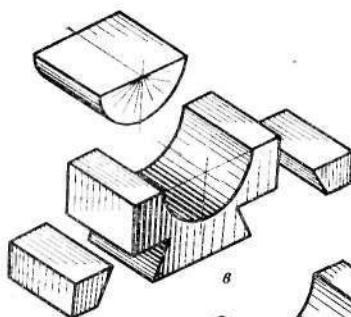
В зависимости от формы предмета рекомендуют различные рациональные способы построения рисунка. На рис. 206 дана последовательность построения рисунка детали по ее заготовке. Нарращивание



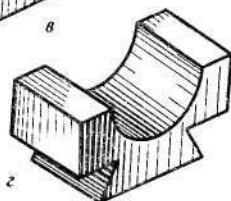
a



б

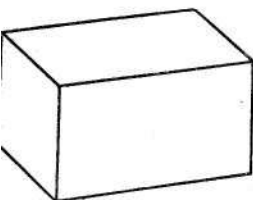


в

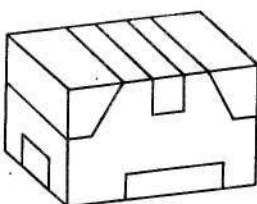


г

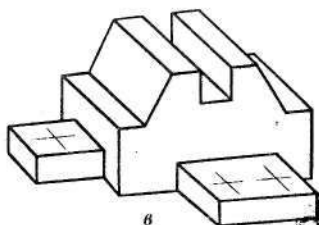
Рис. 206



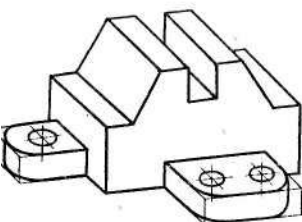
a



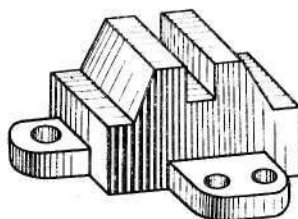
б



в

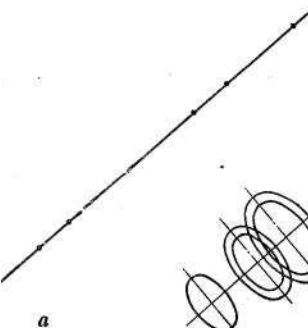


г

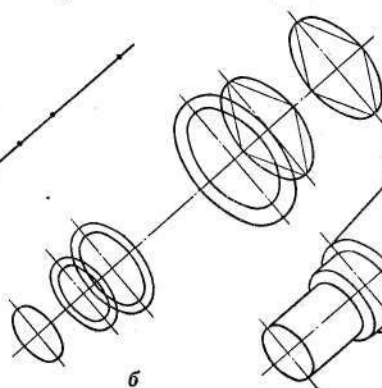


д

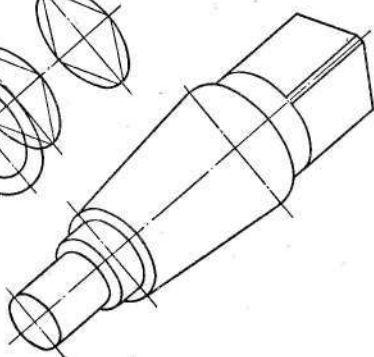
Рис. 207



a



б



в

Рис. 208

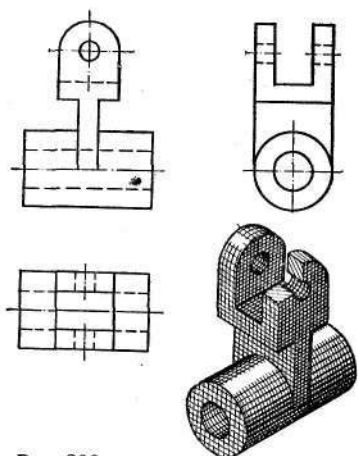


Рис. 209

отдельных мелких элементов показано на рис. 207. Когда форма предмета представляет собой совокупность тел вращения, размещенных на одной оси, последовательность построения рисунка может быть подобна указанной на рис. 208. На рис. 209 рисунок детали выполнен по готовому чертежу.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В какой последовательности выполняют технический рисунок детали?
2. Как разделить угол на две, три, четыре равные части?
3. Как построить на глаз углы в 30, 45, 60 и 75°?
4. Постройте рисунок равнобокой трапеции в изометрии и в диметрии.
5. Постройте рисунок окружности в изометрии и в диметрии, если окружность лежит в плоскостях, параллельных плоскостям проекций Π_1 и Π_3 .
6. Постройте в изометрии и в диметрии треугольную призму, ось которой перпендикулярна к плоскости проекций Π_2 .
7. Постройте в изометрии и в диметрии рисунок шестиугольной пирамиды, ось которой перпендикулярна к плоскости проекций Π_3 .
8. Постройте в изометрии и в диметрии рисунок прямого кругового цилиндра, ось которого перпендикулярна к плоскости проекций Π_2 .
9. Передайте штриховкой светотень на призме, пирамиде и конусе.
10. Выполните с натуры несколько рисунков технических деталей.

§ 17. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

17.1. Изделия и их составные части

Изделием называется любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии.

В зависимости от назначения их делят на изделия основного и вспомогательного производства. *Изделия основного производства* предназначены для реализации, а *вспомогательного* — для собственных нужд предприятия, которое их изготавливает. Например, если предприятие выпускает двигатели, инструменты и крепежные детали для реализации, то их относят к изделиям основного производства; если же инструменты и крепежные детали предназначены только для собственных нужд предприятия, то их относят к изделиям вспомогательного производства.

По ГОСТ 2.101—68 различают следующие виды изделий (рис. 210): детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты. В зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей изделия делят на *неспецифицированные* (детали) — не имеющие составных частей — и *специфицированные* (сборочные единицы, комплексы, комплекты) — состоящие из двух и более составных частей.

Деталь — это изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций, например: валик из одного куска металла, литой корпус, маховичок из пластмассы (без арматуры), отрезок кабеля, пластина из биметаллического листа, винт хромированный и др. Часть детали, имеющая определенное назначение, называется элементом детали. Элементами детали являются фаски, проточки, сквозные отверстия, шпоночные канавки, центровые отверстия, галтели, уклоны, пазы, лыски, резьба и т. п. (рис. 211).

Сборочная единица — это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе при помощи сборочных операций. Эти операции — сварка, пайка, свинчивание, клепка, опрессовка, развальцовка, склеивание, сшивка, укладка и т. п.

Комплекс — это два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например: автоматическая линия станков, цех-автомат, завод-автомат, бурильная установка, метеорологическая ракета, корабль и т. п.

В комплекс, кроме изделий, выполняющих основные функции, могут входить и изделия, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например: изделия для монтажа комплекса, упаковочные средства и тара, запасные части и др.



Рис. 210

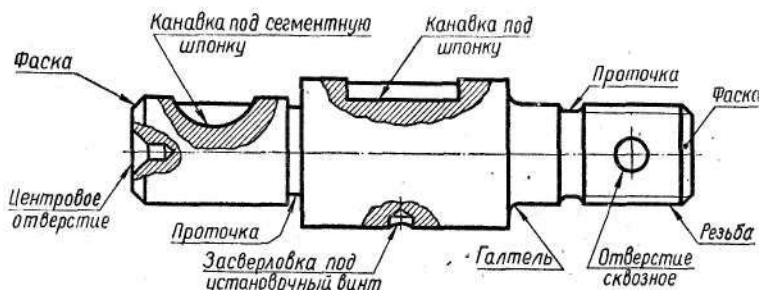


Рис. 211

Комплект — это два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект измерительных инструментов и т. п.

17.2. Виды и комплектность конструкторских документов

По ГОСТ 2.102—68 к конструкторским документам относят графические и текстовые документы, определяющие состав и устройство изделия и содержащие необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Основные виды конструкторских документов следующие:

Чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Сборочный чертеж — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля.

Чертеж общего вида — документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы.

Габаритный чертеж — документ, содержащий контурное изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

Монтажный чертеж — документ, содержащий контурное изображение изделия, а также данные, необходимые для его монтажа на месте применения.

Схема — документ, на котором в виде условных изображений или обозначений показаны составные части изделия и связи между ними.

Спецификация — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Пояснительная записка — документ, содержащий описание устройства и принципа действия изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений.

Технические условия — документ, содержащий эксплуатационные показатели изделия и методы контроля его качества.

Кроме перечисленных, к конструкторским документам относят *таблицы, расчеты, ведомости* и др.

Номенклатура конструкторских документов зависит от стадии их разработки. ГОСТ 2.103—68 устанавливает следующие *стадии разработки* документации:

- 1) *техническое задание*;
- 2) *техническое предложение*. Документам присваивается литера «П»;
- 3) *эскизный проект*. Присваивается литера «Э»;
- 4) *технический проект*. Присваивается литера «Т»;
- 5) *рабочая документация*. В зависимости от назначения документации ей присваивается литера «И» — для индивидуального производства, «О» — для опытного образца (партии), «А» — для установочной серии, «Б» — для серийного или массового производства.

Каждая предыдущая стадия служит основанием для разработки последующей.

В зависимости от способа выполнения и характера использования конструкторские документы делят на оригиналы, подлинники, дубликаты и копии.

Оригиналы — это документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников.

Подлинники — документы, оформленные подлинными установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократно воспроизводить с них копии.

Дубликаты — копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снимать с них копии.

Копии — документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинниками или дубликатами. Копии предназна-

чены для непосредственного использования на производстве, в эксплуатации и ремонте изделия.

Если документы предназначены для разового использования в производстве, допускается выполнять их в эскизном виде.

§ 18. ИЗОБРАЖЕНИЯ — ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

18.1. Общие положения

Чертеж изделия должен с исчерпывающей полнотой передавать его форму, размеры и содержать данные, необходимые для изготовления и контроля.

Для построения технических чертежей пользуются способом прямоугольного проецирования. В качестве основных плоскостей проекций принимают шесть граней пустотелого куба, внутри которого мысленно размещают предмет и проецируют его на внутренние поверхности граней. Следовательно, имеется шесть основных плоскостей проекций (рис. 212, а): две фронтальные (1 и 6), две горизонтальные (2 и 5) и две профильные (3 и 4). Из этих плоскостей чаще всего используют фронтальную 1, горизонтальную 2 и профильную 3. Разрезая куб по ребрам, разворачивают его так, чтобы все грани совместились с фронтальной плоскостью проекций, как показано на рис. 212, б. В результате образуется плоский комплексный чертеж.

Изображение на передней фронтальной плоскости проекций принимают за главное. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости так, чтобы наиболее полно выявить его форму и размеры при рациональном использовании поля чертежа. Правильный выбор главного изображения обуславливает и минимальное число необходимых изображений. На выбор главного изображения влияет ряд конструктивных и технологических факторов (см. § 20.2).

В зависимости от содержания изображения делят на виды, разрезы и сечения. Количество их должно быть наименьшим, но достаточным для полного представления об изображаемом предмете. При этом используют условные обозначения, знаки и надписи, предусмотренные стандартами (ГОСТ 2.305—68).

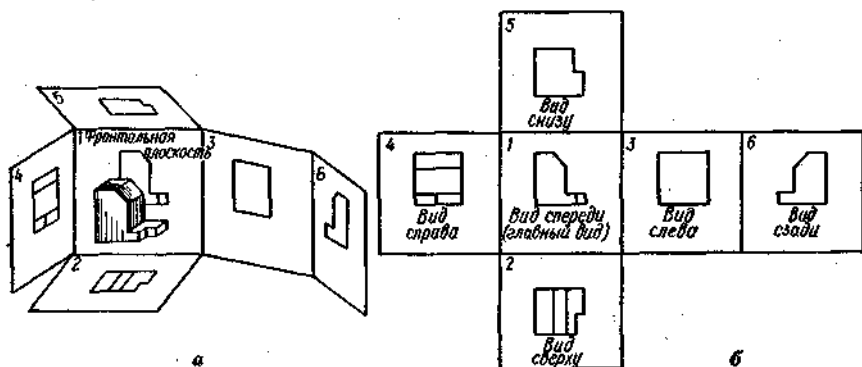


Рис. 212

18.2. Виды

Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета (рис. 213).

Если необходимо пояснить чертеж, то на виде штриховыми линиями допускается указывать невидимый контур предмета. Это позволяет уменьшить число изображений.

Виды разделяют на основные, дополнительные и местные.

Основными называются виды, полученные проецированием предмета на шесть основных плоскостей проекций. Каждый вид имеет свое название в зависимости от направления проецирования (рис. 212, б). За основу организации чертежа принимают *вид спереди* — главный вид предмета. Каждый из остальных видов размещается определенным образом относительно главного: *вид сверху* — под главным, *вид слева* — справа от главного, *вид снизу* — над главным и т. д.

Если чертеж выполнен на одном листе бумаги и основные виды расположены в проекционной связи, то их не надписывают. Исключением из этого правила является:

а) смещение какого-либо вида относительно главного изображения с целью лучше использовать поле чертежа (рис. 214, а), уменьшить формат и т. п.;

б) размещение какого-либо изображения между главным и заданным видами (рис. 214, б);

в) выполнение вида не на одном листе с главным изображением. Во всех перечисленных случаях вид сопровождается надписью типа «Вид А», а направление взгляда указывается стрелкой с той же большой буквой (рис. 214, а, б). Размеры стрелки должны отвечать рис. 214, в.

Дополнительными называют виды, полученные проецированием на произвольно выбранную плоскость, не параллельную основным плоскостям проекций. Используют эти виды в тех случаях, когда часть

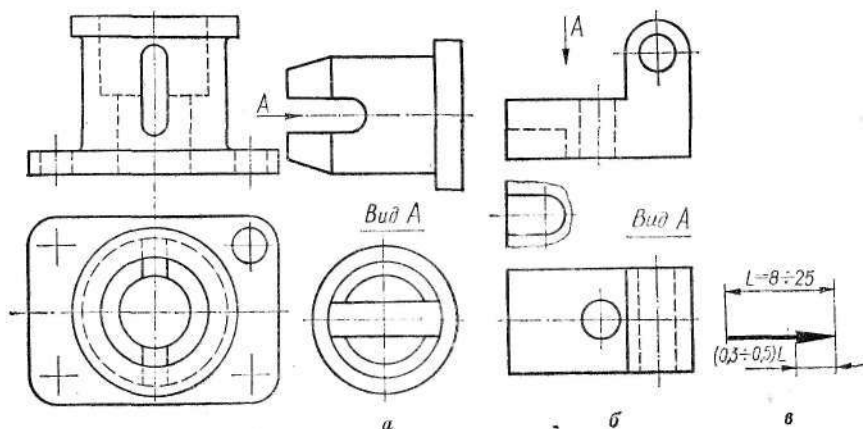


Рис. 213

Рис. 214

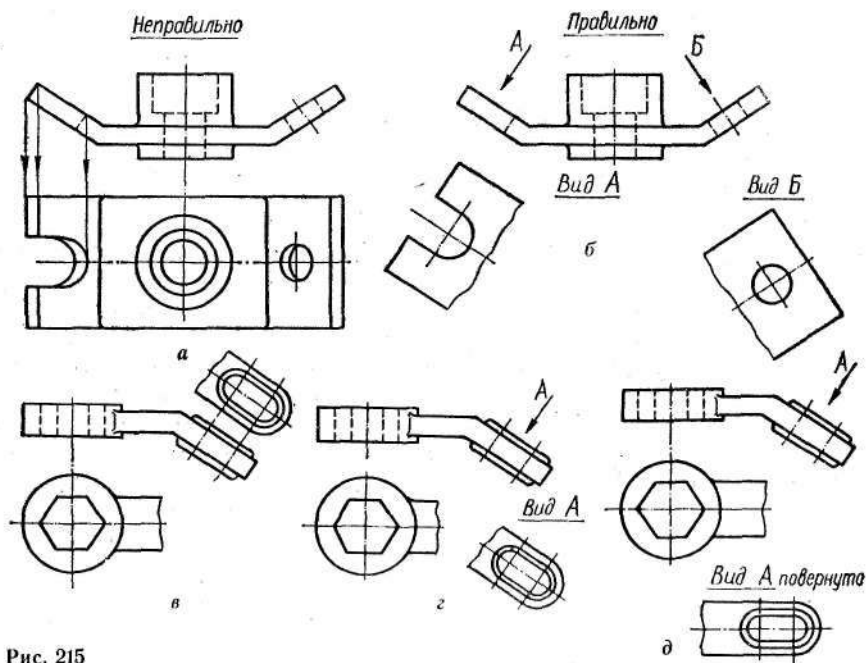


Рис. 215

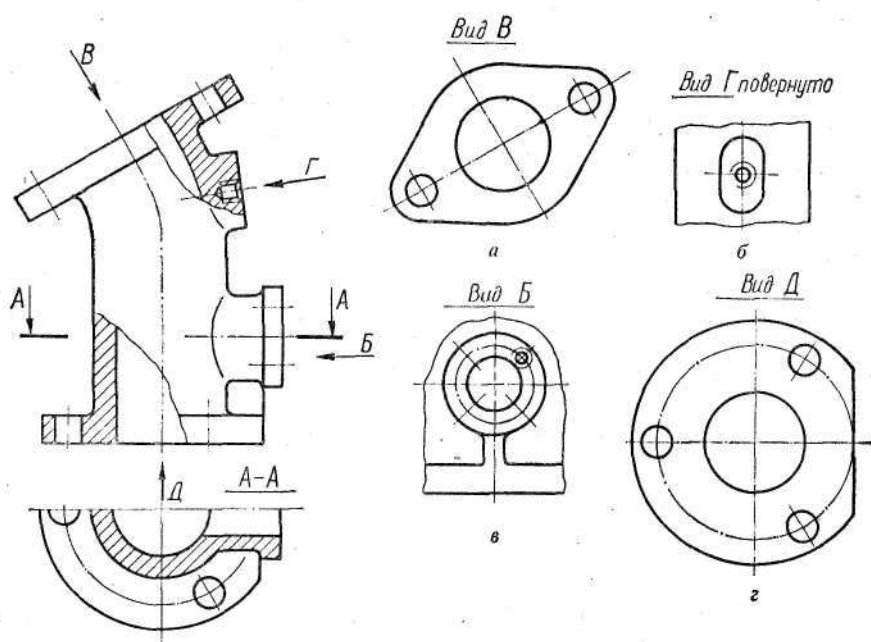


Рис. 216

предмета наклонена к основным плоскостям проекций и изображается на них искаженно (рис. 215, а). Располагают дополнительную плоскость параллельно заданному наклонному элементу детали, который проецируется на эту плоскость в натуральную величину, без искажения (рис. 215, б и 216, а).

Надписывают дополнительные виды по типу «Вид А», «Вид Б» (рис. 215, б), а направление взгляда у изображения предмета указывают стрелкой с той же большой буквой русского алфавита. Если дополнительный вид размещен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, то стрелку не показывают и надписи не делают (рис. 215, в). Располагать дополнительный вид рекомендуется вблизи изображаемого элемента предмета. Как правило, это расположение должно отвечать направлению, указанному стрелкой (рис. 215, г). Разрешается поворачивать дополнительные виды, сохраняя при этом то положение предмета, которое он имеет на главном изображении. В этом случае к надписи добавляют слово «повернуто» (рис. 215, д и 216, б).

Местным видом называется изображение отдельной, ограниченной части поверхности предмета. Местные виды позволяют выявить форму и размеры определенного, сравнительно небольшого элемента предмета, например форму отверстия, фланца, прилива и т. д. Местные виды образуют проецированием этого элемента на одну из основных плоскостей проекций (рис. 216, в, г). Располагают местные виды обычно произвольно на поле чертежа, без сохранения проекционной связи с основным изображением. Рекомендуется вычерчивать эти виды по возможности ближе к изображаемому элементу и в соответствии с его положением на основном изображении. Местные виды ограничивают линией обрыва — сплошной волнистой линией (рис. 216, в) — либо не ограничивают совсем (рис. 216, г). Обозначают местные виды подобно дополнительным.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите основные плоскости проекций.
2. Какой способ проецирования используют в черчении?
3. Что называется видом и как классифицируют виды?
4. Назовите основные виды. Как располагают их на комплексном чертеже?
5. В каких случаях и как надписывают основные виды?
6. Какие виды называют дополнительными? Как их располагают на чертеже и как надписывают?
7. Какие виды называют местными? Как их располагают на чертеже и как надписывают?

18.3. Разрезы

Чертеж детали должен давать представление о ее внешней форме и внутреннем строении. Известно, что внутреннюю форму предмета можно показать на виде штриховыми линиями (см. рис. 213). Однако при сложном внутреннем строении детали число штриховых линий велико, они перекрывают друг друга, затемняют чертеж и затрудняют чтение. Чтобы изобразить внутреннее строение предмета, в черчении

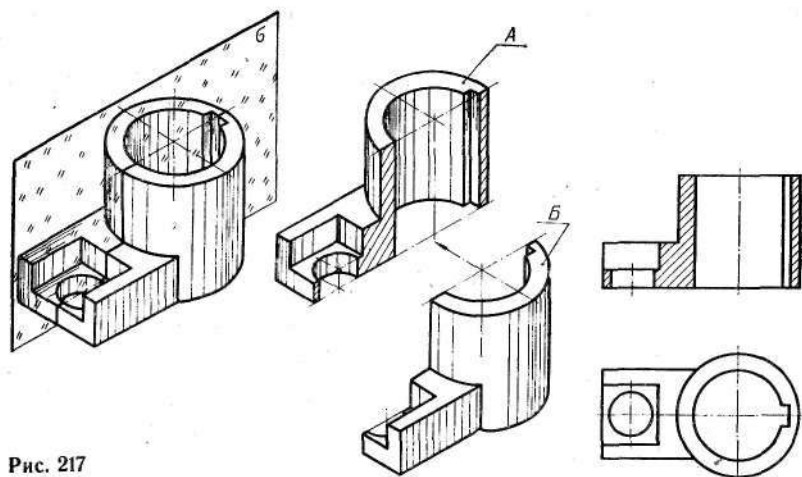


Рис. 217

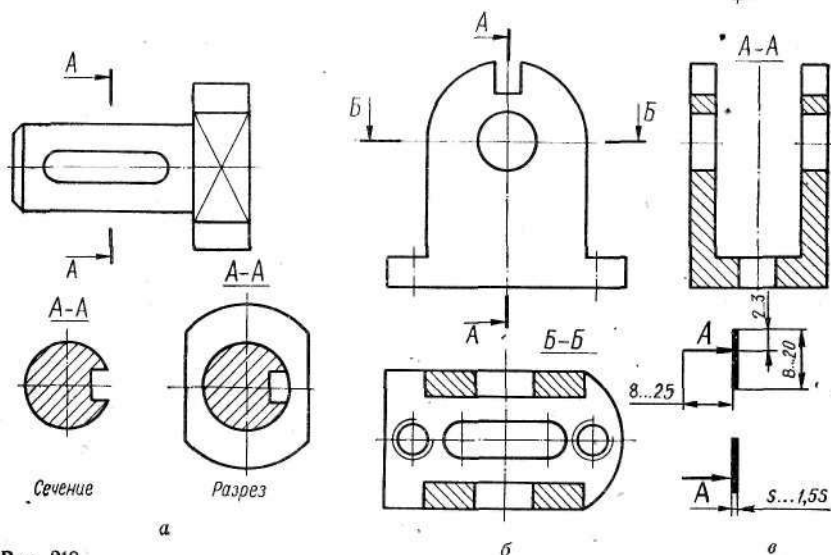


Рис. 218

пользуются способом разрезов. Сущность этого способа заключается в том, что изображаемый предмет мысленно рассекают одной или несколькими плоскостями (σ — рис. 217), часть предмета (B), ближайшую к наблюдателю, условно отбрасывают, а оставшуюся часть (A) проецируют на соответствующую плоскость проекций.

Разрезом называют изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями.

На разрезе изображают то, что находится в секущей плоскости и за ней. Внутренние очертания предмета на разрезе изображают сплошными основными линиями, как и видимый контур предмета. То, что попадает в секущую плоскость, называется *сечением* и выделяется на

чертеже штриховкой. Не заштриховывают только те места, где секущая плоскость проходит через пустоты.

Необходимо четко представлять разницу между разрезом и сечением (рис. 218, а). *Сечение — это плоская фигура, изображающая только то, что находится в самой секущей плоскости.* Сечение входит как составная часть в каждый разрез, но может существовать и как самостоятельное изображение.

Чтобы произвести разрез предмета, нужно:

- а) в определенном его месте мысленно провести секущую плоскость;
- б) часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, мысленно отбросить;
- в) оставшуюся часть спроецировать на соответствующую плоскость проекций и изобразить либо на месте одного из основных видов, либо на свободном поле чертежа;
- г) в случае необходимости оформить разрез соответствующей надписью.

Следует помнить, что разрез — изображение условное, так как при его исполнении секущую плоскость проводят условно, мысленно отбрасывая часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью. Мысленное рассечение касается только данного изображаемого разреза и никак не влияет на все остальные изображения предмета. Например, разрез, выполненный на фронтальной плоскости (рис. 217), не изменяет вида предмета сверху. На рис. 218, б разрезы выполнены на месте видов сверху и слева. Каждый из них образован своей секущей плоскостью, параллельной плоскости проекций, причем эти плоскости между собой не связаны и один разрез от другого не зависит.

Классификация разрезов. Разрезы классифицируют по нескольким признакам:

1. В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы делят на горизонтальные, вертикальные и наклонные.

Горизонтальным называется разрез, образованный плоскостью, параллельной горизонтальной плоскости проекций. Чаще всего его располагают на месте видов сверху или снизу (рис. 219).

Вертикальным называется разрез, образованный секущей плоскостью, перпендикулярной к горизонтальной плоскости проекций. Если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости, то вертикальный разрез называют *фронтальным*; если секущая плоскость параллельна профильной плоскости, то полученный разрез называют *профильным*. Как правило, эти разрезы помещают на месте основных видов: фронтальный — на месте вида спереди (рис. 217), профильный — на месте видов слева (рис. 218, б; 220) или справа.

Наклонным называют разрез плоскостью, которая составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (рис. 221). Эти разрезы применяют в тех случаях, когда предмет имеет наклонно расположенные элементы. На рис. 221 рычаг рассечен наклонной плоскостью по линии А — А. Наклонный разрез проецируют на дополнительную плоскость, параллельную секущей, совмещая ее

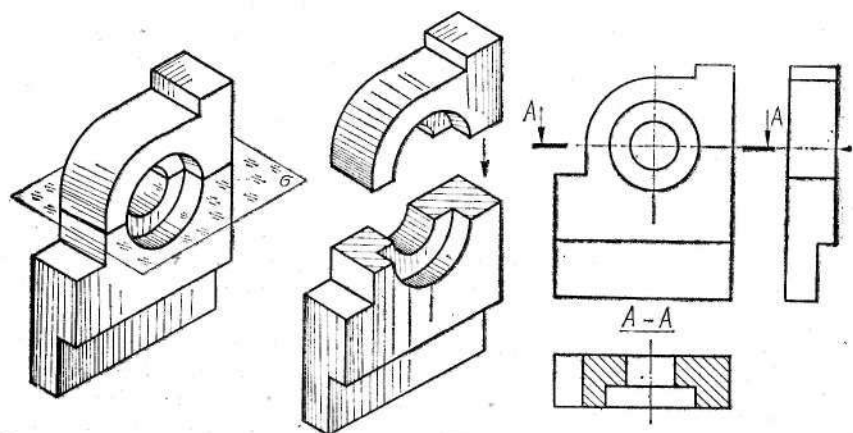


Рис. 219

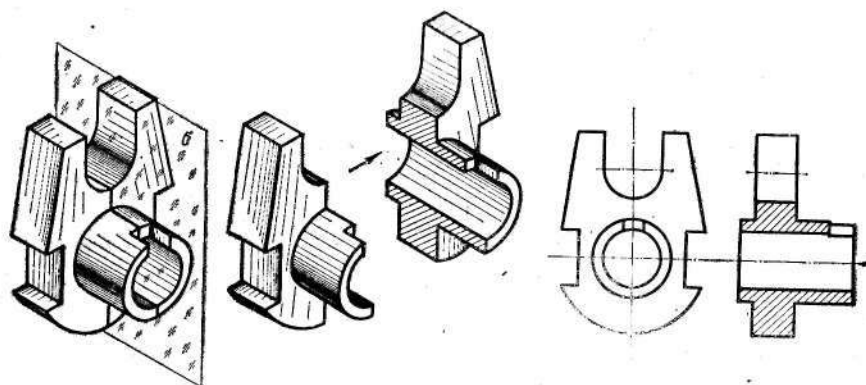


Рис. 220

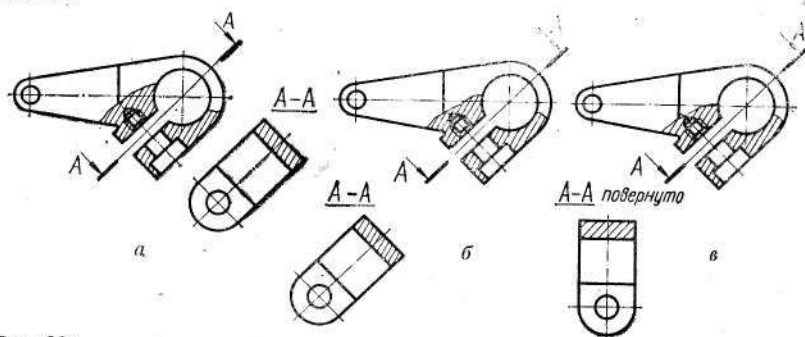


Рис. 221

с плоскостью чертежа. Наклонные разрезы располагают на чертеже в направлении проецирования, т. е. в направлении, указанном стрелками, например разрез $A - A$ на рис. 221, *а, б*. Допускается поворачивать наклонные разрезы в положение, удобное для чтения чертежа, добавляя в этом случае к надписи слово «повернуто» (рис. 221, *в*). Предпочтительное расположение наклонного разреза показано на рис. 221, *а*.

2. В зависимости от положения секущей плоскости относительно основных измерений предмета разрезы разделяют на продольные и поперечные. Разрез называется *продольным*, если секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета (рис. 217), и *поперечным*, если секущая плоскость направлена перпендикулярно к длине или высоте предмета (рис. 218, *а*; 219).

3. В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяют на простые и сложные. *Простым* называют разрез, образованный одной секущей плоскостью. Все выше рассмотренные разрезы являются простыми. *Сложным* называют разрез, образованный двумя и большим числом секущих плоскостей. Эти разрезы разделяют на ступенчатые и ломаные.

Ступенчатым называют сложный разрез, образованный параллельными секущими плоскостями. На рис. 222 разрез выполнен тремя параллельными фронтальными секущими плоскостями. Передняя часть *Б* детали мысленно отброшена, а оставшаяся часть *В* изображена на месте вида спереди. Разрез выполнен так, будто изображения, полученные во всех трех параллельных плоскостях, помещены в одну плоскость (без указания границ каждой из этих плоскостей).

Ломаным называют сложный разрез, образованный непараллельными секущими плоскостями, причем одна из них или несколько наклонены к основным плоскостям проекций (рис. 223). Изображая на чертеже ломаный разрез, наклонную плоскость мысленно поворачивают в вертикальное или горизонтальное положение до совмещения с направлением основной секущей плоскости. Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, ломаный разрез рекомендуется поместить на месте соответствующего вида. На рис. 223; 224, *б* наклонная плоскость повернута в профильное положение, а на рис. 224, *а* — во фронтальное. В первом случае ломаный разрез помещен на месте вида слева, во втором — на месте вида спереди. Стрелка на линии сечения указывает направление проецирования предмета, а не направление поворота секущей плоскости. Направление поворота может совпасть (рис. 224, *а*) или не совпасть (рис. 224, *б*) с направлением проецирования. При повороте секущей плоскости элементы, расположенные за ней, не должны перемещаться на угол поворота. Иначе говоря, эти элементы проецируют, как и при обычных простых вертикальных или горизонтальных разрезах (шпоночный паз и прямоугольный выступ на рис. 224, *а*). В ломаных разрезах переход от одной секущей плоскости к другой может быть и радиальным (рис. 224, *в*).

4. В зависимости от полноты исполнения разрезы разделяют на полные и местные. *Полным* разрезом называется изображение,

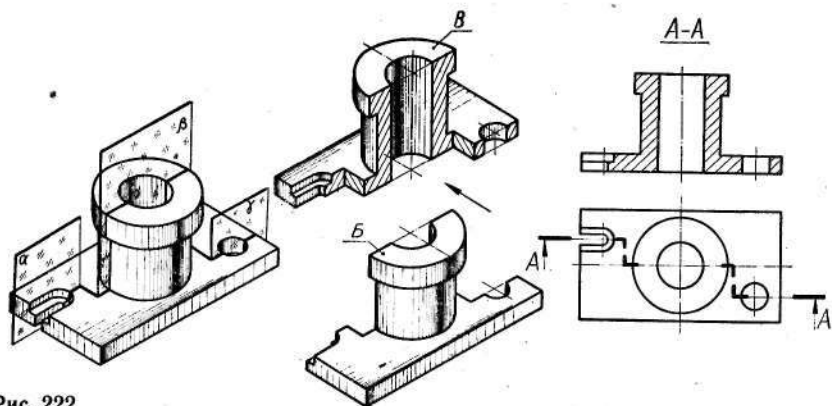


Рис. 222

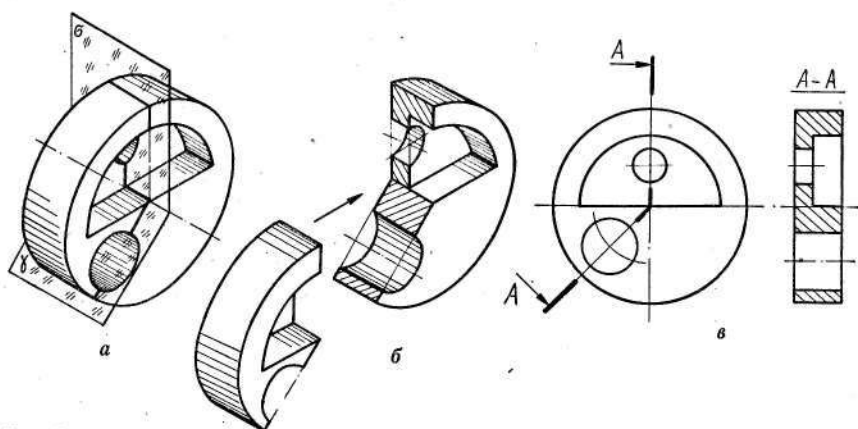


Рис. 223

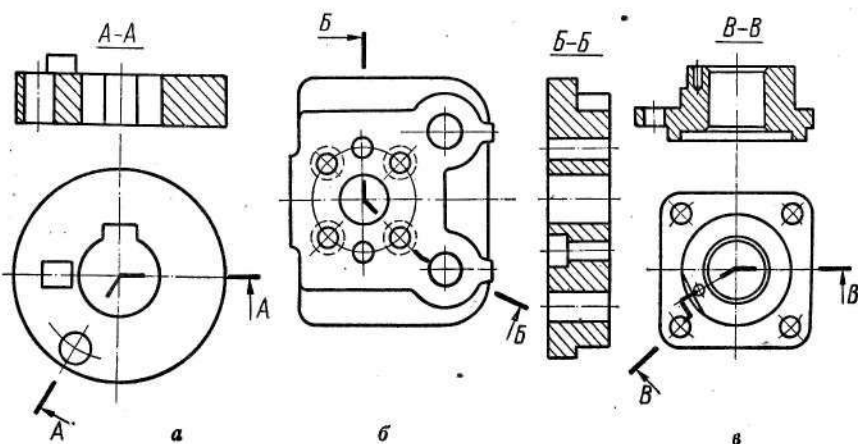


Рис. 224

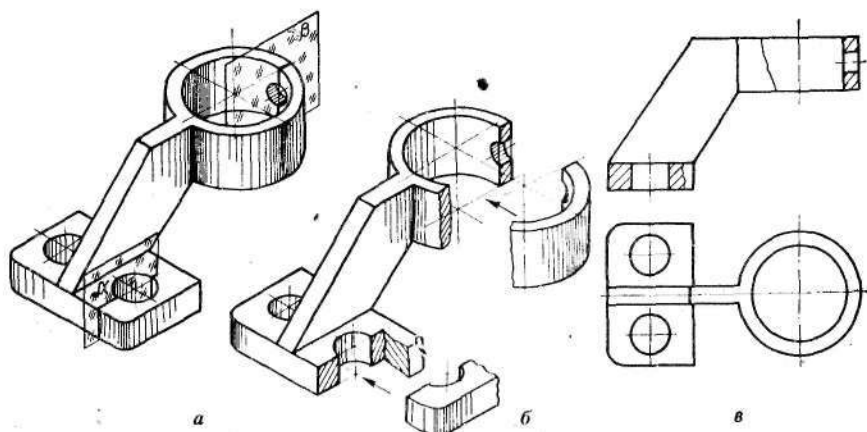


Рис. 225

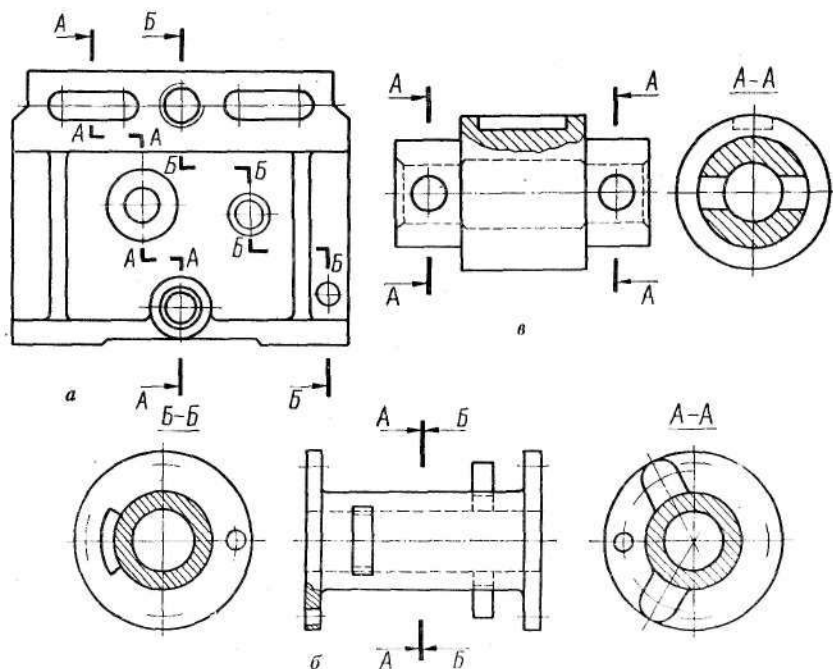


Рис. 226

раскрывающее внутреннее строение предмета по всему сечению, т. е. когда секущая плоскость полностью пересекает предмет.

Местным разрезом называется изображение, выявляющее внутреннее строение детали лишь в отдельном, ограниченном месте. Местные разрезы отделяют от нерассеченной части детали сплошной волнистой линией. Эта линия не должна сливаться с контурной, осевой либо иной линией изображения. На рис. 225 местные разрезы, выполненные

фронтальными плоскостями, позволяют выявить строение верхней цилиндрической части предмета и отверстия в основании детали.

Обозначение разрезов. Простые фронтальные и профильные разрезы чаще всего помещают на местах основных видов. Так, на рис. 217 фронтальный разрез размещен на месте вида спереди, на рис. 218, б профильный — на месте вида слева, на рис. 218, в; 219 горизонтальный — на месте вида сверху.

Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом и соответствующие разрезы размещены на одном листе в проекционной связи и не разделены какими-либо иными изображениями, то для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов положение секущей плоскости не указывают и сам разрез не надписывают (рис. 217, 220). Если же секущая плоскость с плоскостью симметрии предмета не совпадает, то положение секущей указывают линией сечения, т. е. следом этой плоскости на плоскости чертежа.

Линия сечения — это разомкнутая линия с начальными и конечными штрихами, на которых нанесены стрелки, указывающие направление проецирования (рис. 218, в). Начальные и конечные штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения. В начале и в конце линии сечения ставят одинаковые большие буквы русского алфавита. Размер букв должен быть на 1—2 номера больше, чем номер шрифта размерных чисел на том же чертеже. Буквы берут в алфавитном порядке, причем на одном и том же чертеже они не должны повторяться. Наносят буквы возле стрелок с внешней стороны угла. Около разреза выполняют надпись из тех же букв, через тире с тонкой чертой снизу (рис. 218, 219).

Простые наклонные разрезы обозначают всегда. Для наклонных разрезов надпись «А — А» пишут горизонтально, а буквы возле стрелок не наклоняют (рис. 221).

Сложные разрезы также обозначают во всех случаях. Кроме начального и конечного штрихов в местах перехода от одной секущей плоскости к другой выполняют уголки без букв (рис. 222, 223). Буквы ставят только у концевых штрихов, где нанесены стрелки. Когда же на одном изображении указаны линии сечения для нескольких сложных разрезов и существует опасность ошибиться в чтении чертежа, буквами обозначают и переходы секущих плоскостей (рис. 226, а).

Местные разрезы, как правило, не обозначают и не надписывают (рис. 225).

При выполнении разрезов, образованных одной секущей плоскостью, но имеющих противоположные направления проецирования, разрешается проводить лишь одну линию сечения (рис. 226, б). Если на одном изображении нужно показать два или больше одинаковых разрезов, обозначают их так, как показано на рис. 226, в.

Соединение части вида с частью разреза. Для уменьшения объема графической работы и экономии площади чертежа в черчении принята такая условность: если предмет проецируется в форме симметричной фигуры, допускается в одном изображении соединять половину вида с половиной соответствующего разреза. Разделяющей линией

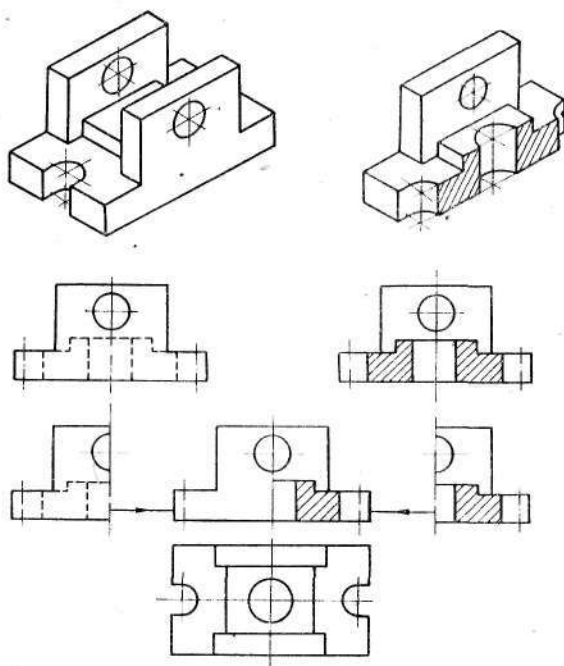


Рис. 227

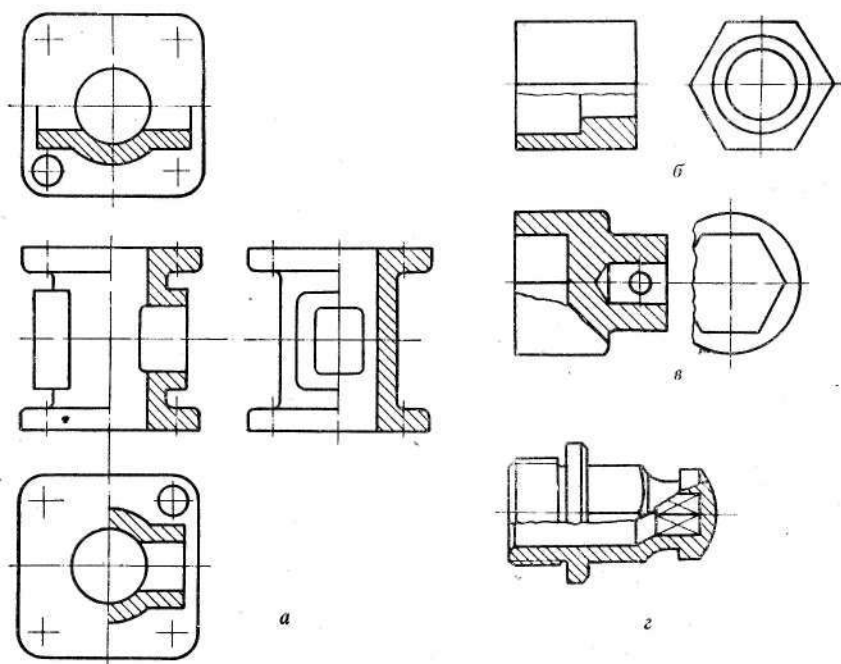


Рис. 228

служит ось симметрии фигуры, т. е. тонкая штрих-пунктирная линия. На рис. 227 дан пример соединения половины вида спереди с половиной фронтального разреза. Чертеж поэтапно демонстрирует принцип образования подобного сложного изображения. В этих случаях невидимый контур предмета принято не показывать (штриховыми линиями). На главном виде и виде слева разрез, как правило, помещают справа от вертикальной оси симметрии, а на видах сверху и снизу — справа от вертикальной или снизу от горизонтальной оси (228, а).

Если контурная линия предмета совпадает с осью симметрии, что может привести к неясностям и ошибкам при чтении чертежа, границу между видом и разрезом указывают волнистой линией обрыва. На рис. 228 показано, как проводить волнистую линию при наличии на детали внешнего ребра (рис. 228, б), внутреннего ребра (рис. 228, в) или того и другого (рис. 228, г). Для несимметричных деталей часть вида от части разреза во всех случаях отделяется волнистой линией, проводимой в необходимом месте чертежа.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Для чего на чертежах выполняют разрезы? Что называется разрезом?
2. В чем разница между разрезом и сечением?
3. В какой последовательности выполняют разрезы?
4. Почему разрез является условным изображением?
5. Как разделяют разрезы в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций?
6. Как разделяют разрезы в зависимости от положения секущей плоскости относительно основных измерений предмета?
7. Как различают разрезы в зависимости от числа секущих плоскостей?
8. Как разделяют разрезы в зависимости от полноты исполнения?
9. Как выполняют ступенчатые разрезы? ломанные разрезы?
10. Как выполняют местные разрезы?
11. В каких случаях необходимо обозначать простые разрезы?
12. Что такое линия сечения и как ее указывают на чертеже?
13. Как обозначают сложные ступенчатые и ломанные разрезы?
14. В каких случаях соединяют на чертеже часть вида с частью разреза? Как оформляют подобное комбинированное изображение?
15. Как выполняют разрез, если ребро предмета совпадает с осевой линией?

18.4. Сечения

Кроме видов и разрезов, на рабочих чертежах часто применяют сечения. С их помощью выявляют поперечную форму детали в том или другом месте. Сущность способа сечений наглядно представлена на рис. 229. Для выяснения поперечной формы и глубины шпоночной канавки валик условно рассекают плоскостью, перпендикулярной к его оси. Эту плоскость с полученным на ней изображением фигуры сечения отделяют от предмета, поворачивают в положение, параллельное плоскости проекций, и изображают на свободном месте поля чертежа.

Сечением называют изображение, полученное при мысленном пересечении предмета одной или несколькими плоскостями.

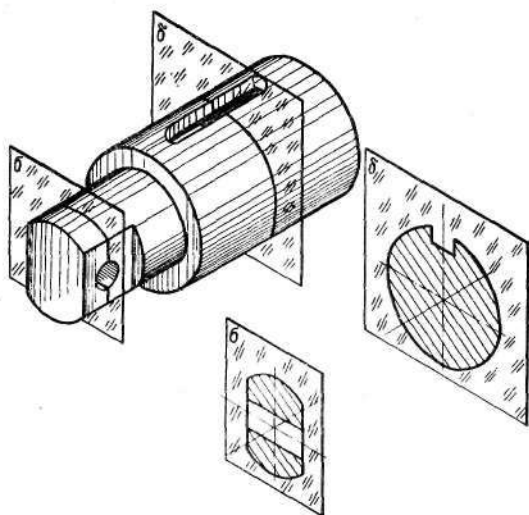


Рис. 229

В сечении показывают лишь то, что получается в секущей плоскости. Часть предмета, находящуюся за этой плоскостью, в сечении не изображают.

Для получения сечения нужно:

- а) в определенном месте детали провести секущую плоскость;
- б) фигуру, полученную в сечении, повернуть в положение, параллельное плоскости проекций;
- в) на свободном поле чертежа вычертить сечение и, в случае необходимости, оформить его надписью.

Сечение, как и разрез,— изображение условное. Условность заключается, во-первых, в том, что секущую плоскость проводят мысленно, а во-вторых,— в том, что фигура, образованная в сечении, отдельно от предмета не существует: ее мысленно отрывают и изображают на свободном поле чертежа.

Сечения разделяют на входящие в состав разреза и существующие как самостоятельные изображения. Последние, в свою очередь, разделяются на вынесенные и наложенные. *Сечение называют вынесенным, если оно выполнено отдельно от основного изображения.* Вынесенные сечения обводят сплошной основной линией и заштриховывают под углом 45° к основной надписи чертежа. Правила выполнения и обозначения линии сечения, т. е. следа секущей плоскости, те же, что и для разрезов (см. § 18.3).

Рассмотрим некоторые случаи выполнения вынесенных сечений:

1. Сечение представляет собой симметричную фигуру, размещенную на продолжении следа секущей плоскости. В этом случае линию сечения, совпадающую с осью симметрии самого сечения, изображают тонкой штрих-пунктирной линией без обозначения буквами и стрелками (рис. 230, а, б). Так же выполняют симметричные сечения, располагаемые в разрыве между частями самого изображения (рис. 230, в).

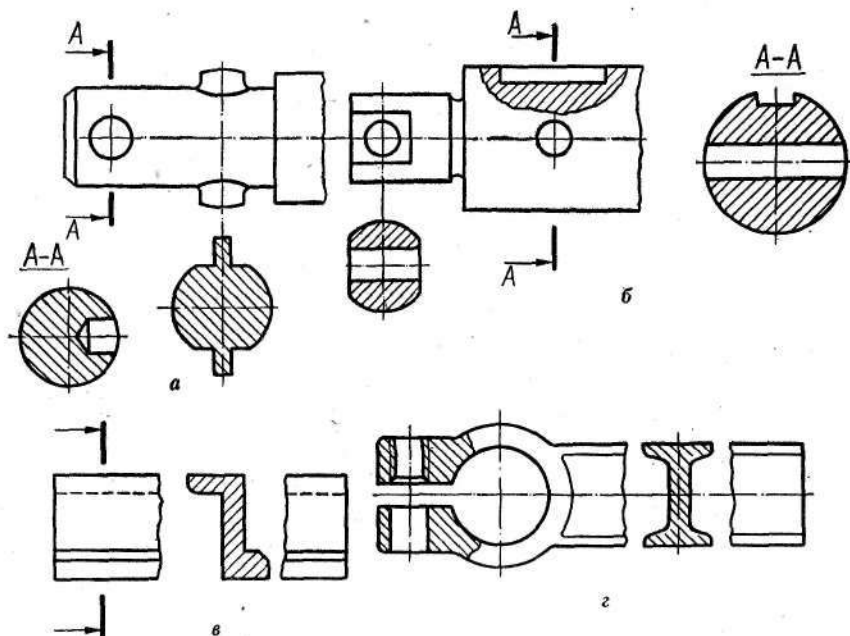


Рис. 230

2. Сечение представляет собой симметричную фигуру, размещенную на свободном поле чертежа. В этом случае линию сечения обозначают и само сечение надписывают (рис. 230, б).

3. Сечение представляет собой несимметричную фигуру. В этом случае линию сечения обозначают и сечение надписывают (рис. 230, а). Если же несимметричное сечение располагают в разрыве между частями изображения, то линию сечения со стрелками проводят, но буквами ее не обозначают и сечение не надписывают (рис. 230, в).

Сечение называют наложенным, если оно размещено на изображении предмета. Наложённые сечения обводят тонкой сплошной линией и заштриховывают под углом 45° к основной надписи чертежа. Буквенных обозначений на наложенных сечениях не пишут, а линию сечения со стрелками указывают лишь тогда, когда форма этих сечений несимметрична (рис. 231, а, б).

Вынесенные сечения по своему построению и расположению должны отвечать направлению, указанному стрелками (рис. 230, а, б). Разрешается располагать сечения на любом месте чертежа с поворотом изображения. В этих случаях к надписи добавляют слово «повернуто» (рис. 231, в).

Для нескольких одинаковых сечений, принадлежащих одному предмету, линии сечения обозначают одной буквой и вычерчивают лишь одно сечение (рис. 231, в—д). Если при этом секущие плоскости направлены под разными углами, то надпись «повернуто» не пишут (рис. 231, д). Если расположение одинаковых сечений определено изображением и размерами предмета, разрешается проводить лишь

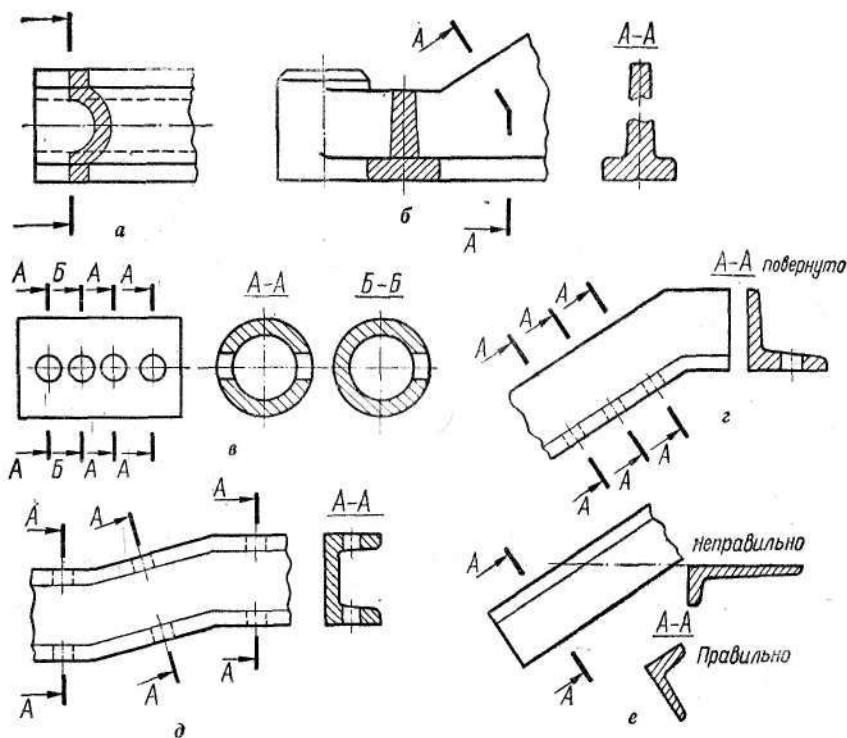


Рис. 231

одну линию сечения, а в надписи указывать количество одинаковых сечений, например: «А — А два сечения».

Направление секущей плоскости должно быть таким, чтобы получались только нормальные поперечные сечения (рис. 231, е). Если в связи с этим сечение выполняют двумя секущими плоскостями, то рекомендуется делать его не сплошным, а состоящим из отдельных частей.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей круглые отверстия и углубления (цилиндрические, конические, сферические), то контур такого углубления или отверстия указывают полностью, т. е. сечение выполняют по принципу разреза (рис. 231, в; 232, а). Если секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных, не связанных между собой частей, следует выполнять не сечение, а разрез. На рис. 232, б показано выполнение нескольких сечений для ступенчатого валика.

18.5. Выносные элементы

Выносным элементом называется дополнительное изображение части предмета, выполненное в большем по сравнению с основным изображением масштабе.

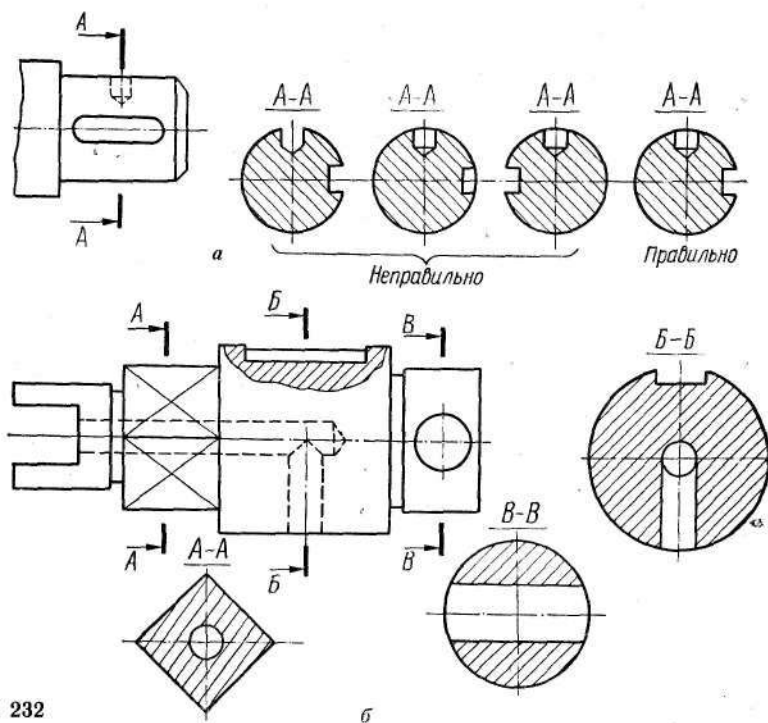


Рис. 232

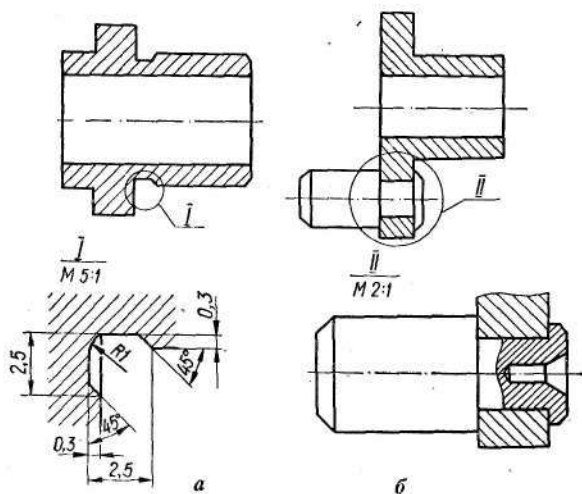


Рис. 233

В виде выносных элементов показывают те части предмета или конструкции, которые требуют дополнительного пояснения формы, размеров и других данных, трудно воспринимаемых на основном изображении. Рекомендуется выполнять выносные элементы сложных контуров детали, проточек, галтелей, расточек, профилей специальных резьб, сварных и паяных элементов и т. п.

Часть предмета, изображаемую в виде выносного элемента (рис. 233, а), на основном изображении выделяют замкнутой тонкой сплошной линией в виде окружности, овала и т. п. От этой линии проводят линию-выноску, оканчивающуюся полочкой, на которой римской цифрой обозначают номер выносного элемента. На изображении выносного элемента выделенную часть предмета изображают со всеми необходимыми подробностями и подписывают по типу $\frac{1}{M2:1}$. Выносной элемент рекомендуется располагать по возможности ближе к изображаемой части предмета. Обратите внимание на то, что выносной элемент может отличаться от основного изображения. Например, изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом (рис. 233, б) или наоборот.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется сечением? В какой последовательности выполняют сечение предмета?
2. Почему сечение является условным изображением?
3. Назовите виды сечений.
4. Как выполняют вынесенное сечение, если оно представляет собой симметричную фигуру? несимметричную фигуру?
5. Как выполняют сечения, располагаемые в разрыве между частями изображаемого предмета?
6. Как выполняют наложенные сечения?
7. Как выполняют несколько одинаковых сечений, принадлежащих одному изделию?
8. Как выполняют сечение, если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения?
9. Что называется выносным элементом? Как выполняют и обозначают выносные элементы?

18.6. Условности и упрощения

При выполнении чертежей необходимо учитывать условности и упрощения, рекомендуемые ГОСТ 2.305—68:

1. Если вид, разрез или сечение являются симметричными фигурами, разрешается вычерчивать только половину изображения или несколько больше половины. В первом случае границей изображения служит ось симметрии (рис. 234, а), во втором — линия обрыва (рис. 234, б).

2. Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов (отверстий, пазов, зубьев и т. п.), то на изображении показывают лишь один-два таких элемента, а остальные выполняют упрощенно или условно (рис. 234, в—г, е). Допускается вычерчивать лишь часть предмета с соответствующей надписью о количестве одинаковых элементов, их расположении и пр. (рис. 234, ж).

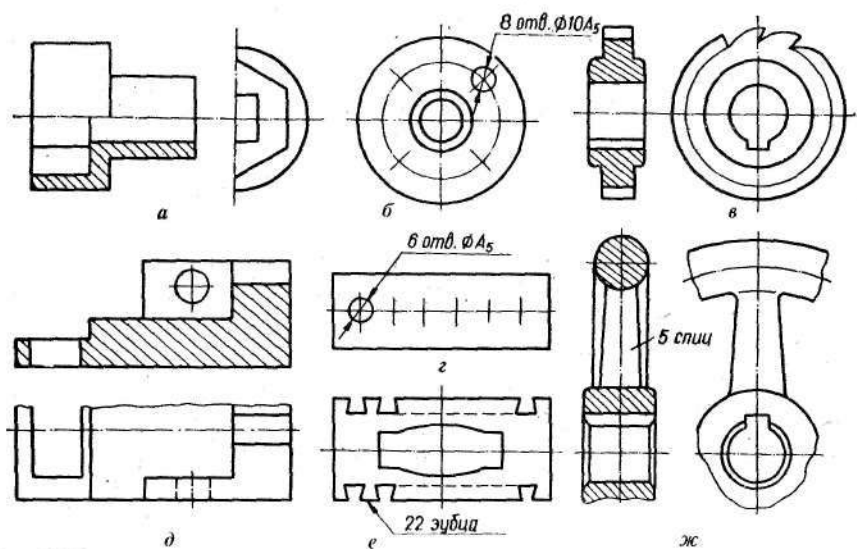


Рис. 234

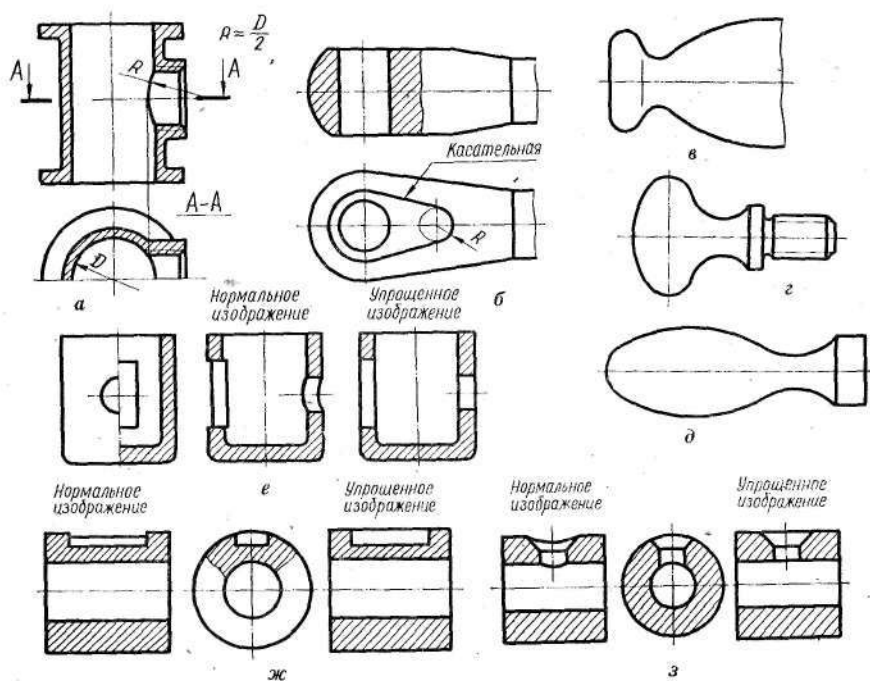


Рис. 235

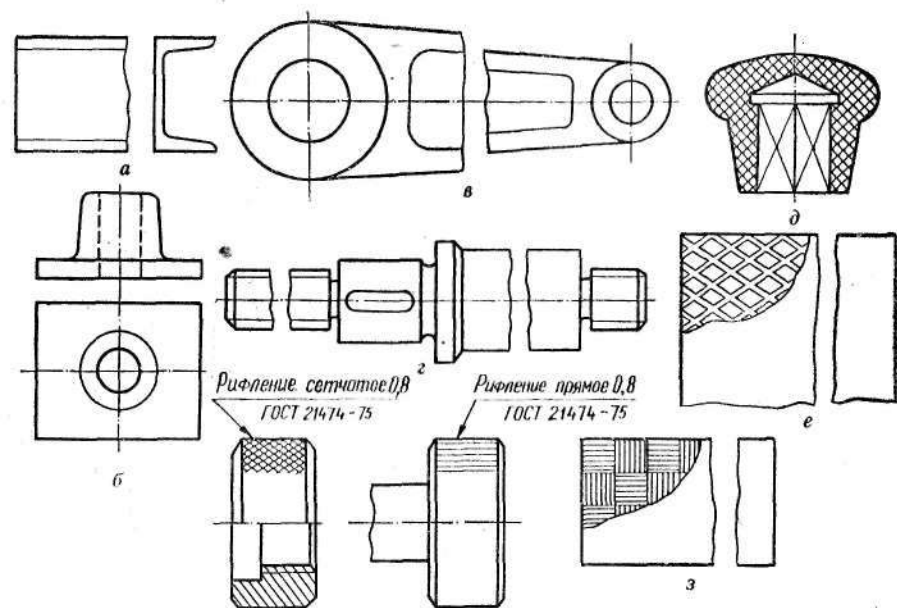


Рис. 236

3. Проекции линии пересечения поверхностей можно изображать прощенью, если по условию изготовления предмета необходимости точном ее построении нет. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружностей или прямые линии (рис. 235, а, б). Главные переход от одной поверхности к другой изображают условно (рис. 235, в) или совсем не изображают (рис. 235, г, д). Разрешается изображать упрощенно пересечение отверстий прямоугольной или конической формы с цилиндрической поверхностью, если размеры отверстий незначительны (рис. 235, е, ж). Аналогично поступают при пересечении цилиндрических поверхностей (рис. 235, з). Для сравнения на рис. 235, е—з приведены нормальные и упрощенные изображения.

4. Конусность или уклон незначительной величины допускается изображать с увеличением. На изображениях, где конусность или уклон четко не выявлены, например главный вид на рис. 236, а или вид сверху на рис. 236, б, рекомендуется проводить лишь одну тонкую линию, отвечающую меньшему размеру элемента с уклоном или конусностью.

5. Длинные предметы или элементы с постоянным поперечным сечением либо сечением, изменяющимся закономерно (валы, цепи, катушки, прутки, фасонный прокат и т. п.), допускается вычерчивать разрывами (рис. 236, в, г).

6. Если на изображении нужно выделить плоскую поверхность предмета, то на ней тонкими линиями проводят диагонали (рис. 236, д).

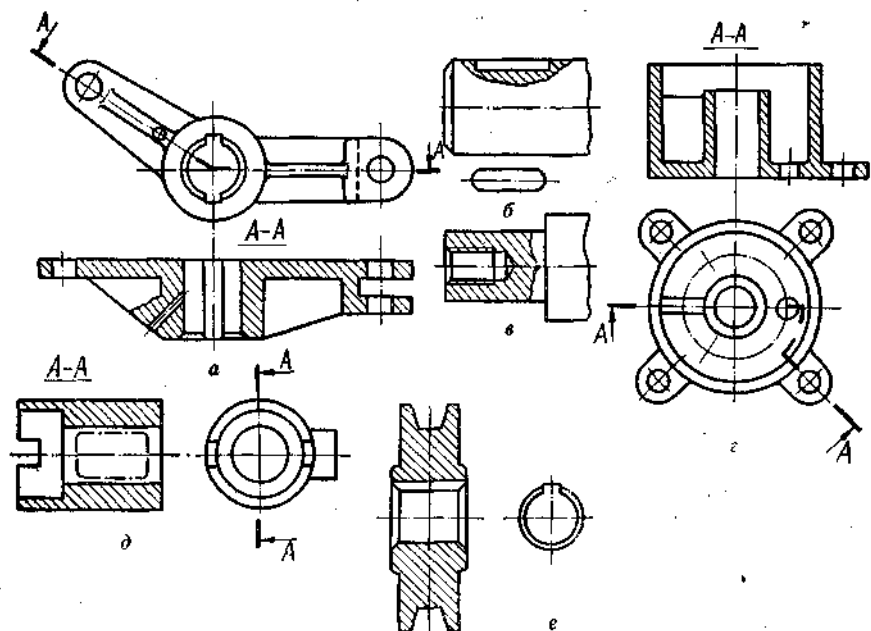


Рис. 237

7. Если на поверхности предмета имеется сплошная сетка, плетенка, орнамент, накатка, рельеф и т. п., допускается изображать их лишь частично с возможным упрощением (рис. 236, *е—з*). На рис. 236, *ж* показано, как выполняют на чертеже прямую и сетчатую накатку (рифление).

8. Такие детали, как винты, болты, заклепки, шпонки, штифты, шарики, непустотелые валы, шатуны, рукоятки и т. п., в продольном разрезе условно изображают нерассеченными. В поперечном разрезе эти детали показывают рассеченными и заштриховывают по общим правилам.

Спицы зубчатых колес, маховиков, шкивов, тонкие стенки, ребра жесткости и т. п., если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента, изображают рассеченными, но не заштриховывают и отделяют от остальной части предмета сплошной основной линией (рис. 237, *а, г*). Если в подобных элементах имеются местные сверления, углубления и т. п., то их выявляют с помощью местных разрезов. Например, на рис. 237, *б* с помощью местного разреза изображена шпоночная канавка на валу, на рис. 237, *а* — отверстие в ребре жесткости, а на рис. 237, *в* — резьбовое отверстие в валу.

9. Для упрощения чертежа и уменьшения количества изображений допускается:

а) часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать на разрезе утолщенной штрих-пунктирной линией («наложенная проекция» — рис. 237, *д*);

б) выполнять сложные разрезы;

в) вместо полного изображения указывать лишь контур паза, отверстия, если нужно показать шпоночный паз на валу, отверстие в ступице колеса и т. п. (рис. 237, б, е);

г) показывать отверстия в разрезе, если они расположены на круглых фланцах и не попадают в секущую плоскость.

18.7. Штриховка в разрезах и сечениях

Сечения, независимо от того, являются ли они самостоятельным изображением или входят в состав разреза, выделяют на чертеже штриховкой. Детали могут быть изготовлены из разных материалов, штриховка которых производится по ГОСТ 2.306-68 (табл. 6).

Линии штриховки выполняют под углом 45° к рамке чертежа (рис. 238, а). Если в этом случае направление штриховки совпадает с направлением линий контура, разрешается выполнять штриховку под углами 30° и 60° (рис. 238, б, в). Линии штриховки можно наносить с наклоном вправо или влево, но обязательно в одну сторону для всех разрезов и сечений одной и той же детали. Расстояние между линиями штриховки берут в пределах (1...10) мм (в зависимости от материала и площади штриховки). Для металла рекомендуется расстояние (2...4) мм, для кирпича или бетона — (4...10) мм. Длинные и узкие площадки, ширина которых на чертеже составляет (2...4) мм, рекомендуется штриховать от руки не полностью, а лишь так, как показано на рис. 238, г, д. Узкие площадки до 2 мм разрешается затушевывать, оставляя просвет между соседними деталями (рис. 238, ж). На рис. 238, е изображена штриховка нескольких смежных деталей из одного материала.

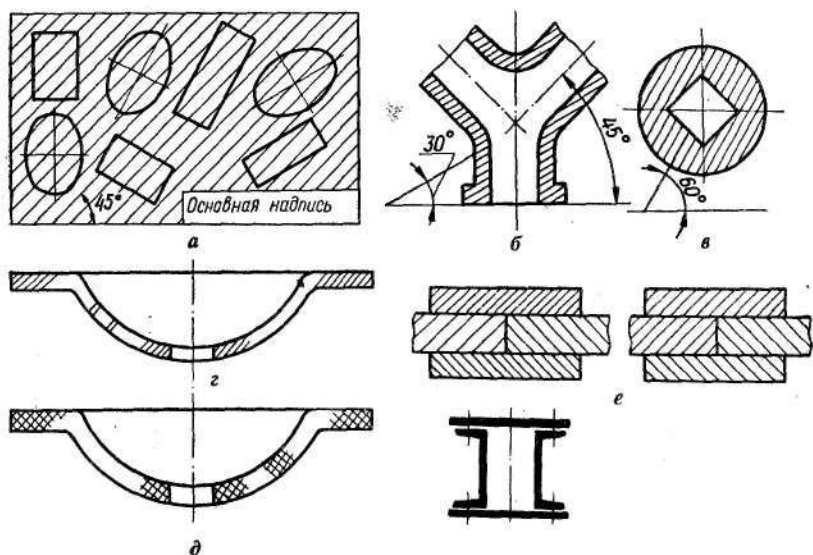


Рис. 238

Условная штриховка материалов (ГОСТ 2.306—68)

Металлы и твердые сплавы		Бетон армированный	
Неметаллические материалы		Стекло и другие прозрачные материалы	
Древесина поперек волокон		Жидкости	
Древесина вдоль волокон		Грунт	
Фанера		Песок, асбестоцемент; гипсовые изделия, раствор, абразив и т. п.	
Бетон неармированный			

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какая условность принята для изображения симметричных фигур?
2. Как изображают предметы, имеющие несколько одинаковых равномерно расположенных элементов?
3. Как изображают предметы, имеющие уклон или конусность незначительной величины?
4. Как изображают в разрезе болты, винты, шатуны, шпильки, валы?
5. Как изображают в разрезе ребра жесткости и тонкие стенки?
6. Что называется наложенной проекцией?
7. Как заштриховывают в разрезе металл? пластмассу? кирпич? стекло? железобетон?

Упражнение 1. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Виды». Ответы составьте самостоятельно (например, на первый вопрос ответ будет — «Главный вид»). Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля по теме «Виды»

1. Как называется изображение 1 (рис. 1)?
2. Как называется изображение 2 (рис. 1)?
3. Как называется изображение 3 (рис. 2)?
4. Сколько всего дополнительных видов изображено на рис. 1 и 2?

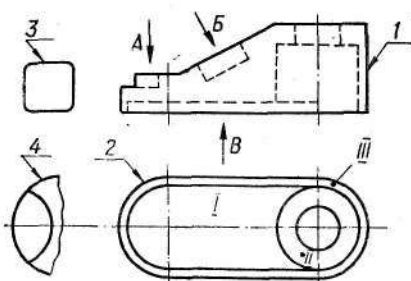


Рис. 1

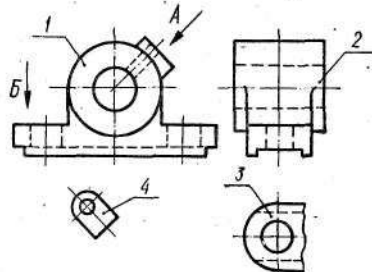


Рис. 2

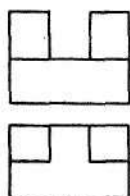


Рис. 3

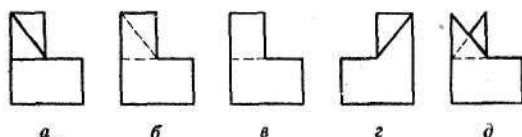


Рис. 4

5. Сколько местных видов выполнено на рис. 1 и 2?
6. Как следует надписать изображение 3 (рис. 1)?
7. Сколько основных видов вычерчено на рис. 1 и 2?
8. Как следует надписать изображение 4 (рис. 2)?
9. Какие из представленных видов слева (а—д) соответствуют фигуре, изображенной на рис. 3?
10. Из каких простейших геометрических тел состоит деталь рис. 4?
11. Какие из точек I, II, III, принадлежащих детали, наиболее удалены от плоскости проекций Π_1 (рис. 1)?

Упражнение 2. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Разрезы». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля по теме «Разрезы»

1. Какой разрез целесообразно выполнить на рис. 1?
2. Какой разрез целесообразно выполнить на рис. 2?
3. Какой разрез целесообразно выполнить на рис. 3?
4. Как называется разрез А — А на рис. 4?
5. На каком рисунке (рис. 1—4) следует выполнить сочетание вида с разрезом?
6. На каком рисунке (рис. 1—4) можно не обозначать разрез?
7. На каком рисунке не следует штриховать элемент детали, попадающий в плоскость разреза (рис. 1—4)?
8. Сколько секущих плоскостей имеет разрез, изображенный на рис. 4?

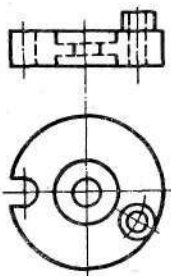


Рис. 1

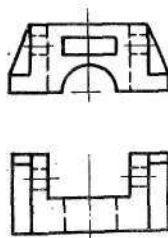


Рис. 2

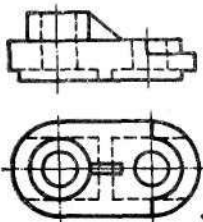


Рис. 3

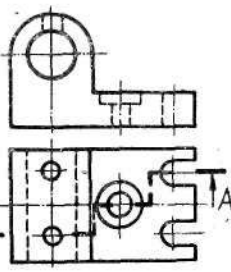


Рис. 4

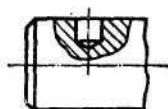


Рис. 5

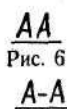


Рис. 6



Рис. 8

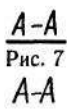


Рис. 7



Рис. 9

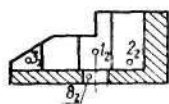


Рис. 10

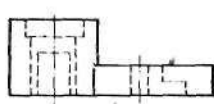


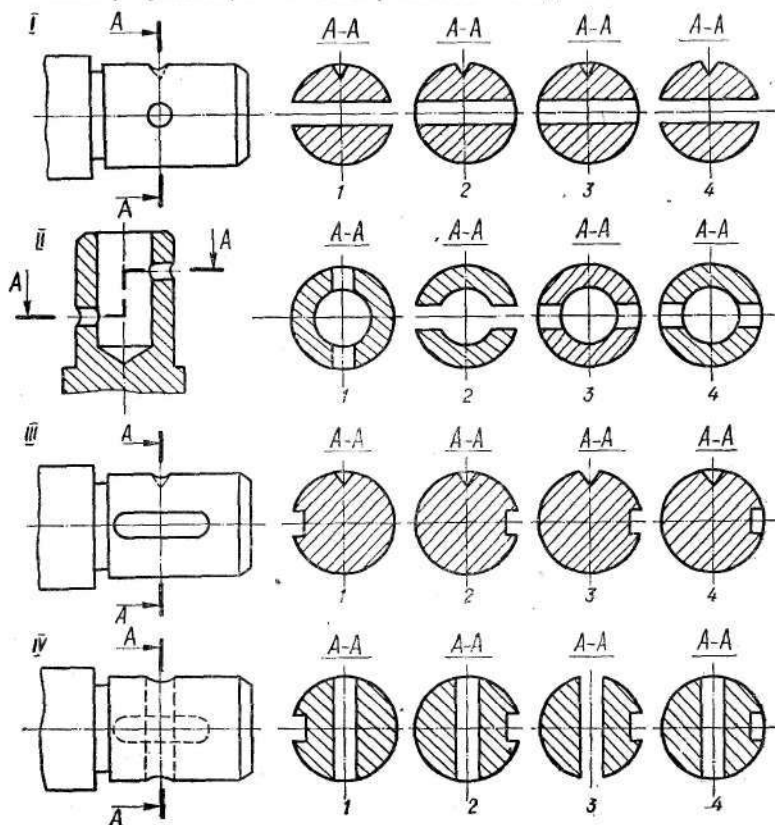
Рис. 11

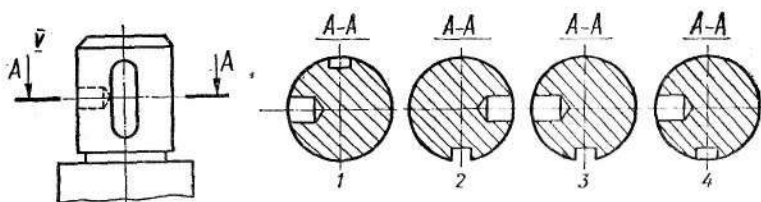
9. Как называется разрез, выполненный на рис. 5?
10. На каком из рисунков (рис. 6—9) правильно выполнена надпись разреза?
11. Какая из точек на рис. 10 (1; 2; 3; 8) расположена ближе к наблюдателю?
12. Какая из точек на рис. 10 (4; 5; 6; 7) расположена выше других?
13. Выполните ступенчатый разрез по A—A (рис. 11).

Упражнение 3. Выполните задания карт программированного контроля по теме «Сечения». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля № 1 по теме «Сечения»

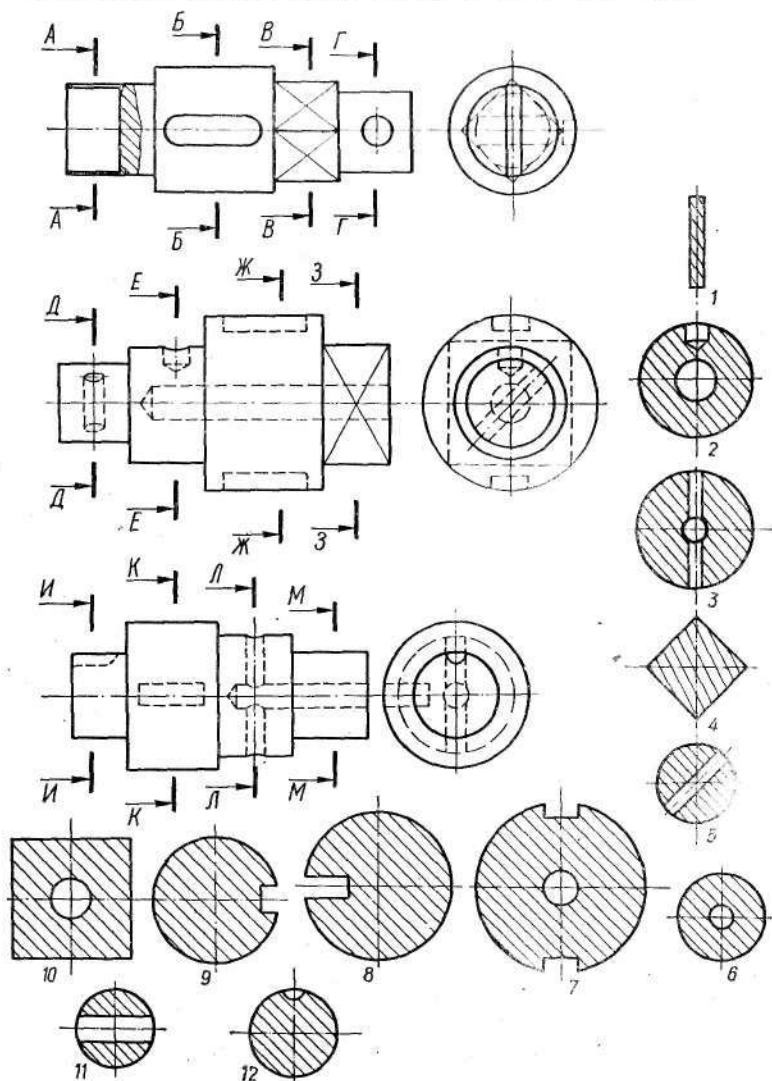
На каких рисунках правильно изображены сечения деталей?



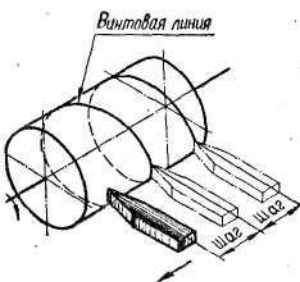


Карта программированного контроля № 2 по теме «Сечения»

Какие сечения отвечают линиям сечения А—А; Б—Б; В—В;...?



19.1. Винтовая линия

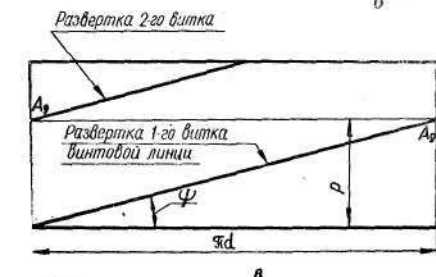
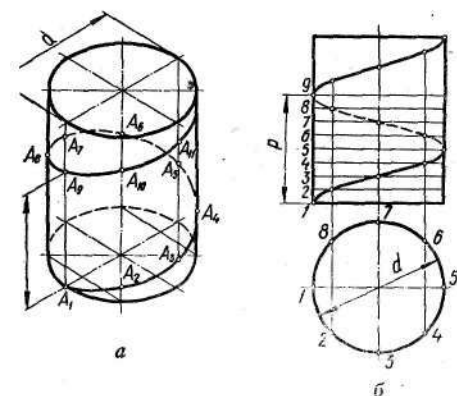


ис. 239

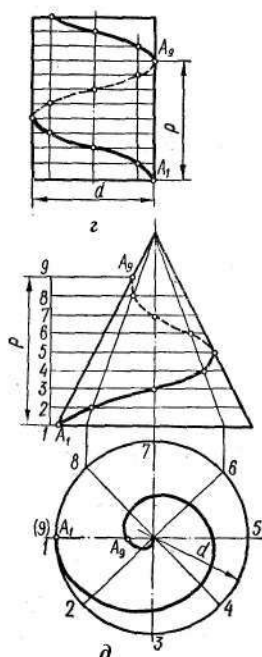
конец его прочертит на поверхности цилиндра винтовую линию (ис. 239).

Цилиндрическая винтовая линия — это пространственная кривая, образованная равномерным движением точки по образующей цилиндра в то время, как эта образующая равномерно вращается вокруг оси цилиндра.

Участок винтовой линии между точками A_1 и A_9 (рис. 240, а), соответствующий одному полному обороту образующей цилиндра, называется витком. Первый виток начинается в точке A_1 , второй — в точке A_9 и т. д. Расстояние между двумя соседними точками винтовой линии, измеренное вдоль образующей цилиндра, называется гол P .



240



н
Х
т
ф
ис
ли
об
че

на
ре:
по:
та
вин

а.л
8.9

Для построения на чертеже винтовой линии задают диаметр d цилиндра и величину шага P (рис. 240, б). Окружность основания цилиндра делят на некоторое число равных частей, например на восемь, и через точки деления проводят проекции образующих цилиндра. По высоте откладывают величину шага P винтовой линии и делят ее на то же число равных частей. Пересечение фронтальных проекций образующих с соответствующими прямыми, проведенными через точки деления шага, дает точки винтовой линии. Фронтальная проекция винтовой линии представляет собой синусоиду. На развертке цилиндрической поверхности винтовая линия изображается гипотенузой прямоугольного треугольника, один катет которого равен длине окружности основания цилиндра (πd), а второй — величине шага P (рис. 240, в). Угол ψ между основанием и гипотенузой равен углу подъема винтовой линии ($\operatorname{tg} \psi = \frac{P}{\pi d}$). Длина одного витка определяется по формуле

$$l = \sqrt{(\pi d)^2 + P^2}.$$

Винтовые линии бывают правого и левого направления. Если видимая часть винтовой линии имеет подъем вправо, то винтовая линия называется *правой* (рис. 240, а, б). Левая винтовая линия показана на рис. 240, г.

Винтовая линия на конической поверхности (рис. 240, д) на виде спереди имеет вид затухающей синусоиды, а на виде сверху — спирали архимеда.

2.2. Резьба

Если на поверхности цилиндра по винтовой линии прорезать канавку, то режущие кромки резца образуют винтовую поверхность. Характер этой поверхности зависит от формы головки резца. Теоретически образование резьбы можно представить себе так: плоскую фигуру (треугольник, квадрат, трапецию и др.) перемещают по поверхности цилиндра так, чтобы вершины фигуры скользили по винтовым линиям, а ее плоскость проходила через ось цилиндра. В результате разукрепится винтовой выступ, ограниченный винтовыми и цилиндрическими поверхностями (рис. 241).

Резьба представляет собой поверхность, образованную при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

Цилиндр или конус вместе с образованным винтовым выступом называется *винтом*.

На рис. 241, а, б изображены винты с треугольной и квадратной резьбой. Стороны BC и BD треугольника образуют винтовые поверхности, называемые косыми геликоидами, стороны BC и ED квадрата — поверхности прямого геликоида, а сторона BE — цилиндрическую винтовую ленту.

Если по поверхности цилиндра одновременно перемещать не одну, а три или больше плоских профилей, равномерно смещенных по

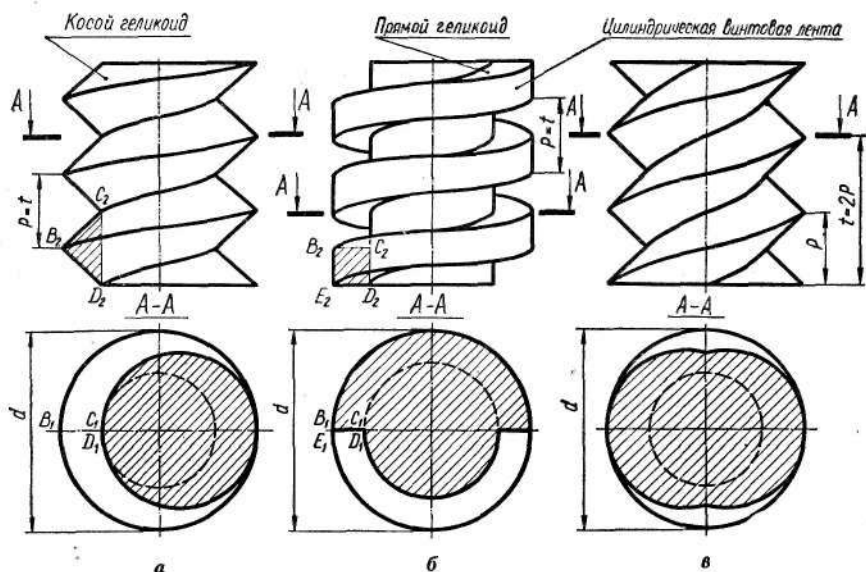


Рис. 241

окружности относительно друг друга, то соответственно образуются двух- (рис. 241, в), трех- и более заходные винты. У двухзаходной треугольной резьбы треугольные плоские профили смещены относительно друг друга на 180° . Число заходов винта легко определить по его торцевой поверхности.

19.3. Классификация резьбы

На рис. 242 дана классификация резьбы по различным признакам. Цилиндрической называется резьба, образованная на цилиндрической поверхности, а конической — на конической поверхности. В зависимости от того, является ли поверхность, на которой образована резьба, наружной или внутренней, соответственно различают резьбу наружную и внутреннюю. По числу заходов резьбы разделяют на одно- и многозаходные (двух-, трехзаходные и т. д.). Правая резьба образуется контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя. Левая резьба образована контуром, вращающимся против часовой стрелки. Характеристика резьбы в зависимости от формы профиля дана несколько ниже.

19.4. Основные параметры резьбы

На рис. 243, а в увеличенном виде изображен профиль треугольной резьбы в продольном сечении, а на рис. 243, б — профиль упорной резьбы. Вершина, впадина и боковые стороны — элементы профиля любой резьбы. Рассмотрим основные параметры профиля резьбы

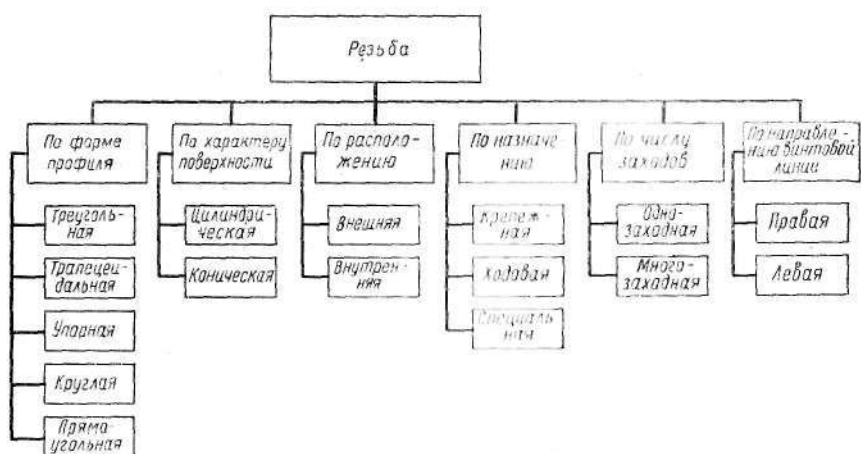


Рис. 242

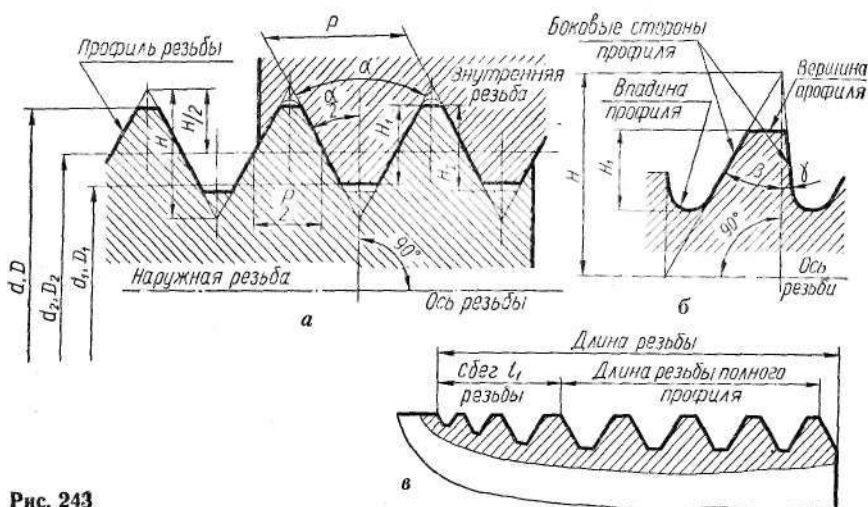


Рис. 243

(ГОСТ 11708—66); строчными латинскими буквами d обозначены диаметры наружной резьбы, прописными D — внутренней:

1. **Наружный диаметр резьбы d , D** — диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершины наружной резьбы или впадины внутренней: d , D — номинальный диаметр резьбы, расчетная величина.

2. **Внутренний диаметр резьбы d_1 , D_1** — диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или вершины внутренней.

3. **Средний диаметр резьбы d_2 , D_2** .

4. **Шаг резьбы P** — расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

5. *Ход резьбы t* — расстояние между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы. Ход резьбы — это величина относительного осевого перемещения винта или гайки за один полный оборот. В однозаходной резьбе $t = P$, а в многозаходной $t = nP$, где n — число заходов.

6. *Угол профиля резьбы α* — угол между боковыми сторонами профиля.

7. *Высота исходного (теоретического) профиля H* — высота остроугольного профиля, полученного продолжением боковых сторон до их пересечения.

8. *Высота профиля H_2* — расстояние между вершиной и впадиной профиля в направлении, перпендикулярном к оси резьбы.

9. *Рабочая высота профиля H_1* — высота соприкосновения сторон профиля наружной и внутренней резьб в направлении, перпендикулярном к оси резьбы.

10. *Сбег резьбы l_1* — участок неполного профиля в зоне перехода от резьбы к гладкой части детали (рис. 243, в).

$$11. \text{ Угол подъема резьбы } \operatorname{tg} \psi = \frac{t}{\pi d_2} = \frac{nP}{\pi d_2}.$$

19.5. Характеристика стандартных резьб общего назначения

Метрическая резьба (рис. 244, а). Профиль резьбы установлен СТ СЭВ 180—75, диаметры и шаги — СТ СЭВ 181—75 (табл. 7), основные размеры СТ СЭВ 182—75. Допуски на метрическую резьбу устанавливает ГОСТ 16093—70.

Таблица 7

Диаметры и шаги метрических резьб, мм

d, D		12	14	16	18	20	22	24	27
Шаг	крупный	1,75	2			2,5		3	
	мелкий	1,5; 0,75; 0,5	1; 0,75; 0,5	1,5; 1; 0,75; 0,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5			2; 1,5; 1; 0,75	

d, D		30	33	36
Шаг	крупный		3,5	4
	мелкий		3; 2; 1,5; 1; 0,75	3; 2; 1,5; 1

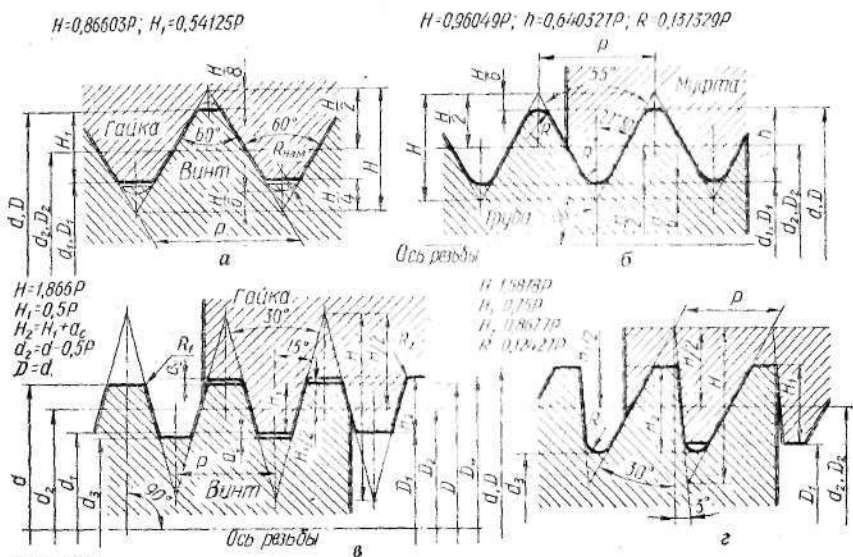


Рис. 244

Метрическая резьба является основным типом крепежной резьбы, принятым в СССР. Ее профиль представляет собой равнобедренный треугольник с углом $\alpha = 60^\circ$. Вершины профиля резьбы срезаны на величину $H/8$, а впадины притуплены или закруглены на расстоянии $H/6$ от теоретического профиля треугольника. Метрическую резьбу выполняют с крупным и мелким шагом для диаметров (1...68) мм и только с мелким шагом для диаметров (70...600) мм. Резьбу с мелким шагом применяют в тонкостенных деталях, чтобы увеличить герметичность резьбовых соединений и сопротивляемость соединениям развинчиванию, для осуществления тонкой регулировки в приборах и аппаратах, при динамическом нагружении деталей и т. п.

Трубная цилиндрическая резьба (рис. 244, б) по ГОСТ 6357—73 имеет профиль равнобедренного треугольника с углом при вершине 55° . Вершины и впадины резьбы срезаны на высоте $H/6$ от теоретического профиля и скруглены. Измеряют трубную резьбу в дюймах. Номинальный размер резьбы в дюймах — величина условная, не соответствующая внешнему диаметру резьбы, как это принято для большинства резьб, а равная диаметру условного прохода трубы (приблизительно — внутреннему диаметру трубы). Например, трубная резьба с номинальным размером 1" имеет наружный диаметр резьбы 33, 249 мм, а величина условного прохода трубы в 1" равна 25 мм. Стандарт предусматривает трубные резьбы в диапазоне 1/8—6". Допуски для трубной цилиндрической резьбы даны в ГОСТ 6357—73.

К ходовым резьбам, предназначенным для передачи движения, относят резьбы трапецидальную, упорную и прямоугольную.

Трапецидальная резьба (ГОСТ 9484—73) имеет профиль равнобедренной трапеции с углом $\alpha = 30^\circ$ (рис. 244, в). Стандарт предусматривает эту резьбу в диапазоне 10...640 мм. Для каждого диаметра

предусмотрено три различных шага; например, резьба диаметром 60 мм имеет шаги 12; 8 и 3 мм. Допуски для трапецеидальной резьбы даны в ГОСТ 9562—60.

Упорная резьба (ГОСТ 10177—62) имеет профиль неравнобокой трапеции, одна сторона которой наклонена к вертикали под углом 3° , а другая — под углом 30° (рис. 244, з). Для каждого диаметра стандарт предусматривает три различных шага, равных по величине соответствующим шагам трапецеидальной резьбы. Допуски даны в ГОСТ 10177—62.

19.6. Условное изображение резьбы

Изображают резьбы на чертежах и обозначают условно по ГОСТ 2.311—68.

На стержне резьбу изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру d и сплошными тонкими линиями — по внутреннему диаметру d_1 . На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию проводят на всю длину резьбы без сбега (рис. 245, а). Эта линия должна пересекать границу фаски. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, сплошную тонкую линию внутреннего диаметра резьбы проводят приблизительно на $3/4$ длины окружности, причем эта линия может быть разомкнута в любом месте.

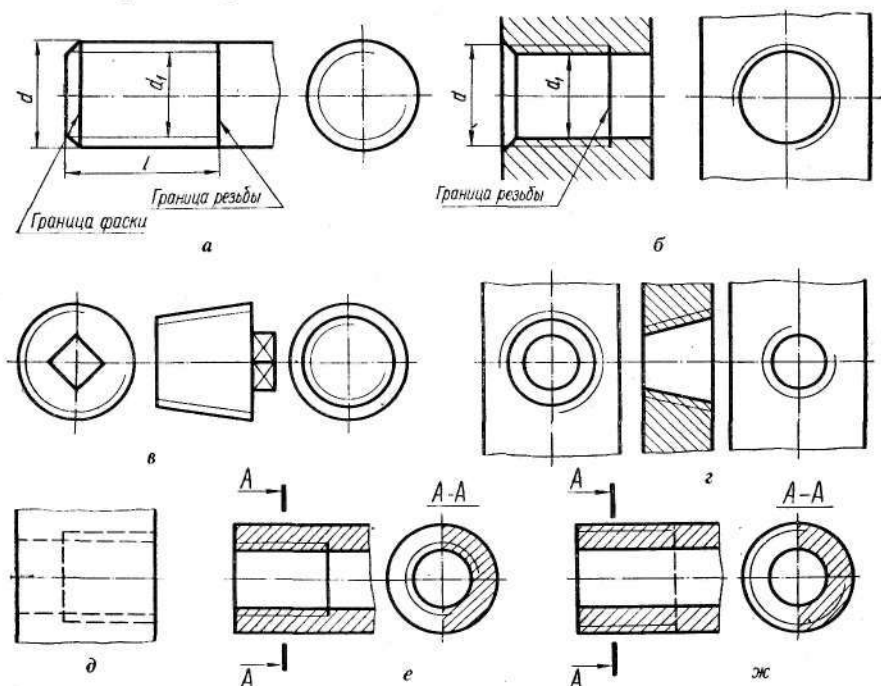


Рис. 245

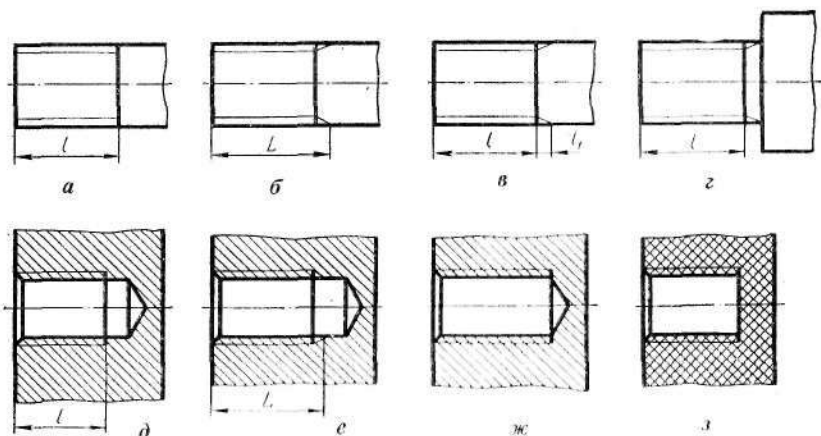


Рис. 246

В отверстии резьбу в разрезах вдоль оси изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими — по наружному (рис. 245, б), причем тонкую линию проводят на всю длину резьбы без сбега. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, тонкую линию наружного диаметра резьбы проводят лишь на $3/4$ длины окружности, размыкая ее в любом месте. Резьба в отверстии на виде изображается штриховыми линиями одной толщины по наружному и внутреннему диаметрам (рис. 245, д).

На рис. 245, в, г показаны условное изображение конической резьбы на стержне и в отверстии.

Расстояние между линиями наружного и внутреннего диаметров резьбы должно быть не менее 0,8 мм и не более шага резьбы. Этот размер (H_2) для метрической резьбы равен $0,54P$, для трубной — $0,64P$, для трапецидальной — $0,5P$.

Границу резьбы наносят на конце полного профиля резьбы, до начала сбега. Ее проводят до линии наружного диаметра и изображают сплошной основной линией, если резьба видимая (рис. 245, а, б), или штриховой, если невидимая (рис. 245, д). Сбег резьбы (в случае необходимости) изображают сплошной тонкой наклонной линией, идущей за пределами границы резьбы (рис. 246, б—г, е).

Штриховку в разрезах и сечениях доводят до сплошной основной линии, т. е. до линии наружного диаметра резьбы на стержне или линии внутреннего диаметра резьбы в отверстии (рис. 245, б, г, е, ж).

Фаски на стержне и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, на плоскости, перпендикулярной к оси стержня или отверстия, не изображают (рис. 245, а, б).

Длину l резьбы указывают, как правило, без сбега (рис. 246, а, г, д). При необходимости длину L резьбы указывают со сбегом (рис. 246, б, е) или отдельно наносят длину сбега (рис. 246, в). На рабочих чертежах, по которым в глухом отверстии (гнезде) нарезают резьбу, нужно показывать разницу между глубиной сверления и длиной резьбы

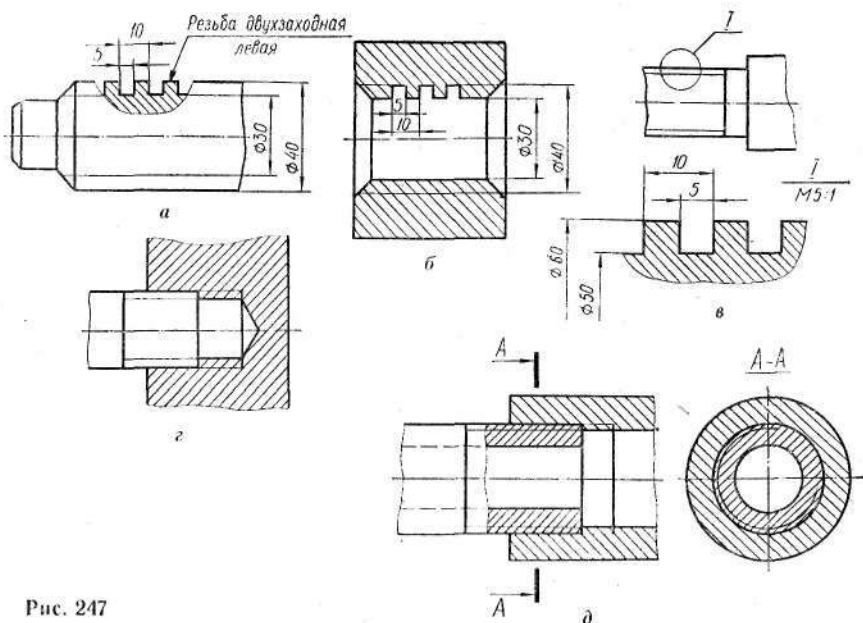


Рис. 247

(рис. 246, д). На остальных чертежах допускается изображать конец глухого резьбового отверстия так, как показано на рис. 246, ж, з, даже при наличии разности между глубиной отверстия и длиной резьбы.

Резьбу с нестандартным профилем изображают одним из способов, показанных на рис. 247, а—в. При этом следует указывать шаг резьбы, ширину впадины, наружный и внутренний диаметры, предельные отклонения и др.

На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскость, параллельную его оси, в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 247, г, д). Основные сплошные линии, соответствующие наружному диаметру резьбы на стержне, переходят в сплошные тонкие линии, соответствующие наружному диаметру резьбы в отверстии, и наоборот, сплошные тонкие линии на стержне переходят в основные линии в отверстии. Резьбовое соединение в поперечном разрезе показано на рис. 247, д.

19.7. Условное обозначение резьбы

Для обозначения резьбы используют ГОСТ 2.311—68 и стандарты на отдельные виды резьб. Для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, обозначение относят к наружному диаметру и проставляют над размерной линией, на ее продолжении или на полке (рис. 248, а, б). Обозначения конических резьб и трубной цилиндрической относят к контуру резьбы (основная сплошная линия) и наносят только на полке линии-выноски (рис. 248, в).

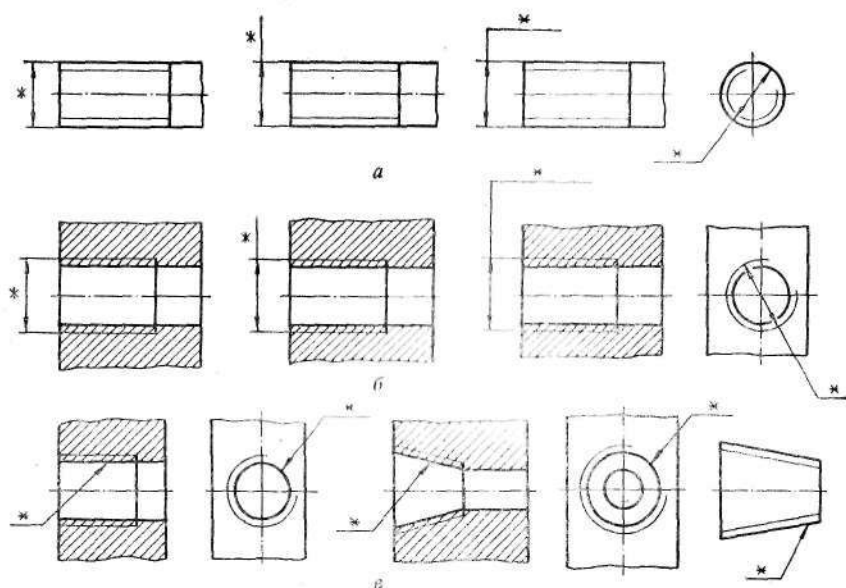


Рис. 248

Рассмотрим обозначения некоторых видов резьб.

Метрическую резьбу с крупным шагом обозначают буквой «М», величиной наружного диаметра в миллиметрах и указанием поля допуска резьбы, например: М 12—6g — резьба метрическая с крупным шагом, наружный диаметр резьбы 12 мм, поле допуска — 6g. В обозначении резьбы с мелким шагом дополнительно указывают величину шага, например: М 12 × 1—6g (рис. 249, а); М 12 × 1—6H. Если резьба многозаходная, то в обозначении после наружного диаметра указывают ход резьбы, а в скобках — букву «Р» и шаг, например: М 24 × 3 (Р1,5)—6g — двухзаходная метрическая резьба с ходом 3 мм, шагом 1,5 мм. Обозначая резьбу в соединении двух деталей, в числителе указывают поле допуска внутренней резьбы, а в знаменателе — поле допуска наружной резьбы, например: М 12—6H/6g; М 12 × 1—6H/6g.

Допуски для метрической резьбы устанавливает ГОСТ 16093—70. Обозначение поля допуска состоит из цифры, показывающей степень точности резьбы, и буквы, обозначающей основное отклонение. Для наружной резьбы установлены 4, 6 и 8 степени точности, а для внутренней — 5, 6 и 7. Аналогично установлены и ряды основных отклонений, обозначаемые буквами латинского алфавита: *h, g, e, d* — для наружной резьбы и *H, G* — для внутренней. Наибольшее распространение для наружной резьбы имеют поля допусков 6g и 8g, а для внутренней — 6H и 7H. В таблицах ГОСТ 16093—70 можно найти числовые значения предельных отклонений, которые соответствуют различным полям допусков.

Ранее по ГОСТ 9253—59 допуски для метрической резьбы указывались величиной класса точности — первым, вторым или третьим (кл. 1, кл. 2 или кл. 3). Для перевода классов точности в поля допусков ГОСТ 16093—70 рекомендует следующие переводные соотношения: кл. 1 соответствует полю допуска 4*h* или 4*H*; кл. 2 и кл. 2а — 6g или 6H; кл. 3 — 8g или 7H.

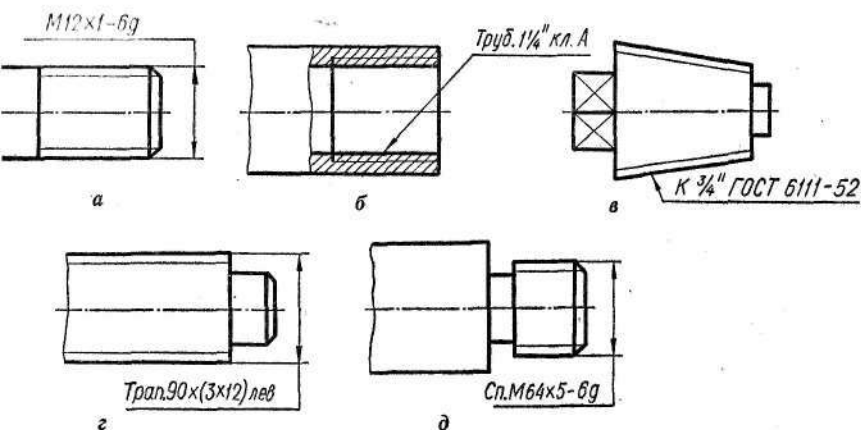


рис. 249

В обозначении *трапецеидальной резьбы* пишут слово «Трап.» и указывают наружный диаметр, шаг и класс точности. Для этой резьбы ГОСТ 9562—60 предусматривает три класса точности: кл. 1, кл. 2 и кл. 3. Примеры условного обозначения: Трап. 36 × 6 кл. 1; Трап. 6 × 6 кл. 3 и т. д.

Обозначая *упорную резьбу*, пишут слово «Уп.» и указывают наружный диаметр, шаг резьбы и класс точности. По ГОСТ 10177—62 для наружной резьбы предусмотрены 1 и 2-й классы точности (кл. 1 и кл. 2), а для внутренней — только один класс точности. Примеры словного обозначения: Уп. 80 × 16 кл. 1; Уп. 80 × 16 кл. 2.

В обозначении *трубной цилиндрической резьбы* указывают слово «Труб.», номинальный размер резьбы в дюймах и класс точности, например: Труб. 1 1/4" кл. А (рис. 249, б). Для трубной цилиндрической резьбы ГОСТ 6357—73 устанавливает два класса точности — В.

Обозначая *коническую трубную резьбу*, указывают слово «К_{труб}», номинальный диаметр резьбы в дюймах и номер стандарта. Если резьба укороченная или повышенной точности, то добавляют слова «укор.» или «пов. точн.», например: К_{труб} 3/4" ГОСТ 6211—69; К_{труб} 3/4" укор. ГОСТ 6211—69; К_{труб} 3/4" пов. точн. ГОСТ 6211—69.

Коническую дюймовую резьбу с углом профиля 60° обозначают буквой «К», значением размера резьбы в дюймах и указанием номера стандарта, например: К 3/4" ГОСТ 6111—52 (рис. 249, в).

Указывая левую резьбу, к ее обозначению добавляют буквы «ЛН» для метрической резьбы и слово «лев» для прочих резьб, например: 24 × 1ЛН; Трап. 90 × 12 лев.

Для многозаходных резьб (кроме метрической) число заходов указывают в скобках множителем перед размером шага резьбы, например: Трап. 90 × (3 × 12) лев. — резьба трапецеидальная, диаметром 90 мм, трехзаходная, шаг резьбы 12 мм, левая (рис. 249, г). Шаг этой резьбы равен 3 × 12 = 36 мм. Допускается число заходов резьбы указывать надписью (см. рис. 247, а).

Специальными называют резьбы, у которых некоторые параметры отличны от стандартных. Имеются два типа специальных резьб:

1. Резьба имеет стандартный профиль, но размеры диаметра или шага отличны от принятых по стандарту. В этом случае в обозначении резьбы добавляется слово «Сп.», например: Сп. М 64 × 5 — 6g (рис. 249, д). В случае необходимости указывают предельные значения отклонений среднего диаметра резьбы, например: Сп. М 14 × × 1,25 $\frac{13,1888}{13,1180}$.

2. Резьба имеет нестандартный профиль. В этом случае профиль резьбы выполняют в виде выносного элемента и на нем проставляют все необходимые размеры. Наибольшее распространение имеет нестандартная прямоугольная резьба (рис. 247, а—в).

19.8. Технические требования на болты, винты, шпильки и гайки

Для характеристики механических свойств (при нормальной температуре) болтов, винтов и шпилек из углеродистых и легированных сталей установлено 12 классов прочности: 3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 6.9; 8.8; 10.9; 12.9 и 14.9. Класс прочности, как видим, обозначен двумя числами. Первое число, умноженное на 10, определяет минимальное временное сопротивление σ_b кгс/мм², второе число, умноженное на 10, определяет отношение предела текучести к временному сопротивлению в процентах; произведение чисел дает предел текучести σ_t кгс/мм². Например, класс прочности 5.8 означает, что временное сопротивление $\sigma_b = 50$ кгс/мм², предел текучести $\sigma_t = 5 \cdot 8 = 40$ кгс/мм², и отношение предела текучести к временному сопротивлению составляет 80% (т. е. 8×10).

Для гаек, изготовленных из углеродистых и легированных сталей, установлено 7 классов прочности: 4; 5; 6; 8; 10; 12 и 14. Число, обозначающее класс прочности, при умножении на 10 дает величину напряжения σ_F кгс/мм² от испытательной нагрузки, например: для класса прочности 8 напряжение от испытательной нагрузки составляет 80 кгс/мм².

Для каждого класса прочности стандарт рекомендует определенные марки стали (табл. 8 и 9). ГОСТ 1759—70 устанавливает также виды и условное обозначение покрытий для крепежных деталей (табл. 10). Вид покрытия для определенного материала выбирают по ГОСТ 14623—69 и 9.073—77, а толщину покрытия — по ГОСТ 9.073—77. Характер покрытия определяется условиями работы крепежных деталей: для легких условий применяют цинковое и никелевое многослойное покрытие, для средних — кадмиевое и многослойное медь-никель-хром, а для тяжелых — окисное, фосфатное с промасливанием и др.

ГОСТ 1759—70 устанавливает условное обозначение крепежных деталей:

1. Для болтов, винтов и шпилек классов прочности 3.6—6.9, для гаек классов прочности 4—8 и для изделий из цветных сплавов условное обозначение выполняют по такой схеме: 1) наименование детали; 2) вид исполне-

Таблица 8

Стали для болтов, винтов и шпилек (ГОСТ 1759—70)

Класс прочности	Марки
3.6	СтЗкп, СтЗсп, сталь 10, 10кп
4.6	Сталь 20
4.8	Сталь 10, 10кп
5.6	Сталь 30, 35
5.8	Сталь 10, 10кп, 20, 20кп, СтЗсп, СтЗкп
6.6	Сталь 35, 45, 40Г
6.8, 6.9	Сталь 20, 20кп
8.8—14.9	Стали по табл. 1 ГОСТ 1759—70

Таблица 9

Стали для гаек (ГОСТ 1759—70)

Класс прочности	Марки
4	СтЗкп, СтЗсп
5	Сталь 10, 10кп, 20
6	Сталь 15, 15кп, 35, Ст5
8	Сталь 20, 20кп, 35, 45
10—14	Стали по табл. 2 ГОСТ 1759—70

ния (исполнение 1 не указывают); 3) диаметр резьбы; 4) величина шага резьбы (указывают только для резьбы с мелким шагом); 5) поле допуска резьбы (допуски 8g и 7H не указывают); 6) длина стержня (для гаек этот показатель опускают); 7) класс или группа прочности; 8) указание о применении спокойной стали; 9) вид покрытия (вид покрытия 00, т. е. без покрытия, в обозначении не указывают); 10) тол-

щина покрытия, мкм; 11) номер размерного стандарта на изделие.

2. Для болтов, винтов и шпилек классов прочности 8.8—14.9, для гаек классов прочности 10—14 и для изделий из коррозионностойких, карбопрочных и жаростойких сталей обозначение ведут по той же схеме, но в восьмом пункте пишут марку стали или сплава. Примеры обозначений приведены ниже.

Таблица 10

Виды и условное обозначение покрытий

Обозначение	Вид покрытия	Обозначение	Вид покрытия
00	Без покрытия	07	Оловянное
01	Цинковое с хромированием	08	Медное
02	Кадмиевое с хромированием	09	Цинковое
03	Никелевое многослойное медь-никель	10	Окисное анодизационное с хромированием
04	Многослойное медь-никель-хром	11	Окисно-фосфатное
05	Окисное	12	Серебряное
06	Фосфатное с промасливанием		

9.9. Болты

Болт — это цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется головка, а на другом — резьба для навинчивания гайки.

Болты различают по форме и размерам головки, форме стержня, точности изготовления, характеру исполнения и шагу резьбы.

Выполняют болты с шестигранными (рис. 250), полукруглыми потайными головками. Шестигранные головки бывают нормальных уменьшенных размеров, с направляющим подголовком (рис. 250, в) без него (рис. 250, а). Болты с шестигранной головкой изготавливают метрической резьбой крупного и мелкого шага с полями допусков g и 6g. Резьбу выполняют способом нарезки или накатки. В зависимости от этого диаметр ненарезанной части стержня может равняться диаметру резьбы или быть меньше его.

Изготавливают болты нормальной, повышенной и грубой точности, различающиеся степенью шероховатости стержня, резьбы и опорной

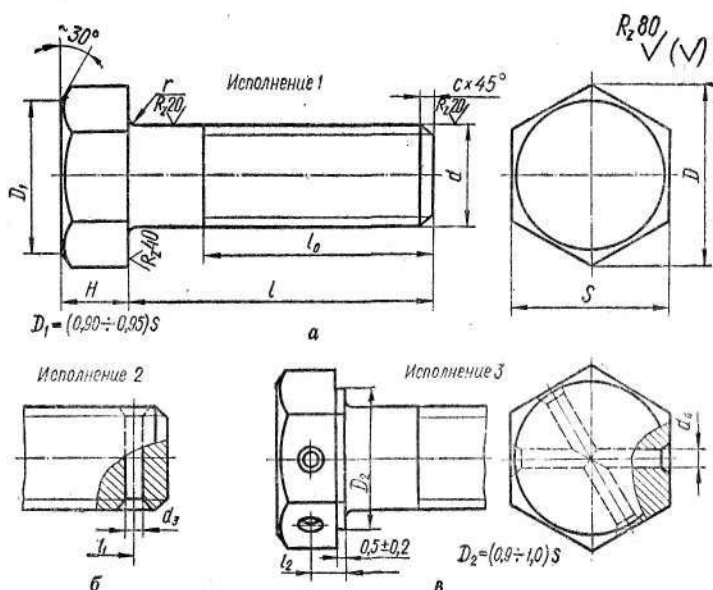


Рис. 250

плоскости головки. На рис. 250, а показаны параметры шероховатости поверхности болта повышенной точности изготовления.

Болты с шестигранными головками имеют от трех (рис. 250) до пяти исполнений: исполнение 1 — без отверстия под шплинт (рис. 250, а); исполнение 2 — с отверстием под шплинт в цилиндрическом стержне (рис. 250, б); исполнение 3 — с двумя сквозными отверстиями в головке, предназначенными для стопорения болта проволокой, продеваемой в отверстия (рис. 250, в).

В условном обозначении болта указывают параметры, перечисленные в § 19.8.

Таблица 11

Размеры болтов нормальной точности с шестигранной головкой (ГОСТ 7798—70), мм

d	S	H	D (не менее)	r	l_0	l
10	17	7	18,7	0,4—1,1	26	32—150
12	19	8	20,9	0,6—1,6	30	35—150
16	24	10	26,5	0,6—1,6	38	45—150
20	30	13	33,3	0,8—2,2	46	55—150
24	36	15	39,6	0,8—2,2	54	65—150
30	46	19	50,9	1,0—2,7	66	75—150
36	55	23	60,8	1,0—3,2	78	90—150

Примечание. Ряд длин l : (32), 35, (38), 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, (85), 90, (95), 100 (105), 110, (115), 120, (125), 130, 140, 150.

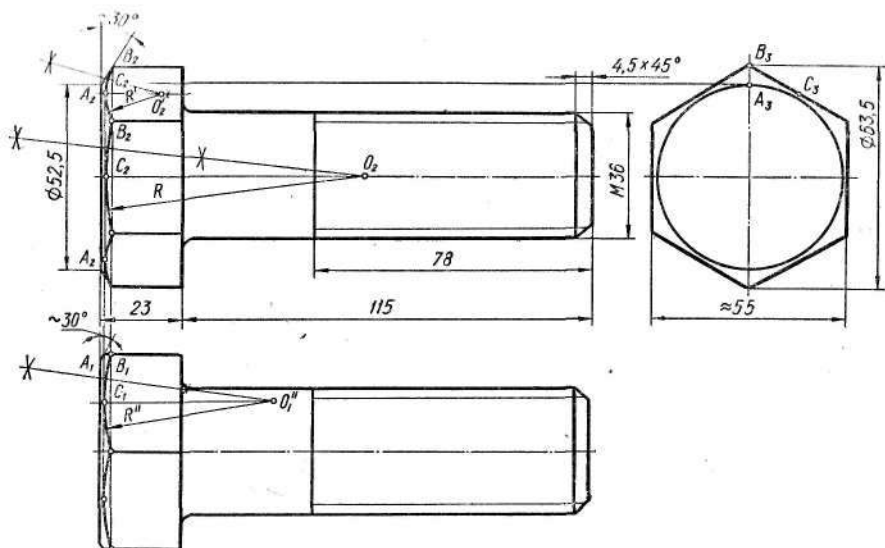


Рис. 251

Примеры условных обозначений:

1. Болт с шестигранной головкой исполнения 1, нормальной точности, с диаметром резьбы $d = 12$ мм, крупным шагом резьбы и полем допуска 8g, длиной $l = 60$ мм, класса прочности 5.8, без покрытия —

Болт M12 × 60.58 ГОСТ 7798—70.

2. Болт с шестигранной головкой исполнения 2, повышенной точности, с диаметром резьбы $d = 12$ мм, мелким шагом резьбы 1,25 мм и полем допуска 6g, длиной $l = 60$ мм, класса прочности 10.9, из стали 40X, с покрытием 01, т. е. цинковым с хромированием, толщиной 6 мкм —

Болт 2M 12 × 1,25.6g × 60.109.40X.016 ГОСТ 7805—70.

На рис. 251 выполнен чертеж болта по размерам, взятым из стандарта (табл. 11). Рассмотрите и поясните выполненное построение.

19.10. Гайки

Гайка — деталь, имеющая отверстие с резьбой для навинчивания на болт или на шпильку.

Гайки различают по форме поверхности, характеру исполнения, точности изготовления и шагу резьбы.

По форме поверхности различают гайки шестигранные (рис. 252, а—в), шестигранные прорезные (рис. 252, г), корончатые (рис. 252, д), круглые, гайки-барашки и др. По высоте шестигранные гайки бывают нормальной высоты, низкие, высокие и особо высокие. Кроме того, изготавливают гайки с уменьшенным размером «под ключ».

Шестигранные гайки имеют три вида исполнения: с двумя коническими фасками — исполнение 1 (рис. 252, а), с одной фаской — исполнение 2 (рис. 252, б) и без фасок с выступом с одного торца — исполнение 3 (рис. 252, в).

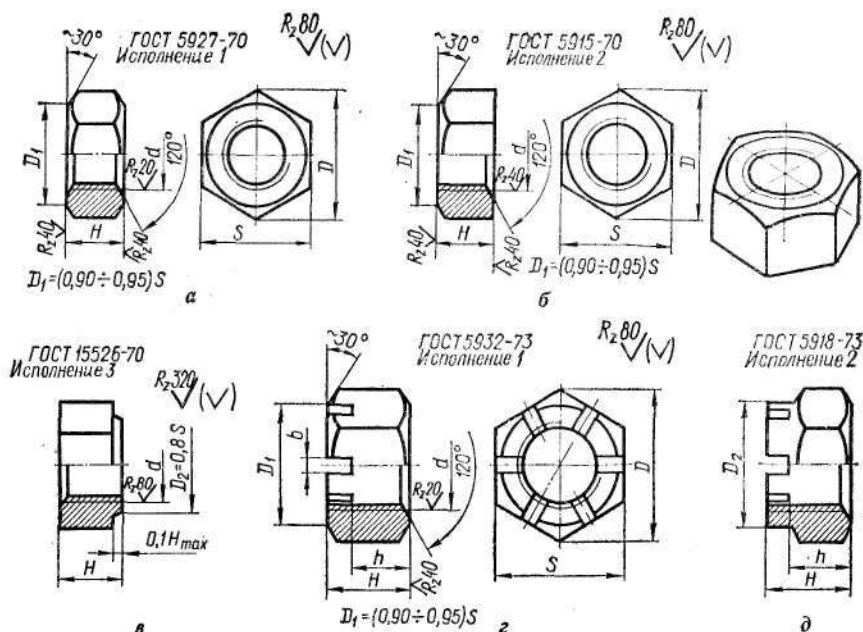


Рис. 252

Гайки изготовляют нормальной, повышенной и грубой точности. На рис. 252, а показана шероховатость поверхностей для гайки повышенной точности изготовления, на рис. 252, б — для гайки нормальной точности, а на рис. 252, в — для гайки грубой точности.

Гайки изготовляют с метрической резьбой крупного и мелкого шага с полями допуска резьбы 7H и 6H.

В условном обозначении гаек указывают параметры, перечисленные в § 19.8.

Примеры условных обозначений:

1. Гайка шестигранная исполнения 1, нормальной точности изготовления, с диаметром резьбы $d = 12$ мм, крупным шагом резьбы и полем допуска 7H, класса прочности 5, без покрытия —

Гайка М 12,5 ГОСТ 5915—70.

2. Гайка шестигранная исполнения 2, повышенной точности, с диаметром резьбы $d = 12$ мм, мелким шагом резьбы 1,25 мм и полем допуска 6H, класса прочности 12, из стали 40X, с покрытием 01 толщиной 6 мкм —

Гайка 2М 12 × 1,25. 6H. 12. 40X. 016 ГОСТ 5927—70.

На рис. 253 показан способ построения гайки с одной фаской, диаметром резьбы М36 (ГОСТ 5915—70). Из стандарта (табл. 12) определяют конструктивные элементы гайки: $d = 36$ мм; $H = 28$ мм; $D = 63,5$ мм; $S \approx 55$ мм. Последовательность вычерчивания гайки такова:

1. Проводят осевые линии. На виде слева вычерчивают вспомогательную окружность диаметром $D = 63,5$ мм и вписывают в нее правильный шестиугольник.

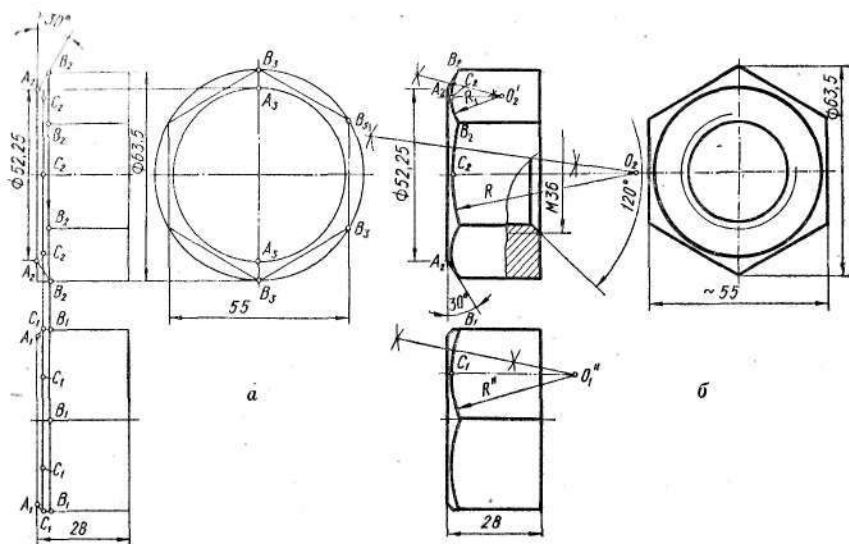


Рис. 253

2. На видах спереди и сверху проводят параллельные линии, отстоящие друг от друга на 28 мм. Проведя из вершин шестиугольника линии связи, получают проекции боковых ребер и граней гайки. На виде спереди гайка проецируется тремя гранями и ширина ее проекции равна диаметру окружности, т. е. 63,5 мм, на виде сверху гайка проецируется двумя видимыми гранями и ширина ее проекции равна размеру «под ключ», т. е. 55 мм.

3. Рассчитывают и вычерчивают диаметр D_1 окружности фаски, ограничивающий торцовую плоскость гайки:

$$D_1 = 0,95S = 0,95 \cdot 55 \text{ мм} = 52,25 \text{ мм.}$$

Таблица 12

Размеры гаек нормальной точности с шестигранной головкой (ГОСТ 5915—70), мм

d	S	H	D (не менее)
10	17	8	13,7
12	19	10	20,9
16	24	13	26,5
20	30	16	33,3
24	36	19	39,6
30	46	24	50,9
36	55	28	60,8

На виде слева окружность проецируется в натуральную величину, причем она не касается сторон шестиугольника. На видах спереди и сверху проекции окружности изображаются отрезками A_2A_2 и A_1A_1 . С помощью угольника из точек A_1 и A_2 проводят образующие конической фаски под углом 30° . Пересечение этих образующих с ребрами призмы на виде спереди дает низшие точки B_2 ; B_2 кривых, а пересечение с гранями призмы на виде сверху — высшие точки C_1 ; C_1 .

С помощью линий связи, проведенных из полученных точек, на боковых ребрах получают проекции точки B , а на серединах граней — проекции точки C .

4. Коническая фаска пересекает грани призмы по гиперболам, которые условно заменяют дугами окружностей. Имея по три точки (B_2, C_2, B_2) на каждой боковой грани, определяют центры дуг окружностей (O_2, O'_2, O''_2). Например, для определения центра O_2 из середины хорды B_2C_2 проводят перпендикуляр до пересечения со средней линией грани в точке O_2 . Аналогично определяют центры O'_2 и O''_2 .

5. Построение гайки заканчивают вычерчиванием резьбового отверстия диаметром М36. На виде спереди выполняют местный разрез, открывающий отверстие с резьбой и фаску.

19.11. Винты

По назначению винты разделяют на крепежные и установочные.

Крепежный винт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого выполнена резьба, а на другом имеется головка.

Головки крепежных винтов выполняют под ключ или со шлицем для отвертки. Форма головки может быть цилиндрической (рис. 254, а), полукруглой (рис. 254, б), потайной (рис. 254, в), полупотайной (рис. 254, г), цилиндрической с шестигранным углублением и др. Крепежные винты бывают четырех исполнений: исполнение 1 — резьба выступает над ненарезанной частью стержня (рис. 254, а), исполнение 2 — резьба выполнена на уровне стержня (рис. 254, б), исполнение 3 и 4 — с крестообразным шлицем в головке винта (рис. 254, в, г). Изготавливают винты с метрической резьбой крупного и мелкого шага с полями допусков 8g и 6g. Резьбу выполняют способами нарезки или накатки. Шероховатость поверхности крепежных винтов соответствует

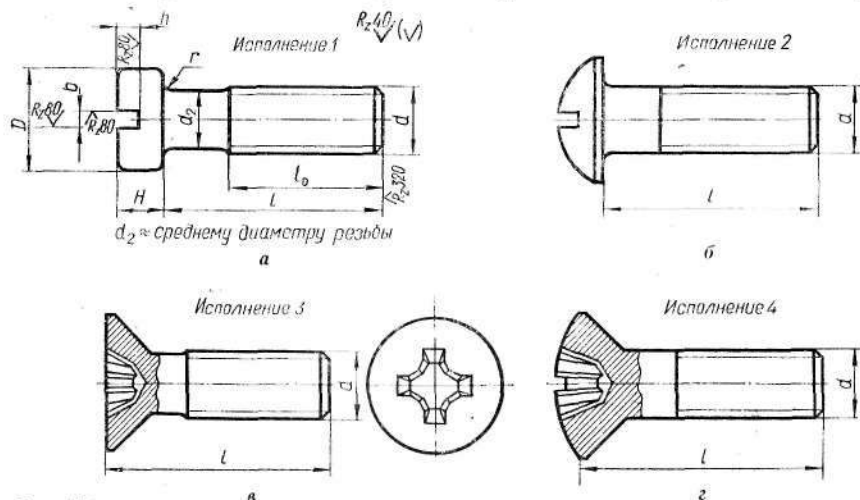
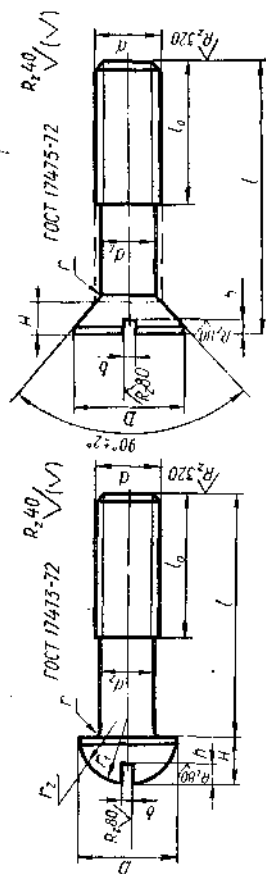


Рис. 254

Таблица 13

Размеры винтов нормальной точности с полукруглой и потайной головками; мм



d	ГОСТ 17473-72								ГОСТ 17475-72							
	8	10	12	14	16	(18)			8	10	12	(14)	16			(18)
D	13	16	18	21	24	27			14,5	18,0	21,5	25,0	28,5			32,5
b	2	2,5	3	3	4	4			2	2,5	3	3	4			4
h	3,5	4	4,2	4,5	5	5,5			2	2,5	2,5	3	3,5			4
H	5,6	7	8	9,5	11	12			4	5	5,5	6,5	7			8
r	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6	1,6			1,1	1,1	1,6	1,6	1,6			1,6
l	22	26	30	34	38	42			22	26	30	34	38			42
l ₀	12,8	16	19	25	26	28			—	—	—	—	—			—
r ₁	6,4	8	9,5	11	13	14,5			—	—	—	—	—			—
r ₂	28—70	32—70	35—85	40—90	45—95	50—110			32—70	38—70	42—85	48—90	55—95			60—110

Примечание. Ряд длин l: (28), 30, (32), 35, (38), 40, (42), 45, (48), 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, (85), 90, (95), 100, 110.

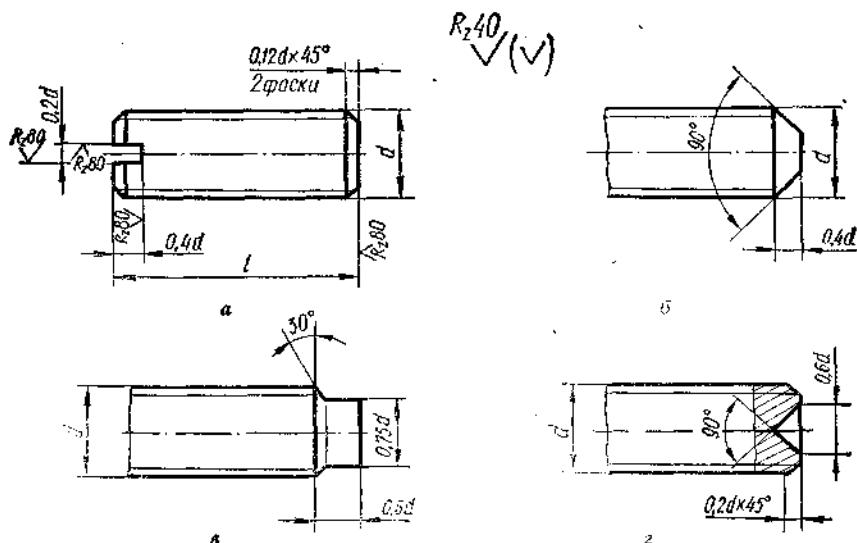


Рис. 255

нормальной точности изготовления (рис. 254, а). Размеры некоторых винтов приведены в табл. 13.

Установочные винты отличаются от крепежных тем, что их стержень нарезан полностью и имеет нажимной конец, входящий в соответствующее углубление детали. Применяют установочные винты в тех случаях, когда одну деталь нужно зафиксировать относительно другой. На рис. 255 изображены установочные винты под отвертку с различной формой нажимных концов: плоской (рис. 255, а), конической (рис. 255, б), цилиндрической (рис. 255, в), засверленной (рис. 255, г).

В условном обозначении винтов указывают параметры, перечисленные в § 19.8.

Примеры условных обозначений:

1. Винт с цилиндрической головкой исполнения 1, нормальной точности, с диаметром резьбы $d = 12$ мм, крупным шагом и полем допуска 8g, длиной $l = 50$ мм, класса прочности 5.8, без покрытия —

Винт М 12 × 50.58 ГОСТ 1491—72.

2. Винт с полукруглой головкой исполнения 3, нормальной точности, с диаметром резьбы $d = 12$ мм, мелким шагом резьбы 1,25 мм и полем допуска 6g, длиной $l = 50$ мм, класса прочности 10.9, из стали 40X, с покрытием 01 (цинковое с хромированием), толщина покрытия 6 мкм —

Винт 3М 12 × 1,25. 6g × 50.109. 40X. 016 ГОСТ 17473—72.

3. Винт установочный с засверленным концом, с диаметром резьбы $d = 10$ мм, крупным шагом и полем допуска 8g, длиной $l = 25$ мм, класса прочности 5.8, без покрытия —

Винт М 10 × 25.58 ГОСТ 1479—75.

19.12. Шпильки

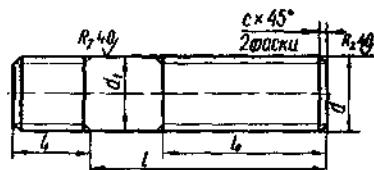


Рис. 256

Шпилька — это крепежная цилиндрическая деталь с резьбой на обоих концах.

Резьбовой конец шпильки длиной l_1 (рис. 256) ввинчивается в деталь. Длиной шпильки считают ее часть l , на которую надевается скрепляемая деталь и навинчивается гайка.

Длина l_1 ввинчиваемого конца зависит от материала детали, в которую вводится шпилька:

1) $l_1 = d$ — для резьбовых отверстий в стальных, бронзовых и латунных деталях с достаточной пластичностью ($\delta_s \geq 8\%$) и деталей из титановых сплавов;

2) $l_1 = 1,25d$; $l_1 = 1,6d$ — для резьбовых отверстий в деталях из ковкого и серого чугуна;

3) $l_1 = 2d$; $l_1 = 2,5d$ — для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов.

Длина гасящего конца $l_2 = 2d \pm 6$ мм при $l \leq 150$ мм и $l_2 = 2d + 12$ мм при $l \geq 160$ мм. Размеры шпилек приведены в табл. 14.

Шпильки изготавливают с метрической резьбой крупного и мелкого шага. По характеру исполнения шпильки бывают нормальной и повышенной точности. На рис. 256 показана шпилька, шероховатость поверхности которой отвечает нормальной точности изготовления. Допускается изготовление шпилек с диаметром стержня, приблизительно но равным среднему диаметру резьбы.

Условное обозначение шпилек выполняют по общей схеме (см. § 19.8).

Примеры условных обозначений:

Шпилька нормальной точности, с метрической резьбой диаметра $d = 16$ мм, с крупным шагом резьбы $P = 2$ мм и полем допуска 8g, длина шпильки $l = 120$ мм,

Таблица 14

Размеры шпилек нормальной точности, мм

d	Шаг P		$l_1 = d$ (ГОСТ 22032—76)	$l_1 = 1,25d$ (ГОСТ 22034—76)	$l_1 = 1,6d$ (ГОСТ 22036—76)	$l_1 = 2d$ (ГОСТ 22038—76)	$l_1 = 2,5d$ (ГОСТ 22040—76)	l_2
	крупный	мелкий						
10	1,5	1,25	10	12	16	20	25	26
12	1,75	1,25	12	15	20	24	30	30
16	2	1,5	16	20	25	32	40	38
20	2,5	1,5	20	25	32	40	50	46
24	3	2	24	30	38	48	60	54
30	3,5	2	30	38	48	60	75	66
36	4	3	36	45	56	72	88	78

Примечание. Ряд длин l шпилек: ... (38), 40, (42), 45, (48), 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, (95), 100, (105), 110, (115), 120, 130, 140, 150...

длина ввинчиваемого конца $l_1 = 1,25d$, класс прочности 5.8, без покрытия —

Шпилька М 16 × 120. 58 ГОСТ 22034—76.

Шпилька повышенной точности, с метрической резьбой диаметра $d = 16$ мм, с мелким шагом $P = 1,5$ мм и полем допуска 6g, длина шпильки $l = 120$ мм, длина ввинчиваемого резьбового конца $l_1 = 1,25d$, класс прочности 10.9, изготовленная из стали 40X, покрытие 02 толщиной 9 мкм —

Шпилька М 16 × 1,5 — 6g × 120.109.40X. 029 ГОСТ 22035—76.

19.13. Шайбы

Шайба — это цельная или разрезная пластина с круглым отверстием, которую устанавливают под гайку или головку болта.

Назначение шайбы — предохранить поверхность скрепляемой детали от смятия или исключить возможность самоотвинчивания крепежной детали.

Различают шайбы круглые (рис. 257, а) по ГОСТ 11371—78, увеличенные (ГОСТ 6958—78), уменьшенные (ГОСТ 10450—78), пружинные (рис. 257, б) по ГОСТ 6402—70, стопорные с лапкой (рис. 257, в) по ГОСТ 13463—77, стопорные многолапчатые (ГОСТ 11872—73) и др.

Шайбы круглые бывают без фаски (исполнение 1) и с фаской (исполнение 2). Изготавливают их штамповкой из стальной низкоуглеродистой ленты или получают токарной обработкой из круглой калиброванной стали.

Для круглых и стопорных шайб в ГОСТ 18123—72 приведены марки материалов и их условные обозначения, условные обозначения покрытий и обозначения самих шайб.

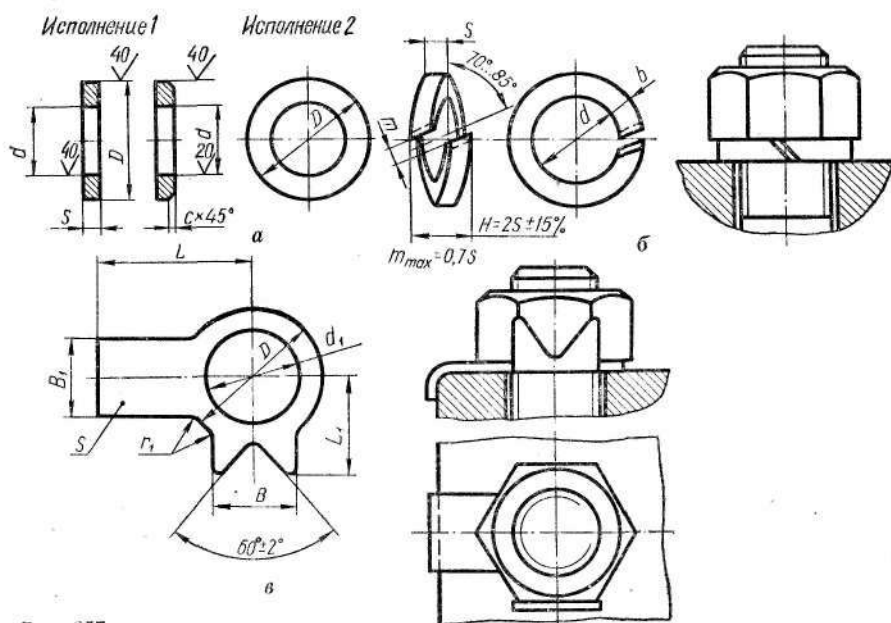


Рис. 257

Материалы для шайб делят на виды, условно обозначаемые цифрами: углеродистые стали — 0, легированные стали — 1, нержавеющие стали — 2, цветные металлы и сплавы — 3. Каждый вид делится на несколько групп, например: 01 — сталь 08, 08кп, 10, 10кп; 02 — сталь Ст3, Ст3кп; 03 — сталь 15; 11 — стали 40Х, 30ХГСА; 32 — латуни марок Л63, ЛС59-1 и т. д.

Условное обозначение покрытий производят по ГОСТ 1759—70 (см. табл. 10).

В условном обозначении круглых и стопорных шайб указывают: 1) слово «Шайба»; 2) вид исполнения (исполнение 1 не указывают); 3) диаметр стержня крепежной детали; 4) условное обозначение группы материала; 5) условное обозначение покрытия; 6) толщину покрытия; 7) номер стандарта. Например:

Шайба 2.12.01.099 ГОСТ 11371—78

— шайба круглая, исполнение 2, для болта с диаметром стержня 12 мм, из материала группы 01, покрытие 09 (цинковое), толщина покрытия 9 мкм.

Пружинная шайба представляет собой стальное кольцо с разрезанными и разведенными в разные стороны концами. Пружинные шайбы бывают легкие (Л), нормальные (Н), тяжелые (Т) и особо тяжелые (ОТ). Изготавливают эти шайбы из стали 65Г или из легированных сталей.

В условном обозначении пружинных шайб указывают: 1) слово «Шайба»; 2) диаметр стержня; 3) вид исполнения, т. е. Л, Т или ОТ (исполнение Н не указывают); 4) марку материала; 5) обозначение покрытия; 6) толщину покрытия; 7) номер стандарта. Например:

Шайба 12.65Г 029 ГОСТ 6402—70;

Шайба 12Т 3Х13 096 ГОСТ 6402—70.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое цилиндрическая винтовая линия?
2. Что называется шагом и витком винтовой линии?
3. Как определить длину витка винтовой линии? Как образуется резьба?
4. Назовите основные элементы профиля резьбы.
5. В чем разница между шагом и ходом резьбы?
6. Охарактеризуйте метрическую, трубную и трапецеидальную резьбы.
7. По каким признакам классифицируют резьбу?
8. Как условно изображают резьбу на стержне? в отверстии?
9. Как изображают на чертеже резьбу с нестандартным профилем?
10. Как изображают в разрезе резьбовое соединение?
11. Как условно обозначают метрическую резьбу с крупным шагом? с мелким шагом? трубную резьбу? упорную резьбу?
12. Как обозначают левую резьбу? многозаходную? специальную?
13. Дайте определение болта. По каким признакам классифицируют болты?
14. Как условно обозначают болты на чертежах?
15. Дайте определение гайки. По каким признакам классифицируют гайки?
16. Как условно обозначают гайки на чертежах?
17. По каким признакам классифицируют винты и как их условно обозначают на чертежах?
18. Что называется шпилькой и по каким признакам их классифицируют?
19. Как условно обозначают шпильки на чертежах?
20. Дайте определение шайбы. Как условно обозначают шайбы на чертежах?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Резьба и резьбовые изделия». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

**Карта программированного контроля
по теме «Резьба и резьбовые изделия»**

1. Какой профиль принадлежит упорной резьбе (рис. 1)?
2. Какие резьбы (рис. 1) принадлежат к ходовым?

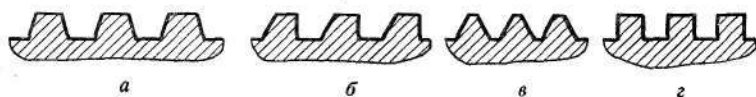


Рис. 1

3. На каких рисунках допущены ошибки в изображении резьбы (рис. 2)?

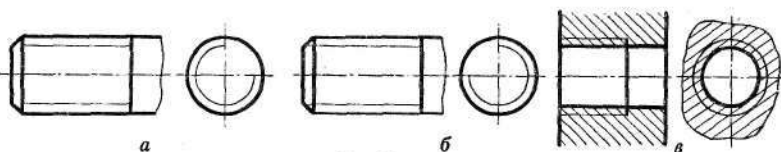


Рис. 2

4. На каких рисунках допущены ошибки в обозначении резьбы (рис. 3)?

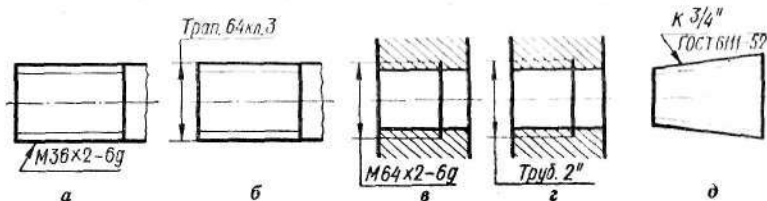


Рис. 3

5. Какие из перечисленных ниже резьб измеряются в дюймах?
Трапецидальная Упорная Коническая Трубная Прямоугольная
а б в г д
6. Расшифруйте условное обозначение болта
Болт 2М 12 × 80.66 ГОСТ 7798—70.
7. Расшифруйте условное обозначение резьбы:
Уп. 70 × 16; Трап. 60 × (3 × 8) лев.; М 64 × 2 — 6g.
8. Запишите словами условное обозначение гайки
Гайка М 12 × 1,25. 6Н. 12. 40Х. 016 ГОСТ 5915—70.
9. Запишите словами условное обозначение винта
Винт 2М 12 × 40.56 ГОСТ 17475—72.
10. Запишите словами условное обозначение шпильки
Шпилька М 16 × 1,5 — 6g × 100. 58. 016 ГОСТ 22035—76.

20.1. Требования к рабочим чертежам деталей

Деталь — это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Рабочий чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Рабочий чертеж детали должен иметь: а) минимальное, но достаточное число изображений (видов, разрезов, сечений, выносных элементов), полностью раскрывающих форму детали; б) необходимые размеры с их предельными отклонениями; в) требования к шероховатости различных поверхностей; г) обозначения предельных отклонений формы и расположения поверхностей; д) сведения о материале, термической обработке, покрытии, отделке, которые деталь должна иметь перед сборкой; е) отдельно выделяемые технические требования и др.

Рассмотрим основные требования к рабочим чертежам деталей по ГОСТ 2.109—73 (более подробный материал можно найти в стандарте):

1. На каждую деталь выполняют отдельный чертеж на листах формата по ГОСТ 2.301—68. Чертеж должен содержать основную надпись в соответствии с ГОСТ 2.104—68. Наименование изделия в основной надписи записывают в именительном падеже единственного числа. Если наименование состоит из нескольких слов, то на первом месте помещают имя существительное, например: «Колесо зубчатое».

2. В основной надписи указывают условное обозначение материала, которое должно содержать его наименование, марку и номер стандарта, например: Сталь 45 ГОСТ 1050—74. Если в условное обозначение материала входит его сокращенное наименование, например, «Ст», «СЧ», «КЧ», «Бр» и другие, то полные наименования «Сталь», «Серый чугун», «Ковкий чугун», «Бронза» не указывают, например: «Ст3 ГОСТ 380—71».

3. Если по конструктивным или эксплуатационным требованиям деталь должна быть изготовлена из сортового материала определенного профиля и размера, например из листовой стали, проката, полосы и т. п., то материал этой детали записывают по стандартам на соответствующий сортамент, например:

Полоса $\frac{5 \times 50 \text{ ГОСТ } 103-76}{\text{Ст3 ГОСТ } 535-58}$; Квадрат $\frac{\text{В } 60 \text{ ГОСТ } 2591-71}{\text{Ст3 ГОСТ } 535-58}$.

4. Если для изготовления детали предусматривается использование заменителей материала, то их указывают в технических требованиях. В основной надписи должно быть указано не более одного вида материала.

5. Массу изделия, изображенного на чертеже, проставляют в основной надписи в килограммах без указания единицы. Допускается давать массу и в других единицах с указанием их, например: 5 г; 0,20 т.

6. Масштаб изображения на рабочих чертежах выбирают в соответствии с ГОСТ 2.302—68.

7. Как правило, рабочие чертежи разрабатывают на все детали, входящие в состав изделия. Не выпускать чертежи допускается на следующие детали: а) изготавливаемые из фасонного или сортового материала отрезкой под прямым углом; б) из листового материала, изготавливаемые отрезкой по окружности или по периметру прямоугольника без последующей обработки; в) детали изделий индивидуального производства, форма и размеры которых (длина, радиусгиба и т. п.) устанавливаются по месту; г) покупные детали, подвергаемые покрытию, не изменяющему характер их сопряжения; д) детали неразъемных соединений (сварных, паяных и др.), если их конструкция настолько проста, что требует не более трех-четырех размеров. Необходимые данные для изготовления и контроля деталей, на которые чертежи не выпускаются, указывают на сборочных чертежах и в спецификации.

8. На чертежах применяют условные обозначения (знаки, линии, буквенные и буквенно-цифровые обозначения), установленные стандартами. Эти обозначения применяют без разъяснения их на чертеже и без указания номера стандарта.

9. Не допускается давать на чертежах ссылки на документы, определяющие форму и размеры конструктивных элементов (фасок, канавок, проточек и т. п.), если в соответствующих стандартах нет условного обозначения этих элементов. Все данные для изготовления этих элементов должны быть приведены на рабочих чертежах.

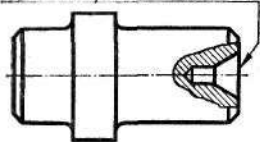
Отметим два обстоятельства:

а) если в готовом изделии должны быть центровые отверстия, выполняемые по ГОСТ 14034—74, то их изображают упрощенно с указанием условного обозначения (рис. 258, а). Если центровые отверстия в готовом изделии недопустимы, то на поле чертежа в технических требованиях указывают: «Центровые отверстия недопустимы». Центровые отверстия не изображают и в технических требованиях не помещают никаких указаний о них, если наличие отверстий конструктивно безразлично;

б) если ребра или кромки детали необходимо изготовить острыми или скруглить, то на чертеже помещают соответствующее указание, например: «Кромки скруглить R3 мм». Если на чертеже нет никаких указаний, то кромки и ребра притупляют.

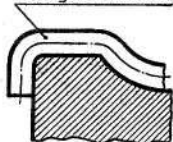
10. Не допускается помещать на рабочих чертежах технологические указания, так как они ограничивают технолога в выборе процесса изготовления и затрудняют использование чертежей на других предприятиях. В виде исключения допускается указывать способы изготовления и контроля, если они являются единственными, гарантирующими требуемое качество изделия, например: «совместная обработка», «совместная гибка», «развальцовка», «притирка» и т. п. Соответствующие записи делают в технических требованиях или на самом чертеже (рис. 258, б — г). Допускается давать указания по выбору вида технологической заготовки для детали (поковка, отливка и т. п.).

2011 центр А3 ГОСТ 14034-74



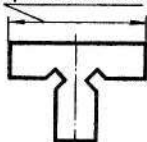
а

Выгнуть по дет...



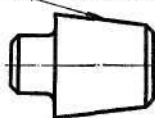
б

Пригнуть по дет...

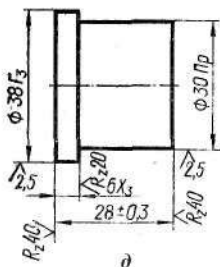


в

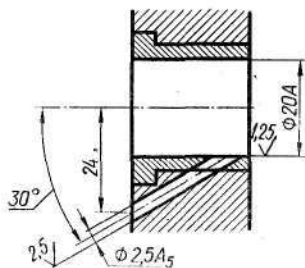
$\Delta 1:7$
притереть по дет...



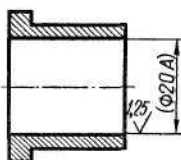
г



д



е



Размеры в скобках — после сборки

ж

Рис. 258

11. На рабочем чертеже указывают размеры, предельные отклонения, шероховатость поверхностей и другие данные, которые деталь должна иметь перед сборкой (рис. 258, д). Размеры, предельные отклонения и шероховатость поверхностей элементов изделия, получающиеся в результате обработки в процессе сборки или после нее, указывают на сборочном чертеже (рис. 258, е). Здесь показаны данные для обработки внутреннего отверстия $\varnothing 20A$ во втулке и для выполнения смазочного отверстия $\varnothing 2,5A_5$.

Изделие, при изготовлении которого предусматривается припуск на последующую обработку некоторых элементов в процессе сборки, изображают на чертеже со всеми данными, которым оно должно соответствовать после окончательной обработки. Такие размеры заключают в круглые скобки, а в технических требованиях делают запись «Размеры в скобках — после сборки» (рис. 258, ж).

12. В ряде случаев применяют ступенчатый способ изготовления деталей, т. е. вначале получают изделие-заготовку, из которой по рабочему чертежу обрабатывают нужную деталь. Заготовки, как правило, получают одним технологическим процессом (например, ковкой, штамповкой, литьем) и поэтому шероховатости поверхностей и классы точности размеров обычно одни и те же для всех элементов детали. В этом случае заготовки изображают сплошными тонкими линиями, а поверхности, получаемые дополнительной обработкой, — сплошными основными линиями (рис. 259, а), причем наносят только те размеры, предельные отклонения, шероховатость и пр., которые необходимы для дополнительной обработки. Так, на рис. 259, а показаны размеры, предельные отклонения и знаки шероховатости только для обработки фаски и отверстия под штифт.

Допускается на подобном чертеже наносить справочные, габаритные и присоединительные размеры. В графе «Материал» основной

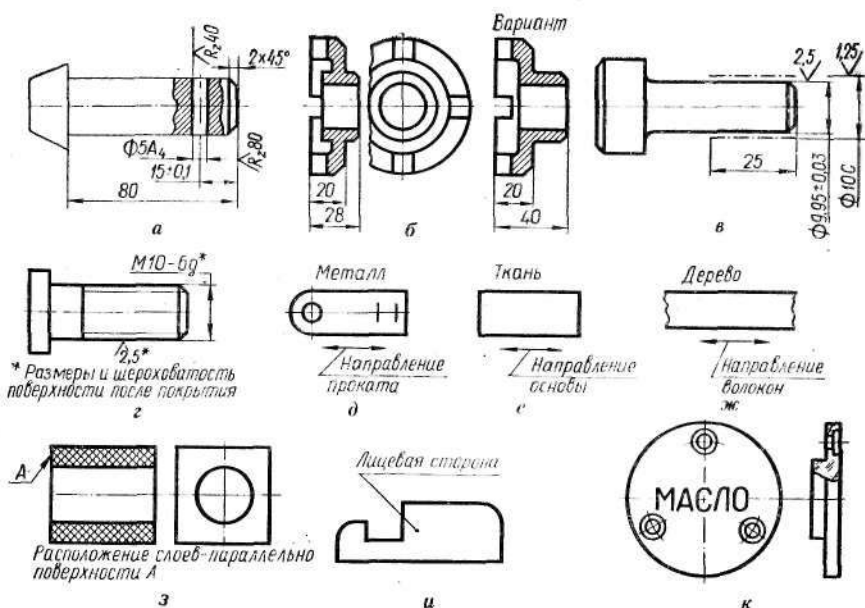


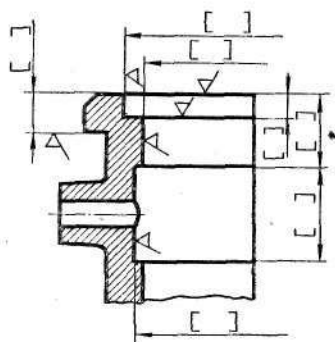
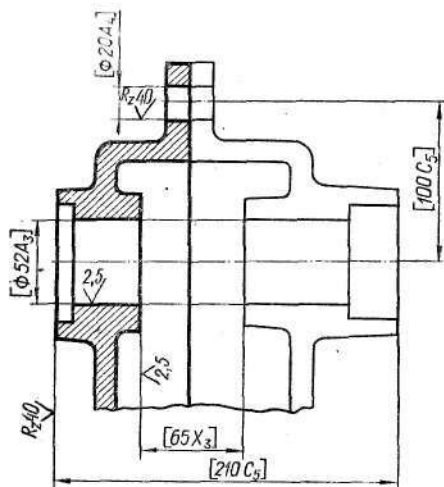
Рис. 259

надписи записывают слово «Заготовка» и обозначение изделия-заготовки.

13. Если деталь допускается изготавливать в нескольких вариантах, отличающихся технологией изготовления (литье, объемная штамповка, сварка, прессование из пресс-материала и т. п.), то на каждый вариант выпускают отдельный рабочий чертеж с самостоятельным обозначением. Если же варианты детали отличаются только конструктивными элементами или их формой (канавки для выхода инструмента, фаски, накатываемая или нарезаемая резьба и т. п.), то соответствующие указания дают в технических требованиях или помещают дополнительное изображение с надписью «Вариант» над ним (рис. 259, б).

14. Если деталь подвергается покрытию, то на чертеже указывают размеры и шероховатость поверхности до покрытия. Допускается указывать одновременно размеры и шероховатость поверхности до и после покрытия. В этом случае данные до покрытия указывают от контурной линии детали, а после покрытия — от штрих-пунктирной, утолщенной линии, указывающей поверхность, подлежащую покрытию (рис. 259, в). Если же необходимо показать размеры и шероховатость поверхностей только после покрытия, то чертеж оформляют в соответствии с рис. 259, г.

15. Когда деталь изготавливают из материала, имеющего определенное направление волокон, основы и т. п., то на чертеже при необходимости указывают направление проката, основы, волокон и др. (рис. 259, д — ж). Для слоистых материалов типа фибры, текстолита, гетинакса указания о расположении слоев материала при необходимости помещают в технических требованиях (рис. 259, з).



1. Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет...
2. Детали применять совместно

Рис. 260

а

б

Если материал детали имеет лицевую и обратную стороны, при необходимости на чертеже указывают лицевую сторону (рис. 259, и).

16. Детали из прозрачных материалов изображают как непрозрачные. Но если с обратной от наблюдателя стороны на этом материале имеются надписи, цифры, знаки, которые должны быть видны с лицевой стороны, на чертеже их изображают как видимые с соответствующим указанием в технических требованиях (рис. 259, к).

17. Элементы некоторых деталей до сборки обрабатывают совместно с другими изделиями, для чего последние временно соединяют. В этих случаях на обе детали выпускают самостоятельные чертежи со всеми необходимыми данными (размерами, предельными отклонениями, шероховатостью поверхности и др.). Размеры же, получаемые при совместной обработке, заключают в квадратные скобки и в технических требованиях записывают: «Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет. ...» (рис. 260, а, б). В сложных случаях рядом с изображением одной из деталей помещают полное или частичное изображение другой детали, выполненное сплошными тонкими линиями (рис. 260, а).

18. Если некоторые элементы изделия необходимо обработать по другому изделию или пригнать к нему, то размеры таких элементов отмечают на чертеже знаком «*» или буквенным обозначением, а в технических требованиях приводят соответствующую запись (рис. 261, а).

19. Когда обработка отверстий в изделии под установочные винты, заклепки, штифты должна производиться при сборке его с другими изделиями, на чертеже детали отверстие не изображают. Все данные для обработки таких отверстий помещают на сборочном чертеже (рис. 261, б).

20. Если фасонная деталь изготовлена гибкой из листового материала или проката и ее изображение не дает полного представления

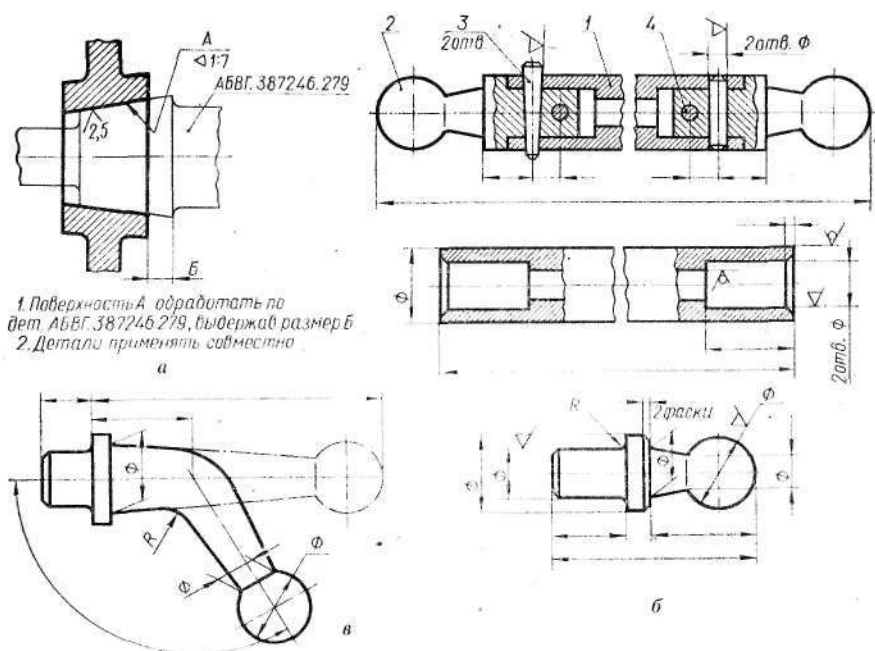


Рис. 261

о форме и размерах некоторых ее элементов, на чертеже помещают полную или частичную развертку детали с надписью над изображением «Развертка» (см. рис. 301). Развертку выполняют сплошными основными линиями, а линии сгиба наносят тонкими сплошными линиями с указанием на полке линии-выноски: «Линия сгиба».

Допускается совмещать изображение части развертки с видом детали. В этом случае развертку выполняют штрих-пунктирными тонкими линиями и надпись «Развертка» не помещают (рис. 261, в).

20.2. Выполнение эскиза детали с натуры

Конструкторские документы, предназначенные для одnorазового использования, могут выполняться в эскизном виде.

Эскизами называют чертежи, выполненные без применения чертежных инструментов и точного соблюдения масштаба.

По содержанию к эскизам предъявляются такие же требования, как и к рабочим чертежам. Последовательность выполнения эскиза детали с натуры можно разбить на две стадии: подготовительную и основную.

Подготовительная стадия выполнения эскиза:

1. Внимательно осмотреть деталь, ознакомиться с ее конструкцией, определить имеющиеся в ней отверстия, приливы, фланцы, выступы, канавки, проточки, резьбы и т. п. Мысленно расчленив деталь на простые геометрические формы и определить, как эти формы собраны в единое целое.

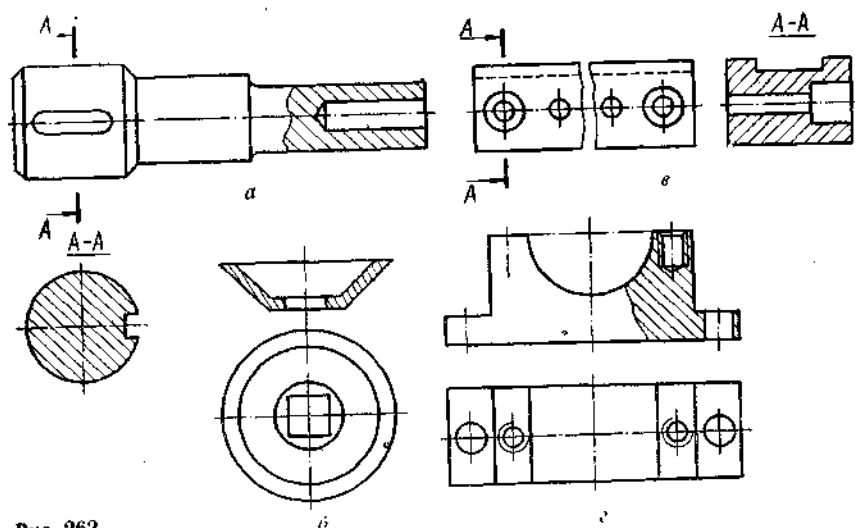


Рис. 262

2. Установить наименование детали, материал, из которого она изготовлена, наименование, рабочее положение детали в изделии и др.

3. Выбрать положение детали для построения ее главного изображения. Главным изображением может быть вид, разрез или сочетание вида с разрезом. Главное изображение должно давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета. Выбирая главное изображение, нужно учитывать некоторые требования конструктивного и технологического порядка. Например, детали, обрабатываемые на токарном станке (оси, втулки, кольца, валы, шпиндели и т. п.), изображают так, чтобы их ось была горизонтальна (рис. 262, а). Штампованные детали помещают на главном изображении соответственно их положению при штамповке (рис. 262, б). Детали, заготовки которых получают литьем, располагают так, как они находятся в изделии или в процессе разметки на разметочной плите. При этом основная обработанная плоскость детали чаще всего занимает горизонтальное положение (рис. 262, в, г).

4. Определяют необходимые изображения — виды, разрезы, сечения и выносные элементы.

5. Устанавливают величину изображения, подготавливают бумагу, карандаши и резинку. Эскизы рекомендуется выполнять на миллиметровой бумаге или бумаге в клетку. Карандаши берут марок МТ, М, и 2М, позволяющие создать необходимую контрастность линий и выдержать их толщину. Бумага в клетку или миллиметровая позволяет выдерживать проекционную связь, параллельность линий, симметричность изображения и т. п.

Основная стадия выполнения эскиза:

1. На выбранном формате наносят рамку и выделяют в правом нижнем углу место для основной надписи (см. § 20.4).

2. Определяют на глаз соотношения габаритов детали и намечают прямоугольники для всех планируемых изображений. При этом

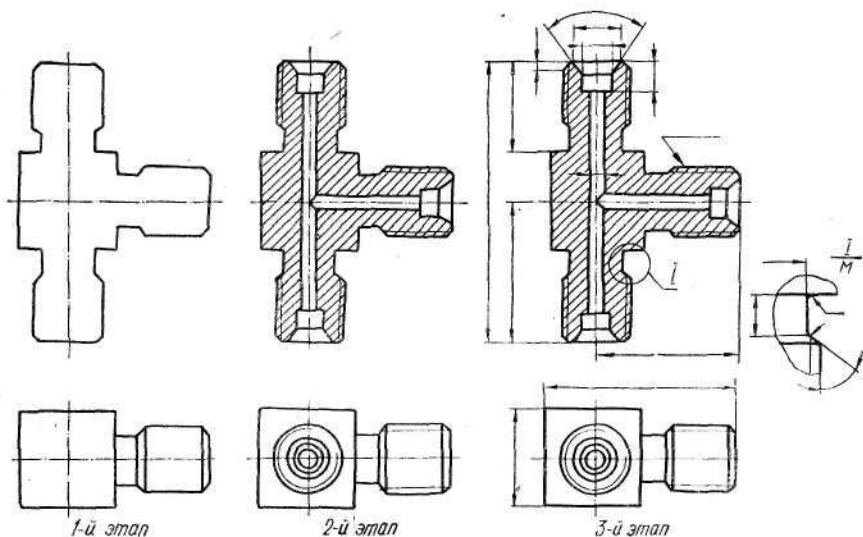


Рис. 263

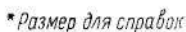
учитывают свободную площадь между изображениями, необходимую для нанесения размеров, надписей, технических требований. Удачная компоновка (планирование) чертежа имеет определенное эстетическое значение.

3. Проводят оси симметрии и оси отверстий. Наносят внешние контуры каждого изображения, определяя соотношение между частями и элементами детали на глаз, без обмера. Изображают конструктивные элементы изделия (фаски, проточки, уклоны и т. п.). Предварительно проделанный геометрический анализ детали позволяет точнее и целесообразней выполнять построение изображения на эскизе.

4. Тонкими линиями намечают контуры разрезов, сечений, выносных элементов, дополнительных видов. При этом учитывают, что внутренняя поверхность детали, как правило, перпендикулярна внешней, оси отверстий крепежных деталей должны быть перпендикулярны к опорным плоскостям гаек и головок болтов, центры отверстий чаще всего располагают симметрично относительно осей детали или по вершинам правильных многоугольников.

5. Проверяют выполненные изображения, убирают лишние линии, обводят видимый контур изображений сплошной основной линией и заштриховывают разрезы и сечения.

6. Наносят выносные и размерные линии. Размеры на чертежах можно разбить на три группы: 1) размеры, определяющие деталь в целом, — габаритные размеры; 2) размеры, определяющие взаимное положение элементов детали, — относительные размеры; 3) размеры отдельных элементов детали. Размеры внешних элементов располагают со стороны вида, а внутренних — со стороны разреза. Нанесение размеров ведут с учетом конструктивных или технологических баз (см. § 20.5).



- 4-й этап

ic. 264

7. Инструментами обмеряют детали и наносят размерные числа.

8. Определяют шероховатость поверхностей детали и обозначают ее на эскизе принятыми условными знаками. При определении шероховатости учитывают технологию изготовления детали либо конструктивные особенности ее поверхностей. В случае необходимости проставляют термообработку, покрытие и т. п.

9. Выполняют необходимые надписи, проставляют технические требования, заполняют основную надпись и окончательно оформляют эскиз.

На рис. 263, 264 по этапам показано выполнение эскиза тройника.

20.3. Выполнение рабочего чертежа детали

Как и для эскиза, можно наметить две стадии выполнения рабочего чертежа детали при помощи чертежных инструментов.

Подготовительная стадия выполнения рабочего чертежа:

1. Проанализировать эскиз детали, для чего: а) прочитать эскиз и представить себе внешние и внутренние формы детали; б) проверить наличие необходимого и достаточного числа изображений; в) убедиться в целесообразности нанесения размеров с учетом конструктивных и технологических факторов; г) проверить правильность нанесения знаков шероховатости поверхностей, покрытия и термообработки; д) прочитать и продумать заполнение основной надписи, технических требований и др.

2. В соответствии с ГОСТ 2.302—68 выбрать масштаб изображения. Рекомендуются рабочие чертежи выполнять в масштабе 1:1.

3. Наметить окончательную компоновку рабочего чертежа (места расположения основных и дополнительных изображений, основной надписи и технических требований, площадь, нужную для нанесения размеров, и т. п.).

Исполнительная стадия выполнения рабочего чертежа:

1. Вычертить рамку, отделить место для основной надписи, провести оси симметрии и центровые линии, вычертить тонкими линиями видимый контур изображения, наметить невидимый контур, выполнить разрезы, сечения, дополнительные изображения, выносные элементы. Провести выносные и размерные линии.

2. Проверить выполненные построения и удалить вспомогательные линии. Тонкой штрих-пунктирной линией навести центровые и осевые линии, а сплошной основной линией — видимый контур изображения. Заштриховать разрезы и сечения. Оформить выносные и размерные линии и проставить размерные числа. Нанести знаки шероховатости поверхности, обозначения термообработки и покрытий. Заполнить основную надпись и технические требования.

В конце этой темы на рис. 299—301 даны примеры выполнения рабочих чертежей деталей.

20.4. Основная надпись

Каждый чертеж должен иметь основную надпись. В графах ее приводятся сведения, обозначения, указания, характеризующие изображенную деталь: наименование изделия, материал, масса и др.

Форму основной надписи устанавливает ГОСТ 2.104—68. На чертежах и схемах основную надпись выполняют по форме 1 (рис. 265, а), а в текстовых документах — по формам 2 и 2а (рис. 265, б, в). Для

Forma 1

70 5 14 20 (26)

5-7 36 25 25 35 25

Изм. лист № докум. Подп. Дата

(14) (15) (16) (17) (18)

Разреш. Провер. И. контр. Утв.

11-5-55 5 185 70 50

(2) (1) (3)

Лист (7) Листов (8)

Масса (9)

Forma 2

70 40 185 70 50

8-5-40 5

Изм. лист № докум. Подп. Дата

(14) (15) (16) (17) (18)

Разреш. Провер. И. контр. Утв.

(2) (1) (3)

Лист (7) Листов (8)

Масса (9)

Forma 2a

70 30 185 110 10

3-5-15 5

Изм. лист № докум. Подп. Дата

(14) (15) (16) (17) (18)

(2) (7)

Рис. 265

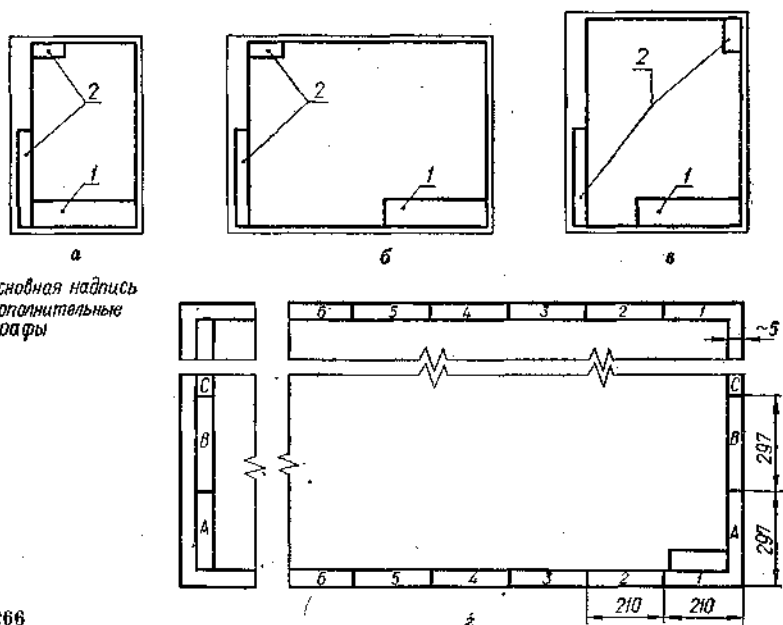


Рис. 266

последующих листов чертежей и схем допускается применять также форму 2а.

Основные надписи располагают в правом нижнем углу конструкторских документов и выполняют сплошными основными и тонкими линиями. На листах формата 11 основные надписи располагают вдоль короткой стороны листа (рис. 266, а), а на листах больших форматов — вдоль длинной (рис. 266, б) или короткой стороны (рис. 266, в).

Чтобы быстро находить на чертеже или схеме составные части изделия или его элементы, рекомендуется разбивать поле чертежа на зоны.

Отметки, разделяющие чертеж на зоны, следует наносить на расстоянии, равном одной из сторон формата 11. По горизонтали отметки наносят арабскими цифрами справа налево, а по вертикали — прописными буквами латинского алфавита снизу вверх (рис. 266, г) Зоны обозначают сочетанием букв и цифр, например: А1, В3 и т. д.

В графах основной надписи указывают (рис. 265):

в графе (1) — наименование изделия или наименование документа, если этому документу присвоен шифр;

в графе (2) — обозначение документа (см. § 23.8);

в графе (3) — обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);

в графе (4) — литеру, присвоенную данному документу по ГОСТ 2.103—68 (см. § 17.2);

в графе (5) — массу изделия по ГОСТ 2.109—73;

в графе (6) — масштаб, в котором выполнен чертеж (по ГОСТ 2.302—68);

в графе (7) — порядковый номер листа. На документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют;

в графе (8) — общее количество листов документа. Графу заполняют только на первом листе;

в графе (9) — наименование или индекс предприятия, выпускающего документ. На учебных чертежах указывают группу и техникум;

в графе (10) — характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ: «Разработал», «Проверил», «Технологический контроль» и др.;

в графе (11) — фамилии лиц, подписавших документ;

в графах (12), (13) — подписи и даты подписывания документа;

в графах (14)—(18) — изменения на чертеже. Эти графы заполняют в соответствии с ГОСТ 2.503—74. В учебной практике их не заполняют;

в графах (19)—(23) — указывают инвентарный номер подлинника, подписи лиц, принявших дубликат, и др. На учебных чертежах эти графы опускают;

в графе (26) — обозначение документа, повернутое на 180° . Эта запись необходима для технического архива чертежей.

20.5. Базы и нанесение размеров

Размеры на чертежах проставляют с учетом конструктивных особенностей работы детали в изделии, технологии ее изготовления и контроля. Исходя из этих требований, выбирают базы, от которых обмеряют деталь при ее изготовлении, контроле и сборке. Базы разделяют на конструктивные, технологические, измерительные и сборочные.

Конструктивной базой (рис. 267, а, в, г) называется совокупность поверхностей, линий и точек, определяющих положение детали в механизме, т. е. совокупность элементов, относительно которых ориентируют деталь.

Технологической базой (рис. 267, д) называют поверхность, относительно которой ориентируют обрабатываемую поверхность детали при изготовлении.

Измерительной базой (рис. 267, б) называется поверхность или сумма поверхностей, от которых отсчитывают размеры при измерении готовых деталей. Измерительной базой может служить и ось вращения или ось симметрии изделия.

Сборочной базой называется совокупность поверхностей, линий и точек, относительно которых ориентируют остальные детали при сборке изделия.

Приведем примеры некоторых конструктивных баз. На рис. 267, а конструктивной базой служит плоскость, относительно которой поддерживают размер m , определяющий положение сопрягаемых поверхностей. На рис. 267, в конструктивными базами являются линии —

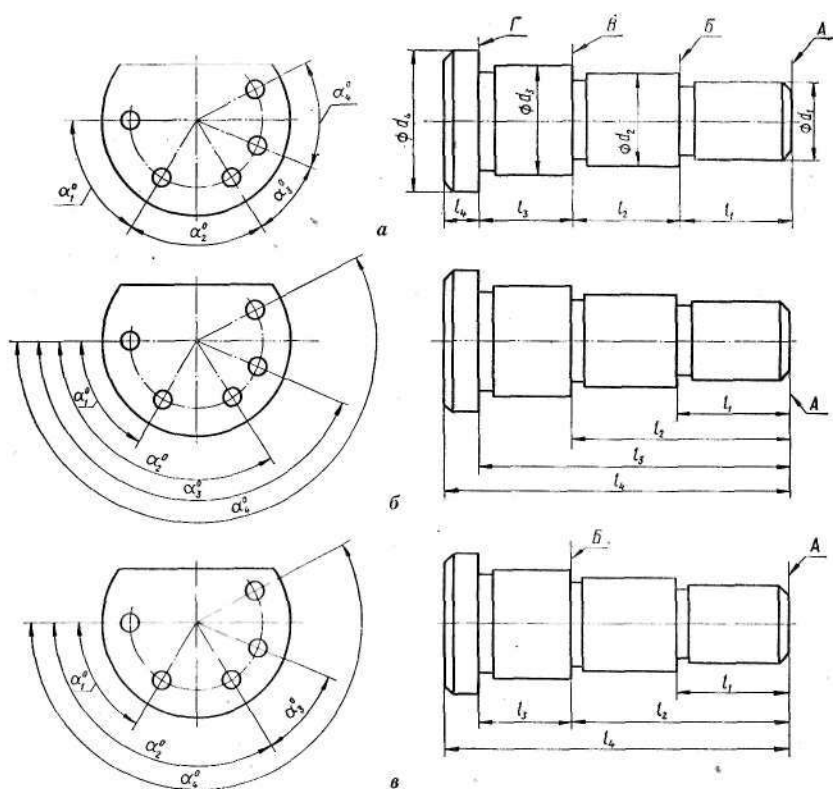


Рис. 268

длину n_2 . Размер n_2 ориентирован относительно вспомогательной базы Г. Последней операцией уточняют общую длину детали l и растачивают фаски $s \times 45^\circ$.

Обратите внимание на то, что размеры, относящиеся к внешней поверхности детали, вынесены вверх, а относящиеся к внутренним поверхностям — вниз от изображения. Нанесение размеров целиком соответствует технологии изготовления детали и позволяет легко их проконтролировать.

Применяют три способа нанесения размеров на чертежах: цепной, координатный и комбинированный.

При *цепном способе* размеры проставляют последовательно — цепью (рис. 268, а). В этом случае каждая ступень обрабатывается самостоятельно, т. е. вначале обрабатывают ступень диаметром d_1 на длину l_1 от базы А, затем — ступень диаметром d_2 на длину l_2 от базы В и т. д. При этом способе цепочка размеров не должна быть замкнутой, т. е. если на чертеже нанесен габаритный размер валика, то один из пооперационных размеров следует опустить, так как иначе нельзя будет выдержать требуемую точность размеров. Цепной способ употребляют при нанесении размеров на межцентровые рас-

стояния, для ступенчатых деталей, если нужно выдержать размер каждой ступени, при обработке детали комплектом режущего инструмента и т. п.

При *координатном способе* размеры наносят от базы (рис. 268, б). Каждый размер в этом случае является некоторой координатой, определяющей расстояние элемента детали от базы. Положительная черта этого способа состоит в том, что точность исполнения любого размера зависит лишь от технологии изготовления и совершенно не зависит от исполнения других размеров детали. Этот способ наиболее распространен в конструкторской практике.

Комбинированный способ нанесения размеров сочетает особенности цепного и координатного способов (рис. 268, в).

20.6. Нанесение размеров на чертежах

В разделе «Геометрическое черчение» были рассмотрены лишь основные правила нанесения размеров. Рассмотрим ряд дополнительных положений, касающихся, главным образом, машиностроительного черчения (ГОСТ 2.307—68):

1. Количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

2. Линейные размеры и их предельные отклонения указывают на чертежах в миллиметрах без обозначения единицы. В технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа единица (мм) указывается обязательно (см. рис. 274).

3. Размерные числа на чертеже указывают натуральные размеры предмета независимо от выбранного масштаба.

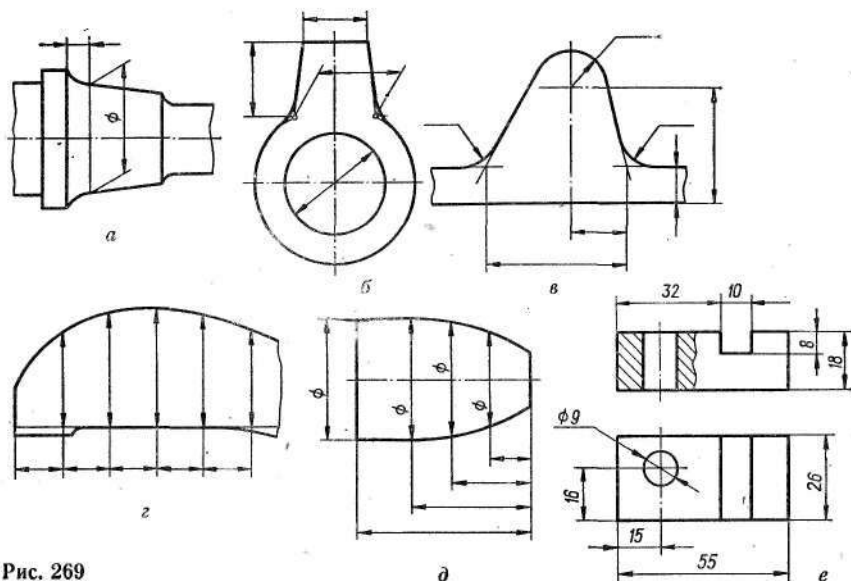


Рис. 269

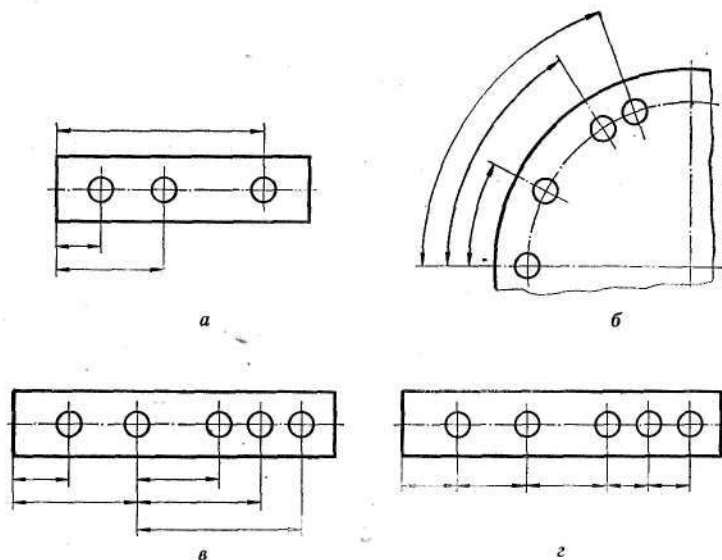


Рис. 270

4. Размерные линии должны быть перпендикулярны к выносным. При уклонах и конусности незначительной величины размерные и выносные линии проводят так, чтобы вместе с измеряемым отрезком они образовывали параллелограмм (рис. 269, а).

5. В местах плавного скругления детали выносную линию проводят от точек пересечения сторон скругляемого угла (рис. 269, б, в) или от центра дуги скругления.

6. При указании размеров криволинейного контура как исключение допускается использовать выносные линии в качестве размерных (рис. 269, г, д).

7. Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (канавке, отверстию и т. п.), рекомендуется группировать и располагать в одном месте на том изображении, где форма данного элемента раскрывается наиболее полно (рис. 269, е).

8. Размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, как правило, проставляют от конструктивных баз с учетом возможности выполнения и контроля этих размеров.

9. При расположении одинаковых элементов предмета (отверстий, зубьев и т. п.) на одной окружности или на одной оси рекомендуется размеры, определяющие взаимное расположение этих элементов, наносить следующими способами:

а) от одной общей базы, которой служит поверхность детали (рис. 270, а) или ее ось (рис. 270, б);

б) от двух или большего числа общих баз (рис. 270, в);

в) заданием размеров последовательно — цепочкой (рис. 270, г). Цепочка размеров не должна быть замкнутой, за исключением случая, когда один из размеров указан как справочный (см. рис. 274, а, б).

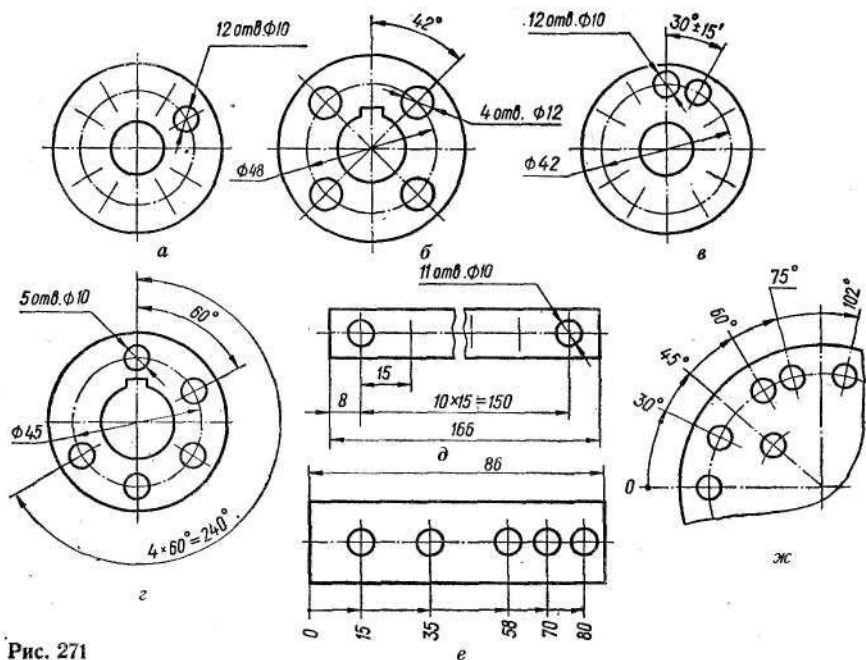


Рис. 271

10. Одинаковые элементы, например отверстия, пазы и т. п., могут быть расположены на детали равномерно или неравномерно. Рассмотрим приемы нанесения размеров для различных случаев:

а) если одинаковые элементы, например отверстия, равномерно расположены по окружности, то указывают их общее количество и размер одного отверстия (рис. 271, а);

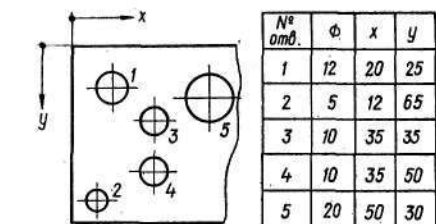
б) если одинаковые отверстия расположены не по осям симметрии, то положение их центров координируют угловыми размерами относительно осей основной окружности (рис. 271, б);

в) если расстояния между центрами равномерно расположенных отверстий нужно выдержать строго, то наносят значение одного из углов с предельными отклонениями (рис. 271, в);

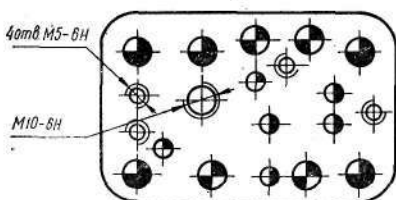
г) если равномерно расположенные отверстия занимают лишь часть окружности (рис. 271, г), то рекомендуется нанести размер между соседними элементами и размер между крайними с записью на первом месте количества промежутков между элементами, а на втором — размера промежутка. Аналогично указывают размеры при расположении одинаковых элементов по прямой (рис. 271, д);

д) вместо нескольких размерных линий, определяющих расположение элементов изделия, например отверстий, от общей базы проводят одну общую размерную линию с отметкой «0» и размерные числа наносят в направлении выносных линий у их концов (рис. 271, е, ж);

е) если разные по размерам, но однотипные по форме элементы расположены неравномерно на поверхности детали, допускается



а



Обозначение	Количество	Размеры	Шероховатость поверхности
	2	φ 5A	$R_z 7,5$
	4	φ 6A ₅	$R_z 10$
	5	φ 8,5	$R_z 40$
	4	φ 8	$R_z 40$

б

Рис. 272

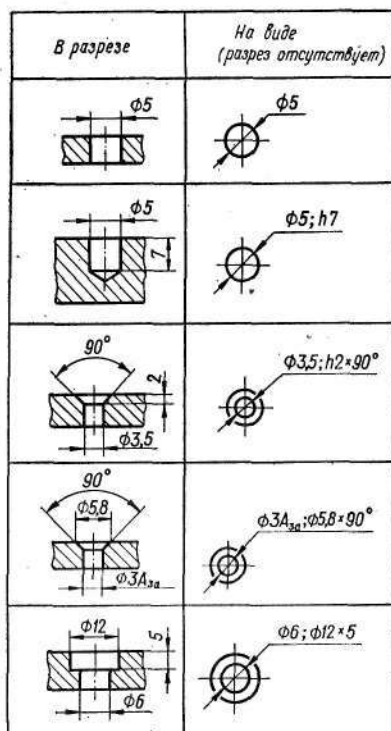


Рис. 273

координатный способ нанесения размеров с указанием размерных чисел в сводной таблице (рис. 272, а);

ж) при наличии нескольких групп близких по размерам отверстий рекомендуется отмечать одинаковые отверстия одним и тем же условным знаком (рис. 272, б). На рисунке изображена плита, имеющая 6 групп отверстий разных размеров. Каждая из групп отмечена особым знаком, необходимые данные сведены в таблицу;

з) на рис. 273 показано, как проставлять размеры отверстий в случае, когда они изображены в разрезе или на виде, если разрез отсутствует.

11. Размеры, которые приведены для большего удобства пользования чертежом и которые не подлежат исполнению, называются справочными и отмечаются на чертеже знаком «*»; в технических требованиях записывают: «*Размеры для справок».

К справочным относят следующие размеры:

а) один из размеров замкнутой размерной цепи, например размеры 74 и 32 на рис. 274, а, б;

б) размеры, перенесенные с чертежей изделий-заготовок. Например, для изготовления отверстия на рис. 274, в исполнительными служат размеры $\varnothing 3,6A_5$ и $70 \pm 0,2$, а размеры диаметра резьбы (М16) и длины винта (80 мм) являются справочными;

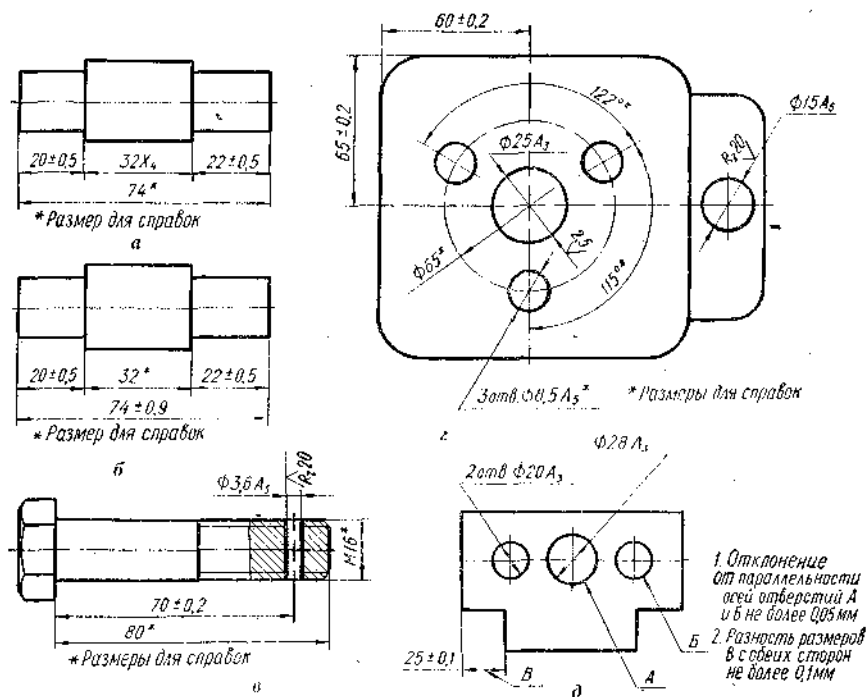


Рис. 274

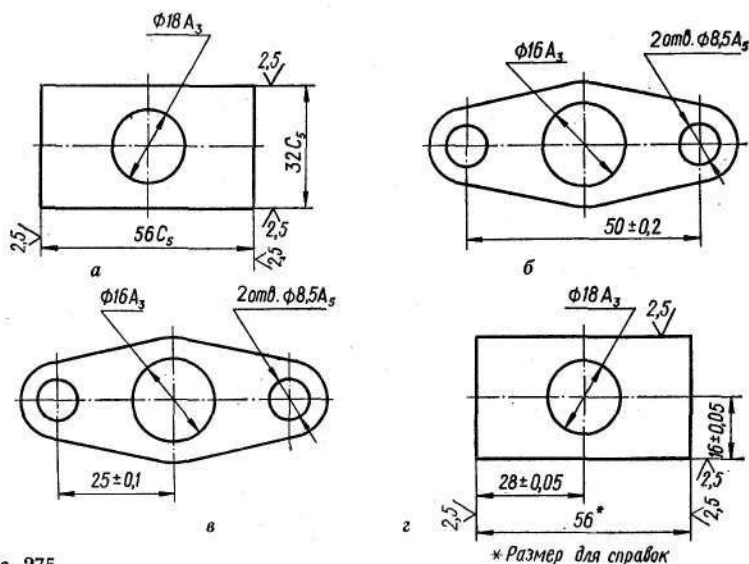
в) размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали или вместе с ней. На рис. 274, г три отверстия $\Phi 8,5 A_7$ необходимо обработать совместно с сопряженной деталью — корпусом, поэтому справочными будут размеры диаметра отверстий, диаметра центральной окружности ($\Phi 65$) и углы 115° и 122° , определяющие положение этих отверстий.

12. Не разрешается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в основной надписи, технических требованиях и спецификации. Если в технических требованиях нужно сделать ссылку на размер, нанесенный на изображении, то этот размер или элемент детали обозначают буквой, а в технических требованиях делают запись по примеру рис. 274, д.

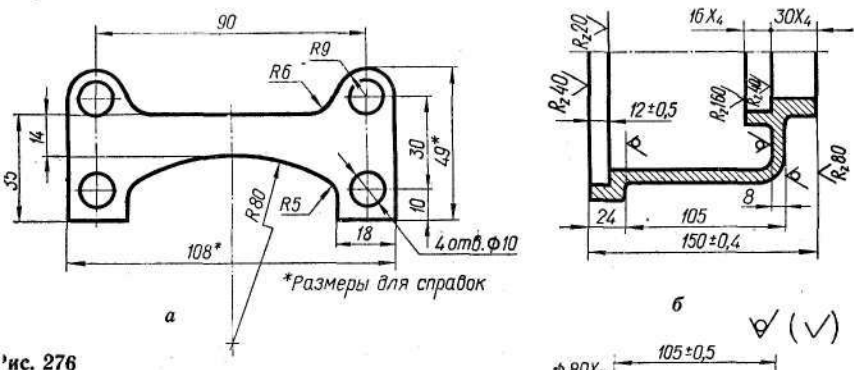
13. Если симметричная деталь имеет симметрично расположенные одинаковые элементы, например отверстия, то рекомендуется ставить размеры так, как показано на рис. 275, а, б. Указанный на рис. 275, в, г способ нанесения размеров рекомендуется для изделий индивидуального производства.

14. Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий) наносят только один раз без указания их количества, группируя все размеры в одном месте (рис. 276, а).

15. Предельные отклонения указывают, как правило, для всех размеров, наносимых на рабочем чертеже детали. Не указывать предельные отклонения допускается на размеры, определяющие зоны



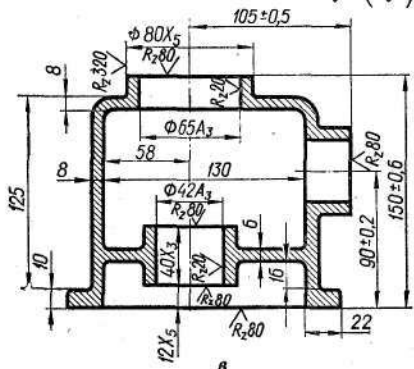
ис. 275



ис. 276

азличной шероховатости одной той же поверхности, зоны тер-ообработки, покрытия, насечи, накатки и т. п., а также на азмеры деталей индивидуально производства, задаваемые с рипуском на пригонку.

16. Многие детали изготавли-ют литьем, штамповкой, прокат-ой, прессованием с последую-щей механической обработкой только части их поверхностей, глав-ым образом, сопряженных. При нанесении размеров для этих дета-лей исходят из таких соображений:



а) взаимное положение необрабатываемых поверхностей указывают размерами, которые связывают эти поверхности между собою;
 б) механически обработанные поверхности и необрабатываемые связывают между собой не более чем одним размером по каждому координатному направлению, т.е. по длине, высоте и глубине. На рис. 276, б таким связывающим размером является 24 мм, а на рис. 276, в — в одном направлении размер 10 мм, а в другом — 58 мм.

20.7. Измерительный инструмент и приемы измерения деталей

Для обмера деталей при выполнении эскизов употребляют стальные масштабные линейки (рис. 277, а), кронциркуль и нутромер (рис. 277, б) для измерения внешних и внутренних диаметров. Точность измерения этими инструментами составляет (0,2...0,6) мм. Бóльшей точности измерения можно достигнуть при помощи штангенциркуля (рис. 277, в) и микрометра. Радиусомерами измеряют внешние и внутренние скругления на детали. С помощью резьбомеров (рис. 277, г)

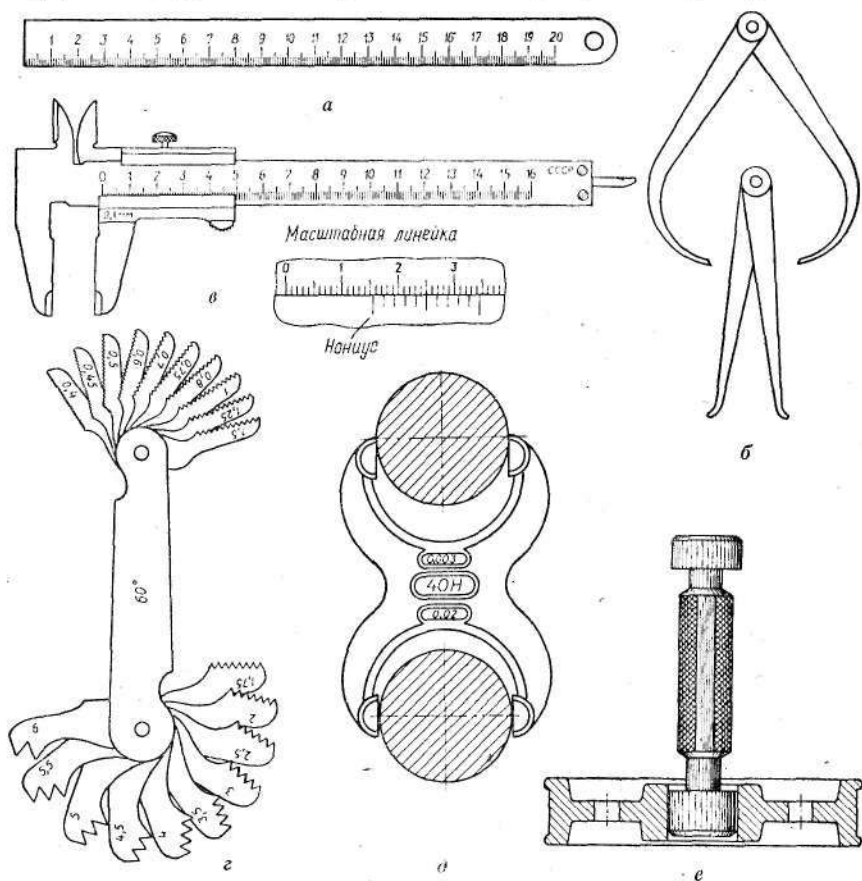


Рис. 277

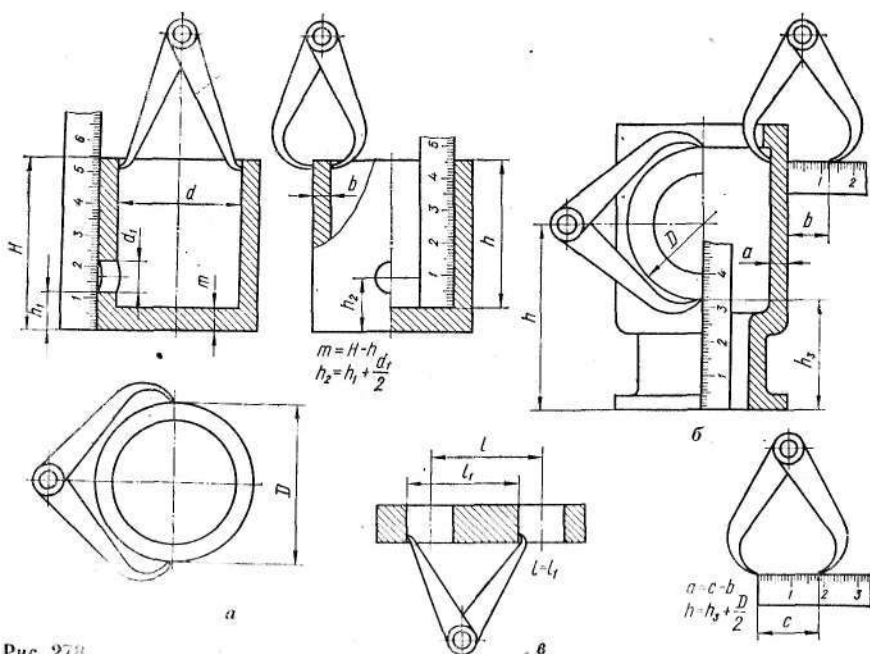


Рис. 278

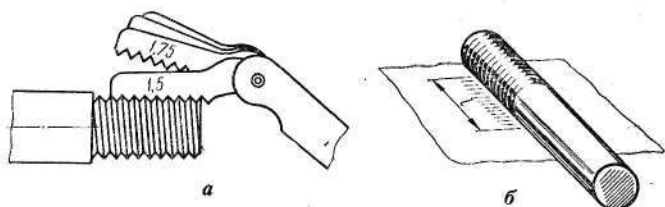


Рис. 279

измеряют шаг резьбы; на пластинках резьбомера указаны значения шагов и характер резьбы (метрическая, трубная и др.). Малые пазы и зазоры между поверхностями измеряют при помощи щупов. Щупы — это набор пластинок, толщина которых отличается от соседних по размеру на десятые и сотые доли миллиметра. В условиях серийного производства широко используют предельные скобы и калибры (рис. 277, д, е).

Рассмотрим несколько способов измерения деталей и их элементов:

1. На рис. 278, а показано, как с помощью стальной линейки измеряют линейные размеры предмета.

2. Внешние и внутренние диаметры тел вращения и толщину стенок измеряют кронциркулем и нутромером (рис. 278, а, б). На рис. 278, б показано, как измерить толщину стенки при наличии внутреннего буртика на детали: в этом случае ножки кронциркуля устанавливают с запасом b , величину которого определяют по стальной линейке. Вынув кронциркуль, измеряют отрезок c и по разности c и b находят толщину a стенки.

3. Высоту центра отверстия (рис. 278, б) можно определить по формуле $h = h_3 + \frac{D}{2}$, найдя предварительно значения D и h_3 .

4. На рис. 278, в показано, как определить расстояние между центрами одинаковых отверстий.

5. Шаг резьбы измеряют резьбомером (рис. 279, а). Если резьбомера нет, делают отпечаток резьбы на бумаге (рис. 279, б), измеряют на отпечатке некоторую длину l , подсчитывают число шагов, приходящееся на эту длину, и делением величины l на число шагов получают шаг резьбы. Найденное значение уточняют по таблице стандарта.

20.8. Технологические особенности конструирования деталей машин

При конструировании изделий учитывают факторы, характеризующие технологичность деталей и процесса их обработки. К таким факторам относятся:

а) оптимальность форм поверхностей изделия, обеспечивающая изготовление заготовок с наименьшими припусками и проведение обработки наиболее производительными технологическими приемами;

б) минимальный объем механической обработки изделия;

в) достаточная жесткость конструкции, позволяющая применять скоростные режимы обработки;

г) минимальная масса изделия;

д) широкое применение унифицированных и нормализованных деталей и отдельных конструктивных элементов изделия (проточек, радиусов скруглений, резьб, модулей и др.);

е) уменьшение номенклатуры и количества употребляемых марок материалов и профилей проката;

ж) взаимозаменяемость деталей и узлов при оптимальных значениях полей допусков и шероховатости поверхностей.

Требования к деталям, изготавливаемым литьем:

1. Чтобы иметь возможность вынуть модель из формы, нужно ее рабочим поверхностям (стенкам, ребрам и т. п.) придать необходимые формовочные уклоны. Величина этих уклонов зависит от высоты или длины расчетного элемента отливки. По ГОСТ 3212—57 углы β (рис. 280, а) принимают в зависимости от величины h : при $h = 20 \div 50$ мм $\beta = 3 \div 2^\circ$, а при $h = 50 \div 800$ мм $\beta = 1 \div 0^\circ 30'$.

В крупногабаритных деталях конструктивные уклоны (рис. 280, а) предпочитают предусматривать значительно больше формовочных. Конструктивные уклоны на чертеже указывают, а формовочные — не изображают и не указывают, ограничиваясь соответствующей записью в технических требованиях (см. рис. 300).

2. Для того чтобы деталь не имела внутренних напряжений и литейных дефектов, нужно осуществлять плавный переход от одной толщины стенки к другой. На рис. 280, в, г даны значения радиусов скруглений внешних и внутренних углов для деталей из чугуна, стали и сплавов при отношении толщин стенок S/S_1 менее и более 1,25.

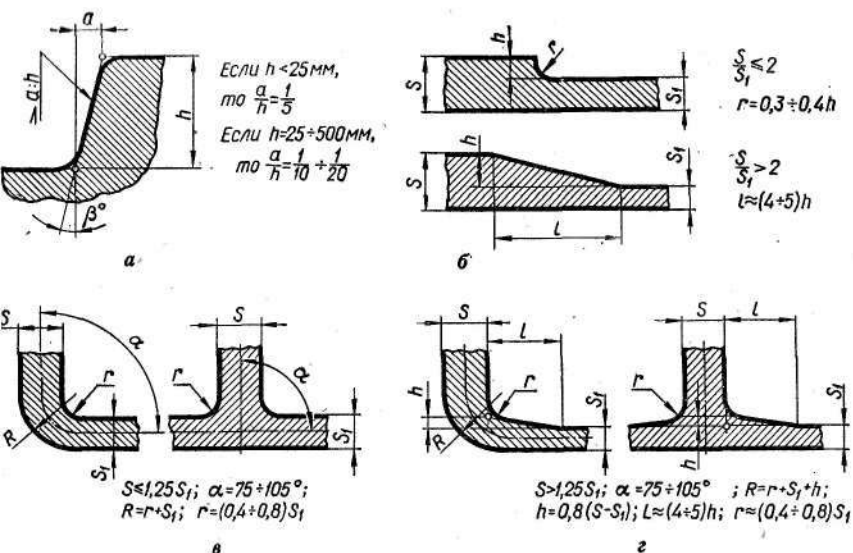


Рис. 280

3. На рис. 280, б приведены нормы, по которым выполняют переход от стенки одной толщины к стенке другой толщины. Если отношение $S/S_1 \leq 2$, переход осуществляют с помощью скруглений (галтелей), а при $S/S_1 > 2$ выполняют плавный клиновидный переход.

4. Опорные бурты (фланцы) делают большей толщины, чем толщина основной части детали. В этом случае нужно предусмотреть плавный переход от стенки к фланцу (рис. 281, а).

5. Обрабатываемые поверхности следует несколько приподнимать над необрабатываемыми. Это обеспечивает свободный выход режущему инструменту и уменьшает величину площади механической обработки поверхности (рис. 281, б).

6. Если деталь имеет несколько обрабатываемых поверхностей, то рекомендуется располагать их на одном уровне; это ускоряет изготовление и не требует переналадки инструмента (рис. 281, в).

7. Рекомендуется привалочную плоскость не делать сплошной (рис. 281, г), что уменьшает площадь обработки и улучшает контакт деталей. По этим же причинам среднюю часть отверстия (рис. 281, д) выполняют по диаметру несколько большей, чем диаметры концевых, рабочих частей, где происходит сопряжение вала с отверстием.

8. Поверхности, в которых сверлят отверстия, конструируют со специальными приливами (бобышками, платиками), торцовые плоскости которых должны быть перпендикулярны к оси отверстия. Это обеспечивает правильный вход и выход режущего инструмента (рис. 282).

Требования к деталям с механической обработкой поверхностей:

1. В местах перехода от одного диаметра вала к другому выполняют скругления — галтели (рис. 283, а). Наличие скруглений увеличивает прочность детали. Величина галтели зависит от характера поверхности (свободная — рис. 283, б — или сопряженная — рис. 283,

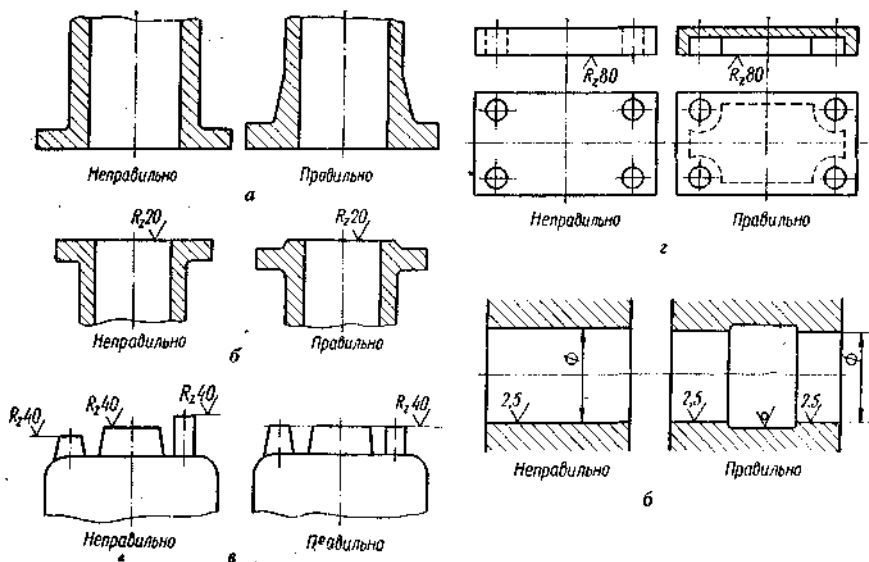


Рис. 281

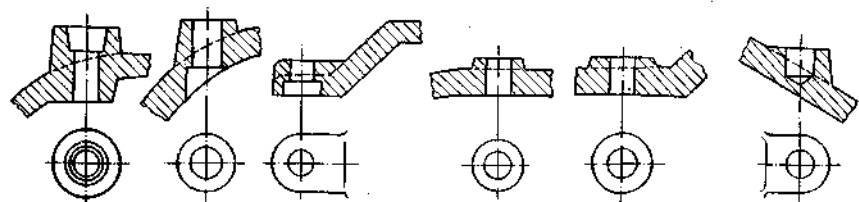


Рис. 282

в) и вида соединения (подвижное или неподвижное). По ГОСТ 10948—64 радиусы скруглений берут из 2-х рядов:

1-й ряд — 0,10; 0,40; 0,60; 1,0; 1,6; 2,5; 3,0; 6,0; 10; 16; 25 мм и др.

2-й ряд — 0,20; 0,30; 0,50; 0,80; 1,2; 2,0; 3,0; 5,0; 8,0 мм и др.

2. Для удобства сборки изделия на концах деталей выполняют фаски (рис. 283, б, г), значения которых берут из тех же рядов, что и скругления (ГОСТ 10948—64).

3. На внешние поверхности рукояток, круглых гаек и других деталей, завинчиваемых вручную, наносят накатку (рифление). ГОСТ 21474—75 предусматривает прямое и сетчатое рифления с наклоном 30° к образующей. Угол профиля берется 70° или 90° , а величина шага — (0,5...1,6) мм. Примеры обозначения рифления приведены на рис. 284, а.

4. Детали, которые должны иметь высокий класс шероховатости поверхности, как правило, шлифуют. В этих случаях с помощью специальных канавок (рис. 285) и разности диаметров ступеней обеспечивают выход шлифовальному инструменту (рис. 284, б). Размеры канавок берут по ГОСТ 8820—69 (табл. 15).

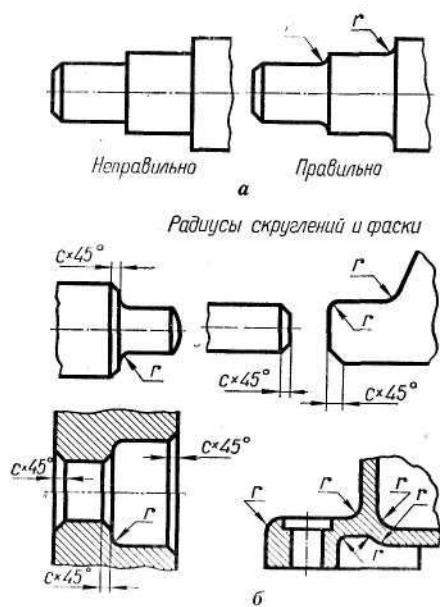
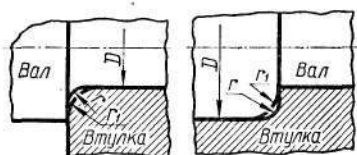


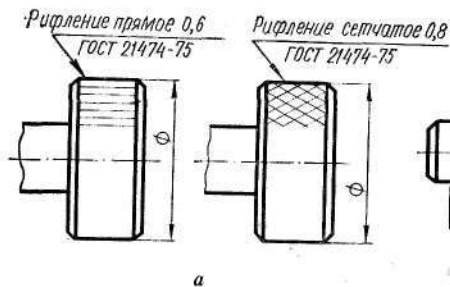
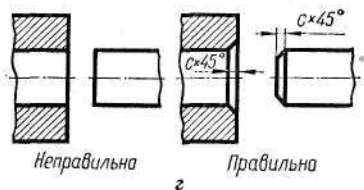
Рис. 283

Радиусы скруглений сопряженных валов и втулок



$$r \approx (0,04 + 0,05) D; r_1 \approx (0,06 + 0,07) D$$

в



Неправильно

Правильно

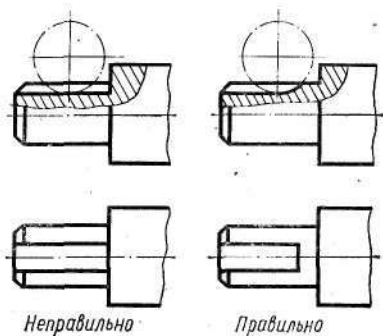
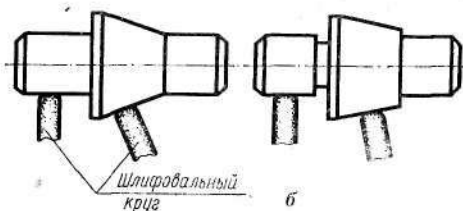


Рис. 284

8

Размеры канавок для выхода шлифовального круга (ГОСТ 8820—69), мм

d (ориентировочно)	b	d_1	d_2	h	R	R_1
До 10	1	$d - 0,3$	$d + 0,3$	0,15	0,3	0,3
	2	$d - 0,5$	$d + 0,5$	0,25	0,5	0,5
10—50	3				1	
50—100	5	$d - 1$	$d + 1$	0,5	1,5	
Св. 100	8				2	1
	(10)				3	

5. Если конструкция детали не предусматривает свободный выход режущего инструмента, то ее переходная часть по своей форме и размерам должна соответствовать форме и размерам данного инструмента (рис. 284, в).

6. Для установки детали в центрах токарного станка или приспособления (при ее обработке или измерении) выполняют центровые отверстия, размеры и условное обозначение которых берут по ГОСТ 14034—74 (см. § 20.1).

7. При нарезании резьбы на участке ее сбег резец постепенно выходит из металла и образует витки неполного профиля, так как глубина резьбы уменьшается. Кроме того, практически невозможно

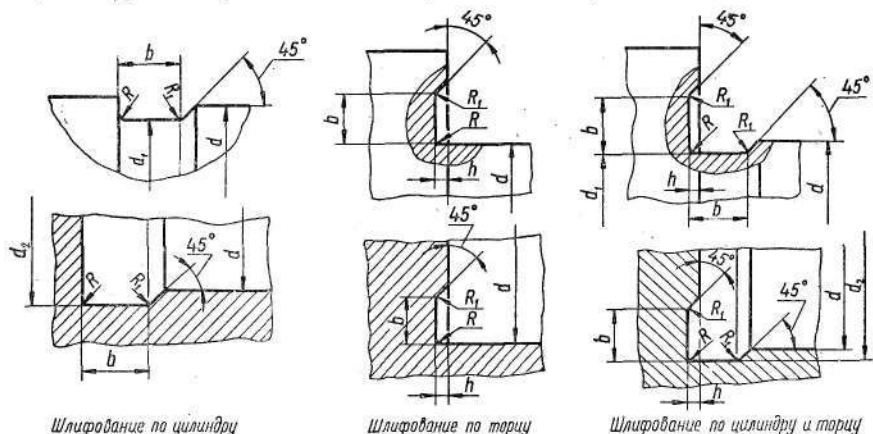


Рис. 285

Таблица 16

Сбеги, недорезы, проточки и фаски метрических резьб (ГОСТ 10549—63), мм

А. Резьба наружная

Р	Сбег $l_{\text{сбег}}$			Недорез $l_{\text{недорез}}$		Проточка										Фаска c
	для угла заборной части инструмента			нормальный	уменьшенный	Тип I						Тип II		d_p		
						Нормальная			Узкая			b	r			
	20°	30°	45°			b	r	r_1	b	r	r_1				b	
1	1,8	1,2	0,7	3,0	2,0	3,0		0,5	2,0	0,5	0,3	3,6	2,0	$d-1,5$	1,0	
1,25	2,2	1,5	0,9	4,0	2,5	4,0			1,0	2,5			4,4	2,5	$d-1,8$	1,5
1,5	2,8	1,6	1,0										4,6		$d-2,2$	
1,75	3,2	2,0	1,2				5,4	$d-2,5$								
2	3,5	2,2	1,4	5,0	3,0	5,0	1,5		3,0	1,0	0,5	5,6	3,0	$d-3,0$	2,5	
2,5	4,5	3,0	1,6	6,0	4,0	6,0			1,0	4,0			7,3	4,0		$d-3,5$
3	5,2	3,5	2,0										7,6			$d-4,5$
3,5	6,3	4,0	2,2				10,2	$d-5,0$								
4	7,1	4,5	2,5	8,0	5,0	8,0	2,0	5,0	1,5		10,3	5,5	$d-6,0$	3,0		

Б. Резьба внутренняя

Р	Сбег $l_{\text{сбег}}$		Недорез $l_{\text{недорез}}$		Проточка										Фаска c_1
	нормаль- ный	умень- шенный	нормаль- ный	умень- шенный	Тип I						Тип II		d_1		
					Нормальная			Узкая							
					b	r	r_1	b	r	r_1				b_1	
1	2,7	1,8	4,0	3,0	4,0	1,0	0,5	1,6	0,5	0,3	3,6	2,0	$d+0,5$	1,0	
1,25	3,3	2,2	5,0	3,8	5,0	1,5		2,0			4,5	2,5		$d+0,7$	
1,5	4,0	2,7	6,0	4,5	6,0			2,5			5,4	3,0			$d+1,0$
1,75	4,7	3,2	7,0	5,2	7,0			3,0			1,0	6,2			
2	5,5	3,7	8,0	6,0	8,0	2,0	4,0	0,5	8,9	5,0	$d+1,5$				
2,5	7,0	4,7	10,0	7,5	10,0	3,0	5,0	1,5	11,4	6,5		3,0			
3	—	5,7	—	9,0			13,1	7,5							
3,5	—	6,6	—	10,5			14,3	8,0							
4	—	7,6	—	12,5			12								

Примечание. Недорез равен сумме сбега и недовода; недоход — это величина ненарезанной части детали между концом сбега и опорной поверхностью.

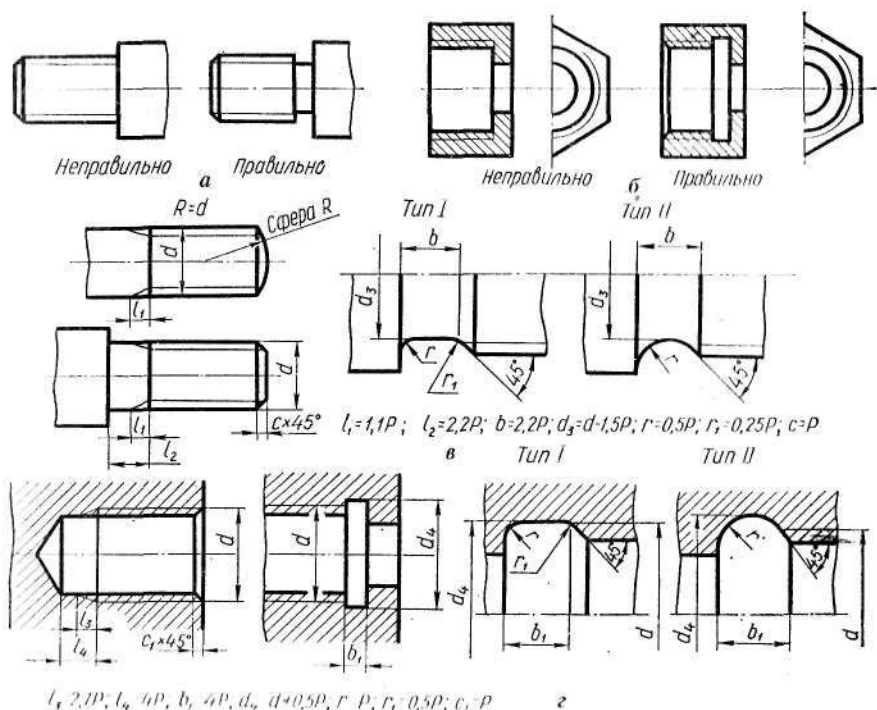


Рис. 286

парезать резьбу до конца ступени вплотную к торцевой плоскости следующей ступени (рис. 286, а) или при парезании внутренней резьбы в отверстии детали (рис. 286, б). Чтобы избежать сбега резьбы, парезание ее начинают с выполнения кольцевых канавок-проточек, предназначенных для выхода резца. Проточки бывают внешние и внутренние (рис. 286, в, г). Диаметр внешней проточки должен быть меньше диаметра впадин резьбы, а диаметр внутренней — больше диаметра вершины резьбы. Размеры сбега, недореза, форма и размеры проточек для резьбы различного типа установлены в ГОСТ 10549—63 (табл. 16).

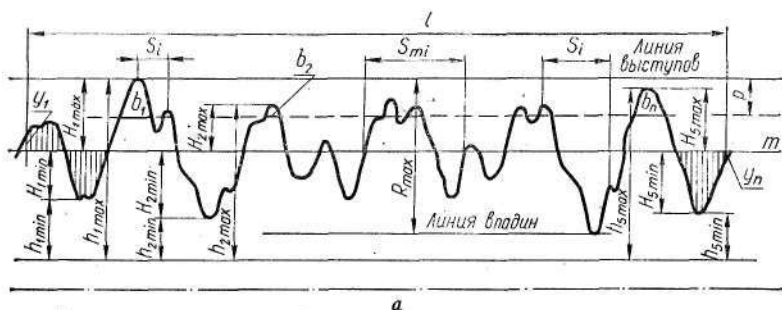
20.9. Шероховатость поверхности

После механической обработки на поверхности детали остаются неровности в виде выступов и впадин различной величины и формы (рис. 287, а).

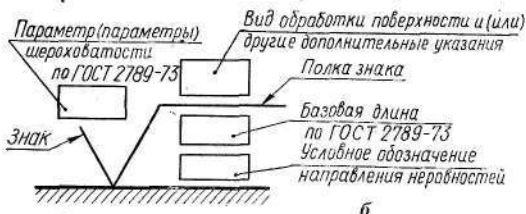
Под шероховатостью поверхности понимают совокупность неровностей с относительно малыми шагами на базовой длине.

Для нормирования и оценки шероховатости поверхностей ГОСТ 2789—73 устанавливает шесть параметров шероховатости:

- R_a — среднее арифметическое отклонение профиля;
- R_z — высоту неровностей профиля по десяти точкам;
- R_{\max} — наибольшую высоту неровностей профиля;



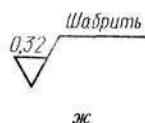
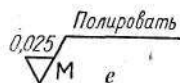
а



б



д



ж

Рис. 287

S_m — средний шаг неровностей;
 S — средний шаг неровностей по вершинам;
 t_p — относительную опорную длину профиля.

На практике, главным образом, используют параметры R_a и R_z .
 R_a — это среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины l (рис. 287, а):

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|.$$

R_z — это сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов профиля в пределах базовой длины:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right).$$

В стандарте приведены рекомендуемые значения параметров. Например, значение R_z мкм можно выбрать из ряда 1600; 1250; 1000; 800; 630; 500; 400; 320; 250; 200; 160; 125; 100; 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20; 16; 12,5; 10,0; 8,0; 6,3; 5,0; 4,0 и т. д.

До 1975 г. шероховатость поверхности в зависимости от значений R_a и R_z разделяли на 14 классов и обозначали треугольником с цифрой класса шероховатости, например: $\nabla 5$, $\nabla 6$. В табл. 17 приведена связь

Таблица 17

Классы и параметры шероховатости поверхности, методы обработки

Классы шероховатости поверхности	Параметры шероховатости, мкм		Базовая длина λ , мм	Методы обработки (ориентировочно)			
	R_a	R_z		Черновое точение, фрезерование, строгание	Чистовое точение, фрезерование, строгание, сверление	Шлифование, развертывание, протягивание	Доводочные операции
1	—	320 — 160	8,0	+			
2	—	160 — 80		+			
3	—	80 — 40		+	+		
4	—	40 — 20	2,5	+	+		
5	—	20 — 10			+		
6	2,5 — 1,25	—	0,8		+	+	
7	1,25 — 0,63	—				+	
8	0,63 — 0,32	—				+	
9	0,32 — 0,16	—	0,25			+	+
10	0,16 — 0,08	—				+	+
11	0,08 — 0,04	—					+
12	0,04 — 0,02	—					+
13		0,10 — 0,050	0,08				+
14		0,05 — 0,025					+

между классами и параметрами шероховатости и указаны методы обработки, с помощью которых может быть достигнута заданная шероховатость.

На чертежах шероховатость поверхности обозначают по ГОСТ 2.309—73. Структура обозначения шероховатости приведена на рис. 287, б. Если в обозначение входит только параметр шероховатости, то знак выполняют без полки.

Для обозначения шероховатости поверхности применяют один из трех знаков, изображенных на рис. 287, в — д. Знак ∇ используют в тех случаях, когда вид обработки поверхности конструктор не устанавливает. Знак ∇ употребляют для обозначения шероховатости поверхности, которая должна быть образована удалением слоя материала, например сверлением, точением, фрезерованием, шлифованием, травлением и т. п. Знак ∇ применяют для обозначения шероховатости поверхности, которая образуется без удаления слоя материала, например литьем, штамповкой, прокаткой, ковкой, волочением и т. п. Этот же знак применяют и для обозначения поверхности, не обрабаты-

наемой по данному чертежу, т. е. сохраняемой в состоянии поставки, например для поверхностей деталей из сортового материала, труб, листов, прутков и т. п. В этом случае в графе (3) основной надписи чертежа нужно давать ссылку на ГОСТ сортамента материала, где указаны требования к шероховатости поверхности.

Высота h знаков должна быть приблизительно равна высоте размерных чисел на чертеже, а высота $H = (1,5 \div 3) h$. Толщина линий знаков приблизительно составляет половину толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже.

Параметр R_a записывают на чертеже без символа, например 0,5; все остальные параметры — с указанием соответствующего символа, например: R_{z32} ; $R_{\max} 6,3$; $S_m 0,63$.

Базовую длину в обозначении шероховатости поверхности для параметров R_a и R_z не указывают, если параметр определяется в пределах базовой длины, указанной в табл. 17 (ГОСТ 2789—73). Для всех остальных параметров, т. е. для R_{\max} , S_m , S , t_p , базовую длину указывают, выбирая ее из ряда 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

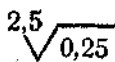
Вид обработки поверхности пишут в обозначении шероховатости только тогда, когда он является единственным гарантирующим требуемое качество поверхности (рис. 287, *с, ж*).

В случае необходимости в обозначении указывают и направление неровности поверхности. Условные обозначения направления неровностей такие: а) параллельное (\parallel); б) перпендикулярное (\perp); в) перекрестное (\times); г) произвольное (M); д) круговое (C); радиальное (R). Высота этих знаков приблизительно равна h , а толщина линий — половине толщины сплошной основной линии.

Примеры чтения обозначения шероховатости:



— высота неровностей профиля по 10 точкам $R_z < 40$ мкм на стандартной базовой длине ($l = 2,5$ мм).



— среднее арифметическое отклонение профиля $R_a < 2,5$ мкм на базовой длине 0,25 мм (нестандартной).



— среднее арифметическое отклонение профиля $R_a < 0,025$ мкм на стандартной базовой длине (0,25 мм). Обработка — полирование, направление неровностей — произвольное.

Правила нанесения обозначений шероховатости поверхностей на чертежах (ГОСТ 2.309—73):

1. Обозначения шероховатости поверхностей располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. При недостатке места обозначения шероховатости допускается располагать на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию (рис. 288, *а*). На линиях невидимого контура обозначение шероховатости допускается наносить только тогда, когда от этой линии нанесен и размер.

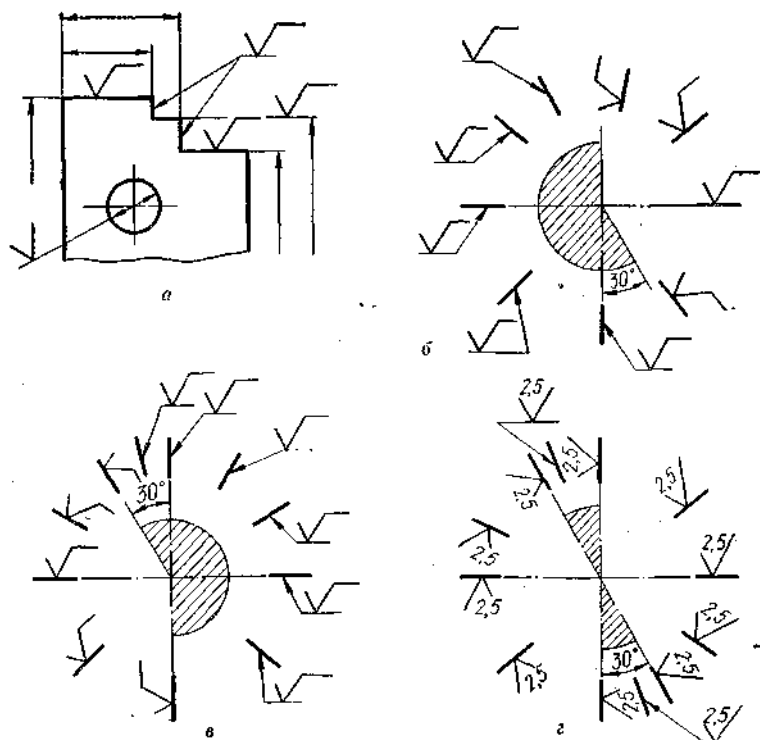


Рис. 288

2. На рис. 288, б, в показано, как располагать обозначение шероховатости поверхности относительно основной надписи в случае, когда знак имеет полку, а на рис. 288, г — для случая, когда знак не имеет полки. При расположении полки в заштрихованной зоне обозначение наносят только на полке линии-выноски.

3. Если все поверхности изделия имеют одну и ту же шероховатость, то на самом изображении никаких обозначений не наносят, а в правом верхнем углу указывают общее обозначение шероховатости (рис. 289, а). Размеры и толщина линий знака, вынесенного в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении.

4. Если одинаковой должна быть шероховатость не всех поверхностей детали, а только части их, то в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и условное обозначение (∇) (рис. 289, б). Это означает, что все поверхности, на изображении которых обозначения шероховатости или знак ∇ не нанесены, должны иметь шероховатость, указанную перед скобкой. Размеры знака (∇) должны быть одинаковыми с размерами на изображении.

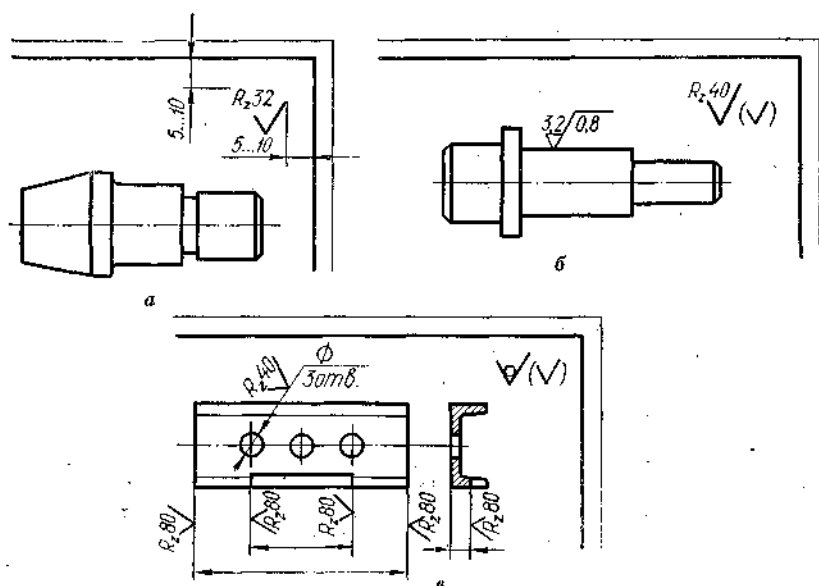


Рис. 289

5. Когда часть поверхностей по чертежу не обрабатывается, в правом верхнем углу этого чертежа перед обозначением $\left(\sqrt{\quad} \right)$ помещают знак ∇ (рис. 289, в). Запись читается так: «Необозначенные поверхности сохраняют шероховатость состояния поставки и по данному чертежу не обрабатываются».

6. Шероховатость поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, зубьев и т. п.), количество которых на чертеже указано, а также шероховатость одной и той же поверхности обозначают один раз, независимо от числа изображений (рис. 289, в). Симметрично расположенные поверхности повторяющимися элементами не считаются.

7. Шероховатость рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, эвольвентных шлицев и т. п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности (рис. 290, а). Обозначение шероховатости профиля резьбы наносят по общим правилам при изображении профиля (рис. 290, б) или условно — на выносной линии для указания размера резьбы, на размерной линии или на ее продолжении (рис. 290, в).

8. На рис. 290, г показано обозначение шероховатости поверхности, если она различна на разных участках.

9. Если шероховатость поверхностей должна быть одинаковой по всему контуру изделия, то запись делают по примеру рис. 290, д. Если же контур поверхности плавный, то надпись «По контуру» не наносят (рис. 290, е).

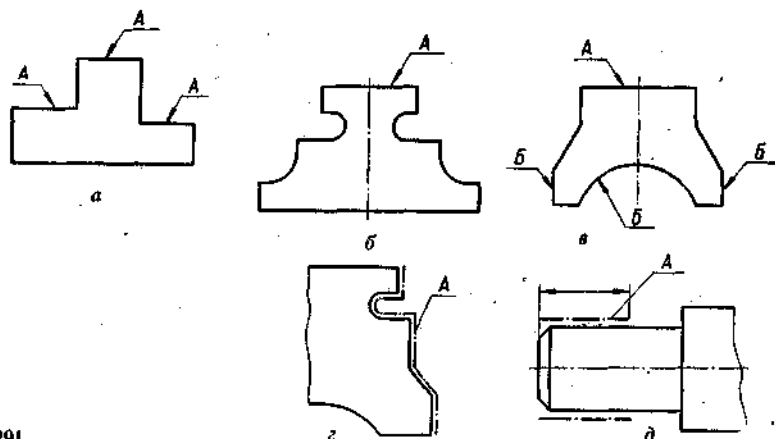


Рис. 291

цинковое — Ц и др. Если покрытия выполняют из сплава двух или трех компонентов, то кроме обозначения указывают максимальное содержание в процентах первого и второго (если их три) компонентов, например: М — Ц (60) — медноцинковое покрытие с содержанием меди до 60%.

Технологический признак (физико-механические свойства) покрытия показывают первыми буквами слов: черное — ч; твердое — тв; молочное — мол; микропористое — пор; электронизоляционное — из и др.

Толщину покрытия, полученного способом катодного восстановления или химическим, дают в микрометрах (мкм), выбирая ее из ряда 0,5; 1; 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 30; 36; 42; 48; 60 мкм.

Декоративные свойства обозначают по ГОСТ 21484—76 так: матовое — м; блестящее — б; зеркальное — зк.

Примеры обозначения металлических покрытий:

Ц12. хр — цинковое покрытие, полученное способом катодного восстановления, толщиной 12 мкм, хромированное.

М30. Н18.Х.б. — хромовое электролитическое покрытие толщиной менее 1 мкм, блестящее, с подслоем меди толщиной 30 мкм и никеля толщиной 18 мкм.

АН окс. хр — покрытие анодизационное окисное с хромированием.

Обозначения покрытий и все данные, нужные для их выполнения, указывают в технических требованиях чертежа (ГОСТ 2.310—68). Если на всех поверхностях изделия получают одно покрытие, то запись делают по типу «Покрытие Хтв24». При нанесении покрытия лишь на некоторые поверхности их обозначают одной буквой (рис. 291, а, б) и записывают: «Покрытие поверхностей А...» или «Покрытие наружных поверхностей ...». Если часть детали нужно оставить без покрытия, то записывают: «Покрытие..., кроме поверхности А».

При получении на разных поверхностях изделия различных покрытий поверхности обозначают отличающимися буквами (рис. 291, в) и записывают: «Покрытие поверхности А ..., поверхности Б — ...».

Если поверхность, подвергаемая покрытию, имеет сложную конфигурацию или ограничена по размерам, то ее обводят штрих-пунктирной утолщенной линией на расстоянии (0,8 ... 1) мм от контура, обозначают одной буквой (рис. 291, *г, д*) и записывают: «Покрытие поверхности *A* ...».

20.11. Нанесение на чертежах термической и других видов обработки

Термической называют тепловую обработку металла, связанную с нагреванием до определенной температуры, выдержкой при этой температуре и быстрым или медленным охлаждением.

В результате металл изменяет структуру и приобретает требуемые механические или физико-химические свойства. Основные виды термической обработки — отжиг, закалка и отпуск.

Термохимической обработкой называется процесс насыщения поверхности стали различными элементами с целью повышения твердости и износостойчивости (цементация, азотирование, цианирование).

На чертежах изделий, подвергаемых термической или другим видам обработки, указывают показатели свойств материала, получаемые в результате обработки, например: твердость *HRC*; *HRB*; *HRA*; *HB*; *HV*, предел прочности σ_b , предел упругости σ_y , ударную вязкость α_k и др. Глубину обработки обозначают буквой *h* (ГОСТ 2.310—68).

Измерение твердости производят: а) по Роквеллу (ГОСТ 9013—59) — шкале *A* (*HRA*), шкале *B* (*HRB*) или шкале *C* (*HRC*); б) по Бринеллю (ГОСТ 9012—59) — *HB*; в) по Виккерсу (ГОСТ 2999—75) — *HV*. Пример чтения записи твердости металла: «*HRB 90 ... 96*» — твердость по шкале *B* Роквелла в пределах 90—96 единиц; «*HV 500 ... 550*» — твердость по Виккерсу в пределах 500—550 единиц и т. д.

Глубину обработки и твердость материала указывают на чертеже предельными значениями «от...до», например: «*h 0,7...0,9; HRC 50...55*». Если все изделие подвергается одному виду обработки, то

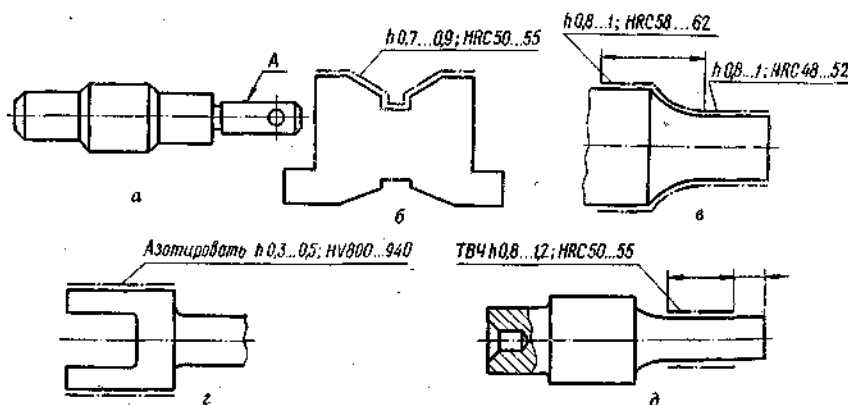


Рис. 292

в технических требованиях записывают: «HRC 40...50» или «Цементировать h 0,7...0,9; HRC 58...62». Если большую часть поверхности изделия подвергают одному виду обработки, а остальные поверхности — другому или предохраняют от нее, то в технических требованиях записывают, например: «HRC 40...50, кроме поверхности А» (рис. 292, а), или «HRC 30...35, кроме места, обозначенного особо».

На рис. 292, б, в показано обозначение поверхности, подвергающейся термообработке, если поверхность имеет сложную конфигурацию или обработка ведется на ограниченном участке. Эти места дополнительно обводят утолщенной штрих-пунктирной линией. Допускается указывать на чертежах виды обработки, если их результаты не подвергаются контролю, например отжиг, или если только они гарантируют требуемые свойства материала и долговечность изделия (рис. 292, г, д).

20.12. Допуски и посадки

Под взаимозаменяемостью понимают такой принцип конструирования и производства, при котором независимо изготовленные детали собираются в изделие без подгонки, подбора или дополнительной обработки.

Взаимозаменяемость в машиностроении обеспечивается системой допусков и посадок.

Поверхности деталей делят на свободные и сопряженные. Свободными называют поверхности, которые при работе механизма не соприкасаются. Эти поверхности могут быть обработанными или необработанными. Их размеры называют свободными и назначают исходя из соображений прочности, массы, габаритов и т. п. Поверхности, которые соприкасаются между собой, называют сопряженными. Эти поверхности получают механической обработкой. Их размеры называют сопряженными и выполняют с высокой степенью точности.

В соединении двух деталей различают охватываемую и охватывающую сопряженные поверхности. Охватываемая поверхность носит

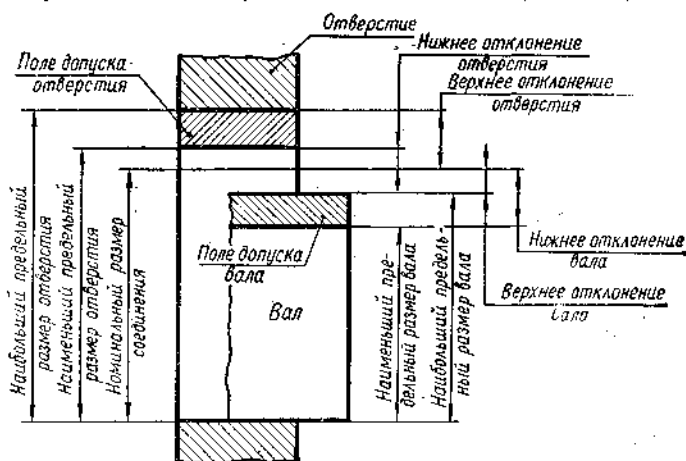


Рис. 293

общее название «отверстие», а *охватываемая* — «вал». Эти названия условные, так как используются не только для поверхностей вращения.

Допуски. Различают размеры номинальные, действительные и предельные (рис. 293). *Номинальными* называют общие для вала и отверстия размеры, которые проставляют на чертеже. Их выбирают расчетом или определяют из конструктивных соображений. При обработке деталей заданный номинальный размер абсолютно точно получить невозможно, да в этом и нет необходимости. Размеры, полученные измерением готовой детали, называют *действительными*. Учитывая погрешности изготовления и назначение механизма, конструктор устанавливает наибольший и наименьший *предельные* размеры, между которыми и должны находиться действительные размеры детали. Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называют *допуском на обработку* или просто *допуском*. Итак, допуск дает как бы разрешенную погрешность обработки, заранее предусмотренную и отбракованную на чертеже. Взаимозаменяемыми являются детали, действительные размеры которых не выходят за пределы допуска.

На чертежах допуск на обработку показывают в виде двух отклонений от номинального размера — верхнего отклонения (ВО) и нижнего (НО). *Верхнее отклонение* является разностью между наибольшим предельным размером и номинальным, *нижнее* — разностью между наименьшим предельным размером и номинальным. Если отклонение положительное, его проставляют со знаком «плюс» (+), если отрицательное, — со знаком «минус» (—), нулевое отклонение на чертеже не проставляют.

Пример. На чертеже проставлен размер вала $80^{+0,2}_{-0,3}$. Здесь номинальный размер равен 80 мм, верхнее отклонение $+0,2$ мм, нижнее $-0,3$ мм. Наибольший предельный размер $(80 + 0,2)$ мм = 80,2 мм, наименьший $(80 - 0,3)$ мм = 79,7 мм. Допуск размера равен $(80,2 - 79,7)$ мм = 0,5 мм. Таким образом, действительные размеры вала могут находиться в пределах (80,2 ... 79,7) мм.

Посадки. Характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки, называется *посадкой*. *Зазор* — это положительная разность между размером отверстия и размером вала (т. е. диаметр отверстия больше диаметра вала). *Натяг* — положительная разность между размером вала и размером отверстия (т. е. диаметр вала больше диаметра отверстия).

Посадки делят на три группы: *подвижные* (с зазором), *неподвижные* (с натягом) и *переходные*, в которых возможны небольшие зазоры или натяги (табл. 18).

Классы точности. В системе допусков ОСТ предусмотрены классы точности, каждый из которых характеризуется величиной допуска. Для деталей с одним и тем же номинальным размером меньший допуск соответствует более точному классу точности. Применяют такие классы точности: 1; 2; 2а; 3; 3а; 4; 5; 7; 8; 9; 10. Наиболее точным является 1-й класс. Для сопрягаемых размеров используют 2, 2а, 3, 3а классы, для свободных размеров — 7-й — 9-й классы точности.

Система допусков делится на систему отверстия и систему вала.

Таблица 18

Стандартные посадки и обозначение полей допусков отверстий и валов при размерах соединений 1—500 мм

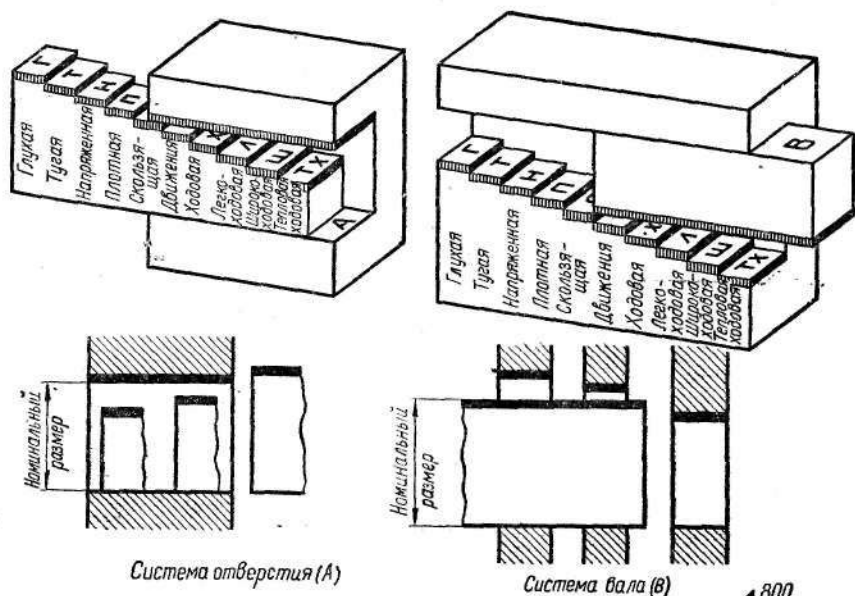
Посадка	Группа посадок	Система отверстия								Система вала							
		Класс точности посадки															
		1	2	2a	3	3a	4	5	1	2	2a	3	3a	4	5		
		Обозначение полей допусков															
		отверстий								валов							
		A ₁	A	A _{2a}	A ₃	A _{3a}	A ₄	A ₅	B ₁	B	B _{2a}	B ₃	B _{3a}	B ₄	B ₅		
		Обозначение полей допусков															
		валов								отверстий							
Прессовая 3-я	С натягом	—	—	—	Прз ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Прессовая 2-я		Пр2 ₁	—	Пр2 _{2a}	Пр2 ₃	—	—	—	—	—	Пр2 _{2a}	—	—	—	—		
Прессовая 1-я		Пр1 ₁	—	Пр1 _{2a}	Пр1 ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Горячая		—	Гр	—	—	—	—	—	—	Гр	—	—	—	—	—		
Прессовая		—	Пр	—	—	—	—	—	—	Пр	—	—	—	—	—		
Легкопрессовая	—	Пл	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Глухая	Переходные	Г ₁	Г	Г _{2a}	—	—	—	—	Г ₁	Г	Г _{2a}	—	—	—	—		
Тугая		Г ₁	Г	Г _{2a}	—	—	—	—	Г ₁	Г	Г _{2a}	—	—	—	—		
Напряженная		Н ₁	Н	Н _{2a}	—	—	—	—	Н ₁	Н	Н _{2a}	—	—	—	—		
Плотная		П ₁	П	П _{2a}	—	—	—	—	П ₁	П	П _{2a}	—	—	—	—		
Скользкая	С зазором	С ₁	С	С _{2a}	С ₃	С _{3a}	С ₄	С ₅	С ₁	С	С _{2a}	С ₃	С _{3a}	С ₄	С ₅		
Движения		Д ₁	Д	Д _{2a}	Д ₃	Д _{3a}	Д ₄	Д ₅	Д ₁	Д	Д _{2a}	Д ₃	Д _{3a}	Д ₄	Д ₅		
Ходовая		Х ₁	Х	Х _{2a}	Х ₃	Х _{3a}	Х ₄	Х ₅	Х ₁	Х	Х _{2a}	Х ₃	Х _{3a}	Х ₄	Х ₅		
Легкоходовая		—	Л	—	—	—	Л ₄	—	—	—	—	—	—	Л ₄	—		
Широкоходовая		—	Ш	—	Ш ₃	—	Ш ₄	—	—	Ш	—	Ш ₃	—	Ш ₄	—		
Тепловая ходовая	—	ТХ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

Система отверстия — это совокупность посадок, у которых для одного класса точности и одного номинального размера предельные отклонения отверстий одинаковы, а различные посадки достигаются изменением предельных отклонений валов (рис. 294, а). Поле допуска отверстия в системе отверстия является основным.

Система вала — это совокупность посадок, у которых предельные отклонения валов одинаковы (для одного номинального размера и одного класса точности), а различные посадки достигаются за счет изменения предельных отклонений отверстий (рис. 294, б). Поле допуска вала в системе вала является основным.

Наибольшее распространение имеет система отверстия.

В системе ОСТ допуски основных отверстий обозначают буквой А, основных валов — буквой В с индексом числового значения класса точности, например: А₁, В₄. Поскольку 2-й класс точности наиболее распространен, то при обозначении полей допусков этого класса цифру 2 не пишут. В табл. 18 приведены условные обозначения посадок и их наличие в различных классах точности. Связь между классами точности и шероховатостью поверхности показана на рис. 294, в.



а

б

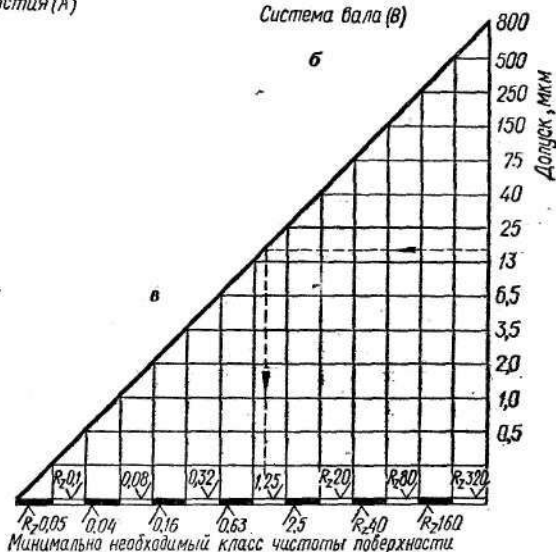


Рис. 294

Обозначение допусков и посадок на чертеже (ГОСТ 2.307—68). Предельные отклонения размеров показывают на чертеже непосредственно после номинального размера. Для линейных размеров отклонения можно показать тремя способами:

1. **Условным обозначением полей допусков и посадок.** При нанесении размеров по системе отверстия (рис. 295, а) возле номинального размера отверстия пишут букву «А» с цифрой, указывающей класс точности, а возле номинального размера вала — букву и цифру, указывающие соответственно посадку и класс точности.

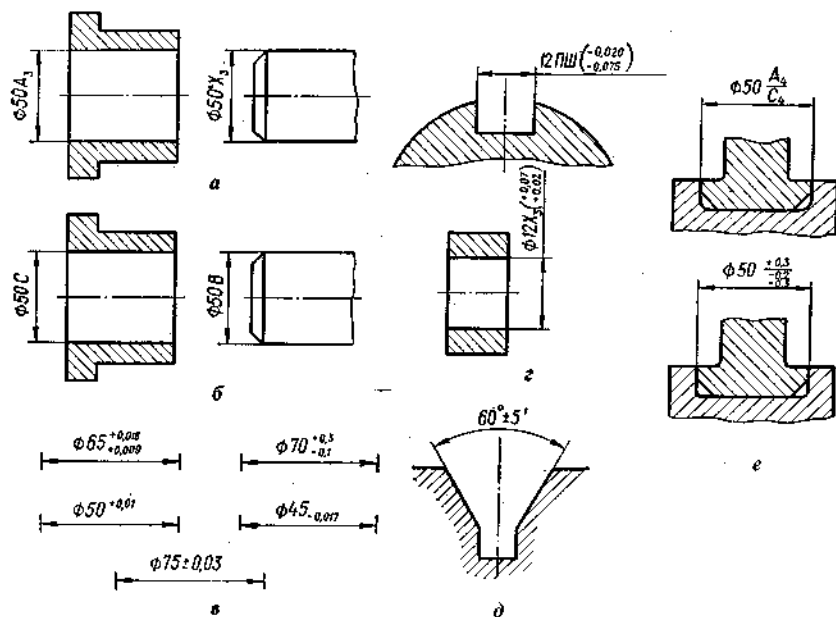


Рис. 295

При нанесении размеров по системе вала (рис. 295, б) возле номинального размера вала пишут букву «В» с цифрой, указывающей класс точности, а возле номинального размера отверстия — букву и цифру, указывающие посадку и класс точности.

2. Числовыми значениями предельных отклонений. Рядом с номинальным размером указывают значения верхнего и нижнего предельных отклонений (рис. 295, в). Отклонение, равное нулю, принято не указывать, например: $\phi 50^{+0.01}$. Числовые значения предельных отклонений пишут меньшим размером шрифта, чем размерные числа на чертеже. При симметричном расположении поля допуска величину отклонения указывают лишь один раз со знаками «±». В этом случае отклонение пишут тем же размером шрифта, что и размерные числа.

3. Условным обозначением полей допусков и числовыми значениями предельных отклонений (рис. 295, г).

Обозначение основных отклонений отверстий и валов для посадок системы СЭВ

Отверстия	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H
Валы	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h
Характер соединения	Посадки с зазором										

Примечание. Отклонение основного отверстия обозначается H, отклонение

Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми величинами (рис. 295, б).

Многokrатно повторяющиеся на чертежах предельные отклонения линейных размеров 5-го и более грубых классов точности допускается не указывать непосредственно после номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях, например: «Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий — по А₇, валов — по В₇, остальных — по СМ₇»; «Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров — по А₅, В₅, остальных — по СМ₅» (см. рис. 299, 300).

На рис. 295, в предельные отклонения нанесены для деталей, изображенных в соединениях. В числителе указывают условное обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе — вала или соответственно указывают числовые значения предельных отклонений.

Единая система допусков и посадок СЭВ вводится в качестве государственных стандартов СССР с 1.01.1977 г. по 1.01.1980 г. Стандарты СТ СЭВ 144—75, 145—75 взамен классов точности устанавливают 19 квалитетов: 01, 0, 1, ..., 17. Для получения посадок рекомендуется применять 5...11-й квалитеты. Допуски в квалитетах 5, 6, 7, 10, 11 примерно равны допускам 1, 2, 2а, 3а, 4-го классов точности соответственно. Наиболее грубой точностью характеризуется 17-й квалитет. Величина допуска зависит от номинального размера и квалитета.

Для интервала номинальных размеров предусмотрены гаммы допусков и основных отклонений, характеризующих положение этих допусков относительно нулевой линии номинального размера. Положение поля допуска относительно нулевой линии зависит от характера соединения сопряженных деталей, т. е. от посадки.

Обозначение предельных отклонений линейных размеров на чертеже детали указывается после номинального размера и представляет собой буквенно-цифровую группу: букву (или две буквы) латинского алфавита — прописную для отверстия, строчную — для вала (табл. 19), определяющую положение поля допуска относительно нулевой линии, и цифру (квалитет), характеризующую величину допуска.

Пример: 40 g 6 — номинальный размер вала 40 мм, расположение поля допуска «g», 6-й квалитет; 60H7 — номинальный размер отверстия 60 мм, расположение поля допуска «H», 7-й квалитет.

Таблица 19

(СТ СЭВ 145—75)

$\frac{J}{J_s}$	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC
$\frac{j}{j_s}$	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
Переходные посадки				Посадки с натягом											

основного вала — h.

В обозначение посадки на сборочном чертеже входит общий номинальный размер, за которым следуют обозначения допусков каждого элемента, начиная с отверстия, например: $40H7/g6$ (или $40 H7 - g6$, или $40 \frac{H7}{g6}$).

20.13. Допуски формы и расположения поверхностей

При изготовлении деталей отклонения получаются не только в их размерах, но и в геометрической форме. Различают отклонения формы поверхностей от плоскостности (\square), прямолинейности (—), цилиндричности (⌀), круглости (\bigcirc) и отклонения профиля продольного сечения ($=$). Этими отклонениями характеризуются наибольшие расстояния от точек реальной поверхности до прилегающих соответственно плоскости, прямой, цилиндра или окружности (в скобках указаны условные знаки, обозначающие эти отклонения).

Кроме отклонений в форме поверхностей детали имеются также и отклонения в их взаимном расположении. Это отклонения от параллельности ($//$), перпендикулярности (\perp), соосности (\odot), пересечения осей (\times) и симметричности (\equiv), радиальное и торцовое биения (\nearrow), позиционное отклонение (\oplus).

Данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают на чертеже в прямоугольных рамках, разделенных на две или три части (рис. 296, а). В первой части помещают знак отклонения, во второй — значение допуска в миллиметрах, в третьей — буквенное обозначение базы или поверхности, к которой относится отклонение расположения. На чертеже рамки располагают горизонтально, выполняя их тонкими сплошными линиями. Высота знаков, букв и цифр, вписываемых в рамки, равна высоте размерных чисел на чертеже, высота рамки на (2...3) мм превышает высоту знаков.

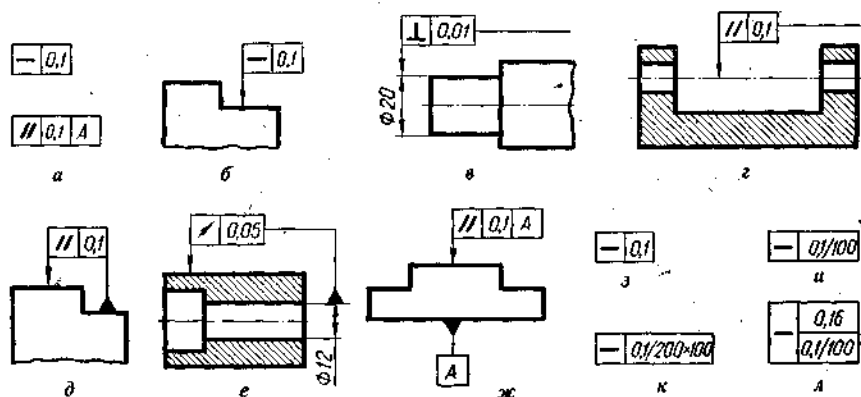


Рис. 296

Рамку соединяют линией, заканчивающейся стрелкой, с контуром изделия, если допуск относится к поверхности или профилю (рис. 296, б). Когда отклонение относится к оси или плоскости симметрии, соединительная линия должна быть продолжением размерной (рис. 296, в). На рис. 296, г отклонение относится к общей оси отверстий или плоскости симметрии.

При указании взаимного расположения поверхностей база, по отношению к которой отсчитывается величина отклонения, указывается зачерненным треугольником. На рис. 296, д базой отсчета является плоскость детали, а на рис. 296, е — ось или плоскость симметрии. Если соединение рамки с базой, к которой относится отклонение расположения, затруднено, то эту базу обозначают зачерненным треугольником и рамкой с прописной буквой, которая вписывается и в третью часть рамки с допуском (рис. 296, ж). Зачерненный треугольник заменяют стрелкой, если поверхность не служит базой.

На рис. 296, з—л показаны различные случаи записи отклонений, например, от прямолинейности. На рис. 296, з отклонение 0,1 мм относится ко всей длине поверхности; на рис. 296, и отклонение 0,1 мм допускается на длине 100 мм, а на рис. 296, к оно относится к площади 200×100 мм. Обозначение на рис. 296, л говорит о том, что величина отклонения должна быть не более 0,16 мм на всей длине и не более 0,1 мм на длине 100 мм. Допуски формы и расположения поверхностей могут быть указаны и записью в технических требованиях (рис. 297).

20.14. Текстовые надписи на чертежах

Кроме изображения предмета с размерами и допусками, чертеж может содержать: а) текстовую часть, состоящую из технических требований и технической характеристики изделия; б) надписи с обозна-

Указание допусков формы и расположения	
Условное обозначение	Запись в технических требованиях
Отклонение от цилиндричности	
Отклонение от параллельности	
Отклонение от перпендикулярности	
Биеение	

Рис. 297

чением изображений; в) таблицы с различными параметрами и др. (ГОСТ 2.316—68).

Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным. В то же время, сокращения слов допускаются только общепринятые. Текст надписей и таблиц размещают параллельно основной надписи чертежа.

Рассмотрим текстовые надписи, поясняющие технические требования к изделию. Технические требования группируют и излагают в такой последовательности:

- 1) требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термообработке, указание материалов-заменителей и т. п.;
- 2) размеры, допуски размеров, формы, взаимного расположения поверхностей, масса и т. п.;
- 3) требования к качеству поверхностей, их отделке, покрытию;
- 4) зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;
- 5) требования к настройке и регулировке изделия;
- 6) условия и методы испытаний, указания о маркировании и клеймении и пр.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию; каждый пункт записывается с новой строки. Запись помещают над основной надписью; ширина колонки не более 185 мм. Для форматов более 11-го допускается размещать надпись в две колонки.

20.15. Групповые чертежи деталей

ГОСТ 2.113—75 устанавливает правила выполнения групповых конструкторских документов, содержащих информацию о двух и более изделиях. Рассмотрим лишь вопрос о групповых чертежах деталей.

Групповой чертеж деталей представляет собой сводный чертеж, содержащий данные для изготовления и контроля однотипных деталей, отличающихся размерами, материалом, покрытием, шероховатостью и другими данными. Разрабатывают табличные групповые чертежи при небольшом числе изменяющихся параметров изделия.

На групповом чертеже полностью изображается основное исполнение детали и наносятся постоянные размеры, отклонения, знаки шероховатости поверхностей и пр. Переменные величины указывают буквенными обозначениями, а их конкретные значения вносят в таблицу исполнений (рис. 298). Кроме переменных размеров, в таблице указывают переменные значения предельных отклонений, знаков шероховатости, покрытий, материалов и др. При наличии переменных изображений элементов деталей их показывают на чертеже с соответствующей нумерацией рисунков («Рис. 1», «Рис. 2» и т. д.).

Групповому чертежу присваивается основное обозначение в обычном порядке, а для вариантов исполнения обозначение складывается из основного обозначения, знака тире и порядкового номера исполнения. Например, основное (базовое) обозначение прокладки АГБВ. 538644.012, а к вариантам исполнения через тире добавляют 01, 02 и т. д. (АГБВ. 538644. 012—01). В спецификации сборочного чертежа,

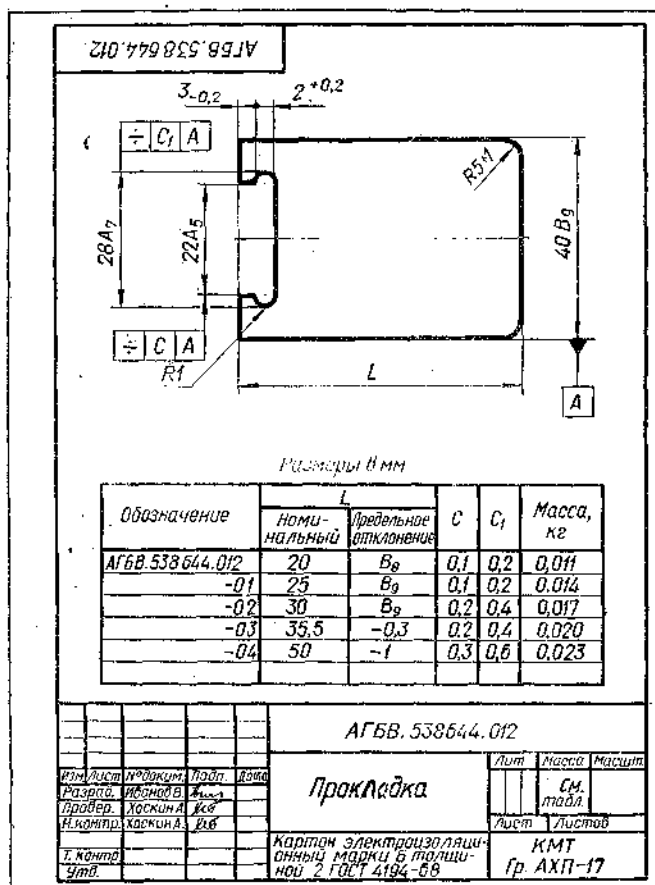


Рис. 298

куда входят однотипные детали, объединенные групповым чертежом, каждый вариант записывают отдельно с присвоенным ему полным обозначением.

20.16. Материалы и их условные обозначения на чертежах

Рассмотрим условные обозначения наиболее распространенных материалов.

Чугун — сплав железа с углеродом, количество которого превышает 2%, и с другими элементами. Различают отливки из серого, ковкого, высокопрочного, антифрикционного, модифицированного и других чугунов.

Отливки из серого чугуна (ГОСТ 1412—70) изготавливают марок СЧ 00, СЧ 12-28, СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40, СЧ 28-48 и др. Первое число указывает предел прочности при растяжении в кгс/мм², а второе — предел прочности при изгибе в кгс/мм². Из чугуна средней прочности

(СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40) изготовляют кронштейны, корпуса, шкпвы, клапаны, втулки. Из более прочного чугуна (СЧ 32-52, СЧ 36-56) изготовляют зубчатые колеса, поршни, патроны, поршневые кольца и др. Пример условного обозначения чугуна: «СЧ 18-36 ГОСТ 1412—70».

Ковкий чугун (ГОСТ 1215—59) получают термической обработкой белых чугунов. Наиболее распространены марки КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12, КЧ 45-6, КЧ 50-4 и др. Первое число указывает временное сопротивление разрыву в кгс/мм², второе — относительное удлинение в процентах. Из ковкого чугуна отливают пластинчатые цепи, кулачки, вкладыши, соединительные части для труб и т. п. Пример условного обозначения: «КЧ 33-8 ГОСТ 1215—59».

Отливки из высокопрочного чугуна (с шарообразным графитом) изготовляют марок ВЧ 38-17, ВЧ 42-12, ВЧ 45-5, ВЧ 50-2, ВЧ 60-2 и др. (ГОСТ 7293—70).

Отливки из антифрикционного чугуна (ГОСТ 1585—70) выпускают марок АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3, АЧВ-1, АЧК-1 и др. Этот чугун применяют для изготовления подвижных деталей.

Сталь — сплав железа с углеродом в количестве до 2% и некоторыми легирующими элементами. По химическому составу сталь делят на углеродистую и легированную, а по назначению — на конструкционную, инструментальную и специальную.

Сталь углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—71) в зависимости от назначения подразделяется на три группы: А — поставляемую по механическим свойствам; Б — поставляемую по химическому составу; В — поставляемую по механическим свойствам и химическому составу. Изготавливают сталь следующих марок:

группы А — Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6;

группы Б — БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6;

группы В — ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.

Для обозначения степеней раскисления к обозначению марки стали после номера марки добавляют индексы: «кп» — кипящая, «пс» — полуспокойная, «сп» — спокойная, например: Ст3кп, Ст3пс, БСт3сп.

Из стали Ст0, Ст1 изготовляют трубы, резервуары, кожухи, прокладки; из стали Ст3, Ст4 — болты, винты, гайки, шпильки, оси, заклепки и т. п.; сталь Ст5, Ст6 используют для валов, шестерен, шпонок, бандажей колес и других деталей. Пример условного обозначения: «Ст3 ГОСТ 380—71».

Сталь углеродистая качественная конструкционная (ГОСТ 1050—74) выпускается следующих марок: 08кп; 08пс; 10; 15кп; 20кп; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 60; 65Г и др. В марке стали двузначные цифры обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буква «Г» — повышенное содержание марганца (~1%).

Сталь марок 10, 15, 20, 25 применяют для изготовления крепежных изделий, втулок, муфт и др.; сталь марок 35, 40, 45 — для изготовления деталей, несущих значительные нагрузки, например коленчатых валов, штоков; сталь 65Г применяется для изготовления пружин. Пример условного обозначения: «Сталь 65 ГОСТ 1050—74».

Сталь углеродистую инструментальную (ГОСТ 1435—74) выпускают марок У7, У8, У8Г, У9, У8ГА и др. Цифра указывает среднее

содержание углерода в десятых долях процента, буква «Г» — повышенное содержание марганца, буква «А» — высококачественную сталь. Употребляют эту сталь для изготовления инструмента. Пример условного обозначения: «Сталь У8Г ГОСТ 1435—74».

Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71) имеет много марок: хромистые (15Х, 15ХА, 20Х, 38ХА и др.); марганцовистые (15Г, 20Г, 45Г, 35Г2 и др.); хромомарганцовые (18ХГ, 20ХГР, 30ХГТ, 25ХГМ и др.); хромокремнистые (33ХС, 40ХС и др.); хромомолибденовые и хромомолибденованадиевые (15ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 30ХЗМФ и др.); хромоникельмолибденовые (14Х2Н3МА, 20ХН2М и др.). В обозначении марок стали первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буквы за цифрами означают: «В» — вольфрам, «Г» — марганец, «М» — молибден, «Н» — никель, «Р» — бор, «С» — кремний, «Т» — титан, «Ф» — ванадий, «Х» — хром и «Ю» — алюминий. Цифры, стоящие после букв, указывают примерное содержание легирующего элемента в процентах. Отсутствие цифры означает, что в марке содержится до 1,5% этого элемента. Буква «А» в конце наименования свидетельствует о высоком качестве стали. Пример условного обозначения: «Сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543—71».

Отливки из конструкционной нелегированной и легированной стали (ГОСТ 977—75) делят на три группы: I — отливки обыкновенного назначения; II — отливки ответственного назначения; III — отливки особо ответственного назначения. Эти стали выпускают марок 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л и др. Пример условного обозначения отливки из стали 20Л, группы I: «Отливка 20Л-I ГОСТ 977—75».

Бронза — многокомпонентный сплав на медной основе, содержащий олово, цинк, свинец и другие металлы.

Бронзы оловянные литейные (ГОСТ 613—65) изготовляют марок Бр. ОЦН 3-7-5-1; Бр. ОЦС 3-12-5; Бр. ОЦС 5-5-5 и др. Употребляют бронзу для изготовления арматуры, работающей в морской и пресной воде, маслах и паре под давлением до 25 кгс/мм², для антифрикционных деталей и др. Пример условного обозначения бронзы с содержанием 3% олова, 12% цинка, 5% свинца, остальное — медь: «Бр. ОЦС 3-12-5 ГОСТ 613—65».

Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением (ГОСТ 5017—74), выпускают марок Бр.ОФ 8,0-0,3; Бр.ОФ 6,5-0,4; Бр. ОЦ 4-3 и др. Первое число марки показывает среднее содержание олова в процентах, второе — содержание фосфора («Ф») или цинка («Ц») в процентах, остальное — медь и примеси других металлов. Пример условного обозначения: «Бр. ОФ 4-0,25 ГОСТ 5017—74».

Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением (ГОСТ 18175—78), выпускают марок Бр. А5, Бр. АМц 9-2, Бр. АЖ 9-4, Бр. АЖН 10-4-4, Бр. КН 1-3 и др. В этих марках «А» — алюминий, «Ж» — железо, «Мц» — марганец, «Н» — никель, «Ф» — фосфор.

Медно-цинковые сплавы (латуни) содержат кроме меди и цинка до 1% железа — «Ж», марганца — «Мц», алюминия — «А», олова — «О», свинца — «С» и ряда других элементов.

Медно-цинковые сплавы (латуни) литейные (ГОСТ 17711—72) выпускают марок ЛА 67-2,5; ЛАЖМц 66-6-3-2; ЛМцС 58-2-2; ЛК 80-3Л;

ЛКС 80-3-3; ЛС 59-1Л и др. Применяют латуни для деталей арматуры, литых подшипников и втулок, нажимных гаек, коррозионно-стойких деталей, работающих в морской воде, литья под давлением, фасонного литья и др. Пример условного обозначения латуни, содержащей 66% меди, 6% алюминия, 3% железа, 2% марганца, остальное — цинк: «ЛАЖМц 66-6-3-2 ГОСТ 17711—72».

Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением (ГОСТ 15527—70), выпускают марок Л96, Л90, Л85, Л70, Л63, ЛА 77-2, ЛАЖ 60-1-1 и др. Пример условного обозначения: «ЛАЖ 60-1-1 ГОСТ 15527—70».

Из латуни, обрабатываемой давлением, прокатывают листы, прутки, ленту, проволоку. Пример обозначения горячекатаного листа из латуни Л63: «Лист Л63 Гк 5 × 600 × 1500 ГОСТ 931—70».

Баббиты (ГОСТ 1320—74) — сплавы меди, олова, свинца и сурьмы. Марки баббитов Б89, Б83, Б83С, БН и др. применяются для заливки подшипников турбин, насосов, вентиляторов и др. Пример условного обозначения: «Баббит Б83 ГОСТ 1320—74».

Сплавы алюминиевые литейные (ГОСТ 2685—75) в зависимости от химического состава разделяют на 5 групп. Марки сплавов на основе алюминий-магний — АЛ18, АЛ13, АЛ22, АЛ27, АЛ и др.; сплавов на основе алюминий-кремний — АЛ12, АЛ14, АЛ14В и др.; сплавов на основе алюминий-медь — АЛ7, АЛ19, АЛ33. Алюминиевые сплавы применяют для ответственных деталей двигателей, поршней, деталей сложной конфигурации, изделий, работающих при повышенных температурах, и т. п. Пример условного обозначения: «АЛ8 ГОСТ 2685—75».

Сплавы алюминиевые деформируемые (ГОСТ 4784—74) выпускают марок АМцС, Д12, АМг4, АД33, АВ, В65 и др.

Рассмотрим некоторые **неметаллические материалы**, применяемые в машиностроении.

Текстолит и асботекстолит конструкционные (ГОСТ 5—78) — слоистые пластические материалы, получаемые прессованием полотнищ ткани, пропитанной искусственными смолами. Марки текстолита — ПТ, ПТК, ПТК-С, ПТМ-1, ПТМ-2, ПТГ-1, асботекстолита — АБ, Г. Из текстолита изготавливают шестерни, ролики, втулки, кольца. В обозначении указывают название материала, марку, толщину сорта и номер стандарта, например: «Текстолит ПТК — 20, сорт 1 ГОСТ 5—78», «Асботекстолит Б — 30 ГОСТ 5—78».

Винипласт листовой (ГОСТ 9639—71) — жесткий листовой термопластичный материал. Марки листового винипласта ВН, ВНЭ, ВПВД. Применяется при изготовлении химической аппаратуры, в автомобильной, фото-, электропромышленности и др. Пример обозначения листов марки ВН длиной 1500 мм, шириной 800 мм: «Листы винипласта ВН 1500 × 800 ГОСТ 9639—71».

Паронит (ГОСТ 481—71) получают из смеси асбестовых волокон растворителя и наполнителя. Марки паронита ПОН, ПМБ, ПА и ПЭ. Применяются в качестве прокладок. Пример условного обозначения листов паронита ПОН толщиной 0,6 мм, шириной 500 мм и длиной 750 мм: «Паронит ПОН 0,6 × 500 × 750 ГОСТ 481—71».

Гетинакс электротехнический листовой (ГОСТ 2718—74) выпускается марок I, II, III, V, V-I, VI и др. Пример условного обозначения гетинакса марки V-I толщиной 12 мм: «Гетинакс V-I 12,0 ГОСТ 2718—74».

Если форма и условия работы детали в конструкции требуют ее изготовления из металла определенного сортамента (листа, калиброванного прутка, проволоки, профиля и т. д.), то обозначают не только материал, но и сортament с его характерными размерами и указывают номер стандарта на этот сортament. Рассмотрим ряд примеров:

1. Сталь горячекатаная квадратная марки Ст3 со стороной квадрата 60 мм обычной прокатки —

$$\text{Квадрат} \frac{\text{В } 60 \text{ ГОСТ } 2591-71}{\text{Ст3 ГОСТ } 535-58}.$$

2. Швеллер № 20 с уклоном внутренних граней полок из стали марки Ст3 —

$$\text{Швеллер} \frac{20 \text{ ГОСТ } 8240-72}{\text{Ст3 ГОСТ } 535-58}.$$

3. Сталь круглая марки Ст3 диаметром 50 мм —

$$\text{Круг} \frac{50 \text{ ГОСТ } 2590-71}{\text{Ст3 ГОСТ } 535-58}.$$

4. Сталь шестигранная калиброванная марки 45, с размером «под ключ» 25 мм, 5-го класса точности —

$$\text{Шестигранник} \frac{25-5 \text{ ГОСТ } 8560-67}{45 \text{ ГОСТ } 1051-73}.$$

20.17. Примеры выполнения рабочих чертежей деталей

На рис. 299 изображена «круглая» деталь — вал. *Круглыми называют детали, ограниченные, главным образом, поверхностями вращения.* К ним относят оси, втулки, валы, шпиндели, фланцы и т. п. На чертеже часто их изображают лишь в одной проекции — главном виде — с горизонтальным по отношению к основной надписи расположением оси. Для пояснения отдельных элементов применяют местные разрезы, сечения, выносные элементы.

Сечение А — А выявляет размеры поперечного сечения шпоночного паза, а сечение Б — Б показывает форму и размеры квадратной части вала. При помощи местных разрезов показано центровое отверстие и шпоночный паз. Выносные элементы I и II раскрывают размеры проточки для метрической резьбы и глубину сверления под стопорный винт.

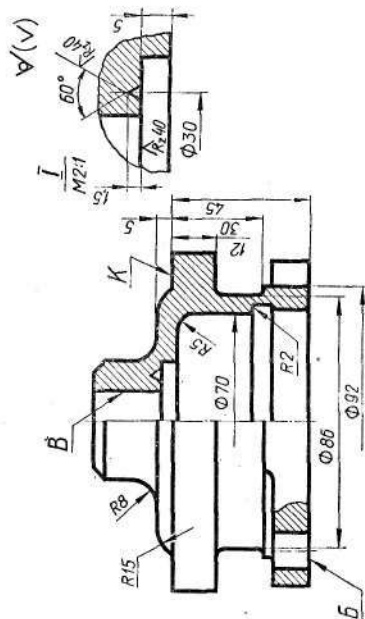
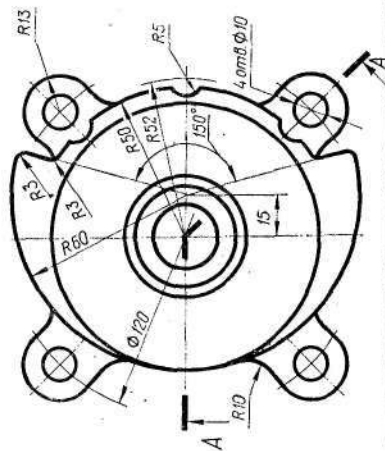
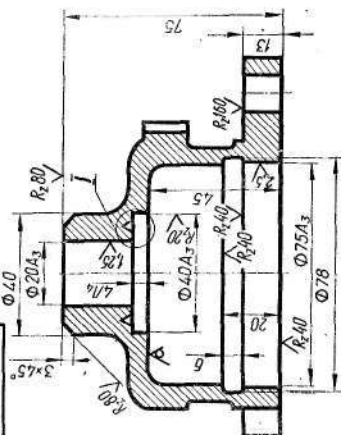
При нанесении размеров по длине вала в качестве основной размерной базы принята правая торцовая плоскость, относительно которой ориентированы размеры 50, 75, 125 и 235 мм. Кроме того, на чертеже указаны и вспомогательные базы, являющиеся ориентирами для размеров 16, 36 и 70 мм. Обозначение шероховатости поверхностей нанесено с учетом их конструктивного назначения.

Итак, чтобы правильно выполнить рабочий чертеж детали вращения, нужно: а) определить ее главный вид; б) выполнить требуемые дополнительные изображения (местные разрезы, сечения, выносные элементы); в) выбрать основные и вспомогательные размерные базы и проставить размеры с учетом этих баз; г) нанести обозначение шероховатости поверхности детали с учетом ее конструктивного назначения и технологии изготовления.

На рис. 300 показана крышка, изготовленная литьем. Литые детали чаще всего изображают в трех основных видах с необходимыми разрезами. Для таких деталей

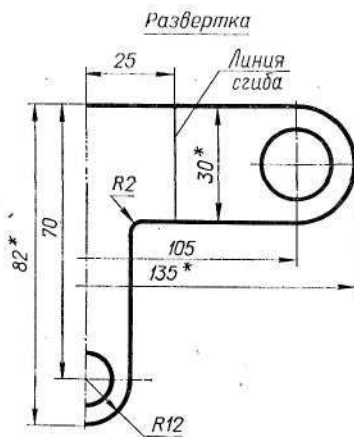
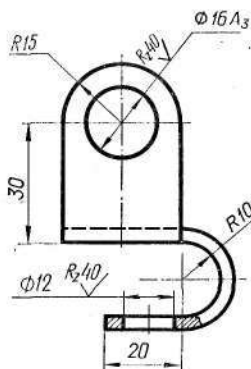
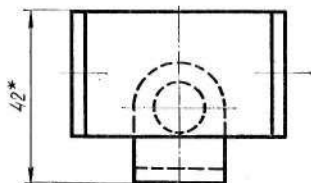
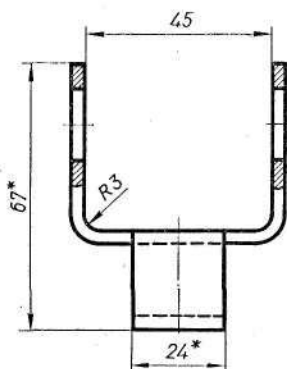
ГОСТ 20202-2003

A-A



1. Числа формовочные по ГОСТ 3212-57
2. Допуски на размеры отливки по II классу точности по ГОСТ 1855-55
3. Неуказанные предельные отклонения размеров на механически обработанной части детали отливки по А₂, В₂, остальных - по СМ₂
4. Неуказанные предельные отклонения размеров на механически обработанной части детали отливки по А₂, В₂, остальных - по СМ₂
5. Отклонение от перпендикулярности осей отверстий В относительно поверхности В не более 0,02 мм
6. Крышки подвергнуть гидравлическому испытанию вместе с дет... под давлением 40 кгс/см²

КМТ Ч. 002012. 003		Лист	Масс.	Вмест.
Крышка		91		1:1
СЧ 15-32		Лист	Листов	1
ГОСТ 1412-70		КМТ	Гр. СМ-34	



* Размеры для справок

					КМТЧ.002012.002			
Изм	Лист	Исполн	Подп	Дата	Скоба	Лист	Масса	Масштаб
Разраб	Юра Л.			13.74		У		1:1
Провер	Хаскин А.	Е.А.		7.5.74		Лист	Листов 1	
Т.контр	Хаскин А.	Е.А.				Лист	КМТ Гр.ХМС-46	
И.контр					Лист	В2 ГОСТ 3680-57 20 ГОСТ 1050-74		

характерны плавные переходы поверхностей, литейные уклоны, литейные радиусы и т. п. В нашем примере на месте вида спереди выполнен полный фронтальный разрез, а на месте вида слева — сочетание половинного вида с профилем разреза. Внесенный элемент позволяет раскрыть форму и размеры уплотнительной канавки. Механической обработке в литых деталях подвергается лишь часть поверхностей, соприкасающихся с другими деталями.

Особое внимание следует уделить правильному нанесению размеров на литых деталях. По ГОСТ 2.307—68 на рабочих чертежах деталей, изготовленных литьем, ковкой и штамповкой с последующей механической обработкой только части поверхностей, нужно по каждому координатному направлению указать не более одного размера, связывающего обрабатываемые и необрабатываемые поверхности. Иначе говоря, для каждой из этих групп поверхностей должны существовать свои размерные базы. В нашем примере для обработанных поверхностей размерной базой служит нижняя торцовая плоскость, а для необработанных — плоскость, обозначенная буквой К. Эти поверхности связаны между собой размером 45 мм.

В технических требованиях на литые детали указывают величину литейных уклонов, радиусов и т. п.

На рис. 301 изображена деталь (скоба), изготовленная штамповкой. Чтобы полнее представить себе форму и размеры подобной детали, рекомендуется поместить на чертеже полную или частичную ее развертку. На развертке наносят лишь те размеры, которые нельзя показать на самом чертеже. Если необходимо, на развертке указывают линии сгиба и делают соответствующие надписи. Особое внимание рекомендуется обращать на правильное определение размеров в местах сгиба детали.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие чертежи называют рабочими? Какие требования предъявляют к рабочим чертежам?
2. Какие чертежи называют эскизами и в какой последовательности рекомендуется выполнять эскиз детали с натуры?
3. Что такое конструктивная база? технологическая? измерительная? сборочная?
4. Как проставляют размеры при цепном способе? координатном? комбинированном?
5. Какие размеры называются справочными и как их записывают на чертеже?
6. Как проставляют размеры одинаковых элементов, расположенных на одной оси или на одной окружности?
7. На какие размеры допускается не ставить предельные отклонения?
8. Как нанести размер в местах сопряжения или скругления детали?
9. Как проставить размеры на плите со многими отверстиями разных диаметров?
10. Назовите инструменты, необходимые для измерения деталей.
11. Как измерить шаг резьбы?
12. Какие требования предъявляют к литым деталям?
13. Какие требования предъявляют к механически обрабатываемым деталям?
14. Укажите условные соотношения для определения размеров проточки резьбы.
15. По каким критериям оценивают шероховатость поверхности?
16. Какими знаками обозначают шероховатость поверхности и как выполняют эти знаки?
17. Как записать шероховатость поверхностей, если она одинакова для всей детали?
18. Как обозначают шероховатость поверхности резьбы? зубчатых колес?
19. Расшифруйте условное обозначение «КЧ 37-12 ГОСТ 1215—59».
20. Что означает запись «Сталь 35Г2 ГОСТ 4543—71»?
21. Прочтите условную запись «Сталь 30ХН3 ГОСТ 4543—71».
22. В каких случаях поле чертежа принято разбивать на зоны?
23. Как заполняют основную надпись на рабочем чертеже?
24. Какие особенности выполнения рабочего чертежа «круглой» детали? литой? штампованной?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Рабочие чертежи и эскизы деталей». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

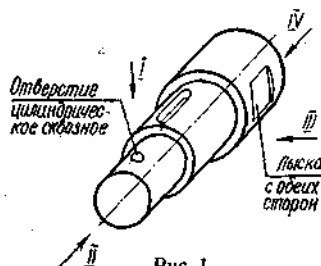


Рис. 1

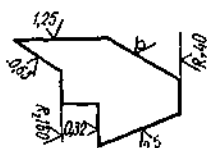


Рис. 2

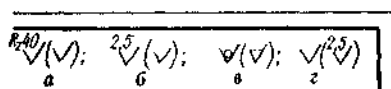


Рис. 3

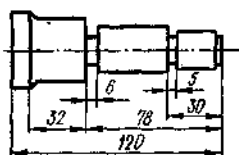


Рис. 4



Рис. 5

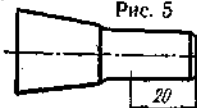


Рис. 6

1. По какому направлению проецирования (I, II, III или IV) рекомендуется выбрать главный вид детали (рис. 1)?
2. Сколько сечений нужно выполнить для выяснения конструкции детали (рис. 1)?
3. Подсчитайте, сколько размеров нужно проставить на рабочем чертеже валика (рис. 1)?
4. Какие из обозначений шероховатости поверхности нанесены неправильно (рис. 2)?
5. Какие из обозначений шероховатости поверхности проставлены неправильно в правом верхнем углу чертежа (рис. 3)?
6. В обозначении каких материалов допущены ошибки и как правильно следует сделать запись?
Сталь 3. ГОСТ 380—71; КЧ 35-10 ГОСТ 1215—59; Ст. 25 ГОСТ 1050—74; Сталь 30Л-1 ГОСТ 977—75; Латунь 68 ГОСТ 15527—70.
7. Как называется способ нанесения размеров на рис. 4?
8. Определите по справочнику размеры нормальной проточки для наружной метрической резьбы М27. Начертите проточку и проставьте размеры.
9. На рис. 5 изображена проточка для внутренней резьбы М27 × 2 — 6Н. Найдите размеры элементов проточки по условным соотношениям.
10. Обозначьте такую термообработку детали (рис. 6): «Цементовать h 0,2; HRC 50 ... 60 на длине 20 мм».

21.1. Общие положения

Различают конструктивное, упрощенное и условное изображение крепежных деталей (болтов, винтов, гаек, шпилек и т. п.) и их соединений. При конструктивном изображении размеры деталей и их элементов подбирают и вычерчивают по соответствующим стандартам. Упрощенное изображение заключается в том, что размеры крепежных деталей определяют по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы и упрощенно вычерчивают такие элементы, как фаски, шлицы, резьбу и др. Условное изображение применяют в том случае, когда диаметр стержня менее 2 мм.

В соответствии с разъяснениями Методсовета при МВ и ССО СССР, на учебных чертежах допускается несколько отходить от требований ЕСКД, если этого требует процесс обучения. В настоящем учебнике материал по соединениям излагается в соответствии с установившейся многолетней учебной практикой его изложения в средних и высших учебных заведениях.

21.2. Болтовое соединение

Болтовое соединение встречается во многих механизмах, машинах и сооружениях. Оно состоит из болта, гайки, шайбы и скрепляемых деталей. В деталях 1 и 2 (рис. 302, а) просверлено отверстие диаметром $(1,05 \div 1,1) d$, где d — диаметр резьбы болта. В отверстие вставляют болт 3 (рис. 302, б), надевают шайбу 5 (рис. 302, в) и навинчивают гайку 4 (рис. 302, г).

На чертежах общего вида и сборочном детали болтового соединения выполняют по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы d (рис. 303, а, б, г).

На рис. 304, а изображено болтовое соединение в виде, рекомендованном для выполнения на учебных чертежах. На месте вида спереди выполнен фронтальный разрез, а на месте вида слева — профильный. Длину болта можно определить по формуле (рис. 302, г)

$$l = H_1 + H_2 + S_{\text{ш}} + H + a + c,$$

где H_1 и H_2 — толщины скрепляемых деталей;

$S_{\text{ш}}$ — толщина шайбы;

H — высота гайки;

a — запас резьбы на выходе из гайки; $a = 0,2d$;

c — высота фаски на конце стержня болта; $c = 0,15d$.

Подставляя значения всех этих величин в формулу, получим

$$l = H_1 + H_2 + 0,15d + 0,8d + 0,2d + 0,15d = H_1 + H_2 + 1,3d.$$

Расчетную длину болта сопоставляют с рядом длин, предусмотренных стандартом (см. табл. 11), и принимают ближайшее стандартное значение длины болта.

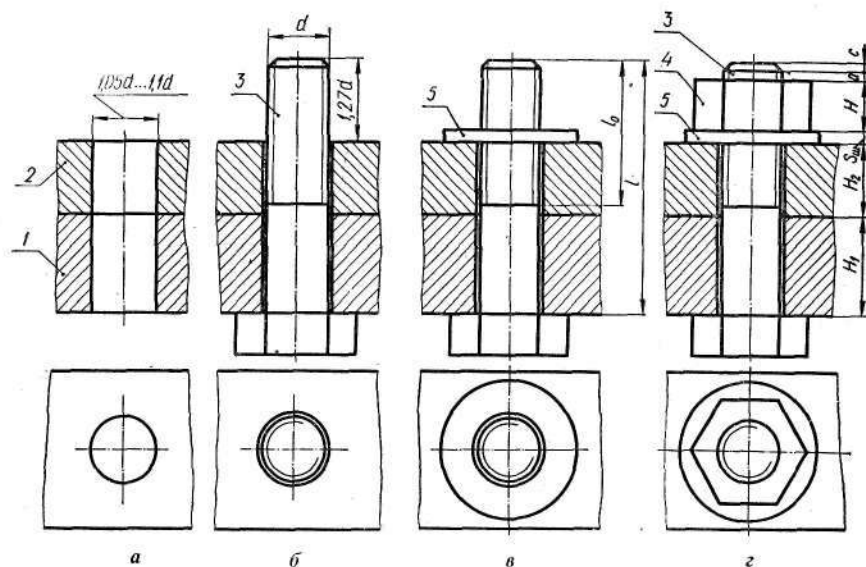


Рис. 302

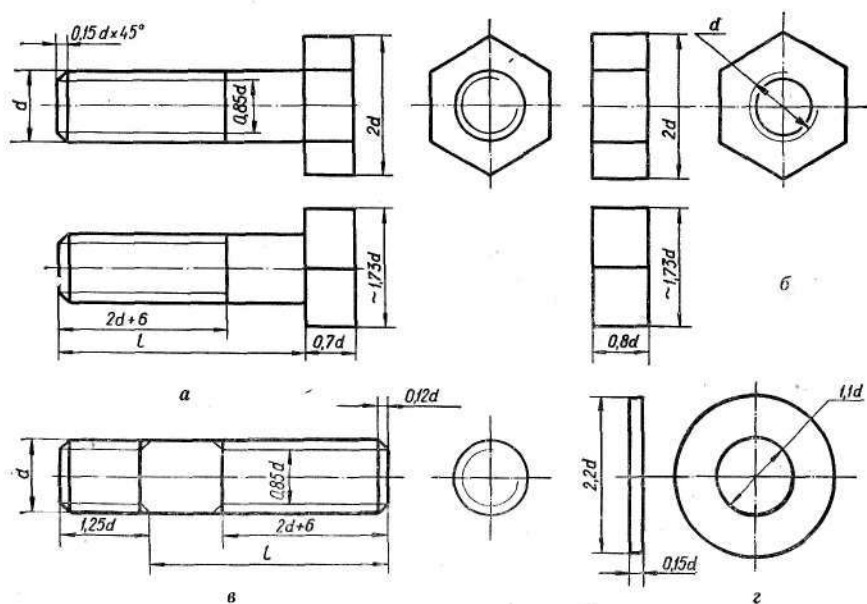


Рис. 303

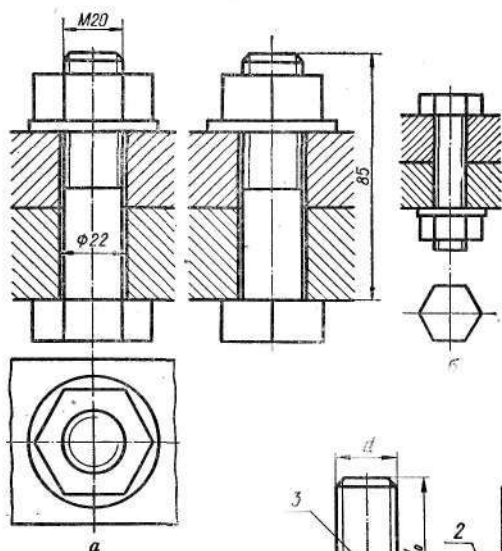


Рис. 304

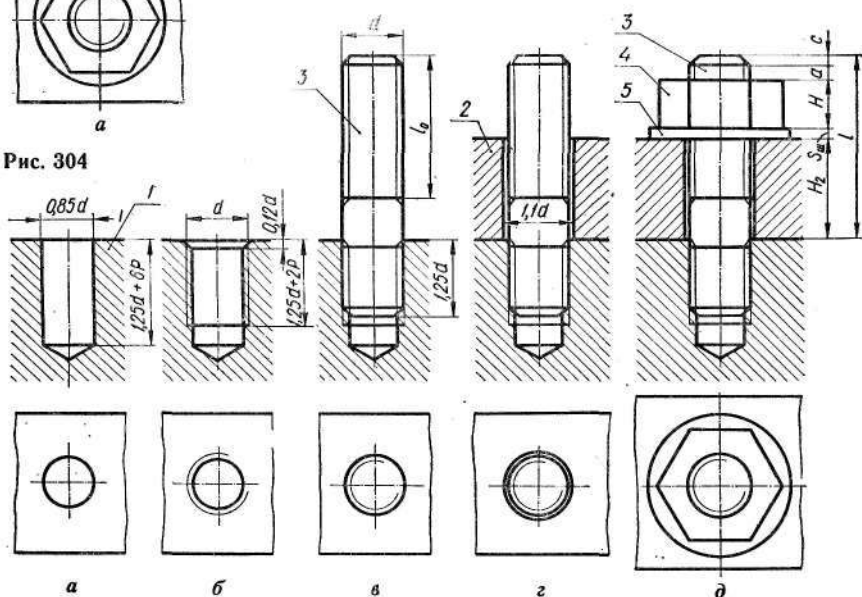


Рис. 305

Некоторые особенности выполнения болтового соединения:

1) на чертеже соединения проставляют лишь три размера (рис. 304, а): диаметр резьбы, длину болта и диаметр отверстия в скрепляемых деталях;

2) головку болта и гайку на главном изображении принято показывать тремя гранями;

3) по ГОСТ 2.305—68 болты, винты и шпильки в продольном разрезе изображают нерассеченными. На сборочных чертежах нерассеченными, как правило, изображают также гайки и шайбы;

4) смежные детали штрихуют с наклоном в разные стороны. Наклон штриховки для одной и той же детали должен быть в одну и ту же сторону на всех изображениях;

5) на чертежах общих видов и сборочных по ГОСТ 2.315—68 рекомендуется давать упрощенное изображение болтового соединения (рис. 304, б).

21.3. Шпильчатое соединение

Шпильчатое соединение состоит из шпильки, гайки, шайбы и скрепляемых деталей (рис. 305). В детали 1 сверлят гнездо диаметром $0,85d$ и глубиной $1,25d + 6P$, где P — шаг резьбы. В гнезде нарезают резьбу на длину $1,25d + 2P$ (рис. 305, б). Шпильку 3 резьбовым концом l_1 заворачивают в гнездо (рис. 305, в). В детали 2 (рис. 305, г) просверливают отверстие диаметром $1,1d$ и надевают ее на шпильку. Затем на шпильку надевают шайбу 5 и навинчивают гайку 4 (рис. 305, д).

На сборочном чертеже детали шпильчатого соединения вычерчивают по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы d (рис. 303, б—г). Длина ввинчиваемого конца l_1 выбирается в зависимости от материала детали, в которую заворачивают шпильку (см. § 19.12). Длина гаечного конца $l_0 = 2d + 6$ мм.

Длину шпильки рассчитывают по формуле (рис. 305, д)

$$l = H_2 + S_{ш} + H + a + c,$$

где H_2 — толщина скрепляемой детали;

$S_{ш}$ — толщина шайбы;

H — высота гайки;

a — запас резьбы на выходе из гайки; $a = 0,2d$;

c — высота фаски на конце шпильки; $c = 0,15d$.

Подставляя эти значения в формулу, получаем

$$l = H_2 + 0,15d + 0,8d + 0,2d + 0,15d = H_2 + 1,3d.$$

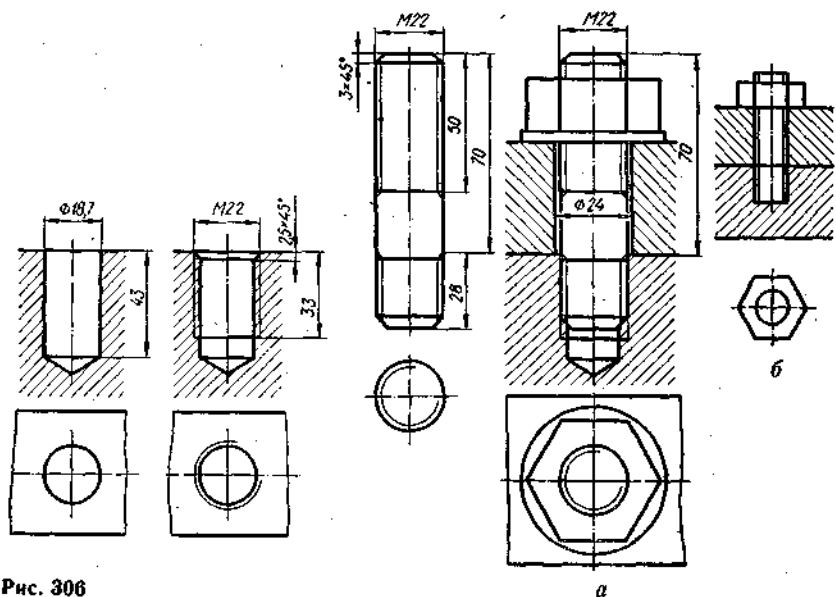


Рис. 306

Расчетную длину шпильки сопоставляют с рядом длин, предусмотренных стандартами на шпильки (см. табл. 14), и принимают ближайшее стандартное значение.

На рис. 306, а дан пример выполнения чертежа шпилечного соединения в учебном задании. Некоторые особенности выполнения шпилечного соединения:

1) линия раздела скрепляемых деталей должна совпадать со сбегом резьбы ввинчиваемого резьбового конца шпильки;

2) гнездо под шпильку оканчивается конусом с углом 120° . Этот конус носит технологический характер и получается от сверла;

3) нарезать резьбу до конца гнезда практически невозможно и поэтому, кроме сбега резьбы, равного $2P$, остается недорез, принимаемый равным $4P$. На сборочных чертежах допускается изображать резьбу до конца гнезда;

4) на чертеже шпилечного соединения указывают три размера: диаметр резьбы, длину шпильки и диаметр отверстия в скрепляемой детали;

5) штриховку в разрезе доводят до сплошной основной линии резьбы на шпильке и в гнезде;

6) на сборочных чертежах рекомендуется упрощенное изображение шпилечного соединения по ГОСТ 2.315—68 (рис. 306, б).

21.4. Соединение винтами

Винты, как и другие крепежные детали, можно вычерчивать по стандартным размерам или по относительным, определяя все элементы в зависимости от диаметра резьбы d (рис. 307).

Винтовое соединение (рис. 308) состоит из винта 3 и деталей 1 и 2. В детали 1 просверливают гнездо (рис. 308, а), в котором нарезают резьбу (рис. 308, б). В присоединяемой детали 2 просверливают отверстие диаметром $1,1d$ (рис. 308, в). Винт свободно входит в отверстие детали 2 и ввинчивается в деталь 1 (рис. 308, г). Коническая головка винта, называемая потайной, не должна выступать над поверхностью детали.

Некоторые условности изображения винтового соединения:

1) линия раздела скрепляемых деталей на чертеже должна быть ниже границы резьбы винта примерно на $3P$ (рис. 308, г);

2) шлиц в головке для отвертки располагают на видах спереди и слева перпендикулярно к фронтальной и профильной плоскостям проекций, а на виде сверху — условно под углом 45° ;

3) если диаметр головки винта на чертеже меньше 12 мм, то шлиц рекомендуется изображать одной утолщенной линией;

4) диаметр просверленного под винт гнезда принимают равным $0,85d$, а длину гнезда рассчитывают по формуле $[(2d + 6) + 3P]$ мм, где P — шаг резьбы (величина $3P$ получается потому, что винт недо- ввинчивают в гнездо на эту величину);

5) на рабочих чертежах граница резьбы в гнезде должна отстоять от основания гнезда на $4P$, на сборочных чертежах гнездо условно

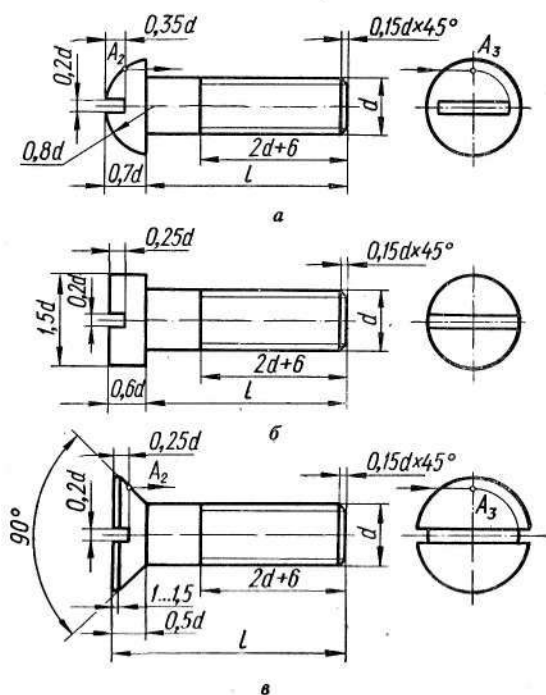


Рис. 307

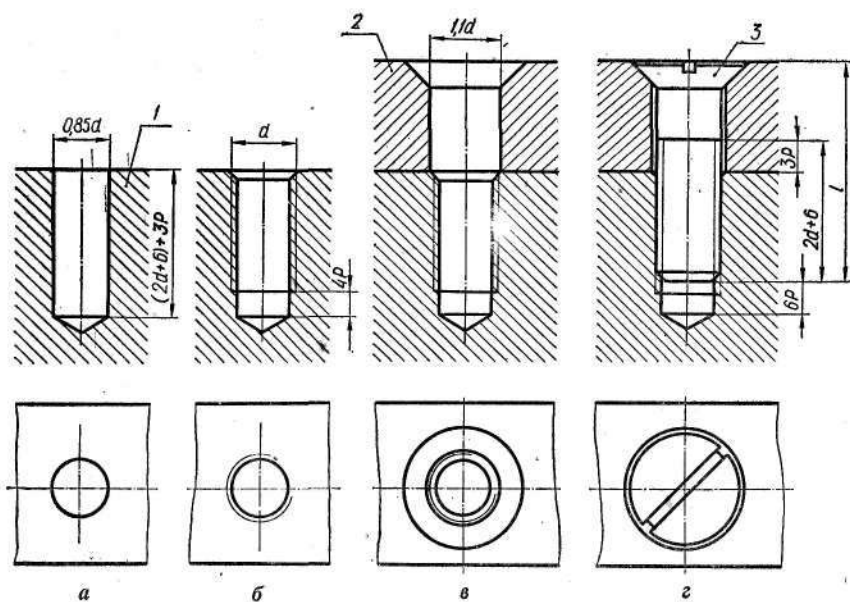


Рис. 308

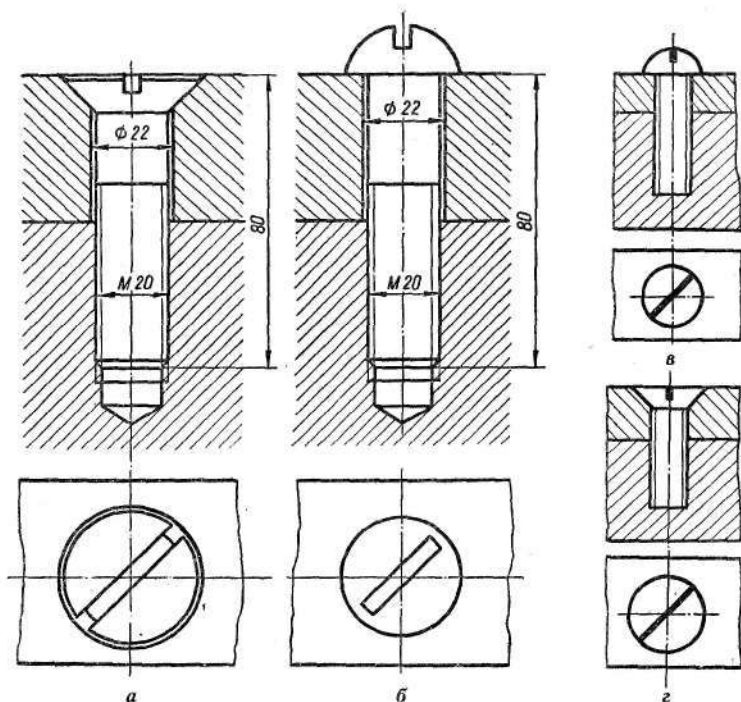


Рис. 309

показывают парезанным на всю глубину (хотя практически это невыполнимо);

б) для головки потайного винта раззенковывают конус под углом 120° . Высота конуса должна позволить полностью «утопить» головку винта.

На рис. 309, а, б приведены сборочные чертежи соединений винтами с потайной и полукруглой головками, рекомендуемые для выполнения в учебных целях. На чертежах указывают три размера: диаметр резьбы, длину винта и диаметр отверстия в детали для прохода винта.

На сборочных чертежах рекомендуется выполнять упрощенное изображение винтового соединения по ГОСТ 2.315—68 (рис. 309, в, г).

21.5. Трубное соединение

Трубные соединения широко распространены в системах отопления, вентиляции, газификации, водоснабжения, смазки машин и др. Соединения трубопроводов делят на разъемные и неразъемные. К числу разъемных относятся соединения резьбовые, фланцевые и раструбные, а к числу неразъемных — сварные и паяные.

В резьбовых соединениях трубы соединяют при помощи соединительных частей (муфт, тройников, угольников и пр.).

Трубы. В системах водо- и газоснабжения применяют стальные неоцинкованные (черные) или оцинкованные трубы по ГОСТ 3262—75.

Таблица 20

Выборочные размеры стальных водо- и газопроводных труб (ГОСТ 3262—75), мм

$D_y \approx d_B$	d_H	S трубы		d	Число витков на 1"	l	
		обыкновенной	усиленной			длинная	короткая
20	26,8	2,8	3,2	26,442	14	16	10,5
25	33,5	3,2	4,0	33,250	11	18	11,0
32	42,3	3,2	4,0	41,912	11	20	13,0
40	48,0	3,5	4,0	47,805	11	22	15,0
50	60,0	3,5	4,5	59,616	11	24	17,0

В зависимости от толщины стенок различают трубы обыкновенные, усиленные и облегченные. На концах труб нарезают трубную цилиндрическую (ГОСТ 6357—73) резьбу.

Задают трубы величиной D_y условного прохода, который приблизительно равен внутреннему диаметру трубы. По величине D_y , пользуясь справочником, определяют размеры трубы и соединительных частей. Изготавливают трубы из стали марок Ст0, Ст1 (ГОСТ 380—71) и др.

В условном обозначении труб указывают: а) слово «Труба»; б) букву «Ц» для оцинкованных труб; в) букву «Р», если труба имеет резьбу; г) условный проход, мм; д) толщину стенки, мм; е) длину трубы, мм, если труба мерной длины. Для труб с длинной резьбой после слова «Труба» пишут букву «Д». Пример условного обозначения оцинкованной трубы с условным проходом 20 мм, толщиной стенки 2,8 мм, длиной 4000 мм, с короткой резьбой: «Труба Ц — Р — 20 × 2,8 — 4000

Таблица 21

Выборочные размеры соединительных частей (ГОСТ 8954—75, 8946—75, 8948—75 и 8961—75), мм

D_y	d	d_n	d_1	L_1
20	Труб. 3/4"	26,442	24,119	13,5
25	» 1"	33,250	30,293	15,0
32	» 1 1/4"	41,912	38,954	17,0
40	» 1 1/2"	47,805	44,847	19,0
50	» 2"	59,616	56,695	21,0

D_y	D	D_1	D_2	S	b	b_1	b_2	h	L	L_1	H	a
20	33,0	41,6	33	3,0	4,0	2,0	4,0	2,5	33	31	9	2,0
25	40,7	53,1	43	3,3	4,0	2,5	4,5	2,5	38	35	10	2,5
32	49,8	63,5	52	3,6	4,0	2,5	5,0	3,0	45	39	11	3,0
40	56,4	69,3	56	4,0	4,0	3,0	5,0	3,0	50	43	12	3,5
50	69,5	86,5	70	4,5	5,0	3,0	6,0	3,5	58	47	13	4,0

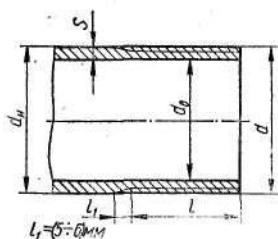


Рис. 310

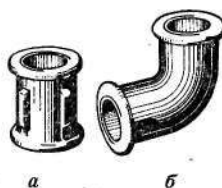


Рис. 311

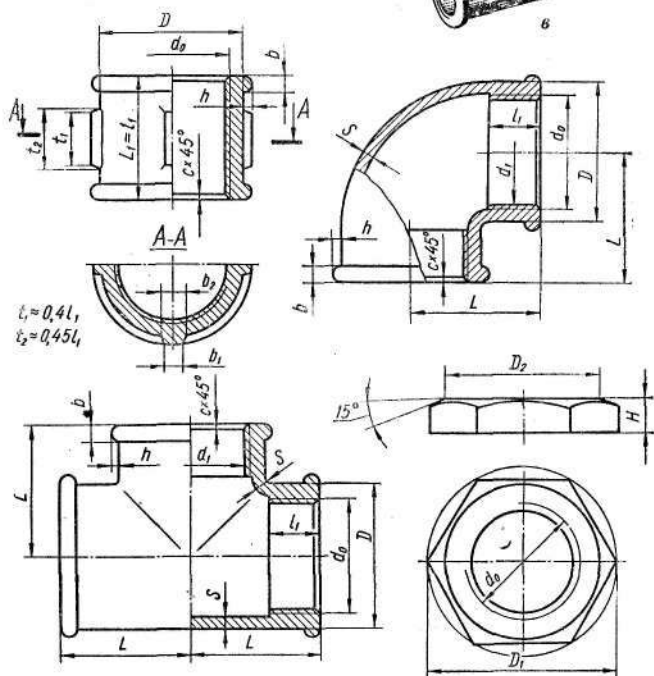
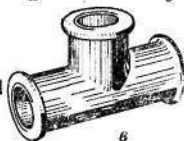


Рис. 312

ГОСТ 3262—75». То же без покрытия, без резьбы, немерной длины: «Труба 20 × 2,8 ГОСТ 3262—75». На рис. 310 и в табл. 20 приведены выборочные размеры труб по ГОСТ 3262—75.

Соединительные части — это прямые (рис. 311, а; 312) и переходные муфты, угольники (рис. 311, б; 312), тройники (рис. 311, в; 312), колпаки, контргайки (рис. 312) и др. На рис. 312 и в табл. 21 даны конструктивные чертежи и приведены выборочные размеры для прямой короткой муфты (ГОСТ 8954—75), угольника (ГОСТ 8946—75), тройника (ГОСТ 8948—75) и контргайки (ГОСТ 8961—75).

Соединительные части изготовляют из ковкого чугуна марок КЧ 30-6, КЧ 35-10 и др. по ГОСТ 1215—59. В условном обозначении соединительных частей указывают: 1) наименование детали; 2) знак покрытия (буква «Ц» для оцинкованных деталей); 3) диаметр условного

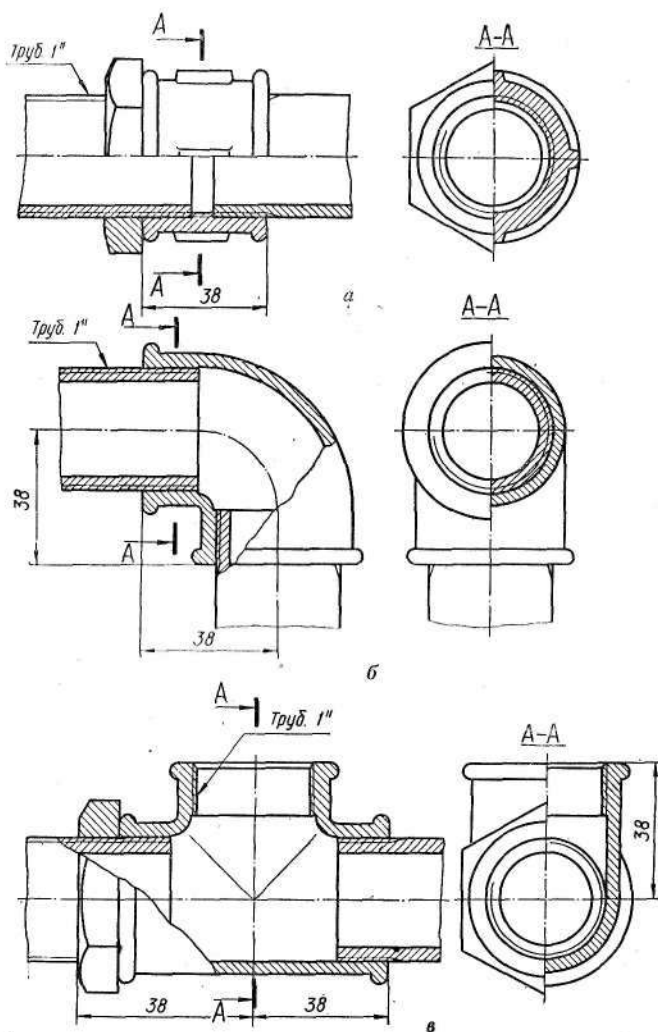


Рис. 313

прохода, мм; 4) номер стандарта. Например: «Муфта короткая 40 ГОСТ 8954—75»; «угольник Ц — 40 ГОСТ 8946—75» и т. д.

Чертежи трубных соединений. На рис. 313 приведены чертежи трубных соединений, выполненные короткой муфтой (рис. 313, а), угольником (рис. 313, б) и тройником (рис. 313, в). Соединения выполнены в двух изображениях: главное изображение представляет совмещение части вида с частью простого фронтального разреза, а второе изображение — сочетание половины вида слева с простым профильным разрезом. Перед тем как приступить к вычерчиванию трубного соединения, необходимо по значению условного прохода подобрать по таблицам размеры трубы и соединительных частей.

Обратите внимание на некоторые особенности выполнения задания:

1) для полностью завинченной трубы за торец соединительной части выходит только сбеги резьбы (на чертежах он изображен тонкой наклонной линией);

2) чтобы можно было демонтировать трубное соединение, например при ремонтных работах, на конце одной из труб нарезают более длинную резьбу-сгон (рис. 313, а). Длину сгона берут из такого расчета, чтобы можно было свинтить контргайку, муфту и еще остался бы запас резьбы (5...7) мм;

3) трубное соединение выполняют как конструктивный чертеж, без упрощений, т. е. вычерчивают все элементы деталей — буртики, фаски, ребра и т. п.

21.6. Шпоночные соединения

Шпонки применяют для разъемного соединения деталей при передаче вращающего момента и осевой силы. Шпоночное соединение состоит из колеса, вала и шпонки. В специальную канавку-паз, выполненную на валу (рис. 314, а), вставляют шпонку и насаживают на вал колесо (рис. 314, б) так, чтобы паз ступицы колеса попал на выступающую часть шпонки (рис. 314, в).

Стандартами предусмотрены напряженные и ненапряженные шпоночные соединения. В *напряженных* соединениях, которые способны передавать вращающий момент и осевую силу, шпонки имеют вид клина; *ненапряженные* соединения, выполняемые при помощи призматических и сегментных шпонок, передают только крутящий момент.

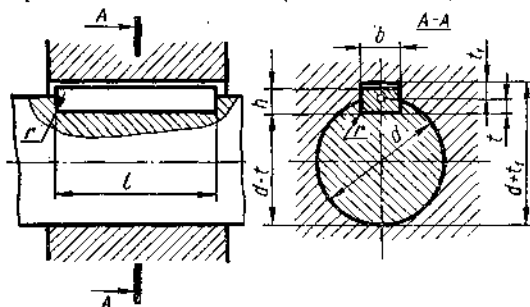
Шпонка — соединительная деталь, предназначенная для передачи вращающего момента между валом и насаженным на него колесом и обеспечивающая их одновременное вращение.

Размеры конструкции шпонок стандартизованы. По конструкции шпонки разделяют на призматические (рис. 315, а), клиновые (рис. 315, б) и сегментные (рис. 315, в). Призматические шпонки бывают обыкновенные (ГОСТ 8789—68) и направляющие (ГОСТ 8790—68). Последние крепят винтами к валу или ступице колеса и применяют в тех случаях, когда колесо перемещается вдоль оси вала. Клиновые шпонки выполняют с головкой (ГОСТ 8793—68) или без нее (рис. 315, б; ГОСТ 8792—68).

По форме торцов шпонки бывают трех исполнений: исполнение 1 — закругленные торцы; исполнение 2 — один торец закругленный, другой — плоский; исполнение 3 — оба торца плоские. В поперечном сечении все шпонки имеют прямоугольную форму с небольшими фасками или скруглениями на боковых ребрах. Рабочими элементами призматических и сегментных шпонок служат боковые грани, а клиновых — верхняя и нижняя широкие грани, одна из которых имеет уклон 1 : 100.

Изготавливают шпонки из специальной чистотянутой шпоночной стали (ГОСТ 8786—68 и 8787—68), сечение которой представляет собой прямоугольник или сегмент с фасками на ребрах, либо из других

Размеры шпонок призматических и пазов (ГОСТ 8788—68, 8789—68); мм



d	$b \times h$	l	t_1	t	τ_{\min}	τ_{\max}
От 17 до 22	6×6	3,5	2,8	14—70	0,16	0,25
Св. 22 до 30	8×7	4,0	3,3	18—90		
Св. 30 до 38	10×8	5,0		22—110	0,25	0,4
Св. 38 до 44	12×8			28—140		
Св. 44 до 50	14×9	5,5		3,8		
Св. 50 до 58	16×10	6,0	4,3	45—180		
Св. 58 до 65	18×11	7,0	4,4	50—200		
Св. 65 до 75	20×12	7,5	4,9	56—220	0,4	0,5
Св. 75 до 85	22×14	9,0	5,4	63—250		

Примечание. Длину l шпонки выбирают из ряда ... 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; ...

Чтобы выполнить чертеж шпоночного соединения, достаточно знать диаметр d вала и длину L ступицы колеса. По диаметру из таблиц соответствующего стандарта определяют размеры шпонки, глубины t и t_1 и другие данные (табл. 22). Длина шпонки принимается равной длине ступицы L для клиновой и на (5...6) мм меньше для призматической шпонки. На рис. 316, а изображено соединение клиновой шпонкой, на рис. 316, б — призматической, а на рис. 316, в — сегментной. Шероховатость поверхностей пазов для соответствующих соединений показана на рис. 317, а—в. Чистотянутая шпоночная сталь уже имеет необходимую шероховатость поверхности и изготовленные из нее шпонки дополнительной обработки не требуют.

В табл. 23 приведены обозначения посадок для призматических и сегментных шпонок по ГОСТ 7227—58, а на рис. 318 дан пример

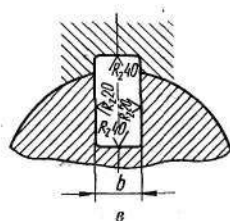
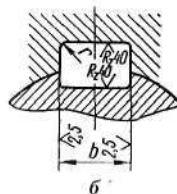
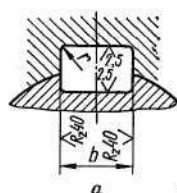
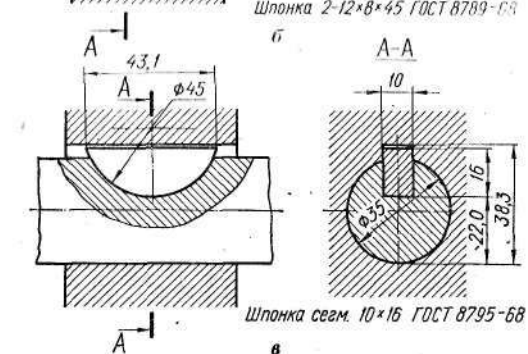
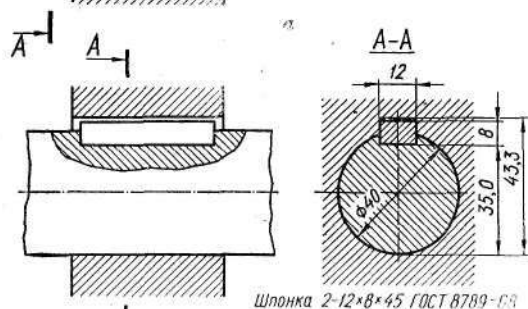
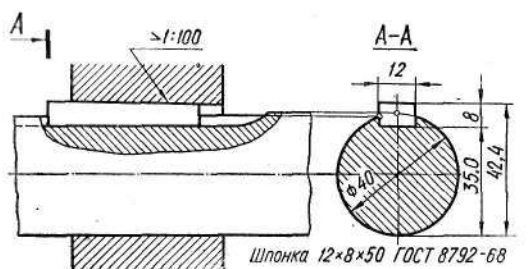


Рис. 316

Рис. 317

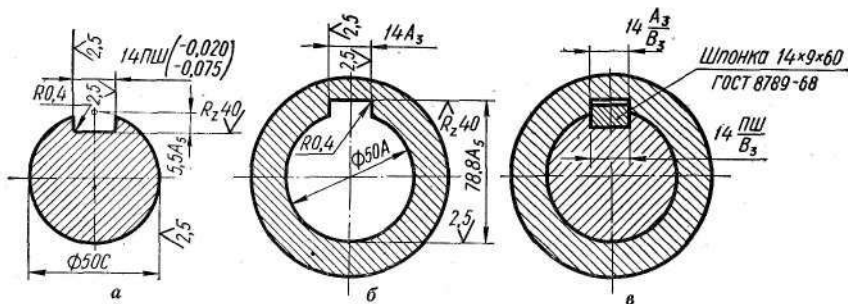


Рис. 318

Посадки для призматических и сегментных шпонок (ГОСТ 7227—58)

Посадка в пазу вала	Предельные отклонения		Посадка в пазу втулки	Предельные отклонения паза втулки	Назначение
	шпонки	паза вала			
Напряженная	B_3	ПШ	Скользкая	A_3	Индивидуальное и серийное производство
Плотная	X_3		Ходовая	ПШ ₁	Массовое производство
				A_3	Направляющие шпонки

Таблица 24

Предельные отклонения размеров b шпоночных пазов (ГОСТ 7227—58), мкм

Номинальная ширина шпонки и паза b мм	Вал (ПШ)		Втулка (ПШ ₁)	
	Верхнее	Нижнее	Верхнее	Нижнее
Св. 6 до 10	—15	—65	+75	+20
Св. 10 до 18	—20	—75	+85	+25
Св. 18 до 30	—25	—90	+100	+30
Св. 30 до 50	—32	—105	+120	+35

нанесения размеров с допусками для шпоночных пазов на валу, в ступице колеса и в соединении призматической шпонкой. Предельные отклонения размеров шпоночных пазов приведены в табл. 24.

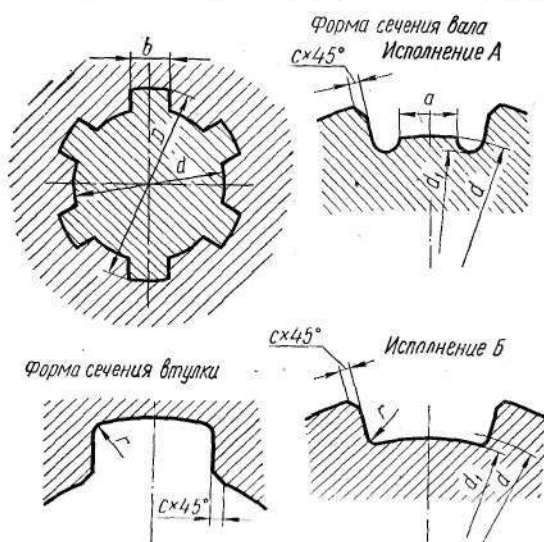
21.7. Шлицевые соединения

Шлицевое соединение можно рассматривать как «многошпоночное» соединение, в котором шпонки выполнены заодно с валом и расположены параллельно его оси.

Наиболее распространены шлицевые соединения с прямобочной, эвольвентной и треугольной формами зубьев (шлицев).

Для прямобочных шлицевых соединений (рис. 319, а) ГОСТ 1139—58 предусматривает три серии — легкую, среднюю и тяжелую, отличающиеся высотой зубьев и их количеством. На вершинах зубьев выполняют фаски (рис. 319, в) или скругления (рис. 319, б, г), а на углах впадин — канавки (исполнение А — рис. 319, г) или скругления

Размеры шлицевых соединений средней серии (ГОСТ 1139—58), мм



$z \times d \times D$	b	d_1 (не менее)	a (не менее)	c	r (не более)
$6 \times 18 \times 22$	5	16,7	—	0,3	0,2
$6 \times 21 \times 25$		19,5	1,95		
$6 \times 23 \times 28$	6	21,3	1,34	0,4	0,3
$6 \times 26 \times 32$		23,4	1,65		
$8 \times 32 \times 38$		29,9	—		
$8 \times 36 \times 42$	7	33,5	1,02	0,5	0,5
$8 \times 42 \times 48$	8	39,5	2,57		
$8 \times 46 \times 54$	9	42,7	—	0,5	0,5
$8 \times 52 \times 60$	10	48,7	2,44		

(исполнение Б — рис. 319, б, в). Характер исполнения (А или Б) зависит от способа центрирования втулки относительно вала.

Центрируют прямобочные шлицевые соединения тремя способами: по наружному диаметру D (рис. 319, в), внутреннему диаметру d (рис. 319, г) и по боковым граням b зубьев (рис. 319, б). Наиболее удобно в изготовлении, экономично и распространено центрирование по

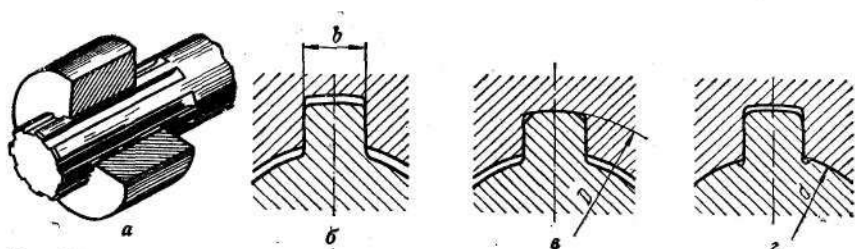


Рис. 319

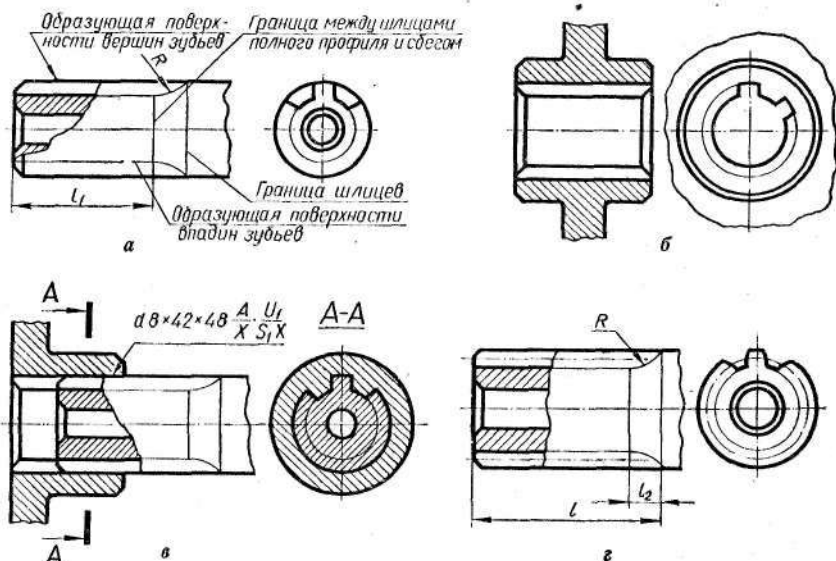


Рис. 320

наружному диаметру D . В табл. 25 как пример приведены размеры шлицевых соединений средней серии.

Эвольвентные шлицевые соединения выполняют с числом зубьев $z' = 11 \div 50$ и модулем (1...10) мм. Профиль зубьев ограничен окружностями вершин и впадин и эвольвентами по боковым поверхностям. Центрируют эвольвентные соединения по наружному диаметру D и боковым граням S зубьев.

На чертежах шлицевые соединения и их элементы изображают условно по ГОСТ 2.409—74:

1. Окружности и образующие поверхностей вершины зубьев на валу и в отверстии изображают сплошной линией, а впадин — сплошной тонкой линией (рис. 320, а, б). Тонкая линия должна пересекать границу фаски (рис. 320, а).

2. В продольном разрезе сплошной основной линией изображают образующие поверхностей как вершин, так и впадин (рис. 320, а, б). В поперечном разрезе окружность впадин вычерчивается тонкой линией (рис. 320, в).

Рекомендуемые сочетания полей допусков для шлицевых соединений

Центрирование по	Обозначение поля допуска			
	отверстия	вала		
d, D	A	П	X	Л, X
b	U_1, U_3	S_1 П	$S_1 X$	$S_2 X$

3. Границу между шлицевой и нешлицевой поверхностями детали, а также между шлицами полного профиля и сбегом изображают сплошной тонкой линией (рис. 320, а).

4. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси шлицевого вала или отверстия, изображают профиль одного зуба (выступа) и двух впадин без фасок, канавок и закруглений (рис. 320, а, б). На этих изображениях не показывают также фаски на конце шлицевого вала или отверстия.

5. При изображении шлицевого соединения показывают только ту часть поверхности вершин отверстия, которая не закрыта валом, причем радиальный зазор между вершинами и впадинами не показывают (рис. 320, в).

6. На чертежах деталей с эвольвентными шлицами, кроме перечисленного, наносят образующие и окружности делительной поверхности тонкой штрих-пунктирной линией (рис. 320, г).

7. На чертежах шлицевых валов показывают длину l_1 зубьев полного профиля — до сбega (рис. 320, а). Допускается показывать еще и полную длину l зубьев, длину l_2 сбega или наибольший радиус R_{\max} инструмента (рис. 320, г).

8. Условное обозначение шлицевых деталей и соединения записывают на чертеже в технических требованиях или на полке линии-выноски (рис. 320, в). В условном обозначении деталей или соединения для прямобоочного профиля записывают: а) обозначение поверхности центрирования (D, d или b); б) значения номинальных параметров детали или соединения ($z \times d \times D$); в) обозначение полей допусков по центрирующему диаметру d или D и боковым граням b зубьев. Рекомендуемые сочетания полей допусков при центрировании по D или d приведены в табл. 26.

Пример условных обозначений для деталей прямобоочного шлицевого соединения:

Исходные данные: центрирование по d , $z = 8$; $d = 42$ мм; $D = 48$ мм; допуск вала по центрирующему диаметру d — X, по боковым граням зубьев — $S_1 X$; допуск отверстия по центрирующему диаметру d — A, по боковым граням зубьев — U_1 .

Обозначение вала: $d8 \times 42 \times 48X \cdot S_1 X$.

Обозначение отверстия: $d8 \times 42 \times 48A \cdot U_1$.

Обозначение соединения: $d8 \times 42 \times 48 \frac{A}{X} \cdot \frac{U_1}{S_1 X}$.

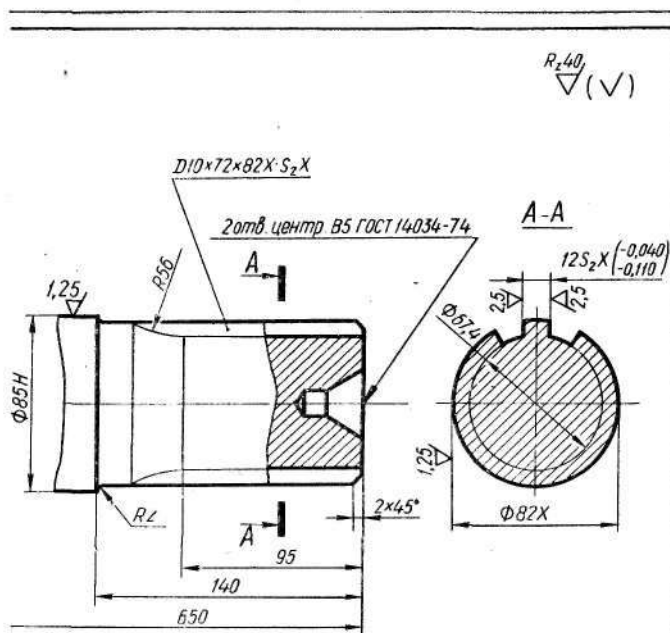


Рис. 321

Пример оформления рабочего чертежа вала с шлицами прямобочного профиля показан на рис. 321.

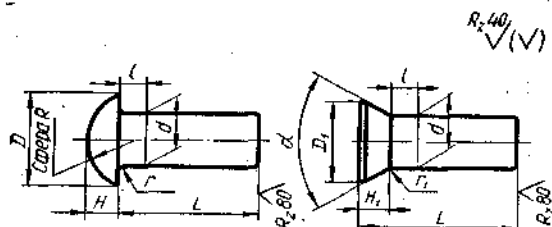
21.8. Заклепочные соединения

Заклепочные соединения применяют в конструкциях, работающих под действием ударных и вибрационных нагрузок, в соединениях деталей из металла, плохо поддающихся сварке, в соединениях металлических изделий с неметаллическими (например, с кожей, пластиком), в тонколистовых конструкциях из легких сплавов и др. Заклепочные соединения все более уступают место сварным, паяным и клееным.

Заклепка — стержень круглого поперечного сечения с головкой на конце. Наиболее распространены заклепки с полукруглой (рис. 322, а), потайной (рис. 322, б) и полупотайной (рис. 322, в) головками. Размеры заклепок для рабочих чертежей берут из соответствующих стандартов (табл. 27), а для сборочных чертежей рассчитывают по условным соотношениям в зависимости от диаметра стержня d (рис. 322).

В условном обозначении заклепок указывают: а) слово «Заклепка»; б) диаметр d стержня, мм; в) длину L заклепки, мм; г) условное обозначение материала (табл. 28); д) условное обозначение покрытия (табл. 28); е) номер размерного стандарта. Подгруппу материала 00 и покрытие 00 (без покрытия) не указывают.

Размеры заклепок нормальной точности с полукруглой (ГОСТ 10299—68) и потайной (ГОСТ 10300—68) головками; мм



<i>d</i>	6	8	10	12	14	16	18	20
<i>D</i>	11	14	16	19	22	25	27	30
<i>D</i> ₁	10,3	13,9	17	20	24			
<i>H</i>	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,5	11	12
<i>H</i> ₁	2,4	3,2	4,8	5,6	6,8	7,2	8	9
<i>R</i>	6	7,5	8,3	9,8	11,4	13	13,8	15,4
<i>α</i> °	90		75			60		
<i>r</i>	0,5		0,6	0,8		1,0		
<i>r</i> ₁	0,25		0,3	0,4		0,5		
<i>l</i>	4		6				8	9

Примечание. Ряд длин *L*: 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50 мм...

Примеры условного обозначения:

«Заклепка 8 × 20 ГОСТ 10299—68» — заклепка с полукруглой головкой диаметром 8 мм, длиной 20 мм, из стали Ст2, без покрытия. «Заклепка 8 × 20.38.М3.116 ГОСТ 10300—68» — заклепка с потайной головкой диаметром 8 мм, длиной 20 мм, из меди М3, с окисно-фосфатным покрытием (11) толщиной 6 мкм.

Заклепочный шов — это неразъемное соединение деталей с помощью заклепок, размещаемых рядами, в определенном порядке.

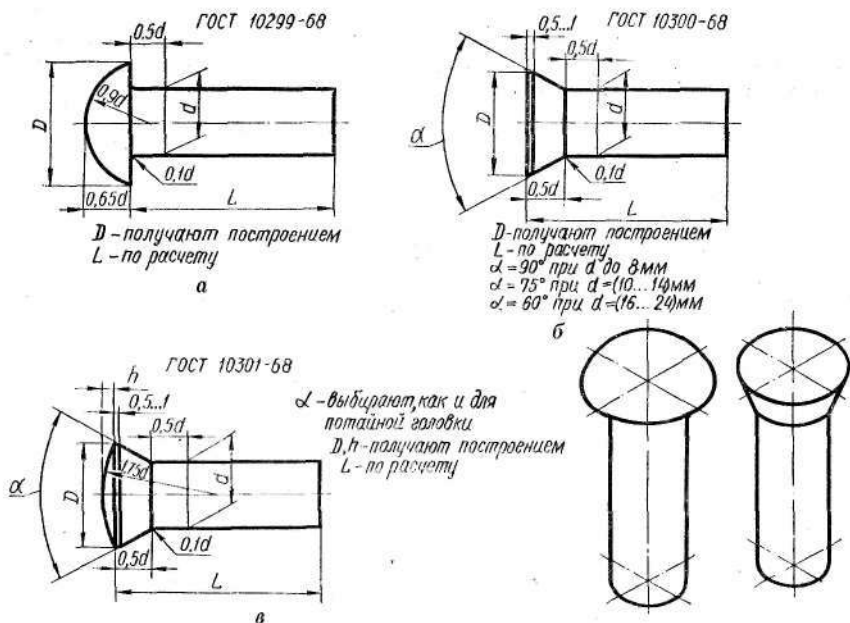


Рис. 322

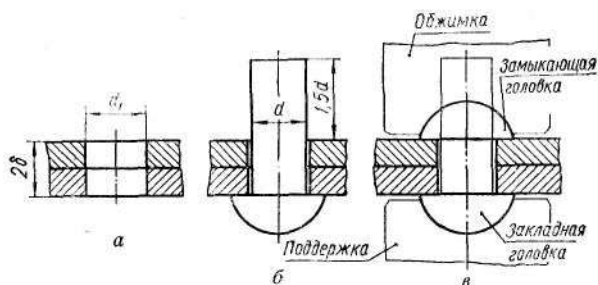


Рис. 323

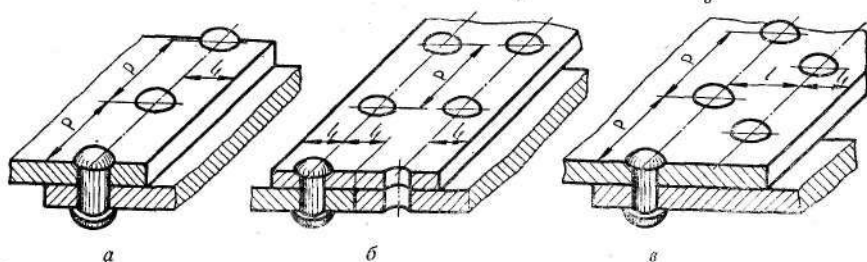


Рис. 324

В соединяемых листах выполняют сквозные отверстия (рис. 323, а), вставляют в них заклепки (рис. 323, б) и, поддерживая закладную головку поддержкой, расклепывают выступающую часть стержня до образования замыкающей головки (рис. 323, в). Расклепывание производят с помощью пневматических молотков или на специальных прессах. Для повышения пластичности материала заклепок можно их

Материалы и покрытия заклепок нормальной точности

Материал		Покрытие	
Марка материала	Условное обозначение	Вид покрытия	Условное обозначение
Ст2	00	Без покрытия	00
Сталь 10	01	Цинковое с хромированием	01
Сталь 10кл		Кадмиевое с хромированием	02
Ст3	02	Окисное	05
		Фосфатное	06
Л63	32	Без покрытия	00
Медь М3	38	Окисно-фосфатное	11

предварительно разогревать. Холодная клепка применяется при диаметрах стержня до 12 мм.

Заклепочные швы делят по следующим признакам:

- а) по назначению — на прочные, плотные и прочно-плотные;
- б) по характеру взаимного расположения соединяемых деталей — на швы внахлестку (рис. 324, а, в) и в стык с одной (рис. 324, б) или двумя накладками;
- в) по количеству рядов заклепок — на однорядные (рис. 324, а), двухрядные (рис. 324, б, в) и многорядные;
- г) по расположению заклепок — на параллельные (рис. 324, б) и шахматные (рис. 324, в).

На рис. 325 приведены формулы, по которым в соответствии с нормами Котлонадзора рассчитывают прочно-плотные швы. В учебном задании задаются тип шва, толщина δ скрепляемых листов металла и тип заклепки. Последовательность выполнения задания такова:

1. По формулам, приведенным на рис. 325, рассчитывают диаметр заклепки. Найденное значение сравнивают со стандартным (см. табл. 27) и в расчет принимают ближайшее стандартное значение диаметра.
2. По выбранному значению d рассчитывают остальные параметры заклепочного шва: шаг P , расстояние l между рядами, расстояние l_1 от ряда до края листа и др. Найденные значения округляют до целых чисел.

3. Определяют размеры заклепки по стандарту (см. табл. 27) или по условным соотношениям (рис. 322). Длина L заклепки равна сумме

толщины соединяемых деталей плюс $\sim 1,5d$ (рис. 323, 325). Найденную длину уточняют по стандарту (см. табл. 27).

Вычерчивают заклепочный шов в двух изображениях: показывают полный фронтальный разрез на месте вида спереди и вид сверху. Пример выполнения учебного задания дан на рис. 325, г (без надписей под чертежом). По ГОСТ 2.313—68 размещение заклепок на чертежах условно указывают знаком «+» (рис. 326).

21.9. Сварные соединения

В современном машиностроении сварка служит основным способом получения неразъемных соединений. Она уменьшает трудоемкость изготовления изделий и приводит к экономии металла.

Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения твердых тел путем местного их нагревания до расплавленного или пластического состояния (без применения или с применением механических усилий).

Различают сварку плавлением и давлением. Основной вид сварки плавлением — электродуговая сварка плавящимся электродом. При этом способе для расплавления металла используется тепловая энергия электрической дуги с температурой $\sim 6000^\circ\text{C}$.

Различают три вида электродуговой сварки: ручную, полуавтоматическую и автоматическую. Ручную сварку применяют при изготовлении конструкций из малоуглеродистых, углеродистых и низколегированных сталей, а также для сварки цветных металлов и сплавов. В качестве электродов используют специальную электродную проволоку диаметром (1...12) мм с тонким или толстым флюсовым покрытием. Преимущественное применение имеют электроды марок Э42, Э42А, Э50, Э50А (ГОСТ 9467—75). При полуавтоматической сварке механизуют подачу электродной проволоки и флюса в зону дуги. При автоматической сварке под слоем флюса все операции, связанные с образованием шва, механизированы.

Разновидностями электродуговой сварки являются сварка в среде защитных газов, электрошлаковая сварка, образование электрозаклепочных швов и др. Разновидности контактной электросварки — точечная и роликовая сварка, рельефная сварка, стыковая сварка сопротивлением и оплавлением. Точечная сварка используется преимущественно для тонкостенных изделий. Роликовая сварка может быть непрерывной и прерывистой.

Сварным соединением называется совокупность изделий, соединенных сварным швом.

По способу взаимного расположения свариваемых изделий различают соединения стыковые, угловые, тавровые и внахлестку. В стыковом соединении (рис. 327, а) части изделий соединяются своими торцами; в угловом (рис. 327, б) они расположены под углом и соединяются по кромкам; в тавровом (рис. 327, в) торец одной части изделия соединяется с поверхностью другой части; в соединениях внахлестку (рис. 327, г) боковые поверхности соединяемых частей изделий частично перекрывают друг друга.

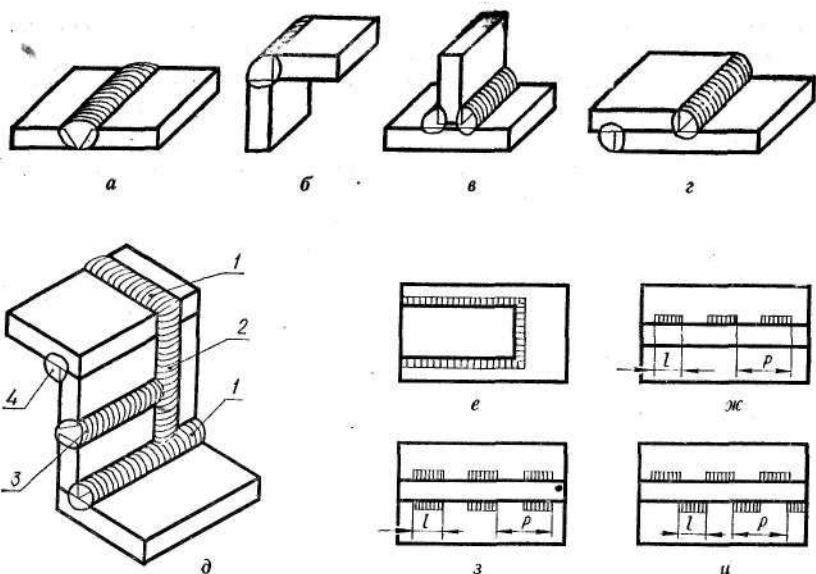


Рис. 327

Сварным швом называется затвердевший после расплавления металла, соединяющий свариваемые детали.

Сварные швы разделяют по следующим признакам: положению в пространстве, протяженности, внешней форме шва, числу проходов, форме подготовки кромок, характеру выполненного шва.

По положению в пространстве различают (ГОСТ 11969—66) нижние 1, горизонтальные 3, вертикальные 2, полупотолочные и потолочные 4 швы (рис. 327, д).

По протяженности швы могут быть непрерывными и прерывистыми. Непрерывный шов выполняют без разрывов по всей длине (рис. 327, е), а в прерывистой сварке производится отдельными участками (рис. 327, ж). Прерывистый шов состоит из одинаковых по длине заваренных участков с равными промежутками между ними. Если заваренные участки в параллельных рядах расположены один против другого, то такой шов называется цепным (рис. 327, з), если же участки чередуются, то шов называется шахматным (рис. 327, и). Длину заваренного участка обозначают l , а шаг между участками — P . Разновидностью прерывистого шва является шов точечный; его выполняют с круглыми или продолговатыми отверстиями.

По внешней форме сварные швы разделяются на выпуклые (рис. 328, а), плоские (рис. 328, б) и вогнутые (рис. 328, в). Буквами a и K обозначены расчетные катеты шва, q — высота усиления.

По числу проходов швы бывают однопроводные и многопроводные. Шов, изображенный на рис. 328, г, выполнен в три прохода сварочной дуги.

По форме подготовки кромок свариваемых частей различают швы без скоса кромок, с отбортовкой, прямолинейным, криволинейным или

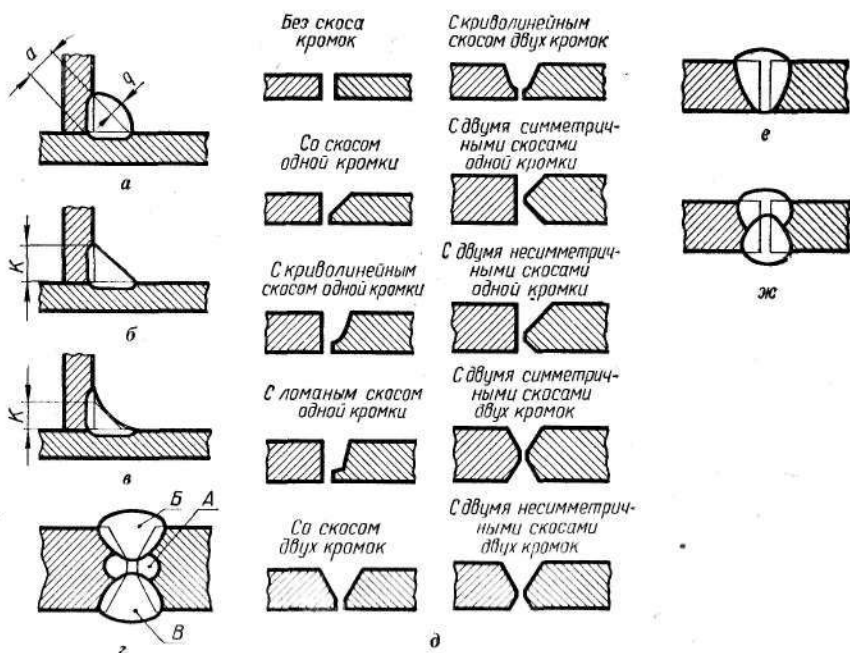


Рис. 328

ломаным скосом одной или двух кромок, двумя симметричными или несимметричными скосами одной или двух кромок (рис. 328, д) и др.

По характеру выполненного шва различают швы односторонние — односторонний провар (рис. 328, е) и двусторонние — провар с двух сторон (рис. 328, жс).





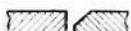



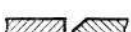













В табл. 29 приведены основные типы сварных швов, выполняемых ручной электродуговой сваркой (ГОСТ 5264—69), а в табл. 30 — соединений, выполняемых контактной электросваркой (ГОСТ 15878—70).




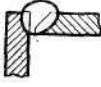

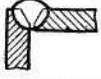

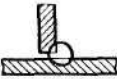
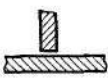
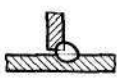





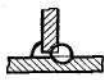

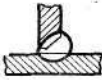


Условное изображение швов сварных соединений. По ГОСТ 2.312—72 швы сварных соединений условно изображают так: видимые — сплошной основной линией (рис. 329, а), невидимые — штриховой (рис. 329, б); видимую одиночную сварную точку — знаком «+», который выполняют сплошной основной линией (рис. 329, в, г); невидимые одиночные точки не изображают.

От изображения шва или одиночной точки проводят одностороннюю стрелку с линией-выноской, которая оканчивается горизонтальной полкой (рис. 329, а—в). Предпочтительно проводить линию-выноску от изображения видимого шва.

Различают лицевую и обратную стороны шва. Если стрелка линии-выноски упирается в лицевую сторону шва, то условное обозначение наносят над полкой, если в оборотную, — под полкой (рис. 329, д, е). За лицевую сторону одностороннего шва принимают сторону, с которой производят сварку (рис. 329, жс); за лицевую сторону двустороннего шва с несимметричными кромками принимают сторону, с которой

Основные типы сварных швов, выполняемых ручной электродуговой сваркой
(ГОСТ 5264—69)

Форма подготовлен- ных кромок	Характер выполнен- ного шва	Форма поперечного сечения		Пределы тол- щин свари- ваемых дета- лей, мм	Условное обозначение шва сварного соединения
		подготовленных кромок	выполненного шва		
Стыковые соединения					
Без скоса кромок	Односто- ронний			1—6	C2
Без скоса кромок	Двусто- ронний			2—8	C4
Со скосом одной кромки	Односто- ронний			4—26	C5
Со скосом одной кромки	Двусто- ронний			4—26	C8
С двумя симмет- ричными скосами одной кромки	Двусто- ронний			12—60	C11
Со скосом двух кромок	Односто- ронний			3—50	C15
Со скосом двух кромок	Двусто- ронний			3—50	C18
С двумя симмет- ричными скосами двух кромок	Двусто- ронний			12—60	C21
Угловые соединения					
Без скоса кромок	Односто- ронний, впритык			1—6	У2
Без скоса кромок	Двусто- ронний, впритык			2—8	У3
Без скоса кромок	Односто- ронний			1—30	У4

Форма подготовлен- ных кромок	Характер выполнен- ного шва	Форма поперечного сечения		Пределы тол- щин свариваемых дета- лей, мм	Условное обозначение шва сварного соединения
		подготовленных кромок	выполненного шва		
Без скоса кромок	Двусто- ронний			2—30	У5
Со скосом одной кромки	Односто- ронний			4—26	У6
Со скосом двух кромок	Односто- ронний			12—50	У9
Тавровые соединения					
Без скоса кромок	Односто- ронний			2—20	Т1
Без скоса кромок	Односто- ронний прерыви- стый			2—30	Т2
Без скоса кромок	Двусто- ронний			2—30	Т3
Без скоса кромок	Двусто- ронний шахмат- ный			2—30	Т4
Без скоса кромок	Двусто- ронний прерыви- стый			2—30	Т5
Со скосом одной кромки	Односто- ронний			4—26	Т6
С двумя симмет- ричными скосами одной кромки	Двусто- ронний			12—60	Т9






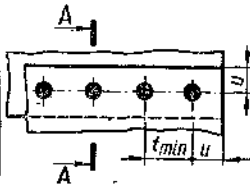
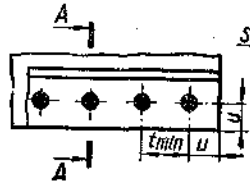
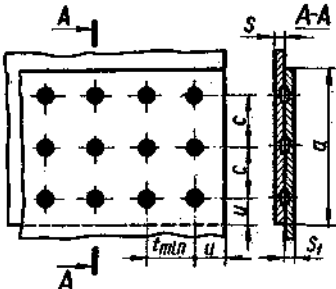
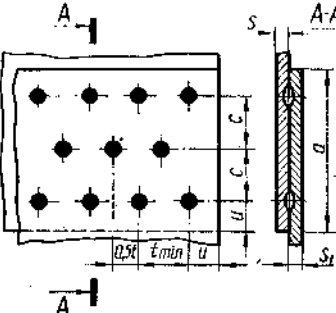
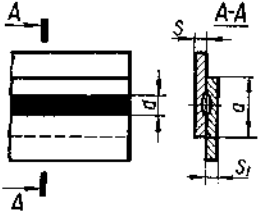
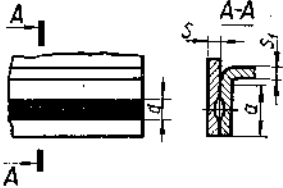

Форма подготовлен- ных кромок	Характер выполнен- ного шва	Форма поперечного сечения		Пределы тол- щин сварива- емых дета- лей, мм	Условное обозначение шва сварного соединения
		подготовленных кромок	выполненного шва		
Соединения внахлестку					
Без скоса кромок	Односто- ронний прерыви- стый			2—60	H1
Без скоса кромок	Двусто- ронний			2—60	H2
С удлиненным от- верстием	Односто- ронний с не- сплош- ной за- варкой			не менее 2	H3

Таблица 30

Основные типы сварных соединений, выполняемых контактной электросваркой (ГОСТ 15878—70)

Тип соединения	Тип шва	Вид сварного соединения	Обозначение способа сварки	Пределы толщин свариваемых деталей, мм	Условное обозначение сварного соединения
Внахлестку	Однорядный		Кт; Кв	От 0,3—0,3 до 6,0—6,0	H1
	Однорядный с отбортовкой		Кт; Кв	От 0,3—0,3 до 6,0—6,0	H2

Тип соединения	Тип шва	Вид сварного соединения	Обозначение способа сварки	Пределы толщины свариваемых деталей, мм	Условное обозначение сварного соединения
Внахлестку	Многорядный с цепным расположением точек		Кт; Кв	От 0,3—0,3 до 6,0—6,0	H4
	Многорядный с шахматным расположением точек		Кт; Кв	От 0,3—0,3 до 6,0—6,0	H5
	Однорядный		Кр	От 0,3—0,3 до 3,0—3,0	H6
	Однорядный с отбортовкой		Кр	От 0,3—0,3 до 3,0—3,0	H7
Стыковое			Ксс		С1

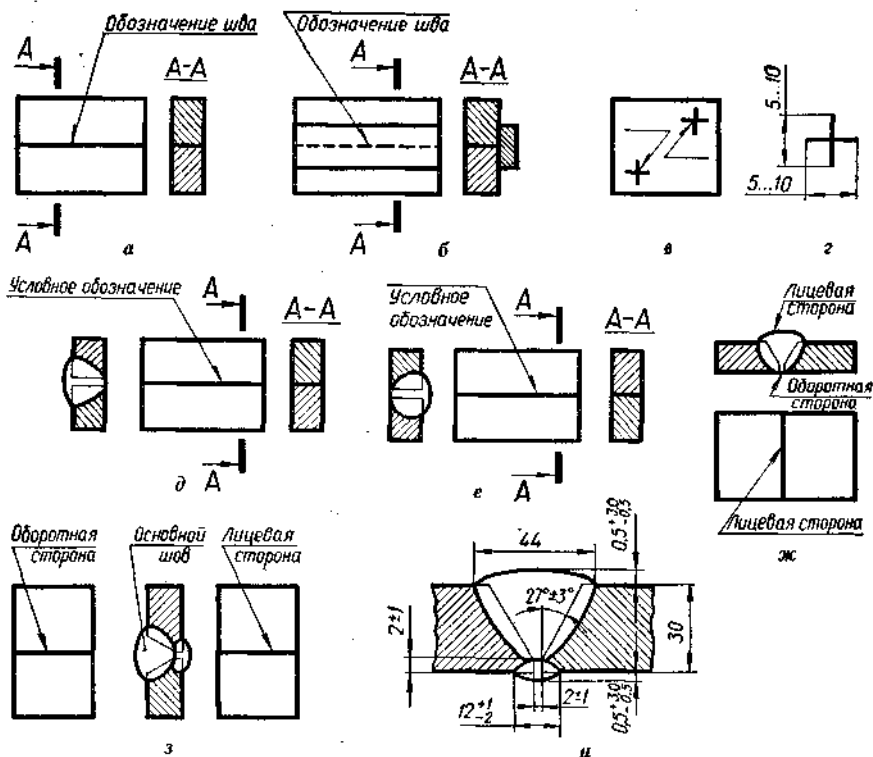


Рис. 329

производят сварку основного шва (рис. 329, а); за лицевую сторону двустороннего шва с симметричными кромками может быть принята любая сторона.

Конструктивные элементы сварных швов даны в стандартах на отдельные виды сварки. На чертежах конструктивные элементы изображают только для нестандартных швов. На рис. 329, и для примера дано конструктивное изображение стыкового двустороннего шва со скосом двух кромок (тип С18). Границы шва изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва — сплошными тонкими линиями.

Условное обозначение швов сварных соединений. На рис. 330 показана схема условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки. Рассмотрим более подробно элементы этой схемы:

I — указывают номер стандарта на типы швов и конструктивные элементы, по которым выполняют шов. Наиболее распространены следующие стандарты: ГОСТ 5264—69 — ручная электродуговая сварка; ГОСТ 8713—70 — автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом; ГОСТ 15878—70 — контактная электросварка; ГОСТ 15164—69 — электрошлаковая сварка; ГОСТ 14771—76 — электродуговая сварка в среде защитных газов; ГОСТ 14776—69 — электрозаклепочные швы и др.

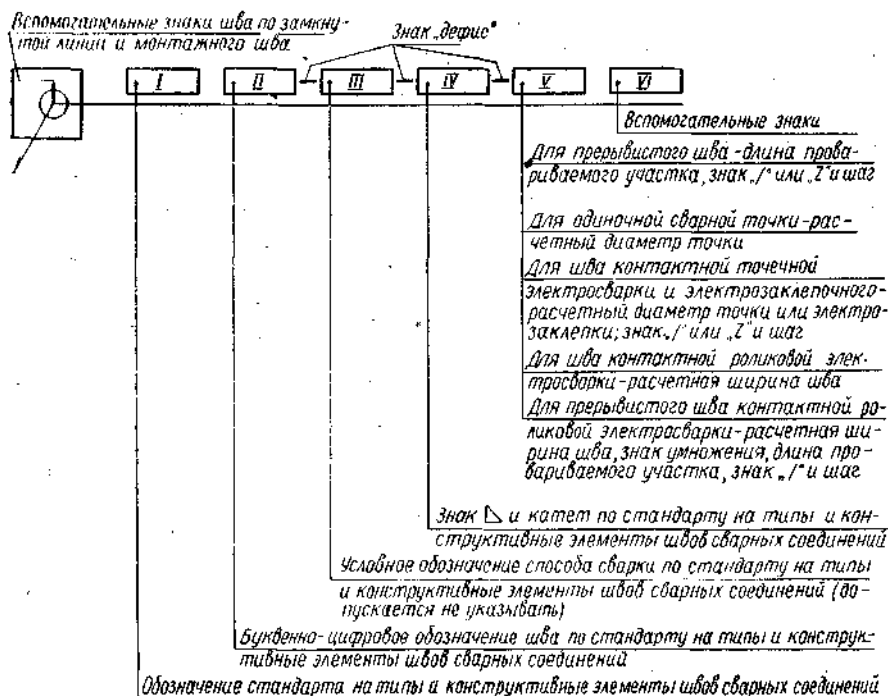


Рис. 330

II — приводят буквенно-цифровое обозначение шва, взятое из соответствующего стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений. Например, для ручной электродуговой сварки по ГОСТ 5264—69 стыковые соединения имеют обозначения С1...С25; угловые — У1...У10; ровные — Т1...Т11; соединения внахлестку — Н1...Н3 (см. табл. 29).

III — указывают условное обозначение способа сварки. Кроме ручной электродуговой, все виды сварки имеют, как правило, несколько способов исполнения. Эти способы приведены в стандартах на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений:

Кт* — контактная точечная; Кр — контактная роликовая (ГОСТ 15878—70); А — автоматическая сварка под слоем флюса; П — полуавтоматическая сварка под слоем флюса; Ар — автоматическая сварка с ручной подваркой (ГОСТ 8713—70); УП — сварка в углекислом газе плавящимся электродом (ГОСТ 14771—76); ШЭ — электрошлаковая сварка проволоочным электродом (ГОСТ 15164—69); НГП — сварка нагретым газом с присадкой (ГОСТ 16310—70) и др.

Стандарт допускает не указывать на чертеже способ сварки.

IV — знак « Δ » и катет указывают для угловых, тавровых швов и для соединений внахлестку, выполненных без подготовки кромок (для этих швов стандартами предусмотрено указание катета шва). Знак треугольника выполняют сплошными тонкими линиями высотой, равной высоте цифр, входящих в условное обозначение. Размер катета и

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов (ГОСТ 2.312-72)

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображенного шва	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
	Усиление шва снять		
	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
	Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением (угол наклона линии — 60°)		
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
	Шов по замкнутой линии (диаметр знака — 3...5 мм)		
	Шов по незамкнутой линии (знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа)		

курсе черчения в учебных целях можно принимать равным 1/2—2/3 толщины свариваемых деталей.

V — этот элемент условного обозначения относится только к прерывистым швам, одиночным сварным точкам, контактной точечной или роликовой электросварке и электрозаклепочным швам. В схеме перечислены те конструктивные элементы, которые в этих случаях вносят в условное обозначение.

VI — если необходимо, в начале и в конце условного обозначения проставляют вспомогательные знаки (табл. 31). Знаки «шов по замкнутой линии» и «шов выполнять при монтаже изделия» в обозначении располагают первыми — на пересечении линии-выноски и полки. Все остальные вспомогательные знаки проставляют в конце условного обозначения. Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят в конце обозначения (рис. 331, а, б). Допус-

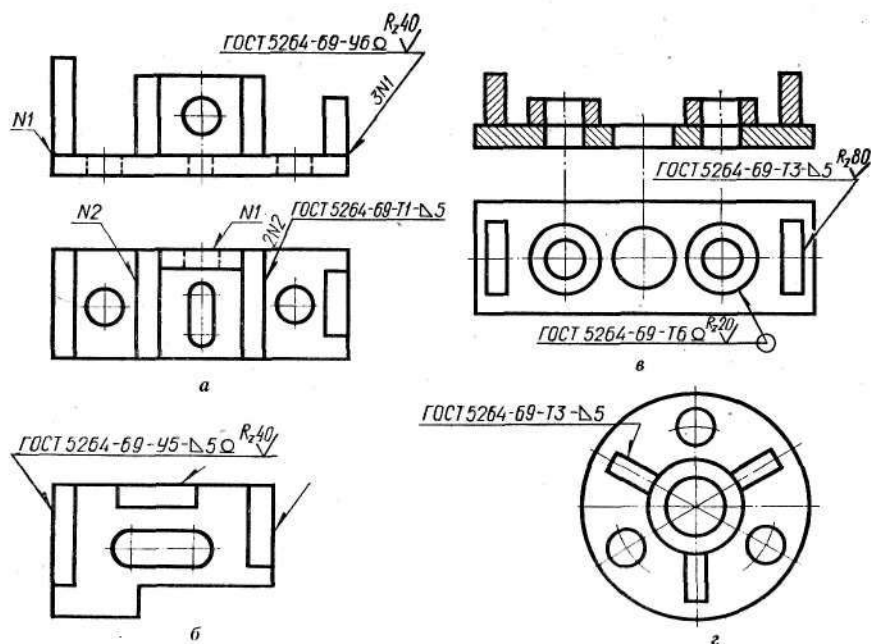


Рис. 331

кается значение шероховатости указывать в технических требованиях, например: «Шероховатость поверхностей сварных швов...». Вспомогательные знаки выполняют сплошными тонкими линиями высотой, равной высоте цифр, входящих в обозначение шва.

Сварочные материалы (при необходимости) указывают на чертеже в технических требованиях или в таблице швов.

Упрощения в обозначении сварных швов:

1. Если на чертеже имеется несколько одинаковых швов, то им присваивают один и тот же номер, проставляемый на полке линии-выноски вместо условного обозначения. Полное условное обозначение записывают только для одного из этих швов с указанием количества швов и их порядкового номера (рис. 331, а). Если же одинаковы все швы, то порядковый номер не присваивается, линии-выноски выполняются без полок, за исключением шва, на котором записывается условное обозначение (рис. 331, б).

2. Если все швы на чертеже выполнены по одному и тому же стандарту, то в условном обозначении каждого шва номер стандарта не проставляют, а в технических требованиях делают запись по типу: «Сварные швы по ГОСТ 5264—69».

3. На чертеже симметричного изделия (при наличии на изображении оси симметрии) допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей (рис. 331, в).

4. Если изделие имеет несколько одинаковых составных частей, привариваемых одинаковыми швами, допускается обозначать швы только у одной из изображенных одинаковых частей (рис. 331, г).

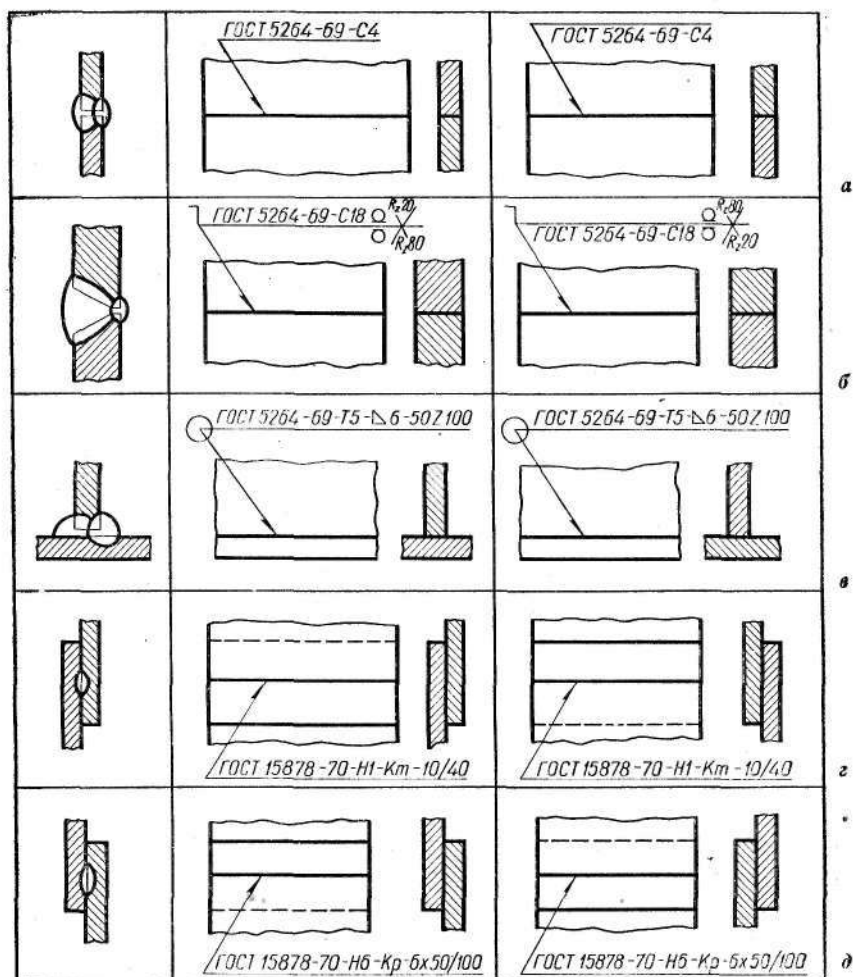
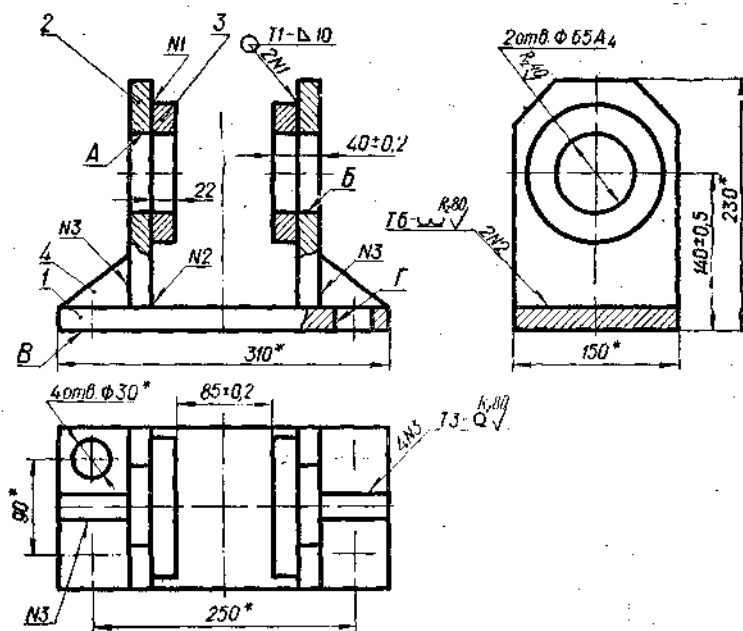


Рис. 332

5. Допускается вообще не отмечать на чертеже швы линиями-выпосками, а приводить указание о сварке записью в технических требованиях чертежа, если подобная запись однозначно определяет места и способы сварки, типы швов, их расположение и размеры конструктивных элементов, например: «Сварные швы по ГОСТ 5264—69—У5— Δ 4».

Примеры условных обозначений стандартных швов сварных соединений:

1. Шов стыкового соединения без скоса кромок, двусторонний, выполняемый ручной электродуговой сваркой (рис. 332, а).
2. Шов стыкового соединения со скосом двух кромок, двусторонний, выполняемый ручной электродуговой сваркой при монтаже изделия. Усиление шва снято с



1. Сварные швы по ГОСТ 5264-69
2. Электроды марки 350 ГОСТ 9467-75
3. Несоосность отв. А относительно отв. Б не более 0,1 мм
4. Покрытие, кроме поверхностей А, Б, В, Г, - ЭМ ХС-710, серый, III ХХ
- 5 * Размеры для справок

КМТЧ.211210.000 С6					Опора		
Сборочный чертеж					Лист	Масштаб	Масштаб
					1	1:4	1:4
					Лист 1	Листов 2	
					КМТ		
					Гр. АХП-19		

ной — R_z^{80} (рис. 332, б).

Катет шва — 6 мм; длина провариваемого участка — 50 мм; шаг — 100 мм (рис. 332, в).

4. Шов соединения внахлестку, прерывистый, выполняемый контактной точечной электросваркой, однорядный. Диаметр точки — 10 мм; шаг — 40 мм (рис. 332, г).

5. Шов соединения внахлестку, прерывистый, односторонний, выполняемый контактной роликовой электросваркой. Ширина роликового шва — 6 мм; длина провариваем (рис. 332, д).

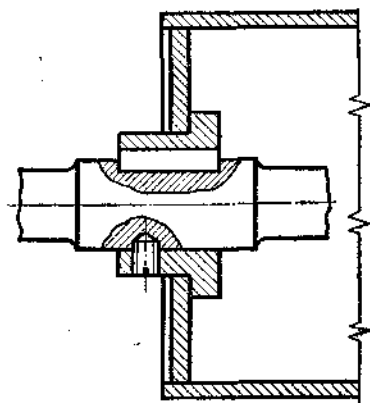


Рис. 333

Оформление сборочного чертежа сварного изделия аналогично оформлению сборочного чертежа разъемного соединения.

Изображая в разрезе или в сечении детали, входящие в сварную конструкцию, заштриховывают их в различные стороны по правилам штриховки металлических изделий. Если же сварную конструкцию

<u>Формат</u>	<u>Зона</u>	<u>Поз.</u>	<u>Обозначение</u>	<u>Наименование</u>	<u>кол.</u>	<u>Примечание</u>
				<u>Документация</u>		
И			KMT4.2H210.000 СБ	Справочный чертеж	1	
				<u>Детали</u>		
И	1		KMT4.2H210.001	Основание	1	
И	2		KMT4.2H210.002	Стойка	2	
БЧ	3		KMT4.2H210.003	Накладка Круг 12ГОСТ2590-71 Ст 3 ГОСТ535-58 4=22	2	2,3 кв
БЧ	4		KMT4.2H210.004	Угольник 12·50·70 ГОСТ5631-70 Лист Ст 3 ГОСТ535-58	2	0,75 кг

				KMT4..2H210.000 Сб			
Изм./лист	№ докум	Подпись	Дата	Опора			
Разработ.	без Р.						
Провер.	Маскин А. В.о		1.11.78				
Н. контр.							
Утв.				лист _____ из _____ КМТ Гр.АХП-19			

Рис. 335

изображают в сборе с другими деталями, то ее заштриховывают как монолитное тело (в одну сторону), показывая границы между деталями сварного изделия сплошными основными линиями (рис. 333). На чертеже сварной сборочной единицы, кроме габаритных, установочных и присоединительных размеров, указывают размеры, необходимые для сварки изделия и обработки его в процессе сборки. На детали, входящие в сварное изделие, выполняют рабочие чертежи. К сборочному чертежу изделия (рис. 334) прилагается спецификация (рис. 335).

21.10. Неразъемные соединения (пайкой, склеиванием, сшиванием)

Пайкой называется процесс получения неразъемного соединения материалов с нагревом ниже температуры их плавления путем заполнения зазора между ними расплавленным припоем. Припой — металл или сплав, вводимый в зазор между соединяемыми деталями и имеющий более низкую температуру плавления, чем соединяемые пайкой материалы.

В ряде случаев пайка экономичней сварки, так как требует меньшего нагрева металла, не изменяет его свойств и не приводит к короблению. Различают пайку твердыми и мягкими припоями. К твердым относят, например, серебряные припои (ПСр 10, ПСр 25, ПСр 45 и другие по ГОСТ 19738—74), а к мягким — оловянно-свинцовые (ПОССу 40-2; ПОССу 25-2; ПОС 90; ПОС 61 и другие), оловянно-кадмиевые и др. Пайку широко применяют в электро- и радиотехнике, при изготовлении радиаторов машин, узлов холодильников и т. п.

Условное изображение и обозначение неразъемных соединений, получаемых пайкой, склеиванием и сшиванием, выполняют по ГОСТ 2.313—68. На рис. 336, а, б, д изображены швы, полученные пайкой, на рис. 336, в, г — склеиванием, а на рис. 337 — сшиванием. Припой и клей на видах и в разрезах изображают линией толщиной 2s. Для обозначения шва проводят линию-выносок, которая заканчивается

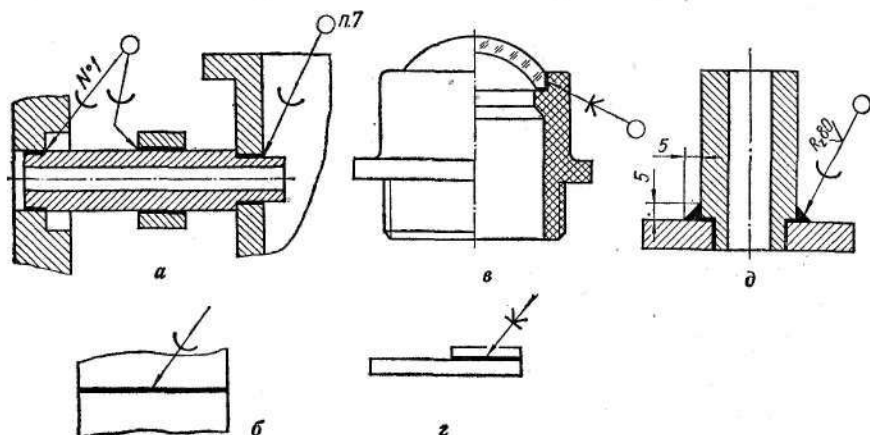


Рис. 336

двусторонней стрелкой, указывающей место расположения шва. На наклонном участке линии-выноски проставляют знак «~» или «К», обозначающий соответственно паяный или клееный шов (рис. 336, б, г). Если шов выполнен по замкнутой линии, то линию-выноску оканчивают окружностью диаметром (3...4) мм. Если необходимо, на изображении указывают форму, размеры и шероховатость паяного шва (рис. 336, д).

Обозначение марки припоя или клея по соответствующему стандарту указывают в технических требованиях записью типа «ПСр 45 ГОСТ 19738—74», «Клей БФ-2 ГОСТ 12172—74» и т. д. При необходимости в этом же пункте излагают требования к качеству шва. Ссылку на номер пункта технических требований помещают на полке линии-выноски.

На чертежах соединений, получаемых сшиванием, швы изображают штриховой линией толщиной $s/3$ с наклонными штрихами в интервалах. Длина штрихов — (10...30) мм, длина наклонных штрихов — (2...3) мм. Обозначение материала (ниток и т. п.) по соответствующему стандарту приводят в технических требованиях чертежа. От изображения шва проводят линию-выноску с полкой, на которой помещают номер пункта технических требований (рис. 337).

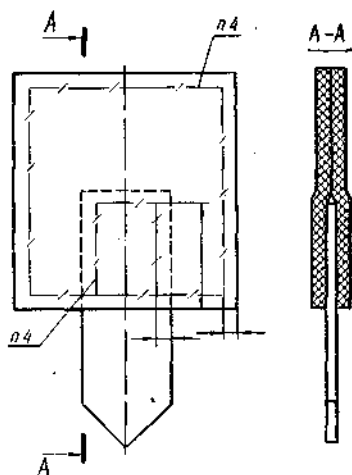


Рис. 337

21.11. Пружины

Пружина — деталь, воспринимающая и отдающая механическую энергию за счет использования сил упругости в период деформации.

Пружины разделяют на *винтовые* и *невинтовые*. По виду нагружения различают пружины *сжатия*, *растяжения*, *кручения* и *изгиба*. По форме исполнения винтовые пружины бывают *цилиндрические*, *конические*, *призматические*, *параболоидные* и др. Витки пружин в поперечном сечении имеют круглую или прямоугольную форму. К невинтовым пружинам относят пружины *плоские*, *спиральные*, *тарельчатые*, *пластинчатые* и др.

Изготавливают пружины из качественной углеродистой стали марок 65, 70, 60Г, 65Г (ГОСТ 1050—74), кремнистых сталей 55С2, 60С2 (ГОСТ 4543—71), хромомарганцевых сталей 50ХГ, 50ХГА (ГОСТ 4543—71) и др.

На сборочных чертежах пружины изображают условно по ГОСТ 2.401—68:

1. Витки винтовых пружин на виде и в разрезе изображают прямыми линиями (рис. 338, а, б); на чертежах пружин, работающих на растяжение, просвет между витками не показывают (рис. 338, в).

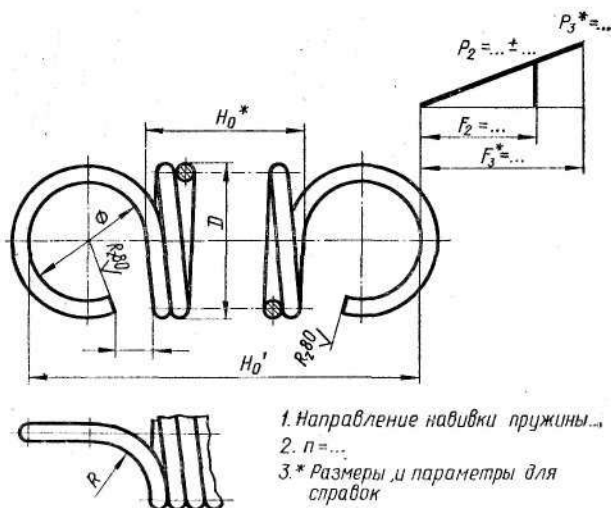


Рис. 340

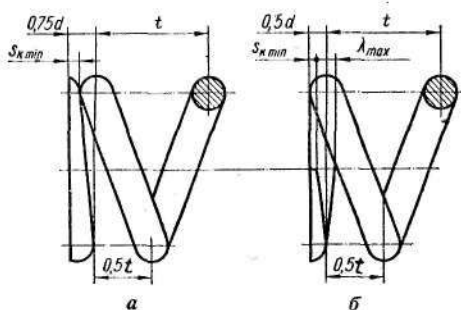


Рис. 341

витка с каждого конца и шлифованными на $3/4$ окружности опорными поверхностями. Заданным параметром служит высота пружины и поэтому на диаграмме указаны предельные отклонения нагрузки. Характерными точками на диаграмме являются величина предварительной нагрузки P_1 , величина наибольшей нагрузки P_2 и величина наибольшей испытательной нагрузки P_3 . На рис. 340 дан рабочий чертеж пружины растяжения с зацепами, открытыми с одной стороны и расположенными в одной плоскости.

Если для характеристики пружины достаточно задать только один исходный и зависимый от него параметр, то диаграмму не строят, а значения этих параметров указывают в технических требованиях.

3. На чертеже пружины указывают основные технические требования. Содержание и порядок расположения пунктов технических требований указаны в ГОСТ 2.401—68. На учебных чертежах в технических требованиях рекомендуется указывать следующие данные (рис. 339): а) направление навивки пружины; б) число рабочих витков n ; в) полное число витков n_1 ; г) диаметр контрольного стержня D_0 или контрольной гильзы D_1 ; д) размеры и параметры для справок.

На рис. 341, а, б показаны варианты построения поджатых опорных витков: на рис. 341, а поджат целый виток и зашлифован на $3/4$ дуги окружности, а на рис. 341, б поджато $3/4$ витка и зашлифовано на $3/4$ дуги окружности.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Из каких элементов состоит болтовое соединение? Назовите относительные размеры в зависимости от диаметра d , по которым вычерчивают болт, гайку и шайбу.
2. Из каких элементов складывается шпильчатое соединение? Как подсчитать длину шпильки и от чего зависит длина l_1 ввинчиваемого резьбового конца?
3. По каким относительным размерам вычерчивают винт со сферической головкой? Как определить размеры гнезда для винта?
4. Как условно обозначают на чертеже прямую муфту, тройник, угольник и трубу?
5. Что такое сбеги резьбы и почему он образуется?
6. Назовите основные типы шловок и их условное обозначение на чертежах.
7. Как на чертеже условно изображают и обозначают шлицевой вал? отверстие со шлицами? шлицевое соединение деталей?
8. Назовите основные типы заклепок и их условное обозначение на чертежах.
9. По каким признакам классифицируют заклепочные швы? Как их рассчитывают?
10. По каким признакам классифицируют сварные швы?
11. Как условно изображают на чертеже видимые и невидимые сварные швы?
12. Назовите элементы, входящие в структуру условного обозначения сварного шва.
13. Какие упрощения допускаются в обозначении швов сварных соединений?
14. Как условно изображают и обозначают на чертежах пайку?
15. Как выполняют рабочий чертеж пружины сжатия?

Упражнение 1. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Разъемные соединения». Правильность результатов проверьте в конце учебника.

Упражнение 2. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Сварные соединения». Правильность результатов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля по теме «Разъемные соединения»

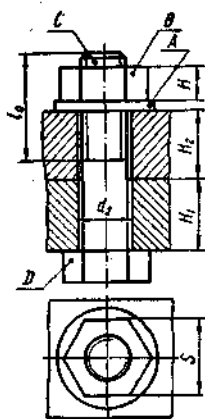


Рис 1

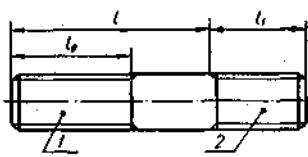


Рис 2

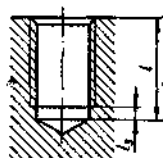


Рис 3

1. Как называются элементы А, В, С, D болтового соединения (рис. 1)?
2. Чему равны в зависимости от d величины H , S , l_0 , d_2 (рис. 1)?
3. Толщины скрепляемых деталей $H_1 = 40$ мм, $H_2 = 25$ мм, диаметр болта $d = 16$ мм. Определите длину болта l .
4. Как называется часть 1 шпильки длиной l_0 ? часть 2 шпильки длиной l_1 (рис. 2)?
5. Запишите словами условное обозначение болта: Болт 2M16 \times 1,5.6g \times 80.58 ГОСТ 7798—70.
6. Запишите словами условное обозначение шпильки: Шпилька M18 \times 100.109.40X.016 ГОСТ 22036—76.

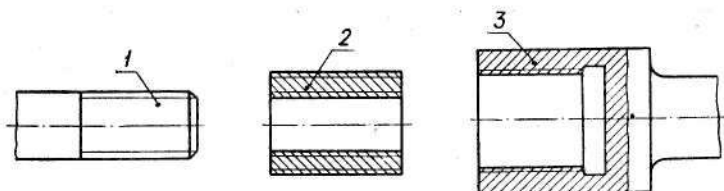


Рис. 4

7. Чему равна глубина гнезда l (рис. 3), если длина ввинчиваемого резьбового конца шпильки $l_1 = 22$ мм ($d = 18$ мм)?
8. Чему равна величина l_2 недореза резьбы для гнезда на рис. 3?
9. Начертите в собранном виде детали 1, 2 и 3 (рис. 4). Завинчивать детали следует не до конца.

Карта программированного контроля по теме «Сварные соединения»

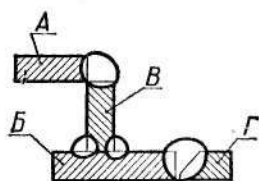


Рис. 1

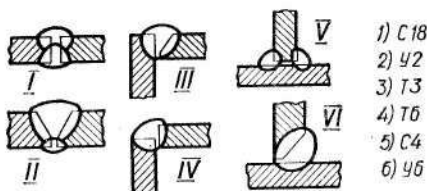


Рис. 2

1. Как называется вид сварного шва при соединении деталей А и В (рис. 1)?
2. Как называется вид сварного шва при соединении деталей В и Г (рис. 1)?
3. Каким условным буквенно-цифровым обозначением указывают стыковой шов со скосом одной кромки двусторонний (ГОСТ 5264—69)?
4. Каким условным буквенно-цифровым обозначением указывают шов таврового соединения без скоса кромок односторонний прерывистый?
5. Определите соответствие между формой поперечного сечения шва сварного соединения и буквенно-цифровым его обозначением (рис. 2).
6. Как разделяют сварные швы по внешней форме их поперечного сечения?
7. Что означают вспомогательные знаки, изображенные на рис. 3?
8. Расшифруйте словами условную запись сварного шва на рис. 4.
9. Расшифруйте словами условную запись сварного шва на рис. 5.

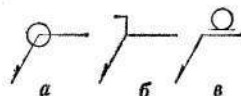


Рис. 3

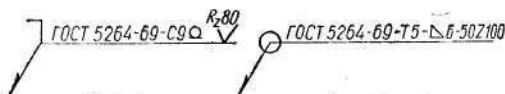


Рис. 4

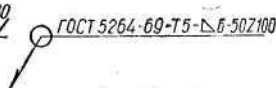


Рис. 5

22.1. Общие положения

Зубчатые передачи служат для передачи вращения с одного вала на другой или для преобразования вращательного движения в поступательное. Если оси валов расположены параллельно, применяют цилиндрические зубчатые колеса с прямыми, косыми или шевронными зубьями (рис. 342, а—в). Передача вращения между валами с пересекающимися осями осуществляется коническими колесами (рис. 342, г). Для передачи движения между валами со скрещивающимися осями применяют червячную (рис. 342, д), винтовую, гипоидную и спироидную передачи.

Зубчатые передачи бывают с внешним (рис. 342, е) и внутренним (рис. 342, ж) зацеплением зубьев. По конструктивному оформлению передачи делят на открытые и закрытые, а по величине передаваемой окружной скорости — на тихоходные, среднескоростные и быстроходные.

22.2. Цилиндрическая зубчатая передача

Если два цилиндра прижать друг к другу, то при вращении одного из них, благодаря возникающей силе трения, придет во вращение и

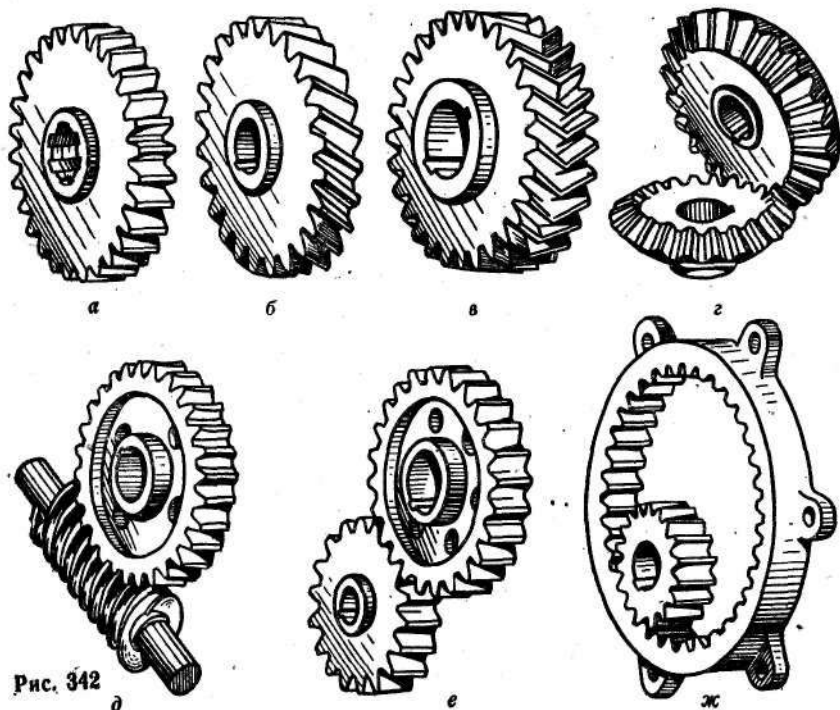


Рис. 342

второй (рис. 343, а). Сила трения должна быть не меньше величины передаваемого окружного усилия. Однако окружные усилия целесообразно передавать не за счет силы трения, а с помощью зубчатой передачи.

Рассмотрим термины, определения и обозначения, характеризующие зубчатые передачи (ГОСТ 16530—70...16532—70). Основным элементом зубчатого колеса являются зубья.

Зубья — это выступы на колесе, передающие движение посредством взаимодействия с соответствующими выступами другого колеса.

Цилиндрическая поверхность, отделяющая зубья от тела зубчатого колеса, называется *поверхностью впадин*, а поверхность, ограничивающая зубья со стороны, противоположной телу зубчатого колеса, называется *поверхностью вершин*. Часть поверхности вершин зубчатого колеса, принадлежащая зубу, называется его *вершиной*, а часть поверхности впадин, принадлежащая зубу, называется *основанием зуба*. Цилиндрическая поверхность зубчатого колеса, которая является базовой для определения элементов зубьев и их размеров, называется *делительной поверхностью*. Часть зуба, заключенная между поверхностью вершин зубьев и делительной поверхностью колеса, называется *головкой зуба*, а часть зуба, заключенная между делительной поверхностью и поверхностью впадин, называется *ножкой зуба*.

Соответственно указанным поверхностям различают окружности, лежащие в торцовом сечении зубчатого колеса (рис. 343, б): *делительную окружность* (диаметр d), *окружность вершин* (диаметр d_a) и *окружность впадин* (диаметр d_f).

Высоту головки зуба обозначают h_a , *высоту ножки* — h_f , а *полную высоту зуба* — h , следовательно, $h = h_a + h_f$.

Расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге делительной окружности называется *окружным делительным шагом* p_t . Если делительный шаг умножим на число зубьев колеса z , то получим длину делительной окружности: $\pi d = p_t z$. Отсюда $d = \frac{p_t}{\pi} z$.

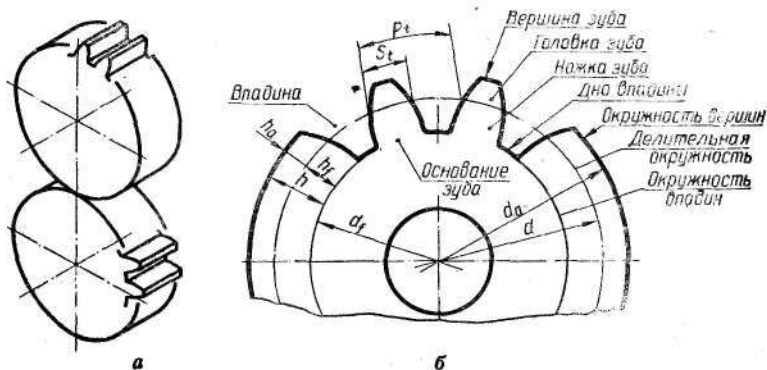


Рис. 343

Линейную величину, в π раз меньшую делительного шага, называют *окружным делительным модулем* m_t , т. е. $m_t = \frac{p_t}{\pi}$. В дальнейшем эту величину будем обозначать m и называть *модулем*, имея в виду окружной делительный модуль. Следовательно, диаметр делительной окружности в зависимости от модуля выражается формулой $d = mz$. Приведем выборочные модули из СТ СЭВ 310—76:

1-й ряд — 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20;

2-й ряд — 0,55; 0,7; 0,9; 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 7; 9.

Выбирая модуль, 1-й ряд следует предпочитать второму.

Высота зуба и его частей определяется в зависимости от модуля: высота головки зуба $h_a = m$, высота ножки зуба $h_f = 1,25m$, полная высота зуба $h = h_a + h_f = 2,25m$.

Диаметр окружности вершин больше диаметра делительной окружности на две высоты головки зуба:

$$d_a = d + 2h_a = mz + 2m = m(z + 2).$$

Диаметр окружности впадин меньше диаметра делительной окружности на две высоты ножки зуба, т. е.

$$d_f = d - 2h_f = mz - 2,5m = m(z - 2,5).$$

Окружная толщина зуба по дуге делительной окружности

$$s_t = \frac{p_t}{2} = 0,5\pi m.$$

Последовательность выполнения эскиза зубчатого колеса с натуры:

1. Измеряют диаметр окружности вершин d_a и подсчитывают число зубьев z .

2. По формуле $m = \frac{d_a}{z + 2}$ определяют модуль и сверяют найденное значение с таблицей стандартных модулей (СТ СЭВ 310—76). Если найденный модуль в стандарте отсутствует, то для дальнейшего расчета принимают ближайшее стандартное значение, по которому и рассчитывают все параметры зубчатого колеса.

Пример. Снимая эскиз зубчатого колеса с натуры, определили, что $d_a = 212$ мм; $z = 28$. Следовательно, модуль $m = \frac{d_a}{z + 2} = \frac{212}{30}$ мм = 7,07 мм. В таблице стандартных модулей найденное значение отсутствует, поэтому для дальнейшего расчета принимаем ближайшее значение $m = 7$ мм.

Рассчитываем все параметры зубчатого колеса:

$$d_a = m(z + 2) = 7(28 + 2) \text{ мм} = 210 \text{ мм};$$

$$d_f = m(z - 2,5) = 7(28 - 2,5) \text{ мм} = 178,5 \text{ мм};$$

$$d = mz = 7 \cdot 28 \text{ мм} = 196 \text{ мм};$$

$$h_a = m = 7 \text{ мм}; \quad h_f = 1,25m = 1,25 \cdot 7 \text{ мм} = 8,75 \text{ мм};$$

$$h = h_a + h_f = (7 + 8,75) \text{ мм} = 15,75 \text{ мм};$$

$$p_t = \pi m = 3,14 \cdot 7 \text{ мм} = 21,98 \text{ мм};$$

$$s_t = \frac{p_t}{2} = 10,99 \text{ мм}.$$

Цилиндрические зубчатые колеса бывают не только с прямыми, но и с косыми и шевронными зубьями. В косозубых передачах (рис. 344) угол наклона линии зуба к плоскости, проходящей через ось колеса, обозначают β . Для этих колес, кроме понятия *окружной делительный (торцовый) шаг* p_t , существует понятие *нормальный делительный шаг* p_n — кратчайшее расстояние по делительной поверхности колеса между одноименными теоретическими линиями соседних зубьев. Соответственно этому существует понятие *нормальный делительный модуль* m_n — величина, в π раз меньшая шага p_n . Зависимость между нормальным и торцовым модулем выражается формулой

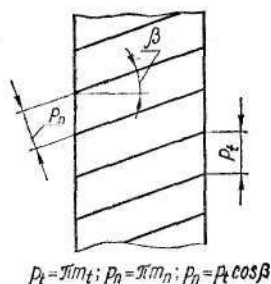


Рис. 344

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}, \text{ или } m_n = m_t \cos \beta.$$

Для косозубых передач

$$\text{диаметр делительной окружности } d = m_t z, \text{ или } d = \frac{m_n z}{\cos \beta};$$

$$\text{диаметр окружности вершин } d_a = d + 2m_n;$$

$$\text{диаметр окружности впадин } d_f = d - 2,5m_n;$$

$$\text{высота зуба } h = 2,25m_n \quad (h_a = m_n; h_f = 1,25m_n).$$

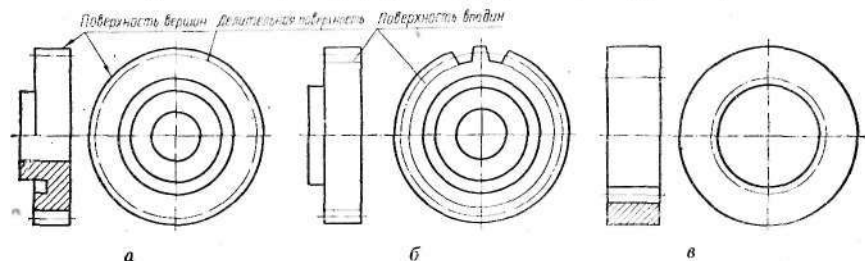


Рис. 345

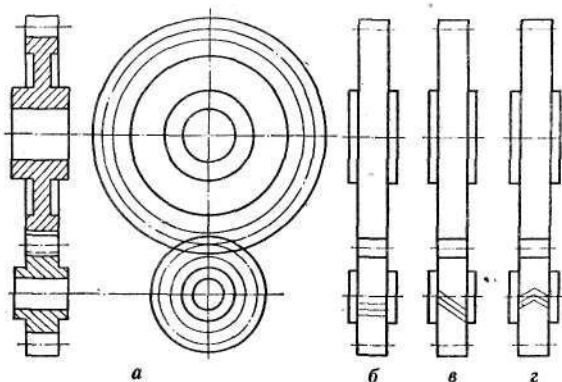


Рис. 346

Условное изображение цилиндрических зубчатых колес исполняют по ГОСТ 2.402—68:

1. Окружности и образующие поверхностей вершин зубьев показывают сплошной основной линией на всех изображениях (рис. 345, *a—e*).

2. Окружности и образующие поверхностей впадин зубьев в разрезах и сечениях показывают сплошной основной линией. На видах их допускается изображать сплошной тонкой линией (рис. 345, *б*).

3. Делительные и начальные окружности, а также образующие поверхностей делительных и начальных цилиндров изображают тонкой штрих-пунктирной линией на всех видах и разрезах колеса (рис. 345, *a—e*).

4. Зубья зубчатых колес вычерчивают только на осевых разрезах (рис. 345, *a*); в остальных случаях изображают поверхность их вершин. Если нужно показать профиль зуба, его вычерчивают на выносном элементе или изображают на ограниченном участке детали (рис. 345, *б*).

5. В случае необходимости направление зубьев изображают вблизи оси колеса тремя тонкими параллельными линиями с соответствующим наклоном (рис. 346, *б—г*).

Оформление рабочего чертежа цилиндрического зубчатого колеса (ГОСТ 2.403—75). На рис. 347 главное изображение колеса представлено полным фронтальным разрезом, а на месте вида слева изображено отверстие в ступице колеса со шлицами. На изображении цилиндрического зубчатого колеса указывают: *a*) диаметр d_a окружности вершин; *б*) ширину b зубчатого венца; *в*) размеры фасок или радиусы закруглений на торцевых кромках цилиндра вершин; *г*) размеры фасок или радиусы закруглений на кромках головок и торцов зубьев; *д*) шероховатость боковой поверхности зубьев.

Предельные отклонения для диаметра окружности вершин берут по скользящей посадке C_3, C_3, C_4 , а для ширины зубчатого венца — по C_3 .

Шероховатость боковой поверхности зубьев принимают $\sqrt{2,5} \dots \sqrt{1,25}$,

а поверхностей вершин и впадин — $R_z 20 \sqrt{2,5} \dots \sqrt{2,5}$. На чертеже наносят также размеры, характеризующие конструктивные элементы обода, ступицы и диска колеса.

В верхнем правом углу чертежа помещают таблицу параметров (рис. 347, 348). Таблица состоит из трех частей, которые отделены друг от друга сплошными основными линиями. Первая часть таблицы содержит основные данные (для изготовления), вторая — данные для контроля и третья — справочные данные. Рассмотрим заполнение позиций таблицы параметров (рис. 348).

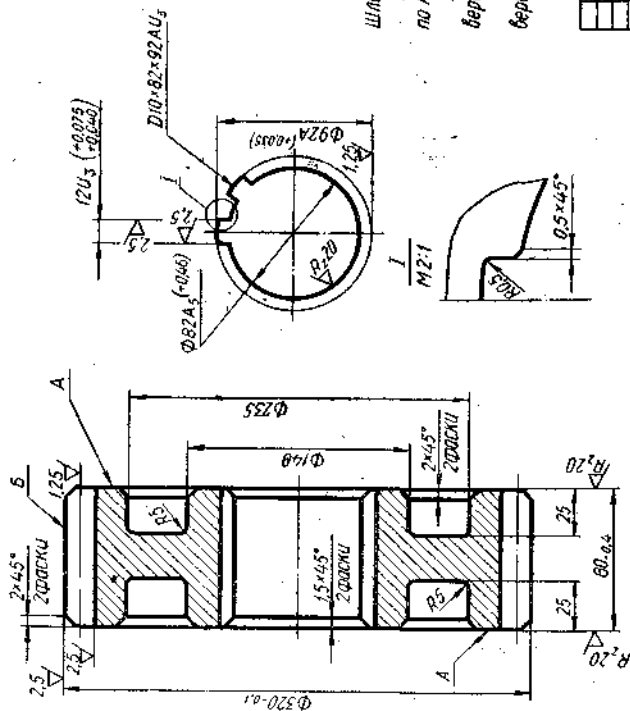
Позиция (1). Для колес с прямыми зубьями указывают модуль m (m_t), а для косозубых колес — нормальный модуль m_n или торцовый модуль m_t .

Позиция (2). Указывают число зубьев z .

Позиция (3). Для косозубых и шевронных колес указывают угол наклона β .

$R_{2,40} \sqrt{N}$

000 905127 221506 080



Модуль	m	10
Число зубьев	z	30
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-68
Коэффициент смещения	x	0
Степень точности	-	7-8
Посадочная хорда	s _c	15.87
Высота до посадочной хорды	h _c	7.476
Делительный диаметр	d	300
Обозначение чертежа сопряженного колеса	-	---

1. Зубья цементовать R=0.9...1.3, закалить до HRC 55...62.

Шлицы защитить от коррозии.

2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий - по А, валов - по В, остальных - по СМ,

3. Радиальное биение поверхности Б относительно оси отверстия не более 0.045 мм

4. Торцовое биение поверхности А относительно оси отверстия не более 0.035 мм

КМТЧ 221506 080		Лист	Масштаб
Колесо зубчатое цилиндрическое		Ч	1:2
Сталь 20Х		Лист	Листов 1
ГОСТ 4543-71		КМТ	Гр. АХП-19

Позиция (4). Отмечают направление наклона косых зубьев надписью «Правое» или «Левое», а для шевронных — «Шевронное». Для прямозубых колес позиции (3) и (4) из таблицы исключают.

Позиция (5). Указывают параметры исходного контура. Исходный контур — это контур зубьев нарезающей рейки в нормальном к направлению зубьев сечении. Стандартизованный исходный контур задается ссылкой на ГОСТ 13755—68, а для мелко модульных зубьев — на ГОСТ 9587—68.

Позиция (6). Указывают коэффициент смещения исходного контура в долях нормального модуля с соответствующим знаком. Если модификации нет, проставляют цифру 0. (Вопросы модификации зубьев в учебнике не рассматриваются).

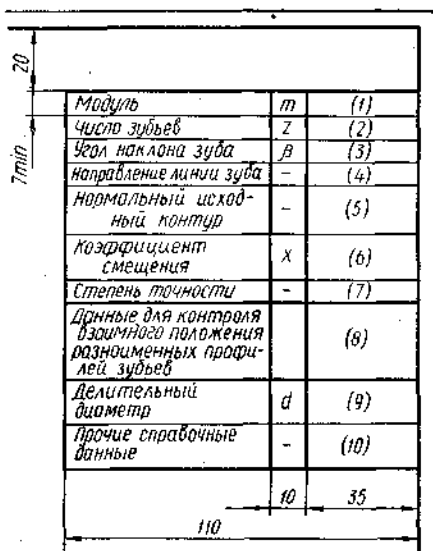
Позиция (7). Указывают степень точности и вид сопряжения по ГОСТ 1643—72. Стандарт устанавливает 12 степеней точности (1—12), самая точная — 1-я. Наиболее распространенные — 6, 7 и 8-я. Для каждой степени точности стандарт устанавливает 3 нормы: 1) кинематической точности; 2) плавности работы; 3) контакта зубьев колес и передач. Независимо от степени точности устанавливается 6 видов сопряжений колес и передач — *A, B, C, D, E, H* — и 8 видов допуска на боковой зазор, обозначаемых в порядке его возрастания буквами *h, d, c, b, a, z, y, x*. В условиях отсутствия специальных требований к передаче существует соответствие между видами сопряжений и допусками на боковой зазор: видам сопряжений *D, C, B* и *A* соответствуют допуски *d, c, b* и *a*, а сопряжениям *H* и *E* — допуск *h*. Числовые значения всех этих величин даны в ГОСТ 1643—72.

Примеры условных обозначений степени точности зубчатых колес:

«7 — C ГОСТ 1643—72» — передача 7-й степени точности по всем трем нормам, с видом сопряжения колес *C* и соответствием между видом сопряжения и допуском на боковой зазор;

«8—7—6—Ba ГОСТ 1643—72» — передача со степенью 8 по нормам кинематической точности, со степенью 7 по нормам плавности работы, со степенью 6 по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения колес *B* и видом допуска на боковой зазор *a*.

Во второй части таблицы параметров — в позиции (8) — приводят данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев. Существуют различные способы контроля: а) по постоянной хорде \bar{s}_c и высоте \bar{h}_c до постоянной хорды; б) по длине W общей нормали;



Модуль	<i>m</i>	(1)
Число зубьев	<i>Z</i>	(2)
Угол наклона зуба	<i>β</i>	(3)
Направление линии зуба	—	(4)
Нормальный исходный контур	—	(5)
Коэффициент смещения	<i>x</i>	(6)
Степень точности	—	(7)
Данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев		(8)
Делительный диаметр	<i>d</i>	(9)
Прочие справочные данные	—	(10)
	10	35
	110	

Рис. 348

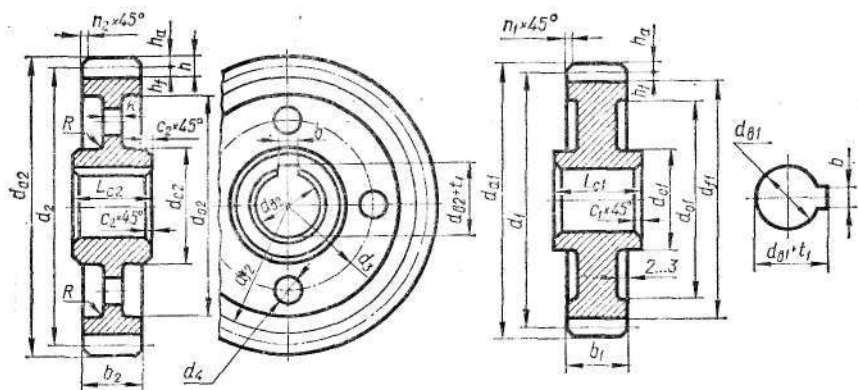


Рис. 349

в) по толщине \bar{s}_c по хорде зуба и высоте \bar{h}_{ag} до этой хорды; г) по размеру M по измерительным роликам.

На учебных чертежах рекомендуется проставлять постоянную хорду и высоту до нее. Эти параметры, в случае отсутствия модификации, определяют по формулам

$$\bar{s}_c = 1,387m;$$

$$\bar{h}_c = 0,7476m.$$

В третьей части таблицы параметров должны быть приведены:

Позиция (9). Диаметр делительной окружности d .

Позиция (10). Обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса.

Цилиндрическая зубчатая передача. Передачу образуют два зубчатых колеса, находящихся в зацеплении. Зубчатое колесо с меньшим числом зубьев, как правило ведущее, называют *шестерней*, а колесо с большим числом зубьев — *колесом*. Оба колеса имеют одинаковый модуль и одинаковые геометрические размеры зубьев.

Каждая передача характеризуется передаточным числом u , т. е. отношением числа зубьев колеса к числу зубьев шестерни:

$$u = \frac{z_2}{z_1}, \text{ или } u = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Чтобы вычертить передачу, нужно знать формулы не только геометрического расчета зубьев колеса, о которых речь уже была, но и конструктивного расчета элементов колеса — обода, диска, ступицы. На рис. 349 приведены обозначения, а в табл. 32 — формулы для расчета зубчатых колес с фрезерованными зубьями.

Вычерчивая передачу, нужно учитывать следующее:

1. Цилиндрическую передачу рекомендуется показывать в двух изображениях: продольном фронтальном разрезе на месте вида спереди и виде слева. Размеры на чертеже наносить по примеру рис. 350.

2. Начальные окружности ведущего и ведомого колес касаются друг друга в точке, лежащей на межосевой линии. На рис. 350 межосевое расстояние равно 82 мм.

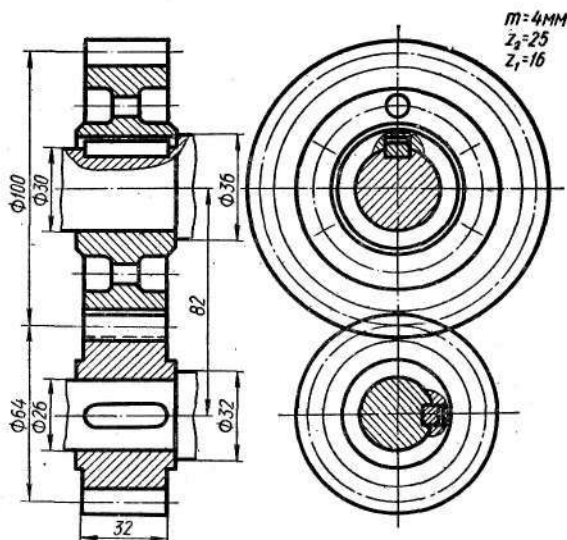


Рис. 350

3. В зоне зацепления колес окружности поверхностей вершин зубьев изображают сплошной основной линией (рис. 346, а; 350).

4. Окружности поверхностей вершин и впадин колес в зоне зацепления не касаются, а образуют радиальный зазор $0,25 m$. Объясняется

Таблица 32

Формулы для расчета цилиндрических зубчатых колес

Элемент	Зубчатое колесо	Шестерня
Диаметр делительной окружности	$d_2 = mz_2$	$d_1 = mz_1$
Высота головки зуба	$h_a = m$	$h_a = m$
Высота ножки зуба	$h_f = 1,25m$	$h_f = 1,25m$
Полная высота зуба	$h = 2,25m$	$h = 2,25m$
Диаметр окружности вершин	$d_{a2} = m(z_2 + 2)$	$d_{a1} = m(z_1 + 2)$
Диаметр окружности впадин	$d_{f2} = m(z_2 - 2,5)$	$d_{f1} = m(z_1 - 2,5)$
Ширина зубчатого венца	$b_2 = 8m$	$b_1 = 8m$
Внутренний диаметр обода	$d_{o2} = d_{a2} - 8,5m$	$d_{o1} = d_{a1} - 8,5m$
Диаметр ступицы	$d_{c2} = 1,6d_{b2}$	$d_{c1} = 1,6d_{b1}$
Длина ступицы	$L_{c2} = 1,1b_2$	$L_{c1} = 1,1b_1$
Толщина диска	$K = 0,3b_2$	—
Диаметр центральной окружности	$d_3 = 0,5(d_{o2} + d_{c2})$	—
Диаметр отверстий	$d_4 = 0,25(d_{o2} - d_{c2})$	—
Радиусы галтелей и фаски	$R = 2 \div 3 \text{ мм}; c_2 = 2 \div 3 \text{ мм}$	$R = 2 \div 3 \text{ мм}; c_1 = 2 \div 3 \text{ мм}$
Величина среза зубьев на торцовых кромках	$n_2 = 0,5m$	$n_1 = 0,5m$
Размеры прямоугольной шпонки	По ГОСТ 8789—68	По ГОСТ 8789—68
Размеры шпоночного паза	По ГОСТ 8788—68	По ГОСТ 8788—68

это тем, что высота головки зуба меньше высоты ножки на величину 0,25 m .

5. На виде спереди в разрезе зуб ведущего колеса изображают расположенным перед зубом ведомого колеса и поэтому образующая поверхности вершин меньшего (ведущего) колеса наведена сплошной основной линией, а большего (ведомого) — штриховой.

6. Для изображения шпоночного соединения вала с колесом на чертеже выполняют местный разрез.

7. На сборочном чертеже зубчатого зацепления не изображают фасок, скруглений на зубьях, на ступице и т. п.

22.3. Коническая зубчатая передача

Передачу между валами, оси которых пересекаются, осуществляют при помощи конических зубчатых колес. Если межосевой угол $\Sigma = 90^\circ$, то передача называется *ортгональной*. Конические колеса бывают с прямыми, тангенциальными, круговыми и криволинейными зубьями.

Термины, определения и обозначения (ГОСТ 19325—73). Коническое зубчатое колесо характеризуют *делительный конус 2*, *конус вершин 3* и *конус впадин 1* (рис. 351), которые являются *делительной поверхностью*, *поверхностью вершин* зубьев и *поверхностью их впадин* соответственно. Обозначения углов между осью и образующими конусов: δ — угол делительного конуса; δ_a — угол конуса вершин; δ_f — угол конуса впадин. При проектировании определяют также угол головки зуба θ_a и угол ножки зуба θ_f . Зубчатый венец конического колеса ограничен с торцов двумя дополнительными конусами — внешним 6 и внутренним 4. Кроме того, различают средний дополнительный конус 5. Образующие дополнительных конусов перпендикулярны к образующим делительного конуса, т. е. $\varphi = 90^\circ - \delta$.

Шаг, модуль и высота зубьев у конических колес переменны и увеличиваются в направлении от вершины делительного конуса к его

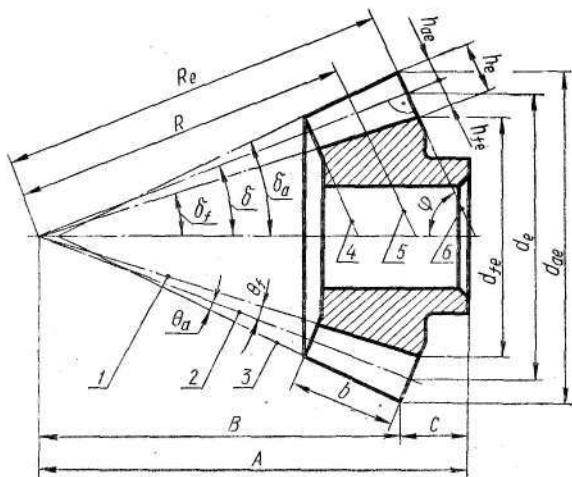


Рис. 351

основанию. Расчет этих параметров ведут по размерам, взятым на поверхности внешнего дополнительного конуса. Некоторые параметры определяют на поверхности среднего дополнительного конуса. Внешний окружной модуль обозначают m_e , а средний окружной модуль — m .

Различают три окружности, по которым соосные конические поверхности пересекаются с внешним дополнительным конусом: внешняя делительная окружность (диаметр d_e), внешняя окружность вершин зубьев (диаметр d_{ae}) и внешняя окружность впадин зубьев (диаметр d_{fe}). Диаметр средней делительной окружности обозначают d . Внешняя высота зуба h_e — это расстояние от окружности вершин до окружности впадин, измеренное по образующей внешнего дополнительного конуса. Внешнюю высоту головки и ножки зуба обозначают соответственно h_{ae} и h_{fe} .

Внешний окружной шаг зубьев обозначают p_{te} , а соответствующий ему модуль — m_e , где $m_e = \frac{p_{te}}{\pi}$. Длина образующей делительного конуса от его вершины до пересечения с образующей внешнего дополнительного конуса называется внешним конусным расстоянием R_e . Среднее конусное расстояние обозначают R .

На рабочем чертеже колеса проставляют ширину зубчатого венца b и базовые расстояния A и C (рис. 351).

Геометрический расчет конического зубчатого колеса (ГОСТ 19624—74). Исходными для расчета являются числа зубьев z_1 шестерни и z_2 колеса, внешний окружной модуль m_e . Межосевой угол $\Sigma = 90^\circ$, исходный контур — по ГОСТ 13754—68.

Расчетное теоретическое число зубьев сопряженного плоского колеса $z_e = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$;

внешнее конусное расстояние $R_e \approx 0,5m_e z_e$;

ширина зубчатого венца $b \leq 0,3 R_e$; $b \leq 10m_e$;

среднее конусное расстояние $R = R_e - 0,5b$;

средний окружной модуль $m = m_e \frac{R}{R_e}$;

средний делительный диаметр $d = mz$;

угол делительного конуса $\tan \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$; $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$;

внешняя высота головки зуба $h_{ae} = m_e$;

внешняя высота ножки зуба $h_{fe} = 1,2m_e$;

внешняя высота зуба $h_e = 2,2m_e$;

внешняя окружная толщина зуба $s_e = 1,57m_e$;

угол ножки зуба $\tan \theta_f = \frac{h_{fe}}{R_e}$;

угол головки зуба $\theta_{a1} = \theta_{f2}$; $\theta_{a2} = \theta_{f1}$;

угол конуса вершин $\delta_a = \delta + \theta_a$;

угол конуса впадин $\delta_f = \delta - \theta_f$;

внешний делительный диаметр $d_e = m_e z_e$;

внешний диаметр вершин зубьев $d_{ae} = m_e (z + 2 \cos \delta)$;

расстояние от вершины до плоскости внешней окружности вершин зубьев $B'_1 = 0,5d_{e2} - h_{ae} \sin \delta_1$; $B'_2 = 0,5d_{e1} - h_{ae} \sin \delta_2$.

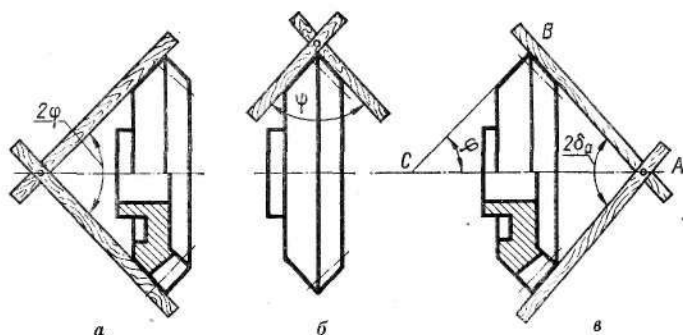


Рис. 352

Выполнение эскиза конического зубчатого колеса с натуры производят в такой последовательности:

1. Измеряют внешний диаметр окружности вершин d_{ae} , ширину венца b и подсчитывают число зубьев z_1 .

2. Определяют угол δ_1 делительного конуса. Выполнить это можно двумя способами:

а) при помощи угломера, в простейшем случае состоящего из двух линеек и транспортира, замеряют угол 2φ при вершине дополнительного конуса (рис. 352, а). Тогда угол $\delta_1 = 90^\circ - \varphi$ (рис. 351);

б) при помощи угломера замеряют удвоенный угол конуса вершин $2\delta_a$ и угол ψ между образующими конуса вершин и дополнительного конуса (рис. 352, б, в). Из треугольника ABC (рис. 352, в) следует, что $\varphi = 180^\circ - (\psi + \delta_a)$, а искомый угол делительного конуса $\delta_1 = 90^\circ - \varphi$.

3. Найденное значение угла δ для ортогональной передачи корректируют по формуле $\lg \delta = \frac{z_2}{z_1}$ (см. рис. 354). Подставляя в формулу значение числа зубьев z_1 и найденную величину δ_1 , определяют число зубьев колеса z_2 . Если это число окажется дробным, что невозможно, берут ближайшее целое значение z_2 , подставляют в формулу и находят уточненное значение угла δ_1 делительного конуса (значение этого угла определяют с точностью до минут).

4. По формуле $m_e = \frac{d_{ae}}{z_1 + 2 \cos \delta_1}$ находят внешний окружной модуль. Найденное значение сверяют со стандартом (§ 22.2) и для дальнейшего расчета принимают ближайшее стандартное значение.

5. По приведенным выше формулам и найденным значениям определяют все геометрические параметры конического колеса.

Пример. При снятии эскиза с натуры определили: $d_{ae} = 77$ мм; $z_1 = 18$; $\delta_1 = 27^\circ$; $b = 26$ мм.

Вычисляем число z_2 зубьев сопряженного колеса:

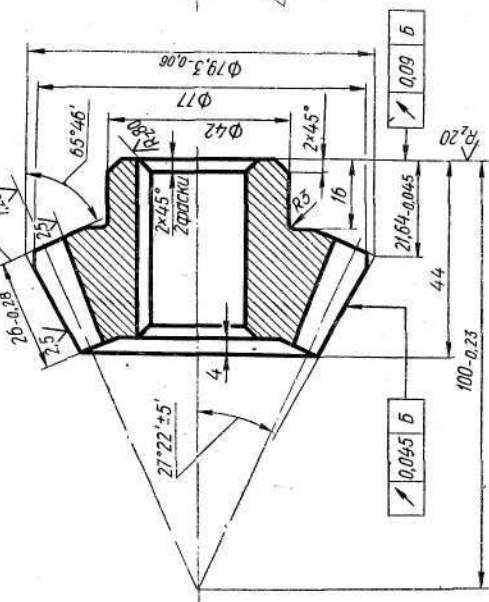
$$z_2 = \frac{z_1}{\lg \delta_1} = \frac{18}{\lg 27^\circ} = \frac{18}{0,51} \approx 35,4.$$

Берем округленно $z_2 = 35$ и уточняем значение δ_1 :

$$\lg \delta_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{18}{35} = 0,5143, \text{ откуда } \delta = 27^\circ 13'.$$

KMT4.221306.000

Измерительное
сечение



HB 235, 262

2. Неуказанные предельные отклонения размеров:
отверстий - по A_7 , валов - по B_7 , остальных - по SM_7

Внешний окружной модуль	m_e	4
Число зубьев	z	18
Тип зуба	—	ПРЯМОЙ
Искривлённый контур	—	ГОСТ 13754-68
Коэффициент смещения	x_e	0
Угол делительного конуса	δ	$24^{\circ}13'40''$
Степень точности	—	Ст 8-7-7 X СТ С38 186-75
Внешняя постоянная хорда зуба	S_{pe}	$5,55 \pm 0,015$ $-0,195$
Высота до постоянной хорды	h_{pe}	2,99
Межосевой угол передачи	Σ	90°
Средний окружной модуль	m_m	3,407
Внешнее коническое расстояние	R_e	87,73
Среднее конусное расстояние	R	74,73
Средний делительный диаметр	d	61,326
Угол конуса впадин	δ_v	$21^{\circ}06'$
Внешняя высота зуба	h_e	8,8
Обозначение чертёжа сопри- касающегося колеса	—	...

[illegible]

Формулы расчета элементов конической зубчатой передачи

Элемент	Шестерня	Колесо
Внешний делительный диаметр	$d_{e1} = m_e z_1$	$d_{e2} = m_e z_2$
Угол делительного конуса	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$	$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{z_2}{z_1}$
Внешнее конусное расстояние	$R_e = 0,5 m_e \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$	$R_e = 0,5 m_e \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$
Ширина венца	$b_1 \leq 0,3 R_e$	$b_2 \leq 0,3 R_e$
Длина ступицы	$l_{c1} = 1,3 d_{B1}$	$l_{c2} = 1,3 d_{B2}$
Диаметр ступицы	$d_{c1} = 1,6 d_{B1}$	$d_{c2} = 1,6 d_{B2}$
Толщина обода	$e_1 = 0,2 R_e$	$e_2 = 0,2 R_e$
Толщина диска	—	$k_2 = 0,17 R_e$
Высота выступа	—	$P = 0,1 d_{B2}$
Фаски, скругления	2 ... 3 мм	2 ... 3 мм

Примечание. Количество и диаметр d_4 отверстий назначают конструктивно, располагая их посредине между окружностями I и II (рис. 354).

Находим внешний окружной модуль:

$$m_e = \frac{d_{ae}}{z_1 + 2 \cos \delta_1} = \frac{77}{18 + 2 \cos 27^\circ 13'} = \frac{77}{18 + 2 \cdot 0,8893} \text{ мм} = 3,85 \text{ мм}.$$

По СТ СЭВ 310—76 выбираем $m_e = 4$ мм и уточняем значение диаметра d_{ae} :

$$d_{ae} = m_e (z_1 + 2 \cos \delta_1) = 4 (18 + 2 \cdot 0,8893) \text{ мм} = 79,11 \text{ мм}.$$

Далее по формулам рассчитываем остальные параметры конического колеса.

Условное изображение на чертеже конических колес выполняют по тем же правилам, что и изображение цилиндрических (ГОСТ 2.402—68).

Рабочий чертеж конического зубчатого колеса (ГОСТ 2.405—75). На рис. 353 рабочий чертеж конического колеса выполнен в двух изображениях: фронтальный разрез на месте главного вида и местный вид с изображением отверстия в ступице.

вое расстояние A ; з) размеры фасок или радиусы притупления на кромках зубьев; и) положение измерительного сечения.

Шероховатость поверхности зубьев обозначают по тем же нормам, что и для цилиндрических колес (см. § 22.2). Таблица параметров (см. рис. 348) должна состоять из трех частей: основные данные, данные для контроля и справочные данные. На рис. 353 показан пример заполнения таблицы для конического колеса со стандартным исходным контуром и прямыми зубьями. Контроль зубьев предусмотрен по постоянной хорде зуба \bar{s}_{ce} и высоте \bar{h}_{ce} до этой хорды: $\bar{s}_{ce} = 1,387m_e$; $\bar{h}_{ce} = 0,7476m_e$.

Коническая зубчатая передача. На рис. 354 приведены обозначения, а в табл. 33 — формулы для расчета элементов конической передачи. На рис. 355 коническая передача изображена в том виде, в каком ее следует выполнять в учебном задании. Малое колесо является ведущим, поэтому образующая поверхности головки зуба этого колеса в разрезе выполнена сплошной основной линией, а большего колеса — штриховой. На чертеже проставлены размеры, рекомендуемые для нанесения на чертеже передачи. Размеры шпонок и шпоночных пазов берут по ГОСТ 8788—68 и 8789—68 (см. табл. 22).

22.4. Червячная передача

Червячную передачу применяют для передачи движения с постоянным передаточным отношением между валами со скрещивающимися осями (см. рис. 342, д). Она состоит из червяка и червячного колеса. Ведущим звеном передачи, как правило, служит червяк, т. е. передача используется для понижения угловой скорости.

Червяк — это шестерня червячной передачи.

Поверхность витков червяка является винтовой (геликоидной) с осью, совпадающей с осью червяка. Различают червяки: а) по числу заходов z_1 винтовой линии — *одно-, двух- и многозаходные*; б) по направлению винтовой линии — *право- и левозаходные*; в) по характеру поверхности, на которой они нарезаны, — *цилиндрические и глобоидные*; г) по профилю винтовой линии — *архимедовы, эвольвентные, конволютные, нелинейчатые*. Наиболее распространены архимедовы червяки, имеющие в осевом сечении прямолинейный профиль (рис. 356), а в сечении, перпендикулярном к оси, — профиль архимедовой спирали.

Нарезают червяки на токарных или на червячно-фрезерных станках при помощи дисковых фрез. Изготавливают червяки из среднеуглеродистых конструкционных сталей марок 35; 45; 50, из легированных сталей марок 40Х, 40ХН и др. Для увеличения износоустойчивости витки червяков подвергают поверхностной закалке или цементации до твердости HRC 50 ... 60. Рабочие поверхности червяков шлифуют, а при больших оборотах и полируют.

Геометрический расчет параметров червяка (ГОСТ 16530—70; 18498—73, 19650—74). В результате предварительного расчета червячной передачи определяют модуль m червяка и число его заходов z_1 .

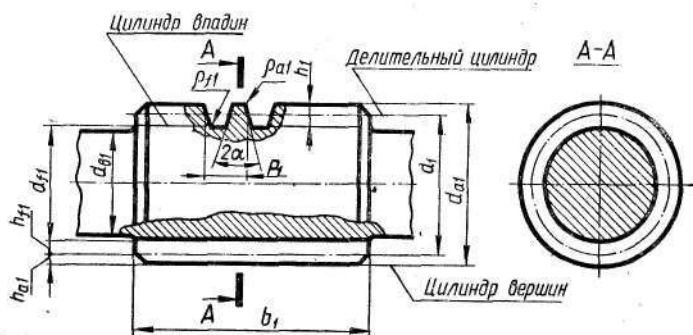


Рис. 356

Модуль m — линейная величина, в π раз меньшая шага p , т. е. $m = \frac{p}{\pi}$; шаг — это расстояние между одноименными профильными поверхностями смежных витков червяка, измеренное по образующей делительного цилиндра (рис. 356). Для многозаходных червяков вводится понятие хода: $p_{z1} = pz_1$.

Соосная цилиндрическая поверхность, базовая для определения элементов червяка и их размеров, называется делительным цилиндром. Его диаметр d_1 (рис. 356), или, что то же самое, диаметр делительной окружности, определяют по формуле $d_1 = mq$, где q — коэффициент диаметра червяка. Величину q выбирают в зависимости от модуля по ГОСТ 2144—76 (табл. 34).

Высота головки витка червяка h_{a1} — расстояние между окружностью вершин и делительной окружностью; $h_{a1} = m$.

Высота ножки витка червяка h_{f1} — расстояние между окружностью впадин и делительной окружностью; $h_{f1} = 1,2m$.

Высота витка h_1 — расстояние между окружностью вершин и окружностью впадин; $h_1 = h_{a1} + h_{f1} = 2,2m$.

Диаметр вершин витков червяка $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = m(q + 2)$.

Диаметр впадин витков червяка $d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = m(q - 2,4)$.

Длина нарезанной части червяка $b_1 \geq (11,0 + 0,06z_2)m + 25$ мм для одно- и двухзаходных червяков (где z_2 — число зубьев сопряженного червячного колеса).

Делительный угол подъема (угол подъема винтовой линии витка на делительном цилиндре) $\gamma = \arctg \frac{z_1}{q}$, или $\tg \gamma = \frac{z_1}{q}$.

Расчетная толщина витка на делительном цилиндре $s = 0,5p = 1,57m$.

Таблица 34

Коэффициент q диаметра червяка (ГОСТ 2144—76)

m	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16
q	8; 10; 12,5; 16; 20				8; 10; 12,5; 14; 16; 20	8; 10; 12,5; 16; 20			8; 10; 12,5; 16

Радиусы закругления $p_{a1} = 0,1m$; $p_{f1} = 0,2m$.

Стандартный угол профиля витка в осевом сечении для архимедовых червяков $\alpha = 20^\circ$.

Вычерчивание эскиза червяка с натуры выполняют в такой последовательности.

1. Определяют диаметр d_{a1} вершин витков червяка, диаметр впадин d_{f1} , длину b_1 нарезанной части червяка, число заходов z_1 и направление винтовой линии (правое или левое).

2. По формуле $m = \frac{d_{a1} - d_{f1}}{4,4}$ рассчитывают модуль и сверяют его с рядом стандартных модулей (табл. 34 и ГОСТ 19672—74). В расчет принимают ближайшее стандартное значение.

3. По выбранному модулю определяют коэффициент q диаметра червяка и рассчитывают диаметр делительного цилиндра $d_1 = m q$.

4. Уточняют значения диаметров вершин витка d_{a1} и впадин d_{f1} , рассчитывают остальные геометрические параметры червяка.

Пример. Снимая эскиз червяка с натуры, определили такие данные: $d_{a1} = 82$ мм; $d_{f1} = 48$ мм; $b_1 = 100$ мм; $z_1 = 1$. Направление винтовой линии — правое; червяк имеет архимедову винтовую поверхность.

$$\text{Определяют модуль: } m = \frac{d_{a1} - d_{f1}}{4,4} = \frac{82 - 48}{4,4} \text{ мм} = 7,73 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 19672—74 модуль $m = 7,73$ мм нет, поэтому в расчет принимают $m = 8$ мм. По табл. 34 (ГОСТ 2144—76) находят, что для такого модуля можно принять $q = 8$. Следовательно, диаметр окружности делительного цилиндра $d_1 = m q = 8 \cdot 8 \text{ мм} = 64 \text{ мм}$.

Уточняют значения диаметров вершин и впадин витков червяка:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = (64 + 2 \cdot 8) \text{ мм} = 80 \text{ мм};$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = (64 - 2,4 \cdot 8) \text{ мм} = 44,8 \text{ мм.}$$

Шаг червяка $p = \pi m = 3,14 \cdot 8 \text{ мм} = 25,12 \text{ мм}$.

Ход червяка p_z равен шагу p , так как червяк однозаходный.

Высота витка червяка $h_1 = 2,2m = 2,2 \cdot 8 \text{ мм} = 17,6 \text{ мм}$.

Угол подъема линии витка на делительном цилиндре

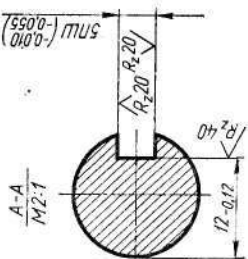
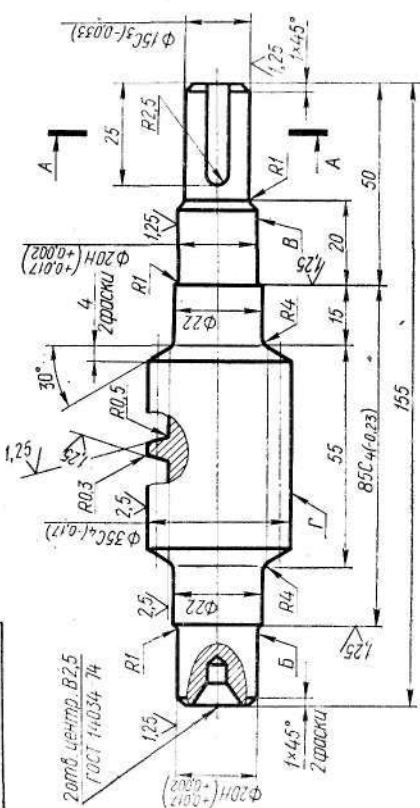
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{1}{8} = 0,125, \text{ откуда } \gamma = 7^\circ 7' 35''.$$

Радиусы скруглений витка при вершине $p_{a1} = 0,1m = 0,1 \cdot 8 \text{ мм} = 0,8 \text{ мм}$, при основании $p_{f1} = 0,2m = 0,2 \cdot 8 \text{ мм} = 1,6 \text{ мм}$.

Оформление рабочего чертежа червяка. На рис. 357 дан рабочий чертеж червяка, выполненный в соответствии с ГОСТ 2.406—76. Чертеж выполнен в двух изображениях: 1) виде спереди с местным разрезом для выявления профиля витка в осевом сечении и 2) вынесенном сечении по шпоночному пазу. На изображении цилиндрического червяка указывают: диаметр вершин витков червяка d_{a1} , длину нарезанной части b_1 , размеры фасок или радиусы кривизны при вершине витка p_{a1} и при основании p_{f1} , размеры фасок на торцовых кромках, шероховатость боковых поверхностей витков, поверхностей вершин и впадин. Если необходимо, указывают допуск радиального биения

КМТЧ.220806.000

$R_z 80 \sqrt{V}$



1. НРС 52...56

2. Не указанные предельные отклонения размеров: отберсти - по А, валов - по В, остальных - по СМ.
3. Радиальное биение поверхности Г относительно общей оси поверхностей В и Д не более 0,03 мм

Модуль осевой	т	2,5
Число заходов	z	1
Тип червяка	-	Архимедов
Делительный угол подъема	δ	$4^{\circ}45'49''$
Направление витка	-	Правое
Ход витка	P_z	7,85
Назначение: Угол профиля по наружной высоте витка	α	20°
Степень точности	h_1	5,5
Делительная толщина по хорде витка	\bar{s}_{al}	3,91-0,275
Высота по хорде	h_{al}	2,507
Обозначение чертёжа сопряженного колеса	-	...
110	10	35

КМТЧ.220806.000		Лист	Масса	Материал
Червяк		4		1:1
Сталь 40Х		Лист	Листов	1
ГОСТ 4543-71		КМТ		Гр. ХМА-96

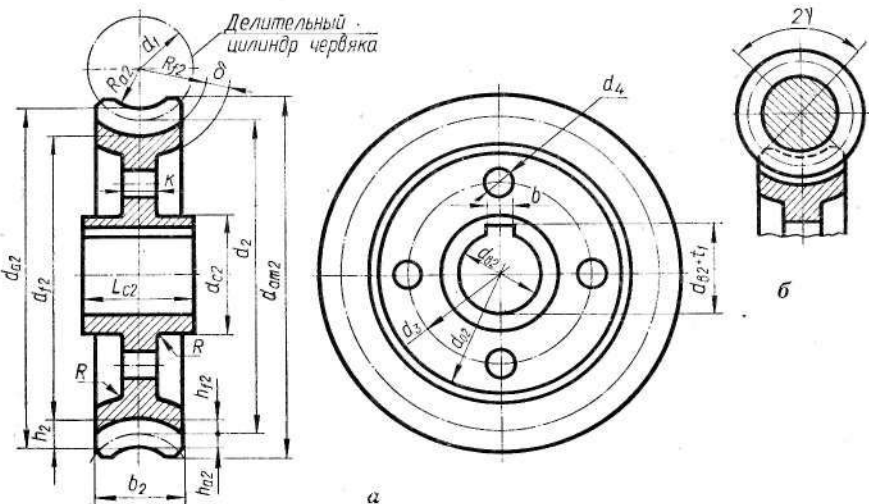


Рис. 358

поверхности вершин. В правом верхнем углу чертежа помещают таблицу параметров, заполняемую по примеру рис. 357.

Делительную толщину по хорде витка червяка определяют по формуле $\bar{s}_{a1} = 1,57m \cos \gamma$, где γ — угол подъема витка. Высоту \bar{h}_{a1} до хорды можно приближенно найти по формуле $h_{a1} = m + (0,01 \div 0,02)$ мм.

Червячные колеса бывают с прямыми, а чаще с косыми зубьями. Форма выемки поверхности вершин зубьев колеса согласуется с формой поперечного сечения червяка. Зуб охватывает червяк по дуге, центральный угол которой равен $90-120^\circ$. Число зубьев рекомендуется брать в пределах 28—80.

Червячные колеса для закрытых передач выполняют в большинстве случаев составными. Зубчатый венец изготавливают из бронзы марок Бр. ОФ 8,0—0,3; Бр. ОЦС 4-4-2,5; Бр. ОЦ 4-3 и других, а ступицу (центр) колеса — из чугуна марок СЧ 15-32; СЧ 18-36 и др. Венец со ступицей соединяют по прессовой посадке $\frac{A}{Pr}$ или $\frac{A}{Pr 1_3}$ с дополнительным креплением винтами, болтами или изготавливают колесо в виде составной литой конструкции (чугунная ступица вставляется в форму, где отливают бронзовый венец).

За один оборот однозаходного червяка колесо поворачивается на величину шага, двухзаходного — на величину, равную двум шагам, и т. д.

Основные параметры червячного колеса и их расчет (рис. 358, а). Средний делительный диаметр червячного колеса $d_2 = mz_2$, где z_2 — число зубьев колеса.

Диаметр вершин зубьев колеса $d_{a2} = m(z_2 + 2)$.

Диаметр впадин колеса $d_{f2} = m(z_2 - 2,4)$.

Высота головки зуба $h_{a2} = m$; высота ножки зуба $h_{f2} = 1,2m$.

Высота зуба $h_2 = h_{a2} + h_{f2} = 2,2m$.

Шаг зубьев червячного колеса $p_2 = \pi m$.

Наибольший диаметр колеса

$$d_{a2} = d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2}.$$

Ширина венца колеса $b_2 \leq 0,75d_{a1}$ при $z_1 \leq 3$; $b_2 \leq 0,67d_{a1}$ при $z_1 = 4$.

Радиус выемки поверхности вершин зубьев колеса

$$R_{a2} = \frac{d_1}{2} - m.$$

Выполняя расчет червячной передачи, нужно проверять *условный угол $2v$ охвата* червяка венцом колеса (рис. 358, б). Величину этого угла определяют по формуле $\sin v = \frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m}$. Для силовых передач угол $2v$ должен быть в пределах $90-120^\circ$.

Последовательность выполнения эскиза червячного колеса с натуры:

1. Измеряют диаметр d_{a2} вершин зубьев колеса, наибольший диаметр колеса d_{a2} , ширину венца b_2 и подсчитывают число зубьев z_2 колеса. Кроме этого, нужно иметь данные, относящиеся к сопряженному червяку: угол γ подъема витка, равный углу наклона зубьев колеса, делительный диаметр червяка d_1 и число заходов z_1 .

2. По формуле $m = \frac{d_{a2}}{z_2 + 2}$ определяют модуль и сверяют найденное значение с таблицей стандартных модулей (ГОСТ 19672—74). Если найденного модуля в таблице нет, то в расчет принимают ближайшее стандартное значение.

3. По принятому модулю рассчитывают все геометрические параметры колеса — d_2 , d_{f2} , h_2 , ρ и др.

4. Проверяют, укладываются ли в допускаемые пределы значения наибольшего диаметра колеса d_{a2} и условного угла $2v$ охвата червяка венцом колеса.

Пример. Сняв эскиз червячного колеса и червяка с натуры, получили следующие данные: $d_{a2} = 272$ мм; $d_{a2} = 260$ мм; $z_2 = 40$; $b_2 = 70$ мм; направление винтовой линии — правое; диаметр вершин витков червяка $d_{a1} = 84$ мм; число заходов червяка $z_1 = 2$.

$$\text{Определяем модуль: } m = \frac{d_{a2}}{z_2 + 2} = \frac{260}{40 + 2} \text{ мм} = 6,19 \text{ мм}.$$

По ГОСТ 19672—74 модуля $m = 6,19$ мм нет, поэтому в расчет принимаем $m = 6,3$ мм.

Средний делительный диаметр червячного колеса

$$d_2 = mz_2 = 6,3 \cdot 40 \text{ мм} = 252 \text{ мм}.$$

Диаметр впадин колеса $d_{f2} = m(z_2 - 2,4) = 6,3(40 - 2,4) \text{ мм} = 236,9 \text{ мм}.$

Диаметр вершин зубьев колеса (скорректированный)

$$d_{a2} = m(z_2 + 2) = 6,3(40 + 2) \text{ мм} = 264,6 \text{ мм}.$$

Шаг червячной передачи

$$p = \pi m = 3,14 \cdot 6,3 \text{ мм} = 19,78 \text{ мм}.$$

Величина хода $p_{z1} = z_1 p = 2 \cdot 19,78 \text{ мм} = 39,56 \text{ мм}$.

Высота зуба колеса $h_2 = 2,2m = 2,2 \cdot 6,3 \text{ мм} = 13,86 \text{ мм}$.

Проверяем значение наибольшего диаметра колеса. Для двухзаходного червяка $d_{a2} \leq d_{a2} + 1,5m = 264,6 + 1,5 \cdot 6,3$, что укладывается в допустимые пределы.

Находим величину условного угла охвата червяка венцом колеса:

$$\sin \nu = \frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m} = \frac{70}{84 - 0,5 \cdot 6,3} \approx 0,866,$$

откуда $\nu = 60^\circ$, а $2\nu = 120^\circ$, что находится в допустимых пределах ($90^\circ \dots 120^\circ$).

Рабочий чертеж червячного колеса. Условно червячные колеса на чертежах изображают по тем же правилам, что и цилиндрические зубчатые колеса (ГОСТ 2.402—68). Рабочие чертежи червячных колес выполняют по ГОСТ 2.406—76 и 2.407—75.

На рис. 359 выполнен сборочный чертеж составного червячного колеса, сопрягаемого с архимедовым червяком, а на рис. 360 даны рабочие чертежи венца и ступицы. Спецификация к сборочному чертежу приведена на рис. 361. Из чертежей видно, что зубья нарезают после сборки венца со ступицей, и поэтому все необходимые размеры для нарезания зубьев даны на сборочном чертеже. Чертеж червячного колеса выполняют в двух изображениях: главном изображении с полным фронтальным разрезом и местном виде на ступицу колеса со шпоночным пазом или со шлицами.

На изображении червячного колеса указывают: а) диаметр d_{a2} вершин зубьев колеса; б) наибольший диаметр колеса d_{am2} ; в) ширину зубчатого венца b_2 ; г) расстояние от средней плоскости зубчатого венца до базового торца и предельное смещение средней плоскости венца в обработке; д) данные, определяющие внешний контур зубчатого венца, например: радиус выемки поверхности вершин зубьев R_{a2} , размеры фасок или радиусы закруглений на торцевых кромках. Кроме этого, указывают шероховатость боковых поверхностей зубьев, поверхностей вершин и впадин. При необходимости дают допуск радиального биения поверхности вершин в средней плоскости колеса и биение базового торца.

В правом верхнем углу рабочего чертежа (рис. 359) помещают таблицу параметров.

Чертеж червячной передачи. На рис. 362 изображена червячная передача. Оси червяка и колеса скрещиваются под прямым углом. Для выполнения учебного чертежа червячной передачи нужно рассчитать не только геометрические, но и конструктивные элементы червяка и колеса, т. е. определить размеры обода, диска, ступицы и др. Приводим формулы для расчета элементов червячной передачи (см. рис. 356, 358):

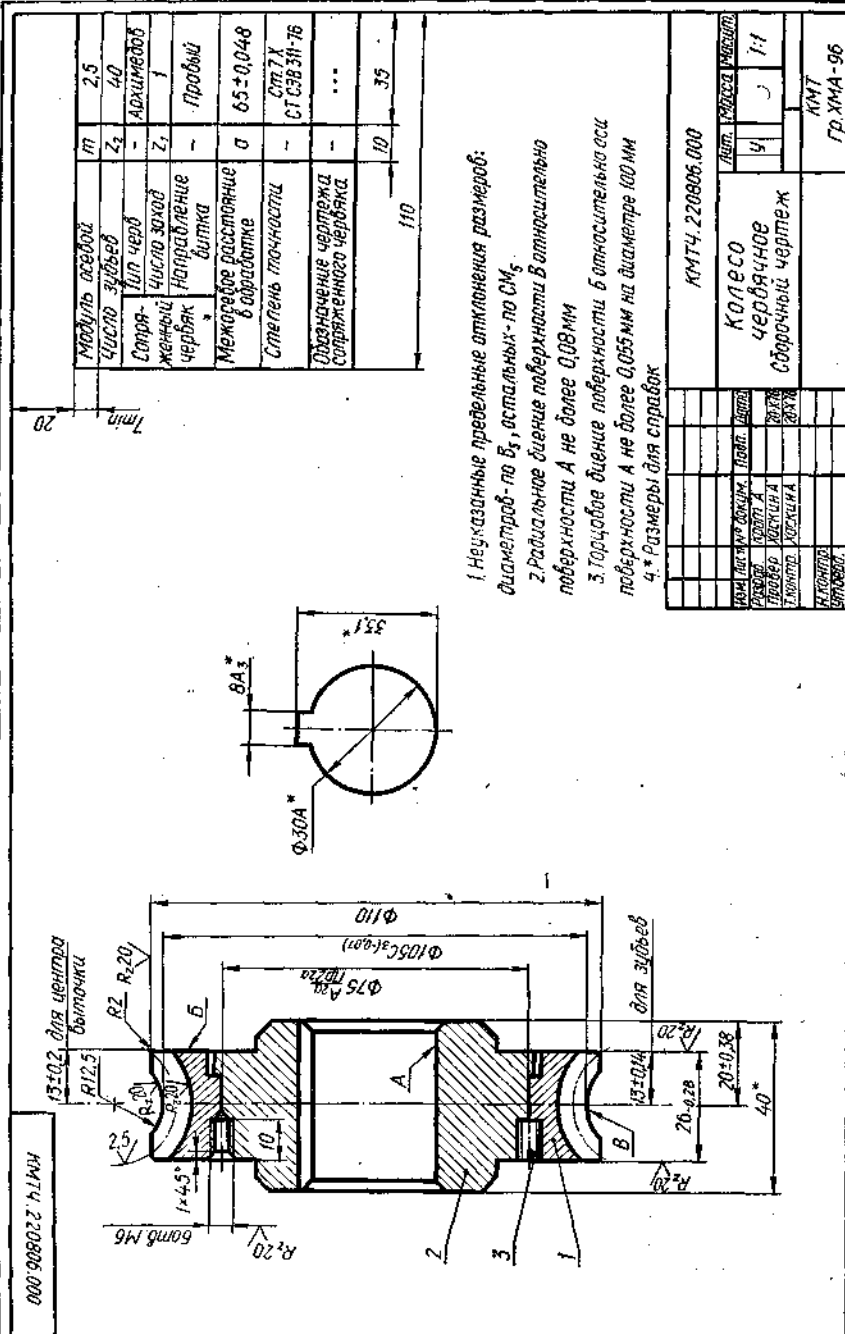
Элементы червяка —

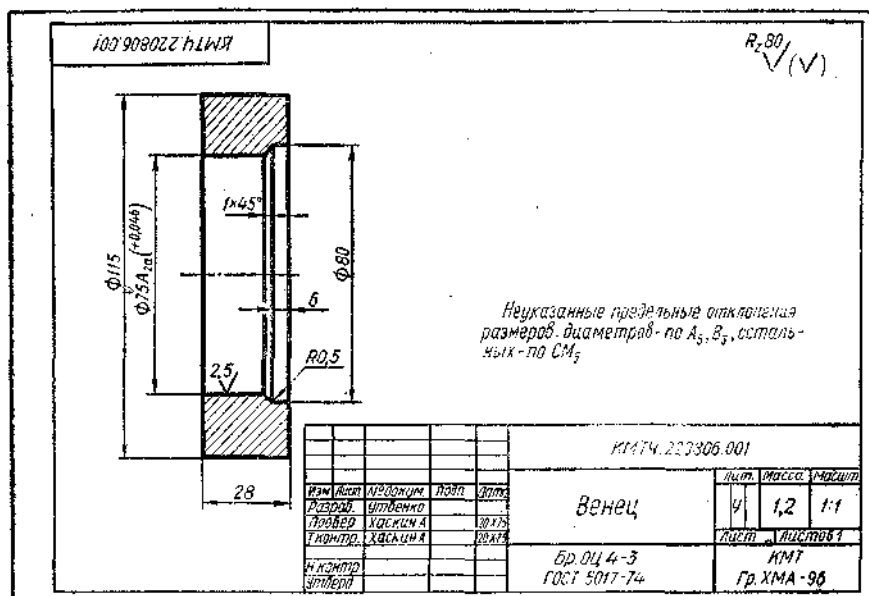
диаметр делительной окружности $d_1 = m q$ (значения q даны в табл. 34);

диаметр вершин витков червяка $d_{r1} = d_1 + 2h_{a1} = m(q + 2)$;

диаметр впадин червяка $d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = m(q - 2,4)$;

диаметр вала червяка $d_{b1} = d_{f1} - m$;





а

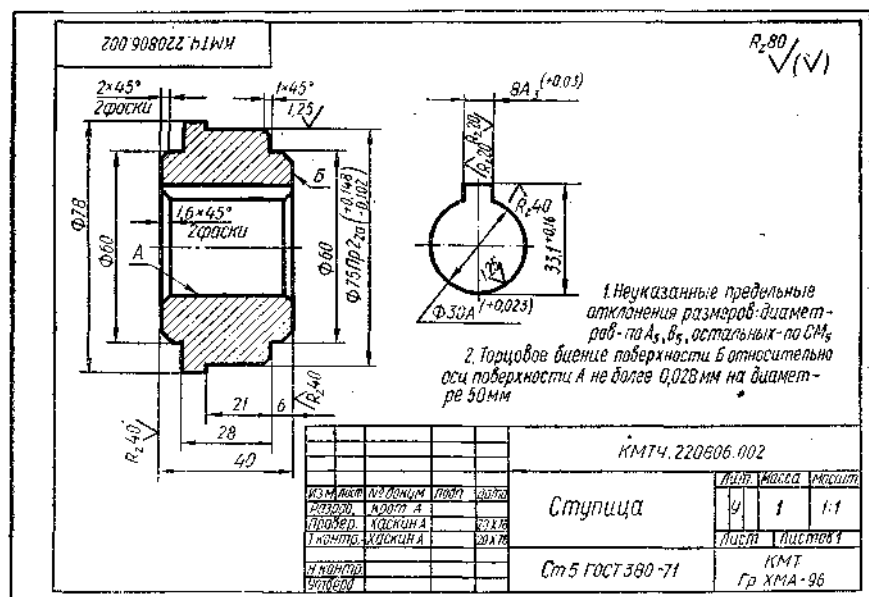


Рис. 360

б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
12			КМТЧ.220806.000.СБ	Сборочный чертеж	1	
				<u>Детали</u>		
11	1		КМТЧ.220806.001	Венец	1	
11	2		КМТЧ.220806.002	Ступица	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	3			Винт М6×12.58 ГОСТ 1479-75	6	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Колесо червячное	Лист	Лист	Листов
Разработ.	Утв.	Листов	А	20.12		4		1
Пробер.	Листов			1976				
Исполн.						КМТ Гр. ХМА-96		

Рис. 361

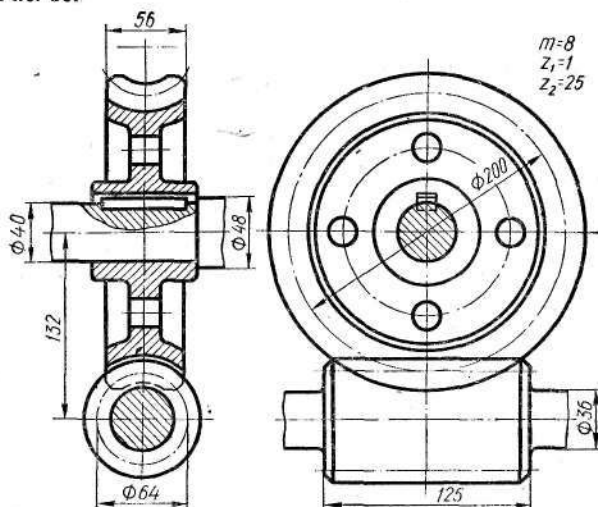


Рис. 362

длина нарезанной части червяка $b_1 \geq (11 + 0,06 z_2) m$ (при $z_1 = 1$; $z_1 = 2$).

Остальные формулы для расчета червяка см. на с. 364, 365.

Элементы червячного колеса —

делительный диаметр колеса $d_2 = m z_2$, где z_2 — число зубьев колеса;

диаметр вершин зубьев колеса $d_{a2} = m (z_2 + 2)$;

диаметр впадин колеса $d_{f2} = m(z_2 - 2,4)$;

высота зуба $h_2 = 2,2m$;

ширина венца колеса $b_2 \leq 0,75d_{a1}$;

радиус выемки поверхности вершин зубьев $R_{a2} = \frac{d_1}{2} - m$;

радиус выемки поверхности впадин зубьев $R_{f2} = \frac{d_1}{2} + 1,2m$;

толщина обода венца колеса $\delta = 2m$;

диаметр ступицы $d_{c2} = 1,8d_{a2}$;

длина ступицы $L_{c2} = 1,3b_2$;

толщина диска $k = 0,3b_2$;

диаметр центральной окружности $d_3 = 0,5(d_{a2} + d_{c2})$;

диаметр отверстий $d_4 = 0,25(d_{a2} - d_{c2})$;

радиусы переходов и фаски $R = 2 \div 3$ мм; $c = 2 \div 3$ мм;

размеры прямоугольной шпонки — по ГОСТ 8789—68;

размеры шпоночного паза — по ГОСТ 8788—68.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите основные параметры цилиндрического зубчатого колеса.
2. По каким формулам рассчитывают диаметр делительной окружности, окружности вершин и впадин цилиндрического колеса?
3. Назовите основные геометрические элементы конического колеса.
4. По каким формулам рассчитывают элементы конического колеса?
5. Назовите основные параметры червяка и червячного колеса.
6. По каким формулам рассчитывают делительный диаметр червяка и червячного колеса? диаметры вершин и впадин червяка и червячного колеса?
7. Как условно изображают на чертеже цилиндрическое зубчатое колесо? коническое колесо? цилиндрический червяк?

Упражнение. Выполните карту программированного контроля по теме «Зубчатые передачи». Правильность ответов проверьте в конце учебника.

Карта программированного контроля по теме «Зубчатые передачи»

1. По какой формуле рассчитывают диаметр впадин цилиндрического зубчатого колеса?
2. Рассчитайте диаметр окружности вершин цилиндрического зубчатого колеса, если $m = 8$, а $z = 32$.
3. Чему равен полная высота зуба цилиндрического колеса, если $m = 8$?
4. Каким типом линии условно изображают делительную окружность зубчатого колеса?
5. Диаметр впадин равен 54 мм. Число зубьев $z = 16$. Чему равен модуль цилиндрического зубчатого колеса?
6. Как называется конус, обозначенный цифрой 1 на рис. 1?
7. Как называется конус, обозначенный цифрой 2 на рис. 1?
8. Как называется угол, обозначенный цифрой 3 на рис. 1?
9. На каком чертеже (рис. 2, а—г) правильно изображено зацепление цилиндрических колес в разрезе?

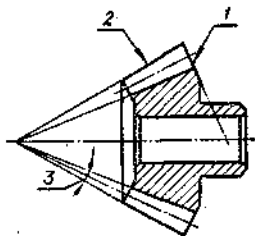


Рис. 1

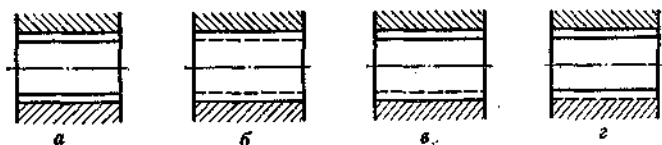


Рис. 2

10. Напишите формулу, по которой рассчитывают диаметр окружности впадин конического колеса.
11. Чему равно расстояние между центрами двух цилиндрических зубчатых колес, если $z_1 = 16$; $z_2 = 36$ и модуль $m = 6$?
12. На каком чертеже (рис. 3, а—г) правильно изображено зацепление двух цилиндрических зубчатых колес?

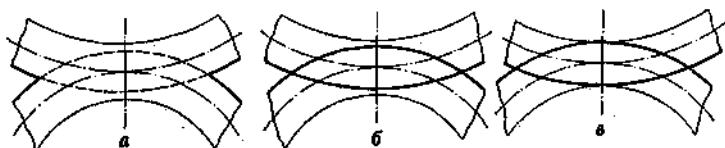


Рис. 3

§ 23. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

23.1. Общие положения

Сборочным называется чертеж, содержащий изображение изделия и другие данные, необходимые для его сборки (изготовления) и контроля.

По сборочным чертежам можно представить взаимосвязь и способы соединения деталей. Предназначаются эти чертежи для серийного или массового производства. В единичном или мелкосерийном производстве рекомендуется пользоваться *чертежами общих видов*. По этим чертежам можно представить не только взаимосвязь и способы соединения деталей, но и конструкцию каждой детали в отдельности. Чертежами общих видов пользуются для подготовки производства, разработки технологической документации, оснастки, для контроля и приема сборочных изделий. В учебной практике разработку чертежей изделий рекомендуется доводить до требований, предъявляемых к чертежам общих видов.

По ГОСТ 2.109—73 сборочный чертеж должен содержать:

- а) изображение изделия, дающее представление о расположении и взаимной связи его составных частей. Допускается помещать на чертеже схему соединения или расположения составных частей изделия;
- б) размеры с предельными отклонениями и другие параметры и требования, выполняемые и контролируемые в процессе сборки;
- в) указания о характере сопряжения разъемных частей изделия, если точность сопряжения обеспечивается не заданными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п. На чертеже могут быть

приведены указания о способе соединения неразъемных частей (сварных и др.);

г) номера позиций составных частей, входящих в изделие;

д) основные характеристики изделия;

е) габаритные, установочные, присоединительные и необходимые справочные размеры.

Чертежи общего вида должны содержать изображение изделия с его видами, разрезами, сечениями, а также текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей, принципа работы и состава изделия (ГОСТ 2.119—73).

К сборочному чертежу или к чертежу общего вида прилагается спецификация, в которую заносят составные части, входящие в изделие, и разрабатываемые к нему конструкторские документы.

В учебной практике сборочный чертеж выполняют в два этапа: 1) выполнение эскизов деталей изделия; 2) выполнение по эскизам сборочного чертежа и составление спецификации.

В дальнейшем под понятием «сборочный чертеж» будем подразумевать и чертеж общего вида изделия.

23.2. Выполнение эскизов деталей изделия

Перед тем как приступить к выполнению эскизов, нужно:

а) выяснить назначение и принцип работы изделия, изучить его конструкцию, т. е. из каких деталей изделие состоит, их назначение, способы соединения деталей между собою и т. п.;

б) определить порядок сборки и разборки изделия. Последовательность сборки рекомендуется указать в виде схемы;

в) выяснить наличие в изделии деталей, не подлежащих эскизированию, например крепежных, стандартных и т. п.;

г) составить предварительную спецификацию с указанием разрабатываемых конструкторских документов, перечислением сборочных единиц и деталей, подлежащих и не подлежащих эскизированию, и т. п.;

д) проставить в спецификации обозначение сборочных единиц и деталей (см. § 23.8).

Изучив разрабатываемое изделие, переходят к эскизированию деталей в соответствии с правилами, изложенными в § 20. Отметим некоторые дополнительные требования, учитываемые при эскизировании:

1. Выбор главного вида детали на эскизе не следует связывать с ее расположением в изделии. За главный вид принимают изображение, наиболее полно отражающее форму и размеры детали и отвечающее основной технологической операции ее изготовления.

2. Количество изображений и их разработка должны быть настолько полными, чтобы сборочный чертеж можно было выполнить по эскизам, без натурy.

3. На эскизах сопряженных деталей нужно выдерживать одинаковые номинальные размеры, так как иначе изделие нельзя будет собрать.

4. Размеры должны быть даны с предельными отклонениями в виде числовых значений или условных обозначений посадок и классов точности, обеспечивающих требуемый характер соединения деталей. Желательно указывать на эскизах предельные отклонения формы и расположения поверхностей.

5. Знаки шероховатости поверхностей зависят от условий работы и технологии изготовления деталей. Для сопряженных трущихся поверхностей, как правило, берут одну и ту же степень шероховатости.

6. Оформление эскизов должно отвечать всем требованиям, предъявляемым к рабочим чертежам (см. § 20). Эскизы брошюруют в виде тетради, на обложке которой надписывают: «Эскизы деталей ... (наименование изделия) выполнил учащийся ... группы, техникума...».

23.3. Последовательность выполнения сборочного чертежа

1. Проверяют правильность выполнения изображений, нанесения размеров, условных обозначений и т. п. на эскизах.

2. Выбирают необходимое и достаточное число изображений, с тем чтобы на сборочном чертеже была полностью раскрыта внешняя и внутренняя форма изделия.

3. В зависимости от сложности изделия и его габаритных размеров устанавливают масштаб чертежа и выбирают формат бумаги в соответствии с ГОСТ 2.301—68. Наносят рамку чертежа и выделяют место для основной надписи.

4. Намечают габаритные прямоугольники для размещения изображений и проводят оси симметрии.

5. Наносят контур основной детали изделия. Намечают необходимые разрезы, сечения, дополнительные изображения. Вычерчивание рекомендуется вести одновременно на всех принятых основных изображениях изделия.

6. Вычерчивают остальные детали, причем в той последовательности, в которой собирают изделие. Выполняют на сборочном чертеже разрезы, сечения, выносные элементы и т. п.

7. Проверяют выполненный чертеж, обводят линии видимого и невидимого контуров, заштриховывают разрезы и сечения.

8. Проводят размерные и выносные линии и проставляют размерные числа.

9. На листе отдельного формата выполняют спецификацию изделия.

10. Наносят нумерацию позиций деталей изделия.

11. Заполняют основную надпись, указывают технические требования или техническую характеристику изделия.

В случае необходимости на чертеже указывают обозначения посадок в ответственных сопряжениях, требования к обработке деталей в процессе сборки изделия или после его сборки, характер сопряжения разъемных и неразъемных частей и методы обеспечения контроля этих сопряжений, изображение контуров пограничных деталей, подвижных частей в крайних или промежуточных положениях и др.

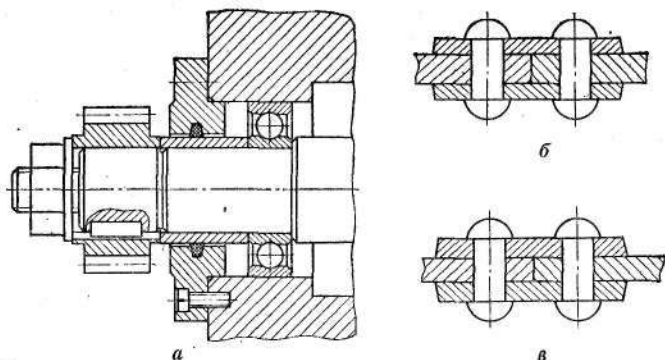


Рис. 363

23.4. Выбор количества изображений на сборочном чертеже

Изображения на сборочном чертеже должны давать полное представление о принципе работы изделия и о способах соединения или сопряжения его частей и деталей. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) зависит от сложности конструкции; оно должно быть минимальным, но достаточным для полного представления об устройстве изделия. Учебные чертежи чаще всего выполняют в двух или трех основных изображениях, применяя простые и сложные, полные и местные разрезы.

Если деталь или изделие проецируется в форме симметричной фигуры, рекомендуется в одном изображении соединять половину вида с половиной соответствующего разреза. На сборочных чертежах широко используется правило о том, что винты, болты, шпильки, штифты, шпонки, шатуны, гайки и т. п. детали в продольном разрезе показывают нерассеченными (рис. 363, а). Такие элементы, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п., рассекают, но показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (ГОСТ 2.305—68).

Штриховку одной и той же детали в разрезах на разных изображениях выполняют в одну и ту же сторону, выдерживая одинаковое расстояние между линиями штриховки. Штриховку смежных деталей из одного материала разнообразят изменением направления, сдвигом штрихов или изменением расстояния между штрихами (рис. 363, б, в).

23.5. Размеры на сборочных чертежах

На сборочном чертеже изделия проставляют:

1. *Габаритные размеры*, характеризующие высоту, длину и ширину изделия или его наибольший диаметр. Если один из этих размеров переменный вследствие перемещения частей механизма, то на чертеже указывают размеры при крайних положениях подвижных деталей.

2. *Монтажные размеры*, указывающие на взаимосвязь деталей и их взаимное расположение в сборочной единице, например: расстояние

между осями валов, расстояние от оси изделия до привалочной плоскости, монтажные зазоры и т. п.

3. *Установочные размеры*, определяющие величину элементов, по которым изделие устанавливается на месте монтажа или присоединяется к другому изделию, например: размеры центровых окружностей и диаметры отверстий под болты, расстояния между отверстиями для крепления, между осями фундаментных болтов и т. п.

4. *Эксплуатационные размеры*, указывающие на расчетную и конструктивную характеристику изделия, например: диаметры проходных отверстий, размеры резьбы на присоединительных штуцерах, размеры «под ключ», число зубьев, модули и т. п.

В случае необходимости конструктор проставляет на чертеже изделия некоторые характерные конструктивные или расчетные размеры, чтобы сверить их с размерами, представленными на чертежах деталей. Размеры отдельных деталей или их элементов на сборочном чертеже, как правило, не проставляют, так как на сборку идут готовые детали. Размеры габаритные, установочные, присоединительные, эксплуатационные и размеры, характеризующие положения движущихся частей изделия, относятся к справочным и проставляются со звездочкой*.

На сборочном чертеже указывают размеры отверстий под болты, винты, штифты, заклепки, если эти отверстия выполняют в процессе сборки.

23.6. Номера позиций

Все составные части изделия на сборочном чертеже нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации сборочной единицы, т. е. вначале заполняют спецификацию, а потом номера позиций переносят на сборочный чертеж изделия. Номера позиций показывают на тех изображениях, где данная составная часть изделия проектируется как видимая, отдавая при этом предпочтение основным видам или размещенным на их месте разрезам.

Указывают номера позиций на полках линий-выносок, которые выполняют тонкими сплошными линиями и заканчивают на изображении детали утолщением в форме точки. Располагают номера позиций параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют их в строчку или в колонку по возможности на одной линии (ГОСТ 2.109—73).

Номера позиций проставляют на чертеже, как правило, лишь один раз. Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых частей изделия. Размер шрифта, которым выполняют номера позиций, должен быть на один-два номера больше размера шрифта, принятого на чертеже для размерных чисел. Линии-выноски не должны пересекаться между собою и по возможности не должны быть параллельными линиям штриховки разрезов и сечений.

Допускается проводить общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы крепежных деталей (болт, гайка, шайба), относящихся к одному и тому же месту крепления

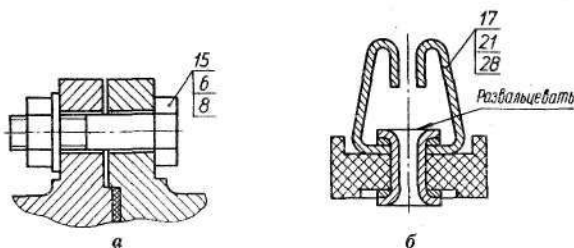


Рис. 364

(рис. 364, а), и для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, если линию-выноску от каждой составной части провести невозможно. В этих случаях линию-выноску отводят от закрепляемой составной части (рис. 364, б).

23.7. Спецификация

Спецификация — это документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и необходимый для комплектования и изготовления конструкторских документов и для запуска изделия в производство.

Составляют спецификацию (ГОСТ 2.108—68) на каждую сборочную единицу на отдельных листах формата 11 (рис. 365). Если сборочный чертеж выполнен на листе формата 11, допускается совмещать спецификацию с чертежом.

В общем случае спецификация состоит из таких разделов: 1) документация; 2) комплексы; 3) сборочные единицы; 4) детали; 5) стандартные изделия; 6) прочие изделия; 7) материалы; 8) комплекты. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают. На учебных чертежах чаще всего встречаются разделы 1); 3); 4); 5); 6) и 7).

В раздел «Документация» вносят документы, составляющие основной комплект конструкторских документов на специфицируемое изделие, кроме его спецификации. Документы записывают в последовательности, указанной в ГОСТ 2.102—68, например: сборочный чертеж, чертеж общего вида, монтажный чертеж, схема, пояснительная записка и т. д.

В раздел «Сборочные единицы» вносят сборочные единицы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. На них составляют самостоятельные сборочные чертежи со своей спецификацией.

В раздел «Детали» записывают нестандартные детали, непосредственно входящие в изделие. Запись производится в алфавитном порядке следования начальных знаков (букв) индексов организаций-разработчиков и далее в порядке возрастания цифр, входящих в обозначение.

В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия, примененные по государственным стандартам (ГОСТам), республиканским и отраслевым стандартам и стандартам предприятий. В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам изделий,

[illegible]

Рис. 365

объединенных по их функциональному назначению (например, подшипники, крепежные изделия, электротехнические изделия и т. п.), в пределах каждой группы — в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования — в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделий. Например, группу крепежных изделий записывают в спецификацию в такой последовательности: 1) болты; 2) винты; 3) гайки; 4) шайбы; 5) шпильки и т. д. В пределах наименования болты, например, записывают в порядке возрастания номеров их стандартов, а в пределах

дного и того же номера стандарта — в порядке возрастания значений наметров и длин болтов.

В раздел «Материалы» вносят только материалы, непосредственно ходящие в специфицируемое изделие. Записывают их в такой последовательности: 1) черные металлы; 2) цветные металлы; 3) пластмасы; 4) бумажные и текстильные материалы; 5) резиновые и кожевенные материалы; 6) лаки и краски и т. д. В спецификацию не записывают такие материалы, как, например, лаки, краски, клей, смазки, рипой, электроды и др., количество которых определяется не конструктором, а технологом. Указание о применении таких материалов дают в технических требованиях чертежа.

Рассмотрим, как заполняют графы спецификации (рис. 365):

1. В графе «Формат» указывают размер формата, на котором выполнен чертеж детали или иной конструкторский документ. Графу не заполняют для разделов «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы». Для деталей, на которые не выpuщeны чертежи, в графе указывают: «БЧ».

2. В графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции записываемой составной части изделия. Графу заполняют в том случае, если чертеж разделен на зоны.

3. В графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей изделия в последовательности записи их в спецификации. Для разделов «Документация» и «Комплекты» графу не заполняют.

4. В графе «Обозначение» указывают обозначение конструкторского документа (см. § 23.8). Не заполняют эту графу для разделов «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы».

5. В графе «Наименование» указывают:

а) для документов, входящих в основной комплект документов специфицируемого изделия, — только их наименование, например: «Сборочный чертеж», «Схема», «Технические условия» и т. п.;

б) для сборочных единиц и деталей — их наименование в соответствии с основной надписью на чертежах этих изделий. Для деталей, на которые не выpuщeны чертежи, указывают их наименование, материал, а также размеры, необходимые для их изготовления;

в) для стандартных изделий и материалов — их наименования и условные обозначения в соответствии со стандартами или техническими условиями.

6. В графе «Кол.» указывают количество составных частей, входящих в одно изделие, а для материалов — количество материала на одно изделие с указанием единицы величины.

7. В графе «Примечание» указывают дополнительные сведения, относящиеся к изделиям, документам, материалам, внесенным в спецификацию.

После каждого раздела спецификации оставляют несколько свободных строк.

На рис. 368 (см. ниже) дан пример развернутой спецификации изделия.

23.8. Обозначение чертежей

Первые четыре знака общей структуры обозначения чертежей (рис. 366) определяют индекс организации-разработчика. Этот индекс может состоять из букв или из букв и цифр.

Последующие шесть знаков дают классификационную характеристику изделия, определяемую по классификатору. Первые два знака в этой характеристике (1) указывают класс изделия определенной отрасли техники по предметно-отраслевому принципу. Третий знак (2) означает подкласс, далее следует группа (3), подгруппа (4) и вид изделия (5). Для обозначения подклассов принята следующая условность: цифрой «0» обозначают документацию, цифрой «1» — комплексы, «2...6» — сборочные единицы и комплекты, цифрами «7...9» — детали. Следовательно, классификационная шестизначная характеристика определяет предмет до его вида. Обозначение каждого конкретного изделия, модели, типоразмера определяется тремя последними знаками, указывающими на регистрационный номер изделия. Этот номер проставляется предприятием-изготовителем.

Для указания конструкторских документов (кроме чертежей деталей и спецификаций) дополнительно проставляют цифр документа, например: «СБ» — сборочный чертеж; «ВО» — чертеж общего вида; «ЭО» — электросхема общая; «ПЗ» — пояснительная записка и т. д.

Примеры обозначений: АБВГ. 743835. 926 СБ; АГБВ. 176275.349.

Для учебных чертежей рекомендуется следующая система составления обозначения: вместо индекса организации-разработчика указывают сокращенное обозначение техникума и букву «Ч», означающую «Черчение»; в знаках, отведенных для классификационной характеристики изделия, указывают номер темы, вариант задания и номер графической работы по программе, утвержденной МВ и ССО СССР. Свободные знаки заполняют цифрами «0». Например, обозначение «КМТЧ. 220806. 000» означает «Киевский механический техникум, черчение, тема 22 — зубчатые передачи, вариант 8-й, номер графической работы по программе 6-й». Номер темы может быть взят по данному учебнику или по программе курса черчения. Для эскизов деталей к сборочным чертежам и для выполнения рабочих чертежей деталей по сборочному чертежу в последних трех знаках дополнительно указывают номер листа чертежа, например: «КМТЧ. 231208. 003».

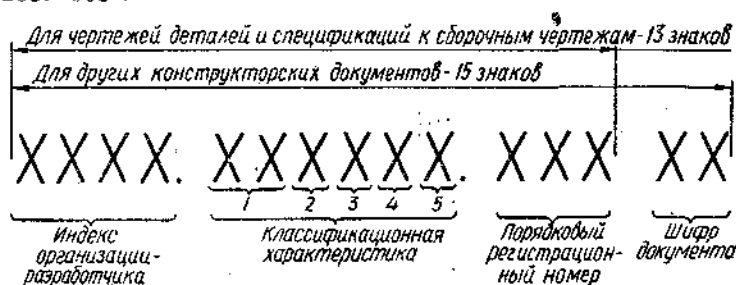
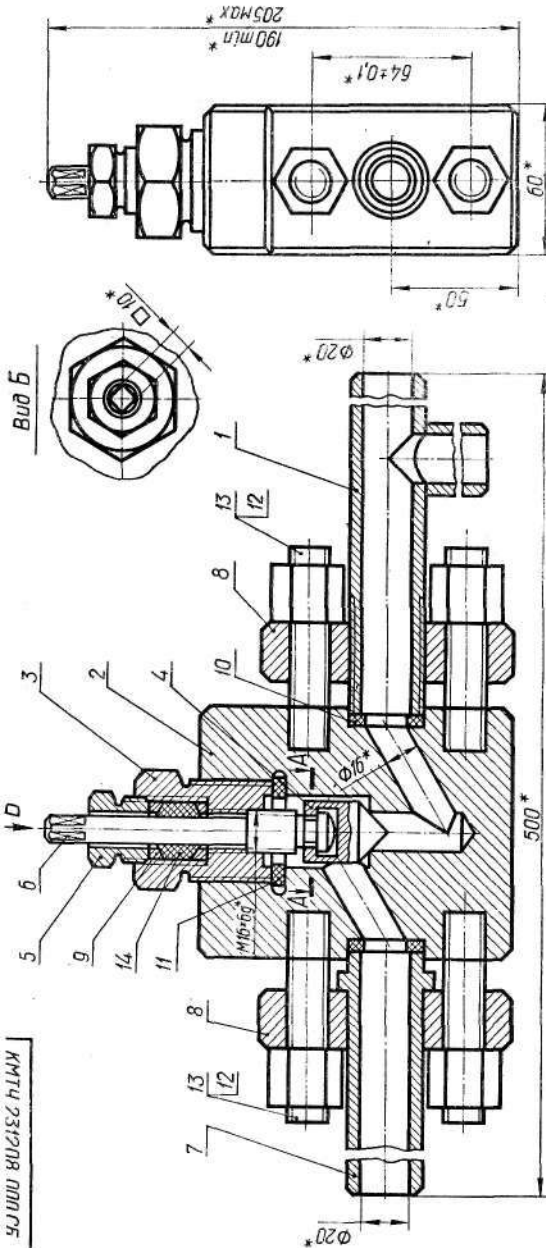
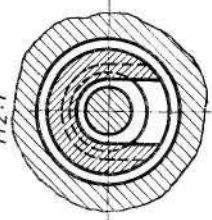


Рис. 366



1. Вентиль подвергнуть гидравлическому испытанию при давлении 300 кгс/см²
2. * Размеры для справок

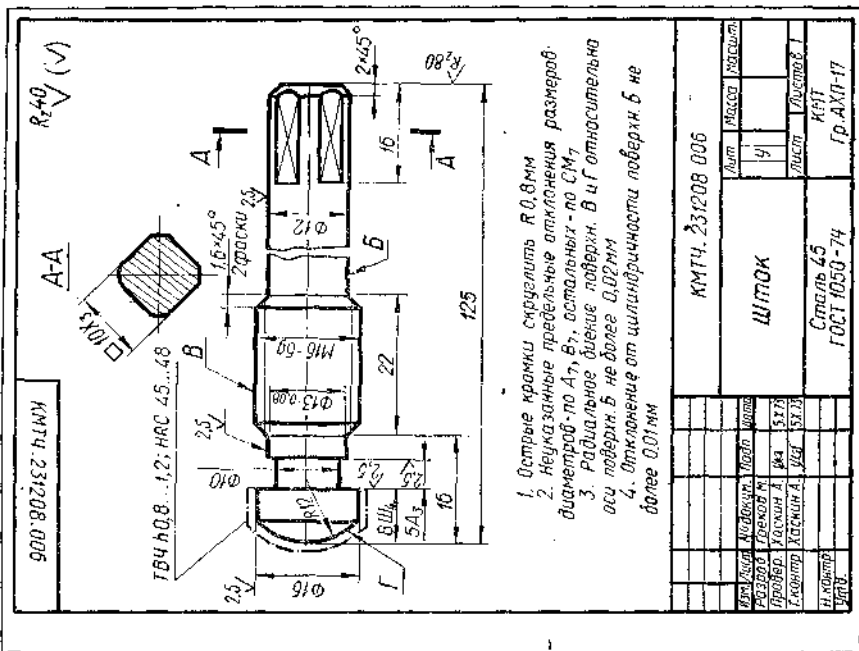
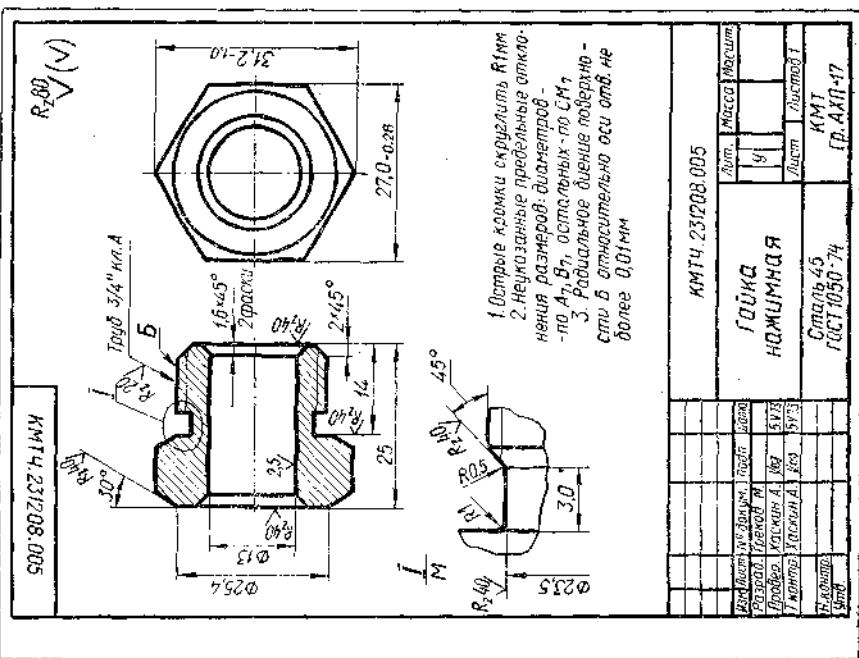
A-A
M2:1



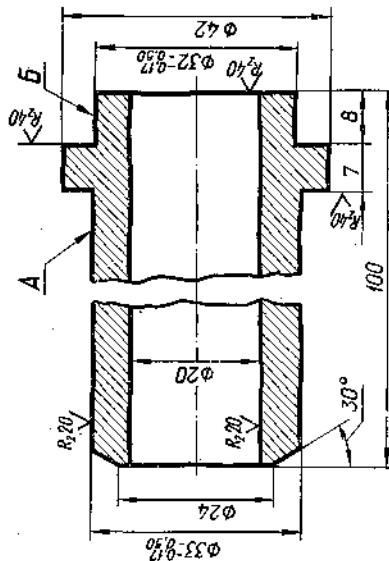
КМТЧ 231208 000 С5				Вентиль запорный (p=200 кгс/см ²)		сборочный чертеж		КМТ Гр. АХП-17	
Черт. лист	№ докум.	подп.	даты	Уч.	Масса	Масштаб	Лист	Листов	Г
Борисов	Григорьев	И.	15.11.78			1:1			
Проверен	Усачкина	И.	15.11.78						
У. конструктор	Усачкина	И.	15.11.78						
Н. конструктор									
Утв.									

Код	Знак	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
11			КМТ4.231208.000сб	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
11	1		КМТ4.231208.020	Тройник	1	
				<u>Детали</u>		
12	2		КМТ4.231208.002	Корпус	1	
11	3		КМТ4.231208.003	Крышка	1	
11	4		КМТ4.231208.004	Клапан	1	
11	5		КМТ4.231208.005	Гайка нажимная	1	
11	6		КМТ4.231208.006	Шток	1	
11	7		КМТ4.231208.007	Штуцер	1	
11	8		КМТ4.231208.008	Фланец	2	
11	9		КМТ4.231208.009	Грундбукса	2	
64	10		КМТ4.231208.010	Прокладка 32/16×2	2	D/d×S
				Паронит ПОН ГОСТ 481-71	0,02	кг
64	11		КМТ4.231208.011	Прокладка 40/28×3	1	D/d×S
				Паронит ПОН ГОСТ 481-71	0,025	кг
				<u>Стандартные изделия</u>		
	12			Гайка М12.5 016 ГОСТ 15525-70	4	
	13			Шпилька М16×60.58 40Х.016	4	
				ГОСТ 22036-76		
				<u>Материалы</u>		
	14			Шнур асбестовый Ф5	0,04	кг
				ГОСТ 1779-55		
КМТ4.231208.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист
Разработ.		Г.Рогов М.			У	Листов
Провер.		Хаскин А.		5.V.75		
Инж. контрол.						
Второй						
Вентиль запорный					КМТ Гр. АХП-17	

Рис. 368



КМТЧ.231208.007

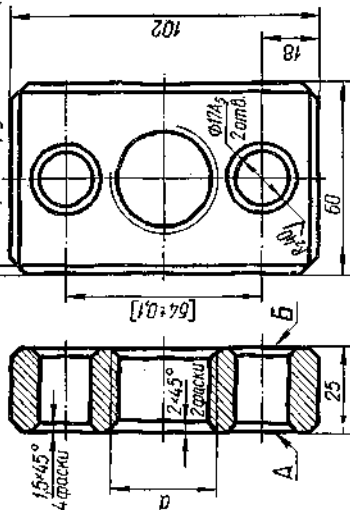
R₈₀ (V)

1. Острые кромки скруглить R 0,8 мм
2. Неуказанные предельные отклонения размеров — по А₇, В₇, остальные — по СМ₇
3. Радиальное биежение поверхн. А и В относительно осей отб. не более 0,02 мм

КМТЧ.231208.007		Штуцер		Ст 3 ГОСТ 380-71		КМТ		Гр. АХП-17	
Мат. лист	№ докум.	Подл.	Допл.	Разработ.	Провер.	Т. контрол.	Листов	Листов	Листов
Резерв.	Техн. А.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.
В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.

Рис. 374

КМТЧ.231208.008

R₈₀ (V)

Обозначение	д мм	Шероховатость поверхн. д	После- чанье
КМТЧ.231208.008-01	33 А ₇	R _{3,2}	без резьбы
КМТЧ.231208.008-02	Труб. 1" х 1/4"	R _{3,2}	с резьбой

1. Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет. КМТЧ.231208.002.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров — по А₇, В₇, остальные — по СМ₇
3. Отклонение от параллельности поверхн. А и В не более 0,1 мм

КМТЧ.231208.008		Фланец		Сталь 35 ГОСТ 1050-74		КМТ		Гр. АХП-17	
Мат. лист	№ докум.	Подл.	Допл.	Разработ.	Провер.	Т. контрол.	Листов	Листов	Листов
Резерв.	Техн. А.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.
В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.	В. В.

Рис. 375

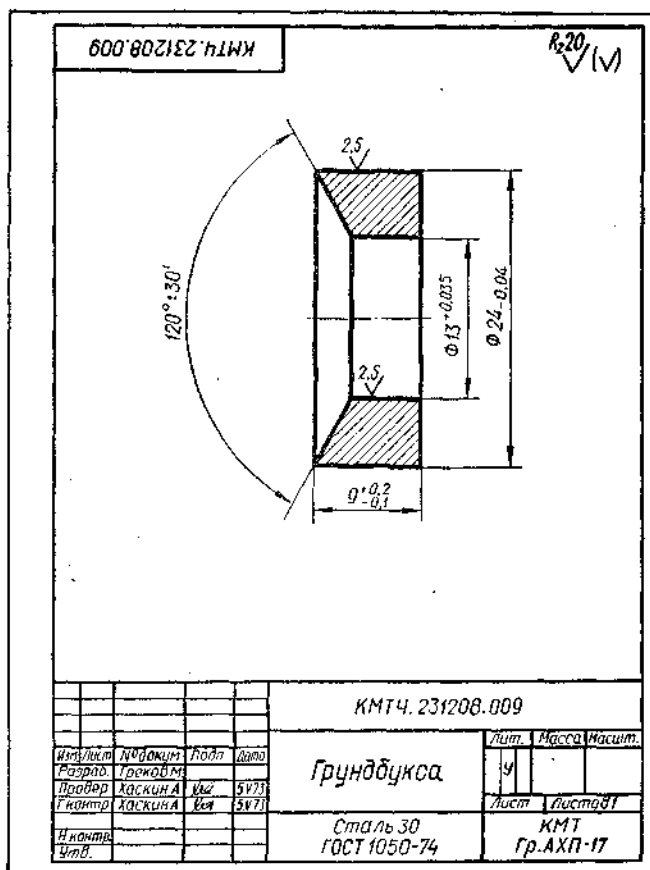


Рис. 376

23.9. Пример выполнения сборочного чертежа вентиля

Запорный вентиль (рис. 367) рассчитан на давление 200 кгс/см². Вентиль предназначен для подачи эмульсии к гидравлическому прессу. Перекрывается вентиль винчиванием штока 6 с клапаном 4, сидящим на конце штока, в резьбу на крышке 3. Уплотнение штока достигается набивкой 14, которая поджимается двумя грундбуксами 9 и нажимной гайкой 5. Эмульсия подводится к вентилу по тройнику 1, закрепленному на резьбе к фланцу 8. Фланец соединяется с корпусом двумя шпильками 13 и двумя гайками 12. Эмульсия вытекает через штуцер 7, соединенный с корпусом при помощи фланца 8.

Последовательность сборки вентиле такова. Вначале собирают крышку 3; для этого в крышку винчивают шток 6, вставляют в сальниковую камеру грундбуксу 9, укладывают набивку 14, вставляют вторую грундбуксу и все это поджимают гайкой 5; на нижний цилиндрический конец штока крепят клапан 4. Собирая корпус, завинчивают в гнезда с резьбой четыре шпильки 13 и вставляют в пазы прокладки 10, изготовленные из паронита. Завинчивают в корпус собранную крышку и с помощью гаек 12 крепят к корпусу фланцы с тройником и штуцером.

На рис. 369—376 изображены эскизы всех нестандартных деталей, на рис. 367—сборочный чертеж вентиле, а на рис. 368 — его спецификация.

23.10. Некоторые особенности выполнения сборочных чертежей

1. На сборочных чертежах указывают предельные отклонения размеров для таких сопряженных деталей, окончательную обработку и подгонку которых выполняют в процессе сборки. Запись может быть дана в виде условного обозначения (в числителе поле допусков отверстия, а в знаменателе — поле допусков вала — рис. 377, а) либо указанием числовых значений предельных отклонений. Можно указывать позиции деталей, к которым относятся эти отклонения (рис. 377, б).

На рис. 377, в дан пример нанесения предельных отклонений для кривошипно-ползунного механизма. Примеры чтения записей: $\varnothing 25 \frac{A}{\text{Пр } 1_3}$ — сопряжение втулки с шатуном выполнено по первой пресовой посадке 3-го класса точности в системе отверстия; $\varnothing 35 \frac{A}{X}$ — сопряжение кривошипа со втулкой выполнено по ходовой посадке 2-го класса точности в системе отверстия и т. д.

2. Перемещающиеся части изделия на сборочных чертежах допускается изображать тонкой штрих-пунктирной линией в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами, характеризующими эти положения (рис. 378, а, б).

3. На сборочном чертеже изделия допускается помещать изображение пограничных (соседних) изделий (так называемую «обстановку»

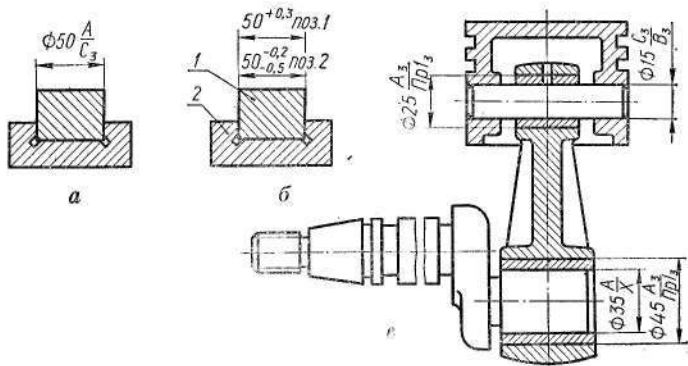


Рис. 377

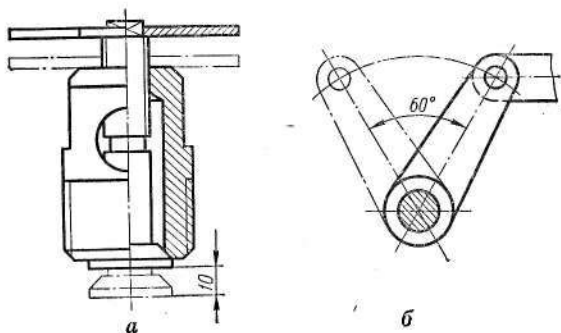


Рис. 378

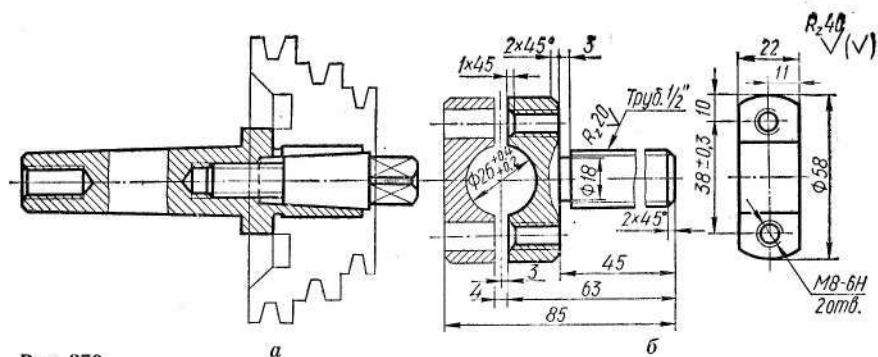


Рис. 379

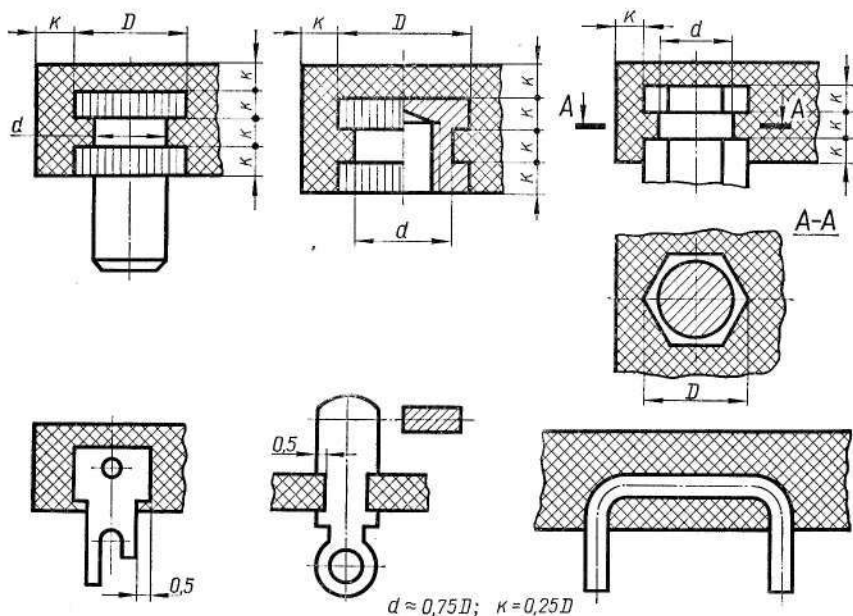
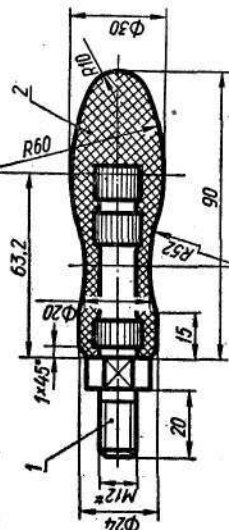


Рис. 380

ку») и указывать размеры, определяющие их взаимное положение. Части изделия, расположенные за обстановкой, изображаются как видимые. Предметы «обстановки» выполняют упрощенно тонкой сплошной линией и приводят необходимые данные, определяющие место установки, крепления и т. п. На рис. 379, а показан контур детали, закрепленной в приспособлении, а на рис. 379, б пограничной деталью является крышка кронштейна доводочного станка.

4. В современной промышленности многие изделия изготавливают наплавкой на деталь металла или сплава, заливкой поверхности или элементов детали металлом, сплавом, пластмассой, резиной и т. д. (рис. 380). На чертежах этих сборочных единиц указывают размеры поверхностей или элементов, идущих под наплавку или заливку,

90 000 018082 711M1



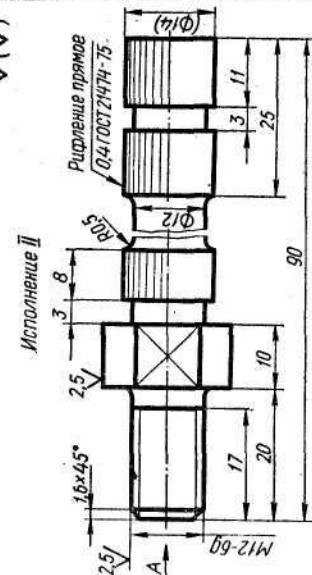
1. Уклон сферообразующих поверхностей 1:100
 2. Радиусы скруглений острых кромок и угол $R0,8\text{мм}$
 3. Облой зачистить до $R2,0$
 4. Трещины, отслоения, раковины и другие дефекты не допускаются
 5. *размеры для справок

Формы Зон	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
11		КМТЧ.230810.000СБ	Документация		
11	1	КМТЧ.230810.001	Детали		
64	2		Материалы		
			Пластмасса - Волокнист		
			ВП-1 ГОСТ 5689-73	0,07	к2
КМТЧ.230810.000СБ					
Ручка					
II 90×20 МН4-64					
Сборочный чертеж					
Лист 1 Листов 2					
КМТ					
Гр. АХП-19					

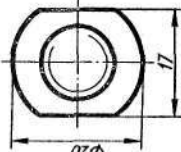
Рис. 381

100 0180810 001

R240



Вид А



1. Острые кромки скруглить $R0,8\text{мм}$
 2. Неукрепленные предельные отклонения
 размеров: диаметр - по В, остальные - по СМ,
 3. Лакокрасочная поверхность стержня без
 резьбы - Хим. Окс. м. ГОСТ 9.073-77
 4. Размер в скобках - до накатки

КМТЧ.230810.001					
Стержень					
II 90×20/1 МН4-64					
Лист 2 Листов 2					
КМТ					
Гр. АХП-19					

Рис. 382

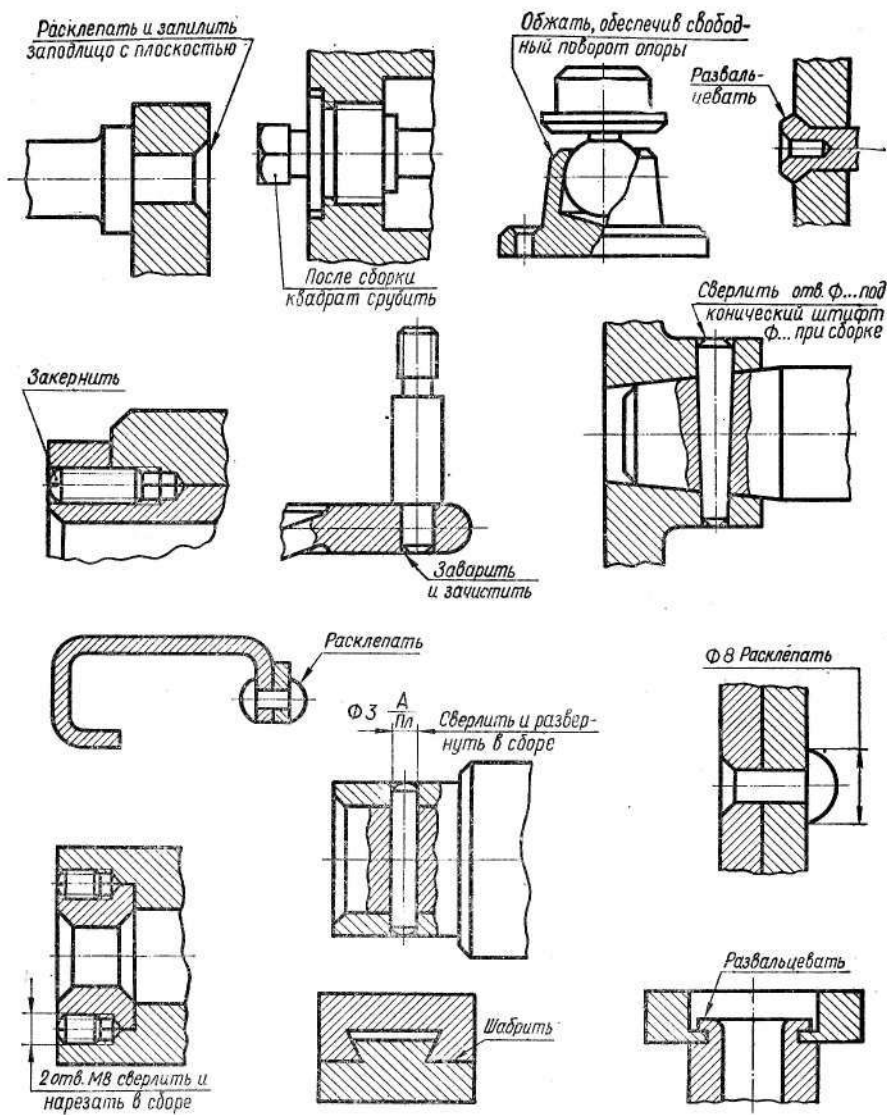


Рис. 383

размеры готового изделия, данные о материале и др. В спецификации к чертежу металл, сплав, пластмассу, резину записывают как материал с указанием в графе «Кол.» их массы. На рис. 381 дан пример оформления чертежа армированного изделия — ручки, а на рис. 382 выполнен рабочий чертеж стержня этой ручки.

5. На сборочных чертежах индивидуального производства можно показывать данные о подготовке кромок под сварку, пайку либо на самом изображении, либо в виде выносного элемента.

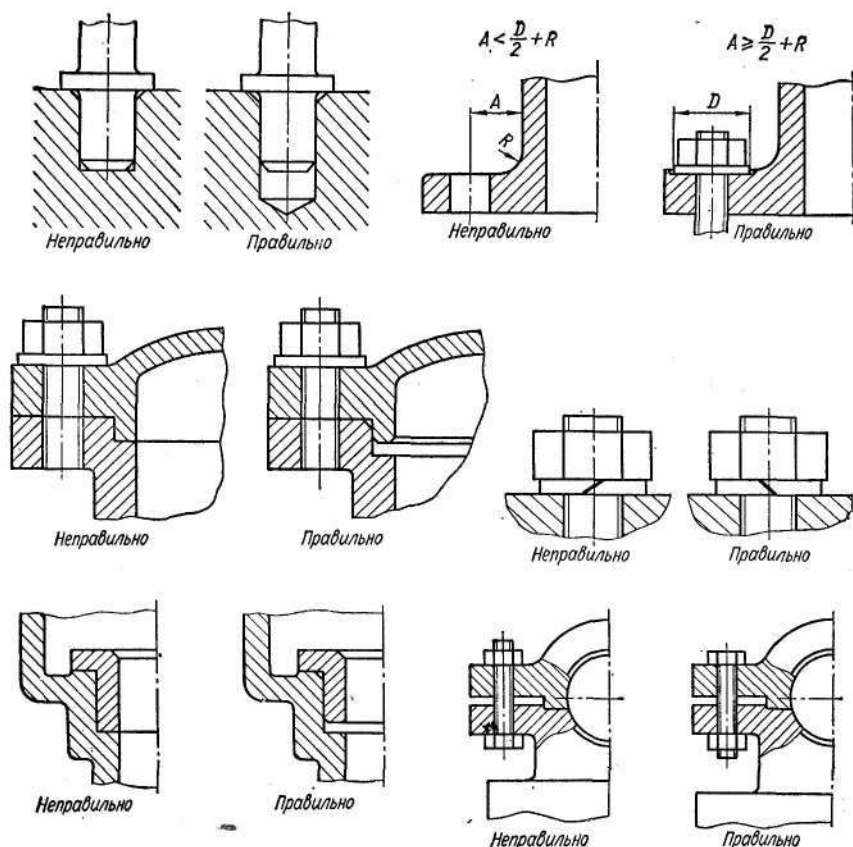


Рис. 384

6. В процессе сборки выполняют 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 чертежах делают текстовые надписи, подобные изображенным на рис. 383.

7. На рис. 384 даны примеры правильного и неправильного выполнения некоторых конструктивных элементов, встречающихся на сборочных чертежах.

23.11. Условности и упрощения на сборочных чертежах

1. Допускается не показывать на сборочных чертежах:

а) фаски, скругления, проточки, выступы, углубления, рифления, уклоны и другие мелкие элементы;

б) зазоры между резьбовым стержнем и отверстием;

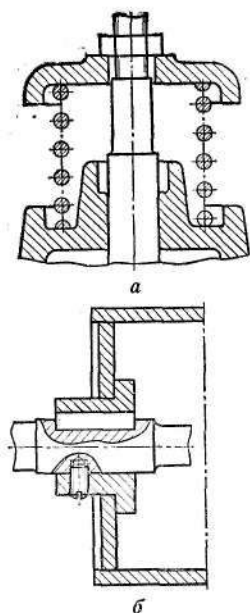


Рис. 385

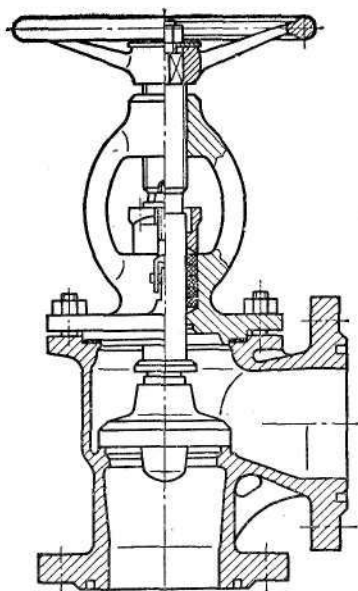


Рис. 386

в) крышки, перегородки, щитки и т. п., если нужно показать закрытые ими части изделия. В этом случае над изображением помещают надпись типа «Крышка поз. 5 не показана»;

г) видимые части изделия, расположенные за сетками или частично закрытые впереди расположенными деталями;

д) надписи на табличках, фирменных планках, шкалах и т. п., изображая только контур планки, таблички и т. п.

2. Изделия из прозрачных материалов на сборочных чертежах изображают как непрозрачные; допускается показывать как видимые элементы, расположенные за прозрачными предметами, например: стрелки приборов, шкалы, внутреннее устройство ламп и др.

3. Части изделия, лежащие за винтовой пружиной, изображают лишь до зоны, ограниченной осевыми линиями сечений витков (рис. 385, а).

4. Составные части изделия, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи, на сборочном чертеже допускается изображать без разреза (например, изображение клапана на рис. 386).

5. Если изделие включает несколько одинаковых составных частей, например колес, катков и т. п., допускается выполнять полное изображение лишь одной части, а остальные изображать упрощенно в виде внешних очертаний.

6. Сварные, паяные, клееные изделия в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях заштриховывают как одно монолитное тело (рис. 385, б).

23.12. Изображение типовых составных частей изделий

Сальниковые соединения создают герметичность при уплотнении отверстий, через которые проходят движущиеся части механизмов — валы, штоки, тяги и т. п. Сальниковое уплотнение состоит из крышки сальника или втулки, набивки и крепежных деталей (рис. 387). В качестве набивки употребляют асбестовый шнур, графитовую набивку в виде шнура, металлическую набивку с пружинами особой конструкции и др. Набивку закладывают в кольцевое пространство сальниковой камеры и прижимают крышкой сальника. Набивка плотно прилегает к цилиндрической поверхности вала или штока. Чтобы набивка не продавливалась через зазор между крышкой и валом, закладывают специальное кольцо — грундбуксу. Для затягивания крышки сальника употребляют шпильки или закладные болты (рис. 387, а) и откидные болты. На рис. 387, б набивка сжимается втулкой сальника при помощи накидной гайки, а на рис. 387, в — при помощи гайки-втулки.

Изображая сальниковое устройство, применяют некоторые условности: а) сальниковую крышку или втулку изображают невставленной в сальниковую камеру; б) в разрезах набивку или не показывают, или заштриховывают как неметаллические материалы; в) поверхности, прижимающие набивку, должны иметь коническую форму, чтобы обеспечить прижатие набивки к поверхности вала; г) между цилиндрическими поверхностями штока и сальниковой камеры оставляют зазор.

Крепления клапанов. На рис. 388 изображены различные случаи крепления клапана к штоку. Во всех случаях обеспечивается свободное вращение штока, т. е. крепление не должно быть жестким (должен быть небольшой люфт). Это создает надежное прилегание клапана к гнезду. На рис. 388, а клапан обжат по головке штока, на рис. 388, б крепление выполнено при помощи нажимной гайки, а на рис. 388, в клапан крепится к штоку проволоочной скобой.

Подшипниками называют опоры валов и осей. Их разделяют на подшипники скольжения и качения. При изображении на чертеже под-

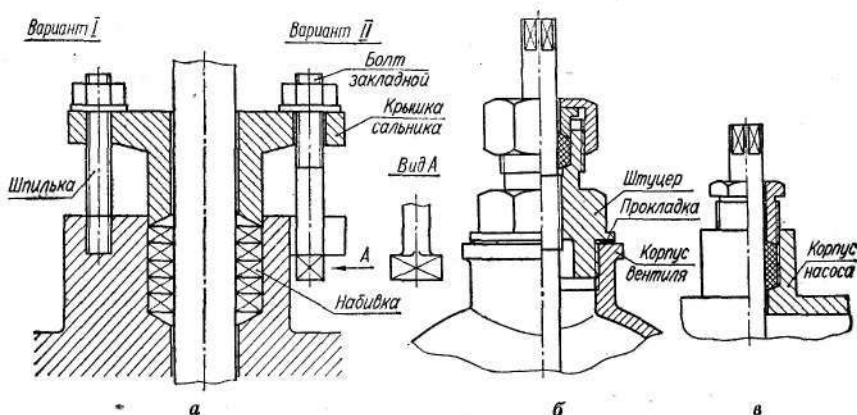


Рис. 387

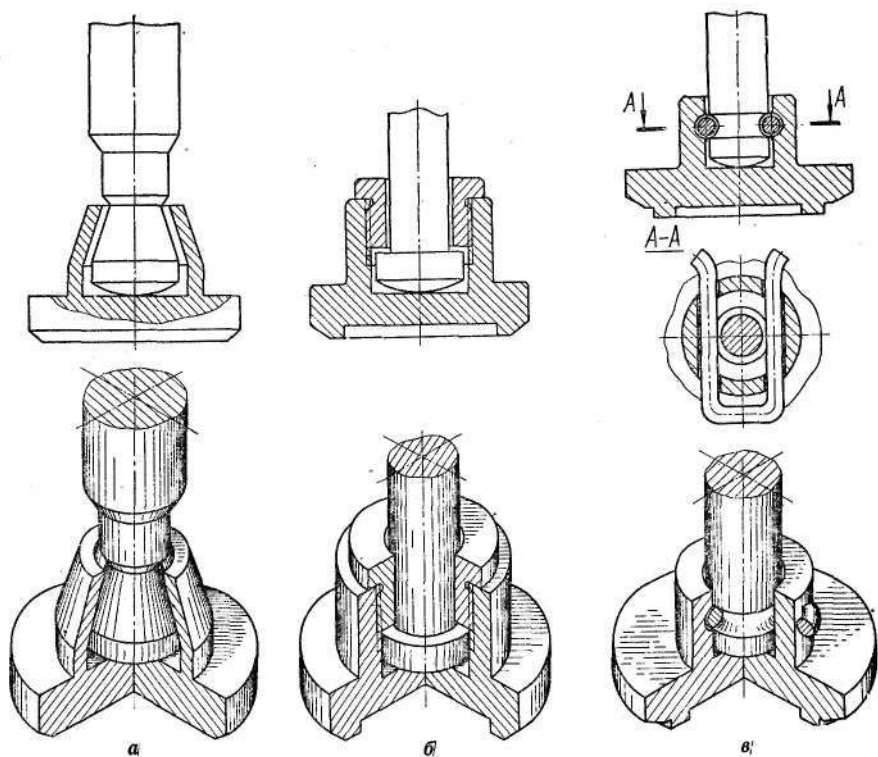


Рис. 388

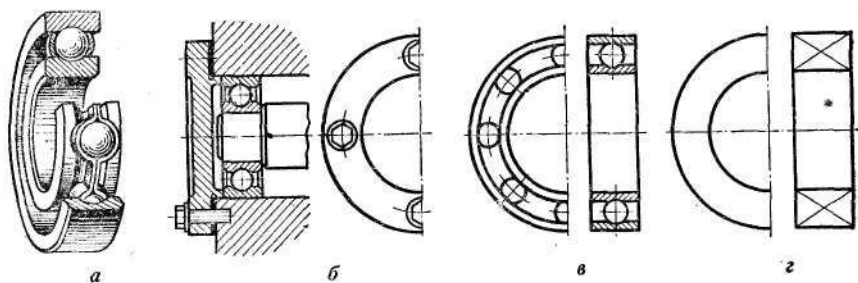


Рис. 389

шипников скольжения следует обратить внимание на крепление вкладышей в корпусе подшипника и способ подачи масла к трущимся поверхностям. Подшипники качения (рис. 389, а) состоят из двух закаленных колец — наружного и внутреннего, сепаратора и тел качения (шариков или роликов). Размеры подшипников стандартизованы. На чертежах их изображают упрощенно (рис. 389, б) или условно (рис. 389, в), на схемах — схематично (рис. 389, г).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие чертежи называют сборочными?
2. Назовите требования, предъявляемые к сборочным чертежам.
3. В какой последовательности выполняют с натуры сборочный чертеж?
4. Какие размеры проставляют на сборочном чертеже?
5. Как заполняют спецификацию к сборочному чертежу?
6. Укажите основные требования, предъявляемые к нанесению номеров позиций деталей на сборочном чертеже.
7. Как условно обозначают на сборочном чертеже посадки и предельные отклонения сопряженных деталей?
8. Как изображают на чертеже движущиеся детали? контуры пограничных деталей?
9. Какие условности и упрощения применяют на сборочных чертежах?

§ 24. ЧТЕНИЕ И ДЕТАЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

24.1. Последовательность чтения сборочных чертежей

Деталированием называют процесс выполнения рабочих чертежей деталей по сборочному чертежу.

Деталирование — заключительная работа учащихся по курсу технического черчения, требующая умения читать сборочные чертежи, знания всех условностей, принятых в машиностроительном черчении, умения выполнять и оформлять рабочие чертежи деталей.

В процессе чтения сборочного чертежа необходимо выяснить: а) назначение изделия и принцип его работы; б) характер взаимодействия деталей в эксплуатации; в) способы соединения деталей между собой; г) геометрическую форму основных деталей.

Можно наметить такую последовательность чтения сборочных чертежей:

1. Знакомятся с основной надписью и по ней определяют наименование и примерное назначение изделия, масштаб изображения, его массу и др. По конструкторским документам, прилагаемым к сборочному чертежу, изучают принцип работы изделия, его техническую характеристику, требования к изготовлению и пр.

2. Изучают спецификацию и по ней определяют количество и наименование оригинальных, стандартизованных и покупных деталей, входящих в изделие (например, крепежных деталей, шарикоподшипников, масленок и т. п.).

3. Знакомятся с изображением изделия в целом, т. е. выясняют, какие виды, разрезы, сечения и выносные элементы даны на чертеже и назначение каждого из них. Определяют положения секущих плоскостей, при помощи которых выполнены разрезы и сечения, и направления, по которым даны местные и дополнительные виды.

4. Изучают нанесенные на чертеже размеры (габаритные, монтажные, установочные, характерные и др.).

5. Изучив изображения изделия в целом, последовательно выделяют и изучают форму каждой детали. Вначале рассматривают деталь на том изображении, на котором нанесен номер ее позиции, а затем находят ее на остальных изображениях. При этом обращают внимание на направление и густоту штриховки, которые для одной детали оди-

наковы на всех ее разрезах и сечениях. Одновременно рассматривая деталь на различных изображениях, представляют себе ее форму и внутреннее устройство, мысленно дополняя изображения невидимыми линиями, так как на сборочном чертеже, как правило, одна деталь частично перекрывает другую.

6. Выяснив форму и назначение отдельных деталей, переходят к изучению способов их соединения между собой. Определяют, является ли соединение подвижным или неподвижным и какие детали обеспечивают это соединение. Следует установить способ передачи движения, характер взаимодействия частей изделия в процессе его работы, выяснить, какие из деталей являются подвижными, какие элементы ограничивают или фиксируют их перемещение.

7. Мысленно намечают возможную последовательность разборки и сборки изделия, т. е. порядок отсоединения одной детали от другой, как это бы выполнялось при демонтаже или изготовлении изделия.

24.2. Последовательность детализирования сборочных чертежей

Детализирование — это не простое копирование изображения детали из сборочного чертежа, а определенная творческая работа. На рабочем чертеже нужно иметь не только изображение детали, но и все данные для ее изготовления и контроля, т. е. размеры, допуски, обозначения шероховатости поверхностей, марку материала, покрытие, термическую обработку и т. п.

Процесс детализирования состоит из подготовительной стадии и стадии непосредственного выполнения рабочего чертежа. Рассмотрим более подробно содержание процесса детализирования:

1. По спецификации изучают и отмечают все оригинальные детали, подлежащие исполнению в виде рабочих чертежей. Стандартизованные и покупные детали из детализирования исключают.

2. Намеченную деталь находят на всех изображениях сборочного чертежа, изучают ее внешнюю и внутреннюю форму и определяют габаритные размеры.

3. В соответствии с ГОСТ 2.305—68 выбирают главное изображение детали. Главным изображением может быть вид, разрез или сочетание вида с разрезом для симметричных деталей. Положение главного изображения детали на рабочем чертеже может и не соответствовать ее расположению на главном изображении сборочного чертежа. При выборе главного изображения рекомендуется придерживаться требований, указанных в § 20.2.

4. Намечают необходимое количество изображений детали (видов, разрезов, сечений, выносных элементов), исходя из того, что оно должно быть минимальным, но достаточным для полного представления о форме и размерах детали. Количество и характер изображений детали на рабочем чертеже могут соответствовать или не соответствовать количеству изображений на сборочном чертеже.

5. Выбирают масштаб изображения в соответствии с ГОСТ 2.302—68. Не обязательно придерживаться одного и того же масштаба для

всех деталей изделия. Детали малого размера или сложной формы рекомендуется вычерчивать в увеличенном масштабе.

6. В соответствии с ГОСТ 2.301—68 выбирают формат, нужный для выполнения рабочего чертежа. В случае необходимости используют не только основные, но и дополнительные форматы.

7. Производят компоновку чертежа, т. е. намечают размещение всех изображений детали на принятом формате.

8. В тонких линиях вычерчивают виды, разрезы, сечения и выносные элементы, придерживаясь требований ГОСТ 2.305—68.

9. Проводят выносные и размерные линии.

10. Определяют истинные размеры элементов детали и проставляют их на рабочем чертеже. Особое внимание обращают на то, чтобы номинальные размеры сопряженных деталей не имели расхождений. Размеры конструктивных элементов (фасок, центровых отверстий, проточек, уклонов и пр.) определяют не по сборочному чертежу, а по соответствующим стандартам на эти элементы.

11. Наносят обозначения шероховатости поверхностей исходя из технологии изготовления детали или ее назначения.

12. Обводят чертеж и выполняют штриховку разрезов и сечений.

13. Проверяют чертеж, если необходимо, вносят исправления, вычерчивают рамку, записывают основную надпись, записывают технические требования и пр.

24.3. Особенности детализирования сборочных чертежей

При детализировании следует учитывать некоторую специфику сборочных чертежей.

Специфика изображений. На сборочном чертеже допускается не показывать мелкие конструктивные элементы (фаски, скругления, проточки, штамповочные, литейные уклоны и др.). Некоторые детали могут быть показаны упрощенно (пружины, крепежные детали), есть условности и упрощения в изображении резьб (в соединении показывают только ту часть резьбы отверстия, которая не закрыта резьбой стержня). При детализировании все эти условности и упрощения должны быть «восстановлены». Так, на сборочном чертеже клапана (см. рис. 392) резьба $M36 \times 2$ под штуцер 4 показана без фаски, а на сборочном чертеже корпуса (см. рис. 394) показана фаска $2 \times 45^\circ$; в рабочий чертеж пружины (см. рис. 396) введены диаграмма механической характеристики и таблица параметров, которых не было на сборочном чертеже. В глухих резьбовых отверстиях на рабочих чертежах следует показывать резьбу с учетом запаса глубины сверления, величины надзора (ГОСТ 10549—63), вводить фаски на всех резьбовых элементах.

Некоторые детали изделия во время сборки могут подвергаться расклепыванию, развальцовыванию, обжатю, опрессовке, штифтованию и т. п., что обусловлено текстовой надписью сборочного чертежа (см. рис. 383). На рабочих чертежах такие детали следует показывать в том виде, в каком они поступают на сборку, т. е. до выполнения указанных технологических операций (рис. 390).

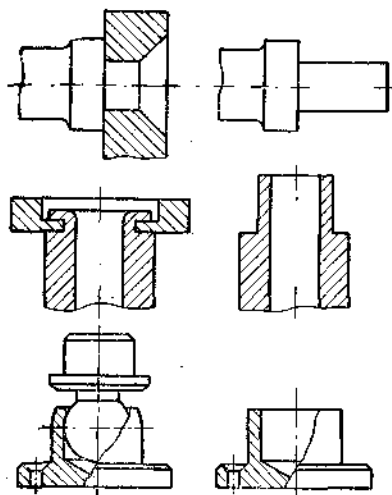


Рис. 390

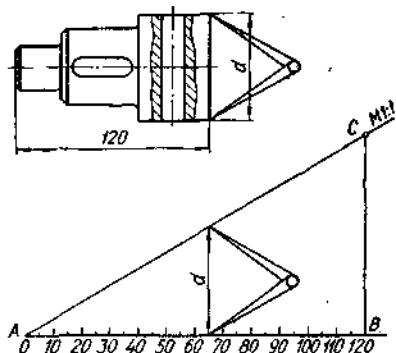


Рис. 391

Специфика размеров. На сборочном чертеже есть только основные размеры. Их можно переносить на рабочие чертежи соответствующих деталей без изменений.

Размеры, которых нет на сборочном чертеже, но их можно получить без каких-либо измерений, — это размеры проходных и резьбовых отверстий под крепежные детали, размеры шпоночных пазов и т. п. Они определяются диаметрами и длинами болтов, шпилек, размерами шпонок. Все это находят в спецификации. Диаметр проходного отверстия под болт, винт, шпильку, заклепку уточняется по ГОСТ 11284—75 с учетом необходимого зазора между отверстием и стержнем, глубина резьбового гнезда — по ГОСТ 10549—63 с учетом недореза, размеры шпоночных пазов — по соответствующим стандартам. Размеры проточек, фасок, галтелей, центровых отверстий нужно брать также из соответствующих стандартов на эти элементы.

Остальные размеры определяют, непосредственно измеряя их на сборочном чертеже с учетом масштаба. Для облегчения этого процесса можно построить специальный график пропорционального масштаба (рис. 391), где вертикальные размеры соответствуют измеренным на сборочном чертеже, а горизонтальные — истинным размерам в миллиметрах.

Полученные измерениями истинные размеры необходимо согласовать с ГОСТ 6636—69 («Нормальные линейные размеры») и ГОСТ 8908—58 («Нормальные углы»). Обозначают предельные отклонения размеров по ГОСТ 2.307—68.

Нанесение шероховатости поверхностей. По сборочному чертежу необходимо выяснить, свободной или сопряженной является данная поверхность, какие эксплуатационные или эстетические требования к ней предъявляются.

Можно рекомендовать следующие значения шероховатости:

- а) для свободных поверхностей — $\sqrt{R_z 320} \sqrt{R_z 80}$;
б) для сопряженных неподвижных поверхностей — $R_z 40 \sqrt{2,5}$;
в) для сопряженных трущихся поверхностей и декоративных поверхностей — $\sqrt{2,5} \sqrt{0,32}$.

Кроме того, практикой выработаны рекомендации для некоторых элементов типовых деталей:

- а) отверстия под болты, винты, шпильки — $R_z 40 \sqrt{2,5}$;
б) привалочные поверхности, пазы, проточки — $R_z 80 \sqrt{2,5}$;
в) рабочие поверхности зубьев зубчатых колес — $R_z 20 \sqrt{0,63}$.

24.4. Пример чтения и детализирования сборочного чертежа изделия

1. Из основной надписи видно, что на чертеже (рис. 392) изображен двойной обратный клапан. Принцип работы клапана: жидкость под давлением поступает в верхний наконечник корпуса 1, сжимает пружину 3, проходит через зазор, образованный между клапаном 2 и корпусом 1, и поступает через отводной штуцер в гидравлическую систему. Если нужно подвести в систему еще и другую жидкость, откручивают накидную гайку 5 и подключают клапан ко второму трубопроводу. В этом случае к потребителю поступает смесь жидкостей.

2. Из спецификации (рис. 393) видно, что клапан состоит из семи деталей: корпуса и заглушки, двух клапанов, пружины штудера, накидной гайки и прокладки из технического картона. Стандартных деталей клапан не имеет.

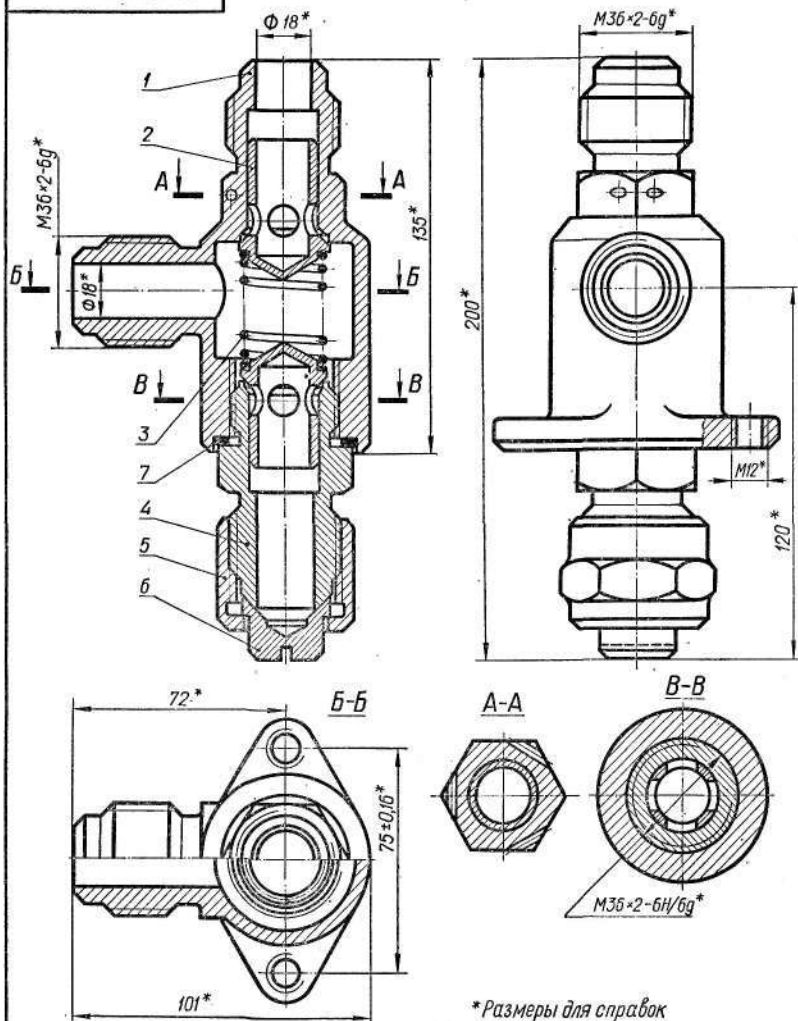
3. Чертеж двойного обратного клапана дан в пяти изображениях. На месте вида спереди выполнен полный фронтальный разрез плоскостью, проходящей через ось симметрии изделия. Этот разрез позволяет выявить внутреннее строение всех деталей клапана. На месте вида сверху выполнено сочетание половины вида с половиной простого горизонтального разреза плоскостью В — В, проходящей через отводной наконечник корпуса. На виде слева показано внешнее строение большинства деталей клапана. На этом же виде выполнен местный разрез, раскрывающий отверстие с резьбой на фланце корпуса.

Кроме этих трех основных изображений, выполнены два выносных сечения: сечение горизонтальной плоскостью А — А, раскрывающей отверстия в шестигранной части поверхности корпуса (эти отверстия нужны для пломбирования клапана после установки его в систему питания), и сечение плоскостью В — В, дающее представление о сопряжении деталей и поясняющее расположение отверстий в клапане.

4. На чертеже показаны габаритные размеры 101 и 200 мм, установочный $75 \pm 0,16$, монтажные размеры — М12 и $M36 \times 2 - 6g$. Диаметр $\varnothing 18$ — эксплуатационный размер.

5. Двойной клапан имеет только разъёмные резьбовые соединения. Корпус и накидная гайка соединяются со штуцером метрической резьбой $M36 \times 2 - 6g$. Для обеспечения плотности соединения в кольцевую выточку между корпусом и штуцером закладывают технический картон. Сопряжение внешней поверхности клапана 2 с корпусом 1 и со штуцером 4 выполнено в системе отверстия по скользящей посадке 2-го класса точности. В технических требованиях указано, что клапаны должны быть притерты к корпусу или штуцеру. Заглушку 6 притирают к штуцеру. Трубопроводы, подводящие и отводящие жидкость, присоединяют к корпусу на резьбе $M36 \times 2 - 6g$.

КМТЧ.2412Н.000.СБ



* Размеры для справок

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разр.	Шпак	И.		
Пробер	Крат	А.	Кр	15.11.76
И.Контр	Крат	А.	Кр	15.11.76
И.Контр	Утв.			
Утв.				

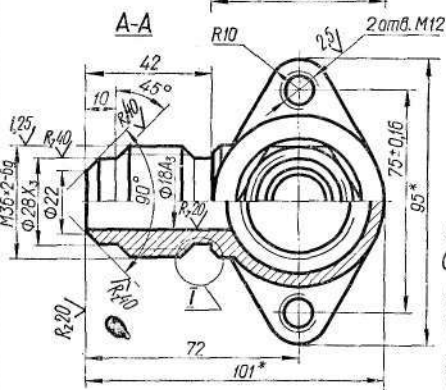
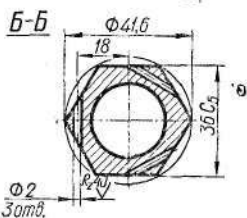
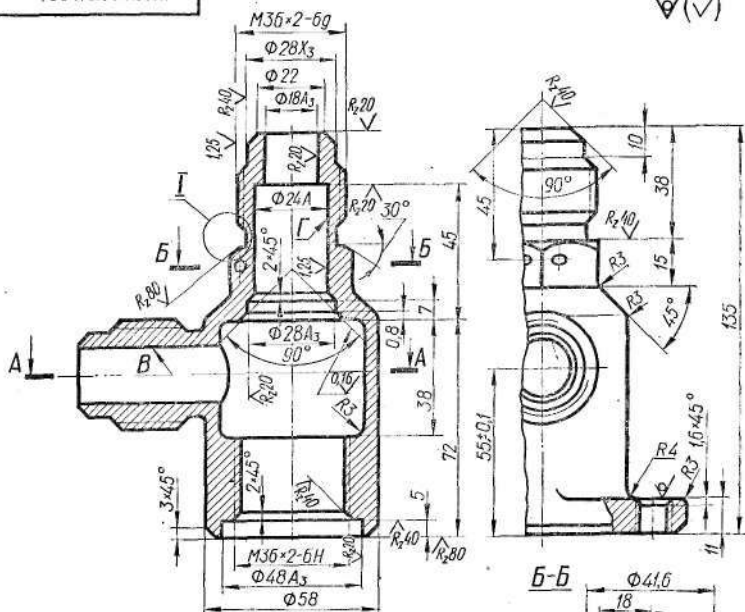
КМТЧ.2412Н.000.СБ

Клапан
обратный
обойной
Сборочный чертеж

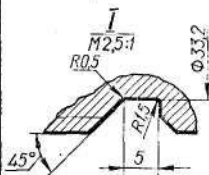
Лит.	Масса	Масшт
у		1:1
Лист 1	Листов 1	
КМТ		
Гр. АХП-19		

КМТ4.241211.001

√(√)



1. Формовочные уклоны по ГОСТ 3212-57
2. Допуски на размеры отливок по III кл. точности ГОСТ 1855-55
3. Неуказанные литейные радиусы (2...5 мм)
4. Неуказанные предельные отклонения размеров механически обработанной части детали: диаметров - по А₃, В₃, остальных - по С_{М6}
5. Отклонение от перпендикулярности оси отв. В относительно оси отв. Г не более 0,04 мм
6. *Размеры для справок



КМТ4.241211.001				Лит. Масса Масшт	
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	у	1:1
Разрб.	Шлях А	Лан	16.07.76	Лист 2 Листов	
Провер	Хаскина А	Лан	16.07.76		
Глинт	Хаскина А	Лан	16.07.76	КМТ	
И.контр.				Гр. АХП-19	
Умберд.					

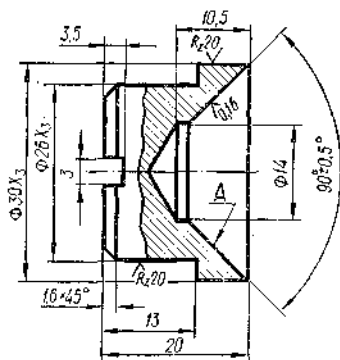
Корпус

Бр. АМц 10-2
ГОСТ 18175-72



900 12172 11111

R₂ 40 (✓)



1. Неуказанные предельные отклонения размеров диаметров - по А, В, остальных - по СМ,
2. Поверхность А притереть по дет. 241211.004

КМТЧ 241211.006					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Заглушка
Разработ.	Штак. И.	Исх.	Исх.	Исх.	
Провер.	Хоскина	Исх.	Исх.	Исх.	Бр АМц 10-2 ГОСТ 18175-72
Дизайнер.	Хоскина	Исх.	Исх.	Исх.	
Исполн.	Исх.	Исх.	Исх.	Исх.	КМТ Гр АХП-19
Утверд.	Исх.	Исх.	Исх.	Исх.	

Рис. 399

§ 25. СХЕМЫ

25.1. Виды и типы схем.

Общие требования к выполнению схем

Схема — это чертеж, на котором в виде условных обозначений или изображений показаны части изделия и связи между ними.

В состав схемы могут входить элементы, устройства и функциональные группы. *Элементы* — части схемы, выполняющие в изделии определенные функции (трансформатор, насос, резистор, дроссель и т. п.), которые нельзя разделить на отдельные части с самостоятельным функциональным назначением. *Устройство* — совокупность элементов, которая является единой конструкцией (блок, механизм, плата). *Функциональная группа* — совокупность элементов, которые выполняют в изделии определенную функцию, но не объединены в единую конструкцию.

В зависимости от видов элементов, входящих в состав изделия, и связей между ними схемы разделяют на следующие виды: электрические — Э, гидравлические — Г, пневматические — П, кинематические — К и комбинированные — С. В зависимости от основного назначения схемы подразделяют на следующие типы: структурные — 1, функциональные — 2, принципиальные — 3, соединений (монтажные) — 4, подключения — 5, общие — 6 и расположения — 7. Наименование схемы определяется ее видом и типом, например: «схема электрическая принципиальная», «схема гидравлическая подключения» и т. п. В конструкторских документах наименование схемы указывают шифром, состоящим из буквы и цифры, обозначающих ее вид и тип, например: КЗ — схема кинематическая принципиальная, Э2 — схема электрическая функциональная и т. п.

В учебнике рассматриваются только принципиальные кинематические и электрические схемы, выполняемые в учебных заданиях техникумов.

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов изделия и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия (установки).

Принципиальная схема позволяет производить наладку, регулировку, контроль и ремонт изделия. Эти схемы являются основанием для разработки других конструкторских документов.

Основные требования к выполнению схем (ГОСТ 2.701—76):

1. Схемы выполняют без соблюдения масштаба и действительного пространственного расположения составных частей изделия. Число схем должно быть минимальным, но достаточным для проектирования, изготовления, настройки, регулировки и эксплуатации изделия. Вычерчивают схемы компактно, но без ущерба для удобства их чтения.

2. На схемах, как правило, используют стандартные графические условные обозначения. Если необходимо использовать нестандартные обозначения некоторых элементов, то на схеме делают соответствующие пояснения.

3. Следует добиваться наименьшего числа изломов и пересечений линий связи, сохраняя между параллельными линиями расстояние не менее 3 мм.

4. Элементы изделия, входящие в определенные функциональные группы или устройства, допускается выделять на схемах тонкими штрих-пунктирными линиями и указывать наименования этих групп, например: коробка скоростей, суппорт, коробка круговых подач и др.

5. На схемах допускается помещать различные технические данные, характеризующие схему в целом и отдельные ее элементы. Эти сведения помещают либо около графических обозначений, либо на свободном месте поля чертежа, как правило, над основной надписью.

6. Разрешается выполнять схему на нескольких листах либо две схемы на одном листе. В последнем случае наименование схемы определяется видом и совмещенными типами схем, например: схема электрическая принципиальная и соединений.

25.2. Кинематические схемы

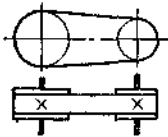
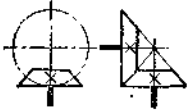
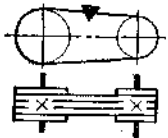
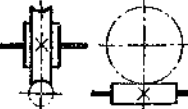
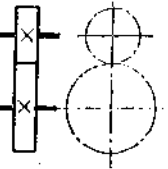

На кинематической схеме (ГОСТ 2.703—68) должны быть показаны все кинематические элементы изделия, отражены кинематические связи механического и немеханического типа между различными элементами и группами элементов и должна быть показана связь механизма с двигателем.

К кинематическим элементам относят валы, оси, подшипники, муфты, тормоза, шкивы, зубчатые колеса, ременные передачи, червяки и т. п. Вычерчивают кинематическую схему, как правило, в виде развертки, т. е. она не дает представления о пространственном (объемном) расположении составных частей изделия. Допускается выполнять схему в пределах упрощенного контура изделия, например контура станка. Схемы с особо сложной пространственно кинематической системой рекомендуется изображать в аксонометрических проекциях.

Все элементы на схеме изображают условными графическими обозначениями по ГОСТ 2.770—68. Часть этих обозначений приведена в табл. 35. Условные знаки, применяемые в схемах, вычерчивают, не придерживаясь масштаба изображения. Однако при повторении одних и тех же знаков выполнять их нужно одинаковыми. Соотношение размеров условных графических обозначений элементов должно примерно соответствовать действительному соотношению их размеров. Не нарушая ясности схемы, допускается отдельные элементы переносить вверх или вниз от их истинного положения, выносить за контур изделия, поворачивать и т. д. Если валы и оси пересекаются, то в местах пересечения их линии не разрывают. Если валы и оси закрыты другими элементами, то их изображают как невидимые.

Некоторые условные обозначения на кинематических схемах (ГОСТ 2.770—68)

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вал, ось, стержень, шатун и т. п.		Соединение детали с валом:	
Неподвижное закрепление оси, стержня пальца и т. п.		свалом: свободное при вращении	
Соединение стержней:		подвижное без вращении	
жесткое		при помощи вытяжной шпонки	
шарнирное		глухое	
Подшипник скольжения и качения на валу (без уточнения типа):		Соединение двух валов:	
радиальный		глухое	
радиально-упорный		эластичное	
односторонний		шарнирное	
Подшипник скольжения:		Муфты сцепления:	
радиальный		кулачковая двусторонняя	
радиально-упорный двусторонний		конусная одно-сторонняя	
Подшипник качения:		дисковая одно-сторонняя	
радиальный (общее обозначение)		Тормоза:	
радиальный роликовый		конусные	
упорный шариковый одинарный		колодочные	
		Шкив ступенчатый, закрепленный на валу	

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Передача плоским ремнем открытая		Передача зубчатая коническая (без уточнения типа зубьев)	
Передача клиновидным ремнем		Передача червячная с цилиндрическим червяком	
Передача зубчатая цилиндрическая (внешнее зацепление; без уточнения типа зубьев)		Неразъемная гайка на шпите, передающая движение	

Когда в изделие входит несколько одинаковых механизмов, допускается изображать схему одного из них, а остальные показывать упрощенно. Если какой-либо механизм, входящий в изделие, собирается и регулируется по самостоятельной схеме, то на общей кинематической схеме изделия его изображают упрощенно, без указания внутренних связей. При этом нужно делать ссылку на самостоятельную схему этого механизма.

Взаимное расположение элементов на кинематической схеме должно соответствовать исходному, среднему или рабочему положению исполнительных органов механизма. Допускается тонкими штрихпунктирными линиями показывать крайние положения движущихся элементов механизма.

Валы, оси и стержни на кинематической схеме изображают сплошными основными линиями толщиной s ; подшипники, шкивы, зубчатые колеса, червяки, звездочки, тормоза — сплошными линиями толщиной $s/2$; контур изделия, в который вписана схема, — сплошными тонкими линиями толщиной $s/3$; кинематические связи между сопряженными звеньями пары, вычерченными отдельно, — штриховыми линиями толщиной $s/2$; кинематические связи между элементами и группами, осуществляемые немеханическим путем, например электрическим, — двойными штриховыми линиями толщиной $s/2$.

На кинематических схемах допускается указывать: а) наименование каждой кинематической группы элементов, имеющей определенное функциональное назначение, например привод подачи и др. (на-

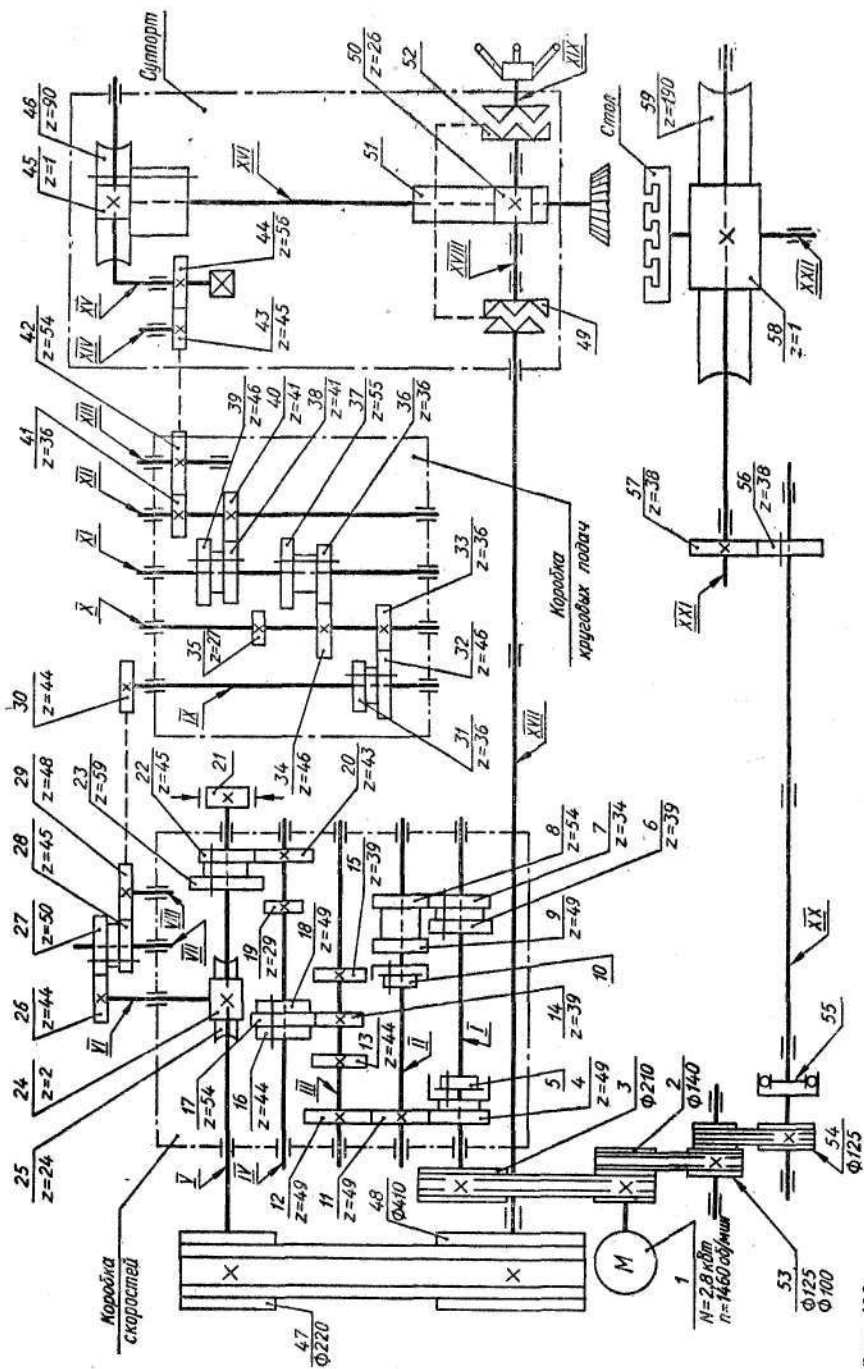


Рис. 400

именование записывают на полке линии-выноски, проведенной от соответствующей группы); б) основные характеристики и параметры кинематических элементов, а именно: для двигателей — наименование, тип, мощность, число оборотов; для зубчатых колес — число зубьев и модуль; для шкива ременной передачи — диаметр; для червяка — модуль, число заходов, тип червяка; для звездочек — число зубьев и шаг цепи и т. д. Также допускается указывать на схемах предельные величины чисел оборотов валов, справочные и расчетные данные в виде графиков, диаграмм, таблиц, данные, поясняющие связи между отдельными элементами, и др.

Каждому кинематическому элементу на схеме присваивают порядковый номер, начиная от источника движения. Валы нумеруют римскими цифрами, остальные элементы — арабскими. Если в схеме есть покупной или заимствованный механизм, например редуктор, вариатор, то всему механизму присваивают один номер, а отдельные его элементы не нумеруют. Порядковый номер проставляют на полке линии-выноски. Под полкой указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента.

На рис. 400 изображена кинематическая схема станка. Самостоятельно рассмотрите и прочтите схему, поясните графические обозначения, надписи и др. Чтение рекомендуется начинать с изучения паспорта данного механизма. Затем переходят к чтению схемы, отыскивая основные детали механизма и пользуясь таблицей условных обозначений. Чтение кинематической схемы начинают от двигателя, дающего движение всем деталям механизма, и идут последовательно по ходу передачи этого движения.



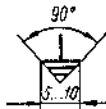
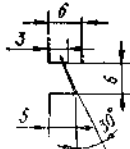
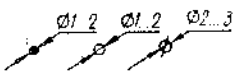
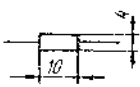
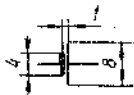
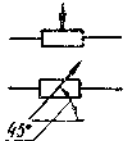
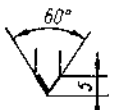
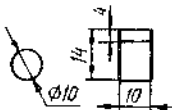
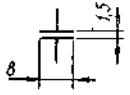


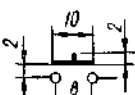
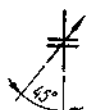
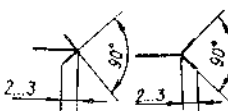
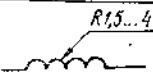
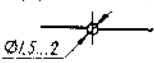
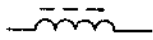
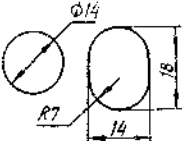
25.3. Электрические схемы

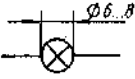
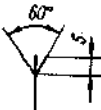
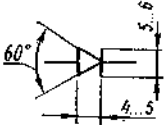
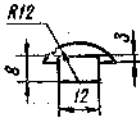
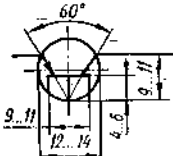



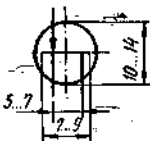
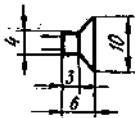
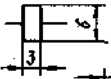


На принципиальной электрической схеме изображают все электрические элементы, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, указывают электрические связи между элементами, изображают разъемы, зажимы и тому подобные элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи. Изделие показывают в отключенном положении (ГОСТ 2.702—75).

Графические обозначения электрических элементов на схемах выполняют по ГОСТ 2.721—74 ... 2.756—76. Некоторые из этих обозначений приведены в табл. 36. При необходимости большинство их допускается чертить в зеркальном отображении, а также поворачивать на угол, кратный 90° . Толщина линий связи на схемах должна быть в пределах (0,3 ... 0,4) мм. Такой же толщины берут и линии для условных обозначений элементов.

Применяют два способа изображения на схемах условных знаков: совмещенный и разнесенный. При совмещенном все части схемы чертят в непосредственной близости одна от другой. При разнесенном способе (наиболее распространенном) элементы или устройства помещают в разных местах схемы так, чтобы отдельные цепи показать наиболее наглядно. Рекомендуется условные обозначения элементов, входящих в одну цепь, располагать последовательно по прямой, а отдельные

Некоторые условные графические обозначения на электрических схемах

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Корпус		Контакт коммутационный: закрывающий	
Заземление		переключающий	
Соединение электрическое металлическое		Резистор: постоянный	
Элемент гальванический или аккумуляторный		переменный	
Термоэлемент, терморезистор		регулируемый	
Прибор измерительный		Конденсатор: постоянной емкости	
Предохранитель плавкий		электролитический неполярный	
Кнопка		переменной емкости	
Контакт контактного соединения: разъёмного		Катушка индуктивности, обмотка	
разборного		Катушка индуктивности с магнитодиэлектрическим сердечником	
		Баллон электровакуумного прибора	

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Лампа осветительная		Антенна (общее обозначение)	
Диод полупроводниковый		Аппарат телефонный	
Транзистор: типа $p-n-p$		Телефон	
типа $n-p-n$		Микрофон	
полевой		Громкоговоритель (репродуктор)	
Волновод: прямоугольный		Звонок электрический	
круглый			

цепи — рядом, образуя параллельные строки или столбцы. Различные функциональные цепи на одной схеме допускается различать толщиной линии.

Каждый элемент (или устройство) должен иметь позиционное обозначение, которое присваивается ему в пределах изделия. В простейшем случае такое обозначение состоит из двух частей: буквенного кода и порядкового номера. Буквенный код — это одна (или две) прописная буква латинского алфавита; она указывает вид элемента или устройства, например:

C — конденсатор; D — элемент логический двоичный; F — элемент и устройство защитное (предохранитель и пр.); G — генератор, источник питания; K , KP — реле электромагнитное, искатель, контактор; L — катушка индуктивности, дроссель; M — электродвигатель одно-

фазный, трехфазный, постоянного тока и др.; *P, PA, PU* — прибор и устройство измерительное; *R* — резистор постоянный, переменный, подстроечный и др.; *S* — устройство коммутационное (выключатель, переключатель, кнопка); *T* — трансформатор, автотрансформатор; *V* — прибор электровакуумный и полупроводниковый (электронная лампа, диод, транзистор и пр.); *X* — устройство соединительное (гнездо, зажим, разъем).

Порядковый номер позиционного обозначения присваивается элементу (устройству) в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме (сверху вниз, слева направо), начиная с единицы в пределах группы элементов с одинаковым буквенным кодом, например: *C1, C2, C3, ...; R1, R2, R3, ...* В цифровую часть позиционного обозначения может входить и условный номер части устройства, если эти части изображены на схеме разнесенным способом. Порядковый и условный номера разделяют точкой, например: секция 1 переключателя *S6* обозначается *S6.1*; контактная группа 5 реле *K10* — *K10.5*.

Позиционное обозначение проставляют рядом с условным графическим — с правой стороны или над ним.

Данные о всех элементах схемы записывают в таблицу (рис. 401), которую помещают на первом листе схемы над основной надписью. Допускается оформлять перечень в виде самостоятельного документа (форма 2; 2а) на форматах 11 с основной надписью по ГОСТ 2.104—68. Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенного кода позиционных обозначений. В пределах каждой группы элементы располагают по возрастанию номеров.

§ 26. ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРЧЕНИЯ

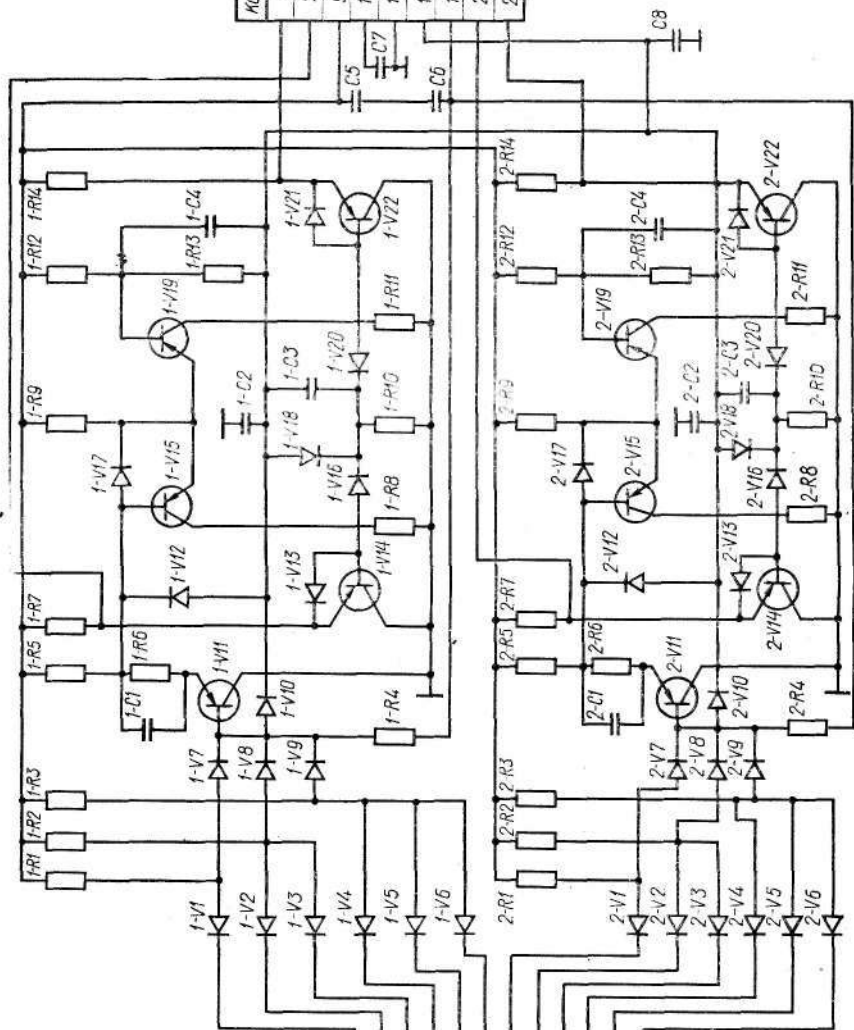
26.1. Виды строительных чертежей

В зависимости от изображаемых объектов строительные чертежи делят на инженерно-строительные и архитектурно-строительные. К инженерно-строительным относят чертежи мостов, плотин, железнодорожных путей и т. п.; к архитектурно-строительным — чертежи зданий, цехов, школ, театров и т. п.

Строительный объект проектируют в две стадии: на первой стадии происходит разработка проектного задания; на второй — рабочих чертежей. В проектном задании разрабатывают планы, фасады, разрезы зданий, генеральный план и т. п. (без детализации конструкции сооружения), составляют сметно-финансовый расчет стоимости сооружения и другие технико-экономические показатели. На основе утвержденного проектного задания выполняют рабочие чертежи (планы и разрезы фундаментов, планы перекрытий, стропил, развертки стен с каналами, планы этажей, монтажные схемы, детали конструкции, узлы и др.).

Проекты современных зданий и сооружений делят на отдельные части. Рабочим чертежам каждой такой части присваивают определенное буквенное обозначение — марку, например: *АС* — архитектурно-строительные чертежи, *СТ* — санитарно-технические, *Д* — чертежи

Комп.	Цепь
1	Выход 1
2	Выход 2
9	+20В
12	-3В
11	Земля
10	+6В
13	-10В
21	Выход 3
22	Выход 4



Цепь	Комп.
Выход 1	6
Выход 2	7
Выход 3	8
Выход 4	3
Выход 5	4
Выход 6	5
Выход 7	19
Выход 8	18
Выход 9	17
Выход 10	16
Выход 11	15
Выход 12	14

20
110
10

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Конденсаторы</u>			
C1	КТ-1а-М1300-150 ± 10% - 10ЖО.460.024ТУ	2	
C2	КЛС-1Е-а-Н70-6800 ⁺⁸⁰ / ₋₂₀ % ОЖО.460.031ТУ	2	
C3	КЛС-1Е-а-Н70-3300 ⁺⁸⁰ / ₋₂₀ % ОЖО.460.031ТУ	2	
C4	КЛС-1Е-а-Н70-3300 ⁺⁸⁰ / ₋₂₀ % ОЖО.460.031ТУ	2	
C5...C8	КПМ-3-Н 22000 ⁺⁸⁰ / ₋₂₀ % ОЖО.460.044ТУ	4	
<u>Резисторы МТ, МЛТ ГОСТ 7113-66</u>			
R1...R3	МТ-0,25-5,6к ± 5% - Б	6	
R4	МТ-0,25-10к ± 5% - Б	2	
R5	МЛТ-0,5-2,4к ± 5%	2	
R6	МЛТ-0,25-510 ± 5%	2	
R7	МТ-0,25-6,2к ± 5%	2	
R8	МЛТ-0,25-560 ± 5%	2	
R9	МЛТ-0,25-1,1к ± 5%	2	
R10	МЛТ-0,25-510	2	
R11	МЛТ-0,25-560	2	
R12	МЛТ-0,25-3к	2	
R13	МЛТ-0,25-100	2	
R14	МЛТ-0,25-6,2	2	
V1...V6	Диод полупроводн. Д10БТТ3.362.000ТУ	12	
V7...V9	" " Д10АТТ3.362.000ТУ	6	
V10	" " Д10БТТ3.362.000ТУ	2	
V11	Транзистор П416Б ШПЗ.365.001ТУ	2	
V12	Диод полупроводн. Д10БТТ3.362.000ТУ	2	
V13	" " Д311ТТ3.362.000ТУ	2	

Рис. 401

отдельных деталей, Т — типовые детали, КЖ — конструкции железобетонные, КМ — стальные конструкции и др.

Применение единой модульной системы (ЕМС) способствует типизации и стандартизации в строительстве и производстве строительных изделий. Сущность ЕМС заключается в том, что размеры конструктивных и объемно-планировочных элементов принимаются кратными основному модулю — 100 мм. Укрупненные модули берут следующих

размеров: 200, 300, 600, 1200, 1500, 3000 и 6000 мм и обозначают их соответственно 2М, 3М, 6М, 12М, 15М, 30М и 60М.

В современном строительстве широко используются типовые проекты и конструкции, сборный железобетон и детали заводского изготовления. Индустриальный способ строительства заключается в том, что при помощи монтажных схем на строительных площадках собирают здания из элементов заводского изготовления.

26.2. Оформление строительных чертежей

Строительные чертежи выполняют на листах бумаги стандартных форматов по ГОСТ 2.301—68. Масштабы строительных чертежей берут в зависимости от размеров изображаемого объекта, назначения чертежа, стадии проектирования и т. п. Например, рабочие чертежи генеральных планов выполняют в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000, планы этажей — в масштабах 1 : 200, 1 : 100; планы фундаментов — в масштабах 1 : 200, 1 : 100; детали конструкций — в масштабах 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20 и т. д.

На строительных чертежах используют линии по ГОСТ 2.303—68. Но при этом руководствуются следующим правилом: элемент, который нужно выделить на чертеже при наличии других линий видимого контура, обводят линией большей толщины. Например, на планах перекрытий утолщенными линиями показывают элементы перекрытия, а контуры стен обводят более тонкими линиями; на арматурных чертежах железобетонных конструкций утолщенными линиями изображают арматуру и т. д. На разрезах элементы конструкции, попадающие в сечение, выполняют линией большей толщины по сравнению с элементами, лежащими за секущей плоскостью. Например, для чертежа здания в масштабе 1 : 100 элементы, попавшие в секущую плоскость, выполняют линией толщиной 1 мм, а лежащие за секущей плоскостью — линией толщиной 0,3 мм. Контур здания на фасаде обводят линией толщиной 0,8 мм, окна на фасаде — линией толщиной 0,3 мм, оборудование на плане — линией толщиной 0,2 мм и т. д. Линии выносные, размерные, осевые и линии штриховки выполняют по ГОСТ 2.303—68.

Размеры на планах, разрезах и фасадах проставляют, как правило, в миллиметрах, а на генеральных планах — в метрах. Относительные отметки уровня, т. е. высоты над уровнем пола, проставляют в метрах; площади комнат, цехов — в квадратных метрах. Размеры проставляют в виде замкнутой цепочки, причем их можно повторять и контролировать. Вместо стрелок размерные линии заканчивают косыми штрихами — засечками. Размерные линии могут пересекаться между собой.

Надписи на чертежах выполняют шрифтом по ГОСТ 2.304—68.

26.3. Условные графические обозначения

На строительных чертежах широко применяют условные обозначения. Рис. 402 представляет условные обозначения строительных материалов по ГОСТ 2.306—68. В случае необходимости материалы

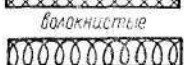
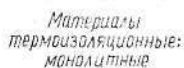
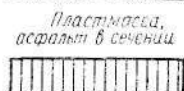
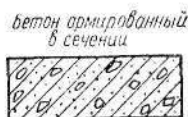
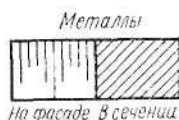
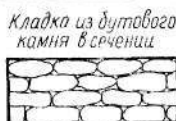


Рис. 402

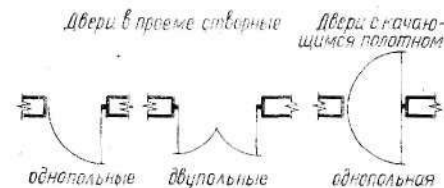
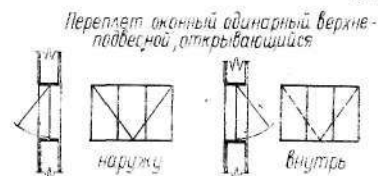
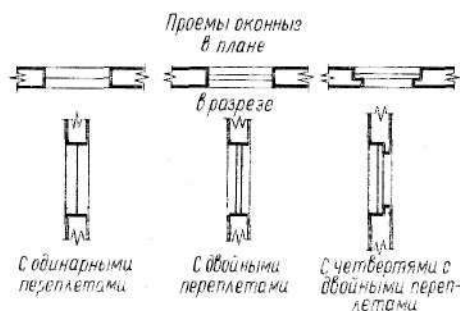


Рис. 403



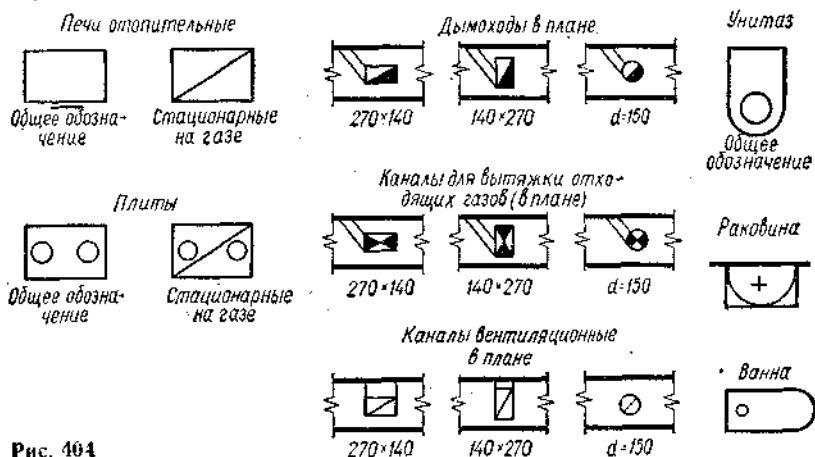


Рис. 404

заштриховывают не только в сечении, но и на фасаде, как это показано для металла и кирпича. В этом случае штриховку выполняют лишь отдельными участками у контура здания. В строительной практике для обозначения материалов применяют и раскраску.

На рис. 403, 404 приведены условные графические обозначения элементов зданий по ГОСТ 11691—66 и 2.786—70. На условном обозначении указывают направление открывания дверных полотен и оконных створок. На плане лестничной клетки стрелкой показывают направление марша вверх. В обозначении дымоходов и вентиляционных каналов наносят размеры их сечений.

26.4. Элементы зданий

Фундамент — это подземная часть здания, предназначенная для передачи нагрузки от здания на основание. Плоскость, ограничивающая фундамент снизу, называется *подошвой*, а ограничивающая его сверху — *обрезом*.

Глубина заложения фундамента зависит от уровня промерзания грунта, рельефа строительной площадки, конструктивных особенностей здания и др. Глубина заложения фундамента должна быть на (10... 20) см ниже уровня промерзания грунта.

По конструкции различают фундаменты *ленточные* (рис. 405, а—в), *столбчатые*, *сплошные* и др. В современном строительстве применяют сборные бетонные и железобетонные фундаменты из крупных блоков. На рис. 405, в, г изображены сборные ленточные фундаменты из блоков с вертикальными и горизонтальными пустотами. В каркасных промышленных зданиях под колонны ставят фундаменты с широкой подошвой прямоугольного или стаканного типа (рис. 405, д—ж). В комплект рабочих чертежей входит и план фундамента.

Стены и перегородки. Стены (рис. 406, а) защищают здание от осадков и температурных колебаний, а также служат опорами, поддерживающими крышу и междуэтажные перекрытия. Нижняя утолщен-

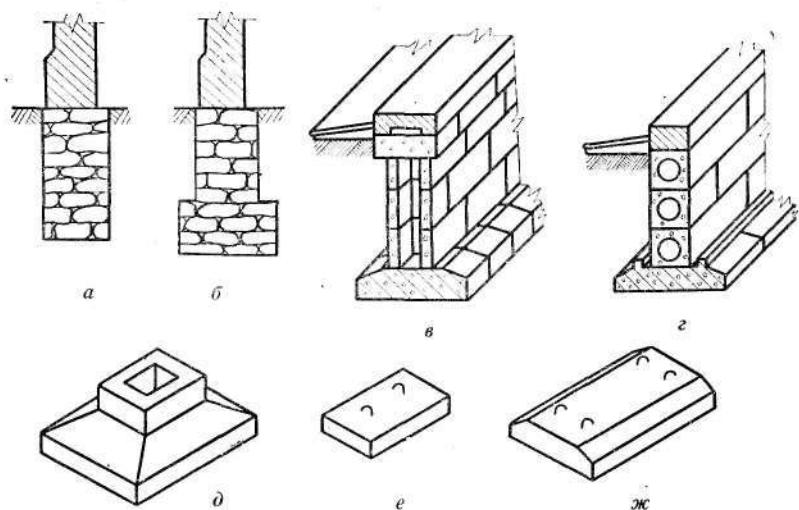


Рис. 405

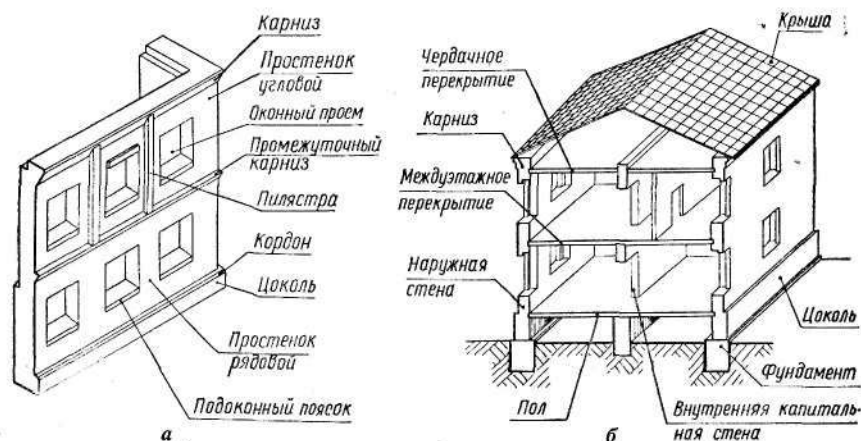


Рис. 406

ная, выступающая наружу часть стены называется *цоколем*. Она предохраняет стены от грунтовых вод и механических повреждений. Верхняя часть здания оканчивается *карнизом*, который придает стене законченный вид и защищает ее от осадков. В стенах выполняют проемы для окон и дверей. Часть стены между проемами называется *простенком*. Над проемами в стене кладут стальные или железобетонные балки — *перемычки*.

Внешние и внутренние стены, воспринимающие нагрузку от конструктивных элементов здания, называют *несущими* или *капитальными* (рис. 406, б). Капитальные стены передают нагрузку на фундамент здания. В промышленных и каркасных зданиях нагрузка передается на балки и колонны, а стены играют роль заполнителя каркаса. Стены

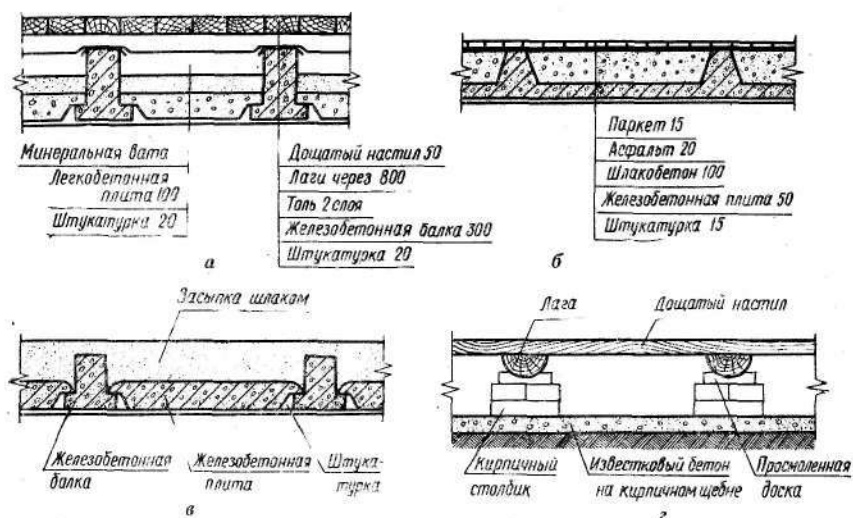


Рис. 407

изготавливают из дерева, кирпича, бетонных блоков и др. Кирпичные стены бывают толщиной в один (250 мм), полтора (380 мм) и в два кирпича (510 мм). В современном строительстве стены изготавливают индустриальным способом в виде крупных блоков и панелей.

Внутренние ненесущие перегородки изготавливают из гипсовых и фибролитовых плит, дерева и др. Заводским способом перегородки изготавливают на целую комнату с вмонтированным дверным проемом. Перегородки опираются на междуэтажные перекрытия.

Перекрытия и полы. Перекрытия разделяют здание по высоте на этажи (междуэтажные перекрытия — рис. 407, а, б), отделяют верхний этаж от чердака (чердачное перекрытие — рис. 407, в), а первый этаж от подвала (подвальное перекрытие — рис. 407, г). Каждое перекрытие состоит из несущей части и наполнителя. Несущие конструкции собирают из деталей индустриального изготовления — балок, плит, панелей и др. Наполнители обеспечивают звуко- и теплоизоляционные свойства и должны отвечать противопожарным нормам. На рис. 407 указано, из каких слоев состоит наполнитель и толщина каждого слоя. Полы собирают из шпунтовых досок, которые опираются на деревянные лаги (рис. 407, г). Паркетные полы выполняют из мелких дощечек (клепок), изготовленных из твердых пород дерева.

Крыша защищает здание от атмосферных осадков, ветра и солнца. Крыши бывают односкатные (рис. 408, а), двухскатные (рис. 408, б), четырехскатные — вальмовые (рис. 408, в) и плоские. Более сложный план крыши изображен на рис. 408, г. Наклон скатов крыши зависит от климатических условий и материала кровли. Например, для кровли из силикатных материалов наклон принимают (27 ... 45)°, для кровли из рулонных материалов (толь, руберойд) — 7° и т. д.

По конструкции различают крыши чердачные и бесчердачные. Чердачная крыша состоит из кровли и обрешетки или из сплошного на-

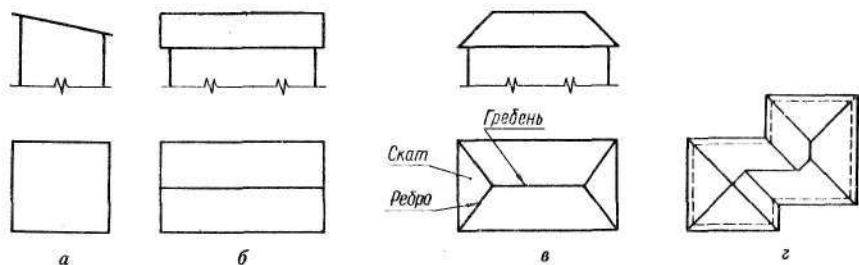


Рис. 408

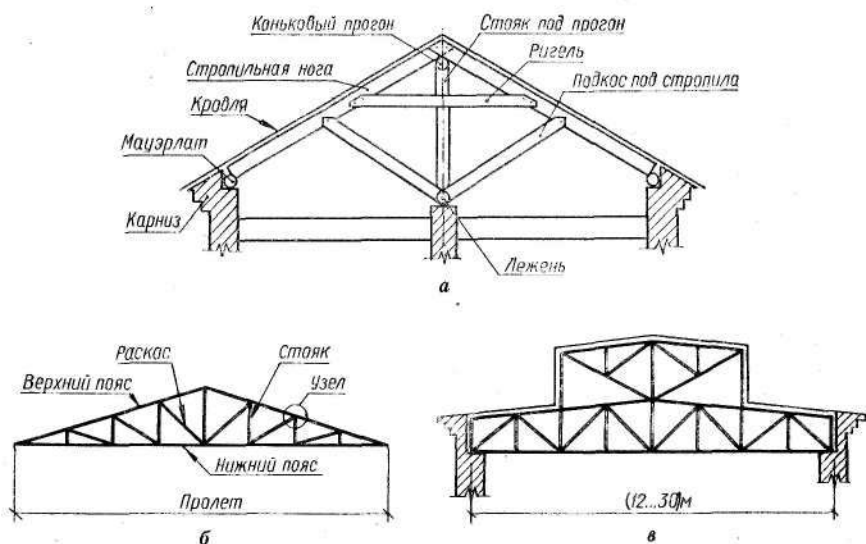


Рис. 409

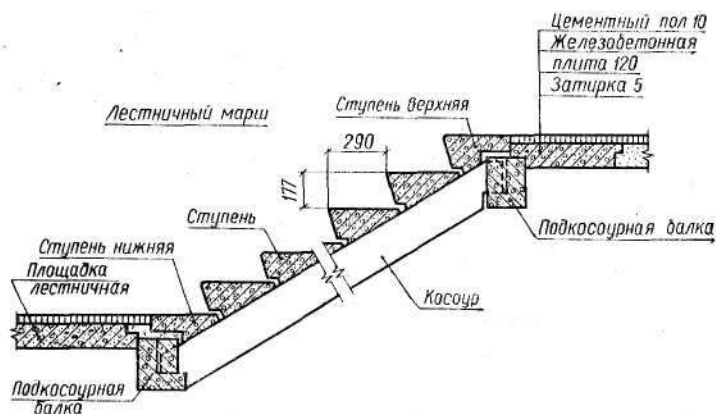


Рис. 410

стила, который опирается на стропила или стропильные фермы. На рис. 409, а представлена конструкция, состоящая из стропильных ног, мауэрлата и других элементов, создающих жесткость и прочность крыши. На рис. 409, б, в изображены металлические фермы для перекрытия промышленного здания.

Лестницы служат основным средством сообщения между этажами. Состоит лестница из одного или нескольких маршей и в зависимости от этого называется одномаршевой, двухмаршевой и т. д. Каждый марш (рис. 410) состоит из определенного количества ступеней, уложенных на балки (*косоуры*), и ограждения. Вертикальная грань ступени называется *подступенью*, а горизонтальная — *проступью*. Размеры подступени — (150 ... 180) мм, проступи — (270 ... 320) мм. Уклоны марша зависят от назначения лестницы и берутся в границах 1 : 2; 1 : 1,75; 1 : 1,5. В современном строительстве лестницы выполняют из сборных железобетонных элементов.

26.5. Планы, разрезы и фасады зданий

Планы этажей изображают в виде разрезов горизонтальными плоскостями, проходящими через дверные и оконные проемы здания. По плану можно представить форму и размеры здания, расположение

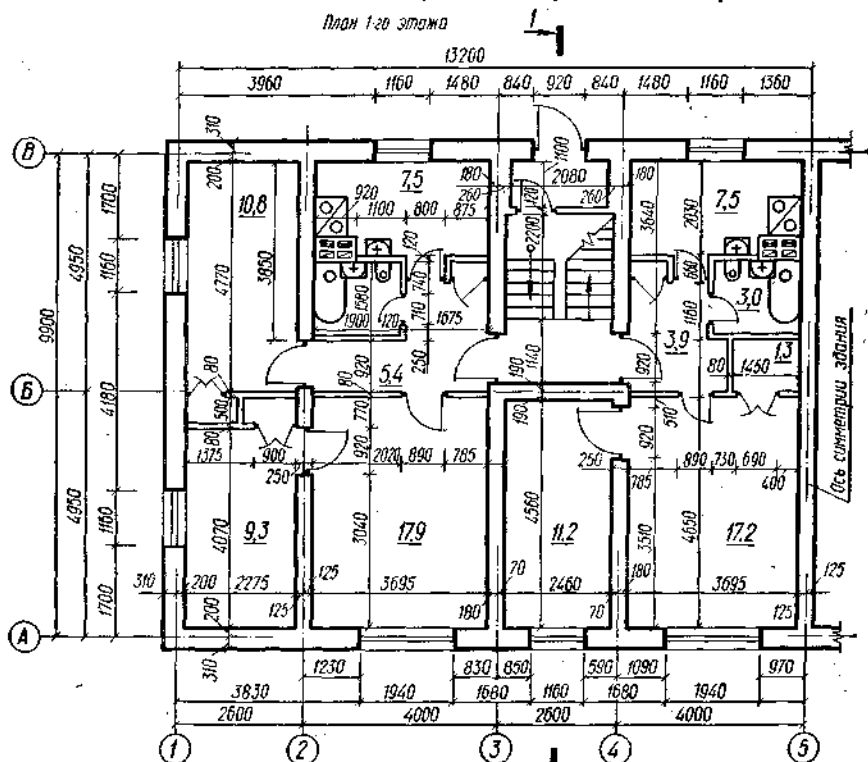


Рис. 411

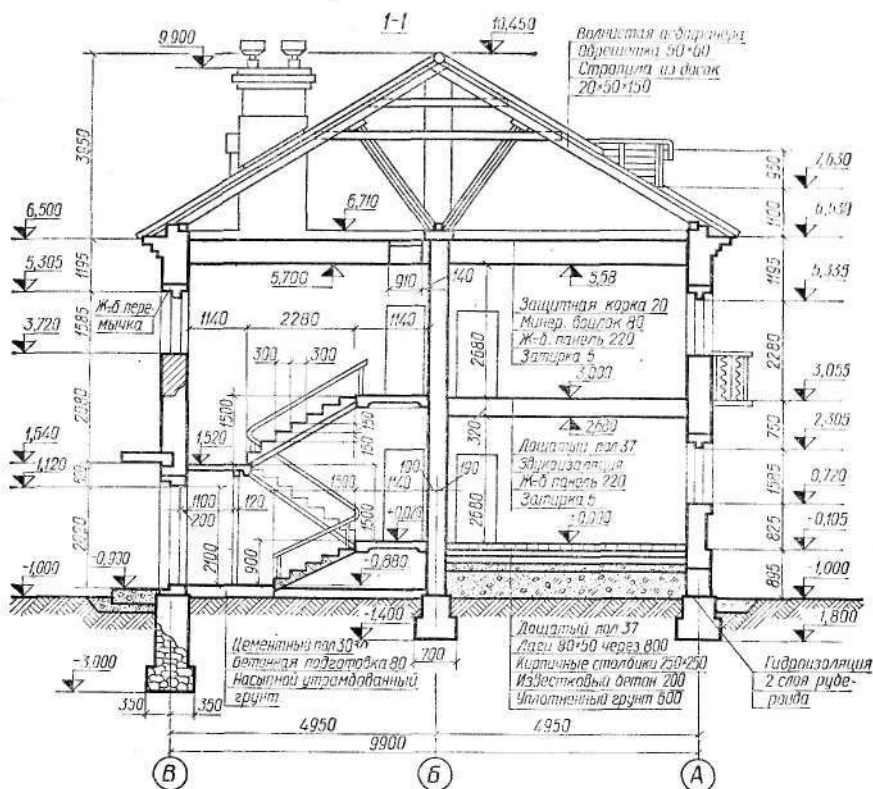


Рис. 412

комнат, колонн, оконных и дверных проемов, толщину стен и перегородок, размещение лестниц, санитарно-бытового и технологического оборудования и др. На планах промышленных зданий указывают железнодорожные пути, станки, подъемно-транспортные механизмы и т. п. План вычерчивают для каждого этажа и делают над ним надпись: «План 1-го этажа», «План 2-го этажа» и т. д.

Для вычерчивания плана вначале наносят сетку разбивочных осей стен и колонн. Слева и снизу оси заканчивают кружками диаметром (7 ... 9) мм, в которых проставляют марки осей (рис. 411). Оси, расположенные вдоль здания, маркируют снизу вверх буквами русского алфавита, а расположенные поперек здания — слева направо арабскими цифрами. После нанесения осей вычерчивают план здания и условными знаками наносят расположение окон, дверей, лестниц, печей, санитарно-технического оборудования и т. п. Стены, попавшие в сечение, не заштриховывают.

За габаритами плана указывают следующие размеры (начиная от стены): а) размеры простенков, оконных и дверных проемов; б) расстояния между разбивочными осями; в) расстояния между крайними осями стен. Внутри плана указывают: а) привязку внутренних стен

главный фасад

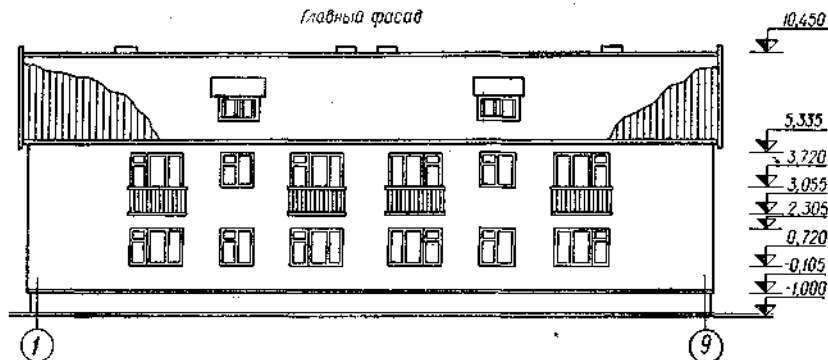


Рис. 413

и перегородок к разбивочным осям; б) толщину стен и перегородок; в) размеры помещений в свету; г) размеры дверных проемов, печей и других конструктивных элементов. На плане проставляют площадь отдельных помещений в квадратных метрах. Наименование помещений и их площадь подчеркивают.

Разрезы зданий. При помощи разрезов выявляют внутреннюю конструкцию здания: высоту этажей, глубину заложения фундамента, конструкцию перекрытий и лестниц, высоту дверных и оконных проемов и др. (рис. 412). В зависимости от положения секущей плоскости различают разрезы продольные и поперечные. Секущие плоскости располагают так, чтобы в разрез попали дверные и оконные проемы и наиболее сложные в конструктивном отношении части здания: лестничные клетки, шахты подъемников, световые фонари и т. п. Попавшие в разрез элементы конструкции здания полностью не вычерчивают, а показывают лишь контурами. Например, междуэтажное перекрытие изображается двумя линиями на уровне пола и потолка, а конструкция перекрытия указывается в виде выносного элемента или последовательной записью всех составных частей перекрытия (рис. 412). Контуры здания, попавшие в разрез, обводят линией толщиной (0,8 ... 1) мм, а элементы, расположенные за секущей плоскостью, — линией толщиной 0,3 мм.

На разрезе проставляют следующие размеры: а) расстояния между разбивочными осями; б) высоту помещений в свету; в) толщину перекрытий; г) высоту оконных и дверных проемов; д) отметки (в метрах) конструктивных элементов здания — чистого пола, оконных проемов, карниза, конька крыши и др.

В продольных разрезах при любом положении секущей плоскости крыши принято показывать расценной по коньку, а в поперечных разрезах — расценной по центральной части здания.

Фасады. Чертеж фасада показывает внешний облик здания (рис. 413). По этому чертежу можно судить о расположении архитектурных и конструктивных элементов здания: окон, дверей, балконов, пилястр и др. В крупноблочных и панельных зданиях на фасаде показывают разрезку (членение) стен на панели и блоки. Фасад, на котором ука-

заны марки панелей и блоков, называют *монтажными*. Фасады выполняют со всех сторон здания и над чертежами подписывают: «Главный фасад», «Дворовый фасад» и т. д. За контур фасадов выносят и подписывают высотные отметки уровня земли и элементов здания. Нулевым уровнем служит уровень пола первого этажа. На чертежах показывают крайние разбивочные оси здания. Фасад обводят линией толщиной (0,2 ... 0,4) мм.

26.6. Чтение архитектурно-строительных чертежей

На рис. 411 изображен план восьмиквартирного жилого дома. Здание имеет прямоугольную форму и по оси 5 делится поперечной стеной на две симметричные секции. Секция каждого этажа состоит из двух изолированных квартир — трех- и двухкомнатных, с кухнями и санузлами. Кухня оборудована газовой плитой и раковиной. Отопление — центральное. Дымовая труба имеет только вентиляционные каналы.

Оси продольных стен здания обозначены буквами *А, Б и В*, а поперечных — цифрами *1, 2, 3*. Внешние стены имеют толщину 510 мм (два кирпича), внутренние — 250 мм (один кирпич). Перегородки в различных местах имеют толщину 80 и 120 мм. На плане указаны размеры между осями стен, оконными и дверными проемами, размеры простенков с привязкой их к разбивочным осям здания. Площадь комнат указана в квадратных метрах и подчеркнута чертой.

На рис. 412 изображен разрез здания по лестничной клетке. Из разреза видно, что фундамент — ленточный из бутового камня, внешние и внутренние стены — кирпичные, оконные и дверные перемычки — железобетонные, лестница собрана из сборных железобетонных элементов, стропила — деревянные, досчатые с обрешеткой брусками, покрытие крыши выполнено волнистыми асбоцементными плитами. Междуетажные и чердачное перекрытия условно показаны двумя линиями. В пояснительных надписях указано, из каких элементов складывается перекрытие. На разрезе проставлены отметки пола, потолка, оконных и дверных проемов, фундамента, конька и других элементов здания. Нулевую отметку имеет пол первого этажа. Указанные размеры дают представление о высоте помещений, окон, толщине стен, ширине лестничной клетки и других частей здания.

На рис. 413 изображен главный фасад этого здания. Из чертежа видно, что здание двухэтажное с выходами во двор, имеет четыре балкона, выходящие на улицу. Крыша здания двухскатная со слуховыми окнами. Здание имеет четыре трубы. С правой стороны главного фасада проставлены отметки тротуара, цоколя, оконных проемов, балконов и конька крыши.

На рис. 414, *а* изображен главный фасад арматурного цеха, на рис. 414, *б* — план цеха, а на рис. 415 — разрез этого здания. Из чертежей видно, что здание цеха одноэтажное однопролетное прямоугольной формы с шириной пролета 12 м и высотой 6 м; к правому крылу здания примыкают контора и бытовые помещения (гардеробы и санузел).

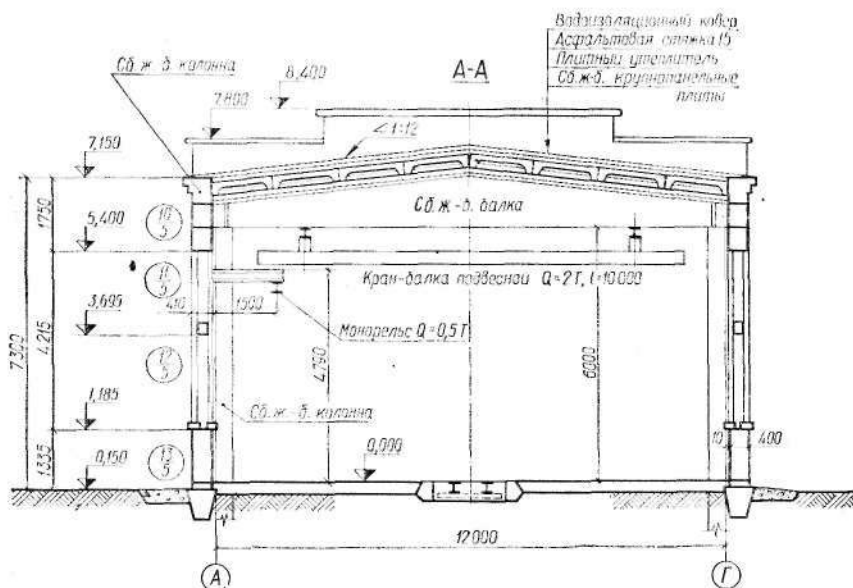


Рис. 415

Через весь цех и специальный проезд в пристройке проходит узкоколейная железная дорога. Цех оборудован монорельсом грузоподъемностью 0,5 Т и электрическим краном-балкой грузоподъемностью 2 Т. В правом верхнем углу на плане цеха предусмотрены фундаменты под оборудование. На плане указан тип пола (*тип 1*) и направление открывания дверных створок.

Несущая конструкция цеха состоит из сборных железобетонных колонн, на которые уложены железобетонные балки с уклоном для двухскатной крыши. На балках уложены сборные крупнопанельные железобетонные плиты. Покрытие крыши — водоизоляционный ковер по асфальтовой стяжке с плитным утеплителем. Стены цеха выполнены из больших бетонных блоков толщиной 40 см. Стены бытового помещения также собраны из блоков.

На фасаде и в разрезе указаны отметки уровней отдельных элементов здания.

26.7. Генеральный план

Генеральным планом называют план застройки земельного участка, на котором указывают взаимное расположение существующих, запроектированных и реконструируемых зданий и сооружений. Кроме того, на генеральном плане указывают границы участка, все вспомогательные здания и сооружения, зеленые насаждения, железнодорожные пути, автомобильные дороги и т. п. Если необходимо, на генеральном плане наносят наземную и подземную сети электропроводов, трубопроводов, канализационные, телеграфные и телефонные линии и т. д.

Обычно генеральный план размещают на чертеже так, чтобы линия «юг — север» шла снизу вверх параллельно боковой стороне формата. В других случаях направление меридиана указывают стрелкой, направленной на север.

Генеральные планы вычерчивают в масштабе 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000. Условные обозначения изображаемых объектов указывают в принятом масштабе.

Из размеров на генеральном плане проставляют лишь размеры земельного участка, ширину проездов, площадок специального назначения и т. п. К генеральному плану прилагают экспликацию, на которой перечисляют все изображаемые на плане сооружения и другие объекты.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем отличие архитектурно-строительных чертежей от инженерно-строительных?
2. Какие масштабы применяют на строительных чертежах?
3. Как условно изображают на чертежах термозоляцию, металлы на фасаде и в разрезе, окна, двери, дымоходы и плиты?
4. Каково назначение фундамента и как разделяют фундаменты?
5. Какое назначение стен здания? Что такое цоколь?
6. Из каких конструктивных элементов состоит перекрытие?
7. Как разделяются крыши и из чего они состоят?
8. Из каких элементов состоят лестницы? Какие размеры имеет ступень?
9. Что такое план здания и какие элементы здания изображают на плане?
10. Для чего выполняют разрезы здания и какие элементы раскрывает разрез?
11. Что дает чертеж фасада здания?
12. Что называется генеральным планом и какие элементы на нем изображают?

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ КАРТ ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ

Форматы. Линии чертежа

1 — 5. 2 — 8. 3 — 3. 4 — 29. 5 — 35, 36, 37, 41. 6 — 22. 7 — 14.
8 — 27. 9 — 45. 10 — 12.

Нанесение размеров

1 — a . 2 — b . 3 — a . 4 — a . 5 — a . 6 — a . 7 — b . 8 — b . 9 — a .
10 — a .

Сопряжения

1 — A ; 2 — B ; 3 — R_3 . 4 — R_4 . 5 — $(R_3 - R_1)$. 6 — $(R_3 - R_5)$. 7 — $(R_4 - R_1)$. 8 — $(R_4 + R_2)$. 9 — O_2 . 10 — O_4 . 11 — BD . 12 — AC .

Лекальные кривые

1 — 6. 2 — 4. 3 — 9. 4 — 3. 5 — 4. 6 — 3. 7 — 16. 8 — 2. 9 — 14.
10 — 7.

Проецирование точки

1 — II. 2 — III. 3 — IV. 4 — III. 5 — V. 6 — I. 7 — I. 8 — I.
9 — II. 10 — II.

Проецирование прямой линии

1 — II. 2 — II. 3 — III. 4 — II. 5 — IV. 6 — III. 7 — II. 8 — III.
9 — I. 10 — II.

Проецирование плоскости

1 — фронтально проецирующая. 2 — общего положения. 3 — точки 2; 3; 5; 7. 4 — нет. 5 — на рис. 4; 7. 6 — на рис. 4. 7 — на рис. 9. 10; 11. 8 — на рис. 13; 16.

АксонOMETРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

1 — рис. 1 — прямоугольная изометрия; рис. 2 — прямоугольная диметрия; рис. 3 — горизонтальная косоугольная изометрия. 2 — $p = 0,94$; $r = 0,94$; $q = 0,47$. 3 — вторичная проекция точки A. 4 — в прямоугольной аксонометрии проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости аксонометрических проекций, а в косоугольной — неперпендикулярны. 5 — рис. 4, 6 и 7; рис. 4 отвечает фронтальной плоскости, рис. 6 — горизонтальной, а рис. 7 — профильной. 6 — величина большой и малой осей эллипса, в которые проецируется окружность в прямоугольной диметрии, лежащая во фронтальной плоскости. 7 — рис. 9, 11 и 13; рис. 9 отвечает горизонтальной плоскости, рис. 11 — профильной и рис. 13 — фронтальной. 8 — в горизонтальной косоугольной изометрии. 9 — размеры 20, $\varnothing 15$. 10 — в горизонтальной и профильной плоскостях штриховка выполнена неправильно, так как размеры по оси y' не сокращены в два раза.

Способы преобразования проекций

1 — способом замены плоскостей проекций. 2 — способом плоскопараллельного перемещения. 3 — рис. 4; 5. 4 — относительно Π_2 . 5 — ось вращения; плоскость вращения точки A. 6 — фронтальная плоскость Π_2 . 7 — относительно горизонтального следа σ_1 . 8 — нет. 9 — 54 мм. 10 — приблизительно 1920 мм².

Проецирование геометрических тел

Карта № 1. 1 — 9A. 2 — 11A. 3 — 1A. 4 — 5A. 5 — 12A. 6 — 10A. 7 — 3A. 8 — 2A. 9 — 6A. 10 — 4A. 11 — 7A. 12 — 8A.

Карта № 2. 1 — 4A. 2 — 7A. 3 — 12A. 4 — 10A. 5 — 8A. 6 — 2A. 7 — 1A. 8 — 5A. 9 — 11A. 10 — 9A. 11 — 6A. 12 — 3A.

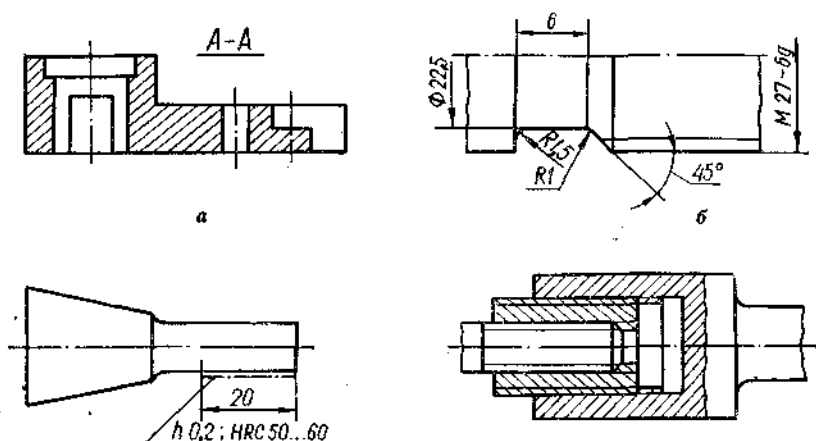


Рис. 416

Карта № 3. 1 — 3A. 2 — 7A. 3 — 9A. 4 — 5A. 5 — 12A. 6 — 2A. 7 — 10A. 8 — 6A. 9 — 11A. 10 — 8A. 11 — 4A. 12 — 1A.

Сечение геометрических тел плоскостями

Карта № 1. I — 1. II — 19. III — 23. IV — 4. V — 24. VI — 14. VII — 5. VIII — 11. IX — 2. X — 11. XI — 2. XII — 22. XIII — 20. XIV — 5. XV — 4. XVI — 10.

Карта № 2. I — 4. II — 7. III — 1. IV — 8. V — 9. VI — 3. VII — 6. VIII — 5. IX — 2.

Взаимное пересечение поверхностей

1 — 2; 3; 5. 2 — 1; 3. 3 — 7; 8. 4 — 4. 5 — 6. 6 — I — часть эллипса; II — две дуги параболы; III — часть эллипса. 7 — C; D. 8 — 1; 2; 3; 5; 6; 7; 8. 9 — 2; 3; 7; 8. 10 — 1; 5.

Виды

1 — главный вид. 2 — вид снизу. 3 — местный вид. 4 — два. 5 — два. 6 — Вид Б повернуто. 7 — четыре. 8 — Вид А. 9 — б; в; д. 10 — часть сферы; цилиндр; часть тора; параллелепипед. 11 — точка II.

Разрезы

1 — сложный ломаный. 2 — простой горизонтальный. 3 — простой фронтальный. 4 — сложный ступенчатый. 5 — на рис. 2. 6 — на рис. 3. 7 — на рис. 3. 8 — три плоскости. 9 — местный. 10 — на рис. 8. 11 — точка 8. 12 — точка 4. 13 — см. рис. 416, а.

Сечения

Карта № 1. I — 3. II — 4. III — 2. IV — 1. V — 3.

Карта № 2. А — А — 1. Б — Б — 9. В — В — 4. Г — Г — 11. Д — Д — 5. Е — Е — 2. Ж — Ж — 7. З — З — 10. И — И — 12. К — К — 8. Л — Л — 3. М — М — 6.

Резьба и резьбовые изделия

1 — б. 2 — а; б; г. 3 — а; в. 4 — а; б; г. 5 — в; г. 6 — болт с шестигранной головкой, исполнения 2, нормальной точности, с диаметром резьбы 12 мм, крупным шагом резьбы и полем допуска 8g, длиной 80 мм, класса прочности 6.6, без покрытия. 7 — резьба упорная с диаметром 70 мм, шагом 16 мм; резьба трапецидальная, трехзаходная, диаметр резьбы — 60 мм, шаг — 8 мм, левая; резьба метрическая с мелким шагом, диаметр резьбы — 64 мм, шаг — 2 мм, с полем допуска 6g. 8 — гайка шестигранная исполнения 1, нормальной точности изготовления, с диаметром метрической резьбы 12 мм, шаг мелкий 1,25 мм, с полем допуска 6H, класса прочности 12, из стали 40X, с покрытием 01 толщиной 6 мкм. 9 — винт с потайной головкой, исполнение 2, нормальной точности, с диаметром резьбы 12 мм, с крупным шагом резьбы и полем допуска 8g, длиной 40 мм, класса прочности 5.6, без покрытия. 10 — шпилька повышенной точности с диаметром резьбы 16 мм, мелким шагом резьбы 1,5 мм и полем допуска 6g, длиной 100 мм, длиной ввинчиваемого конца 1,25d, класса прочности 5.8, с покрытием 01 толщиной 6 мкм.

Рабочие чертежи и эскизы деталей

1 — по направлению III. 2 — три сечения. 3 — 14 размеров. 4 — $\sqrt[1.25]{0.63}$, $\sqrt[1.25]{R_2 160}$, $\sqrt[0.32]{0.32}$. 5 — а, в, г. 6 — Ст3 ГОСТ 380—71; Сталь 25 ГОСТ 1050—74; Л 68 ГОСТ 15527—70. 7 — комбинированный способ.

8 — см. рис. 416, б. 9 — $b_1 = 8$ мм; $d_4 = 28$ мм; $r = 2$ мм; $r_1 = 1$ мм.
10 — см. рис. 416, в.

Разъемные соединения

1 — *A* — шайба; *B* — гайка; *C* — болт; *D* — головка болта. 2 — $H = 0,8d$; $S = 1,73d$; $l_0 = 2d + 6$ мм; $d_2 = 1,1d$. 3 — $l = 85,8$ мм. 4 — часть 1 называется гаечным концом; часть 2 называется ввинчиваемым концом. 5 — болт с шестигранной головкой нормальной точности изготовления, исполнение 2, диаметр метрической резьбы 16 мм, шаг мелкий 1,5 мм, поле допуска резьбы 6g, длина болта 80 мм, класс прочности 5.8, без покрытия. 6 — шпилька нормальной точности изготовления, диаметр метрической резьбы 18 мм, резьба с крупным шагом, поле допуска резьбы 8g, длина шпильки 100 мм, длина ввинчиваемого конца $1,6d$, класс прочности 10.9, материал — легированная сталь 40X, покрытие 01 толщиной 6 мкм. 7 — $l = 57$ мм. 8 — $l_3 = 10$ мкм. 9 — см. рис. 416, г.

Сварные соединения

1 — угловой шов. 2 — стыковой шов. 3 — С6. 4 — Т2. 5 — I — 5; II — 1; III — 6; IV — 2; V — 3; VI — 4. 6 — на выпуклые, вогнутые и плоские. 7 — *a* — «шов по замкнутой линии»; *b* — «шов выполняется при монтаже изделия»; *в* — «усиление шва снять». 8 — шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний, выполняемый ручной электродуговой сваркой при монтаже изделия. Усиление шва снять. Шероховатость поверхности шва R_{z80} .

9 — шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний, прерывистый с шахматным расположением, выполняемый электродуговой ручной сваркой. Катет шва 6 мм. Длина провариваемого участка 50 мм, шаг между участками 100 мм. Сварка по замкнутому контуру.

Зубчатые передачи

1 — $d_f = m(z - 2,5)$. 2 — $d_a = 272$ мм. 3 — $h = 18$ мм. 4 — тонкой штрих-пунктирной линией. 5 — $m = 4$ мм. 6 — внешний дополнительный конус. 7 — конус вершин зубьев. 8 — угол головки зуба. 9 — на рис. 2, в. 10 — $d_f = m(z - 2,5 \cos \delta)$. 11 — 156 мм. 12 — на рис. 3, б.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабулин Н. А. Построение и чтение машиностроительных чертежей. М., Высшая школа, 1974.
- Баталов Н. М., Малкин Д. М. Технические основы машиностроительного черчения. М., Машгиз, 1962.
- Боголюбов С. К., Воинов А. И. Машиностроительное черчение. М., Высшая школа, 1974.
- Галкин В. Д., Обидаров В. Н. Простановка размеров, допусков и условных обозначений на чертежах. М., Машиностроение, 1967.
- Герб М. А. Составление и чтение машиностроительных чертежей. Л., Машгиз, 1963.
- Годик Е. И., Лысянский В. М., Михайленко В. Е., Пономарев А. М. Техническое черчение. Киев, Вища школа, 1973.
- Годик Е. И., Хаскин А. М. Справочное руководство по черчению. М., Машиностроение, 1974.
- Государственные стандарты ЕСКД (Единой системы конструкторской документации) 1968—1978 гг.
- Дружнин Н. С., Цылбов П. П. Курс черчения. М., Высшая школа, 1974.
- Загорулько В. И. Зубчатые и червячные передачи. М., Высшая школа, 1964.
- Квитницкий А. В., Павлов А. В. Выполнение рабочих чертежей. М., Машгиз, 1955.
- Крот А. М. Машиностроительное черчение для учителей. Киев, Радянська школа, 1963.
- Маркаров С. М. Краткий словарь-справочник по черчению. Л., Машиностроение, 1970.
- Левицкий В. С. Машиностроительное черчение. М., Советская наука, 1961.
- Основы методики обучения черчению /Под ред. Ботвинникова А. Д. М., Просвещение, 1966.
- Соловьев С. А., Буланже В. Г., Шульга А. К. Черчение и перспектива. М., Высшая школа, 1967.
- Хаскин А. М., Воеводский С. А., Красниц З. Я. Курс черчения для заочных техникумов, ч. 1, 2. Киев, Техніка, 1965.
- Хаскин А. М. Креслення. К., Вища школа, 1976.
- Хаскин А. М. Черчение. Киев, Вища школа, 1975.
- Щербина В. В. Побудова технічного рисунка. К., Вища школа, 1970.

Предисловие	3
Глава 1. Геометрическое черчение	
§ 1. Чертежные материалы, принадлежности и инструменты	5
§ 2. Основные сведения по оформлению чертежей	
2.1. Форматы	10
2.2. Линии чертежа	12
2.3. Приемы и способы проведения линий на чертежах	15
2.4. Обводка чертежа	16
§ 3. Шрифты чертежные	
3.1. Размеры стандартного шрифта	18
3.2. Конструкция букв	21
3.3. Приемы выполнения надписей	24
§ 4. Масштаб. Нанесение размеров	
4.1. Масштаб	27
4.2. Нанесение размеров	28
§ 5. Основные геометрические построения	
5.1. Общие положения	37
5.2. Деление отрезка прямой	37
5.3. Построение перпендикулярных и параллельных прямых	37
5.4. Построение и измерение углов. Деление углов	39
5.5. Построение плоских фигур	40
5.6. Деление окружности на равные части. Построение правильных вписанных многоугольников	41
5.7. Построение правильных многоугольников	44
5.8. Определение центра дуги окружности. Спрямоление дуги окружности	44
5.9. Построение уклона и конусности	44
§ 6. Сопряжения	
6.1. Общие положения	47
6.2. Построение касательных к окружностям	48
6.3. Сопряжение прямых дугой окружности	50
6.4. Сопряжение дуги с прямой	50
6.5. Сопряжение дуг окружностей между собой	52
6.6. Построение коробовых кривых	53
6.7. Выполнение чертежей технических деталей	54
§ 7. Лекальные кривые	
7.1. Общие положения	57
7.2. Эллипс	57
7.3. Гипербола	59
7.4. Парабола	61
7.5. Циклоидальные кривые (рулетты)	63
7.6. Спиральные кривые	65
7.7. Синусоида	67

Глава 11. Проекционные черчение

§ 8. Проецирование точки. Комплексный чертеж точки

8.1. Метод проецирования	69
8.2. Проецирование точки на три плоскости проекций	70
8.3. Комплексный чертеж точки	71
8.4. Измерения и координаты точки	72
8.5. Положения точек относительно плоскостей проекций	73
8.6. Построение третьей проекции точки по двум другим	74
8.7. Чтение комплексного чертежа точки	74

§ 9. Проецирование прямой линии

9.1. Проецирование прямой на три плоскости проекций	76
9.2. Положение прямой относительно плоскостей проекций	78
9.3. Прямая и точка	80
9.4. Следы прямой	80
9.5. Взаимное положение прямых в пространстве	81

§ 10. Проецирование плоскости

10.1. Изображение плоскости на комплексном чертеже	84
10.2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций	86
10.3. Прямые и точки, принадлежащие плоскости	88
10.4. Проекция плоских фигур	90
10.5. Взаимное положение плоскостей	94
10.6. Прямая, параллельная плоскости. Пересечение прямой с плоскостью	96

§ 11. Аксонометрические проекции

11.1. Сущность аксонометрического проецирования	100
11.2. Прямоугольная изометрия	102
11.3. Прямоугольная диметрия	108
11.4. Косоугольная фронтальная диметрия	112
11.5. Косоугольные изометрические проекции	113
11.6. Условности и нанесение размеров в аксонометрии	115

§ 12. Способы преобразования проекций. Определение натуральной величины плоских фигур

12.1. Общие положения	117
12.2. Способ вращения	117
12.3. Способ совмещения	120
12.4. Способ плоскопараллельного перемещения	122
12.5. Способ замены плоскостей проекций	123

§ 13. Проецирование геометрических тел

13.1. Общие положения	128
13.2. Призма	128
13.3. Пирамида	133
13.4. Цилиндр	137
13.5. Конус	140
13.6. Шар (сфера)	145
13.7. Тор	148

§ 14. Сечение геометрических тел плоскостями

14.1. Общие положения	152
14.2. Пересечение призмы	152
14.3. Пересечение пирамиды	154
14.4. Пересечение цилиндра	157
14.5. Сечение конуса	160
14.6. Сечение шара	164
14.7. Построение линий среза	166

§ 15. Взаимное пересечение поверхностей

15.1. Общие положения	169
15.2. Пересечение многогранников	171
15.3. Пересечение многогранника с телом вращения	174
15.4. Пересечение поверхностей вращения	177
15.5. Способ вспомогательных сфер	179
15.6. Пересечение поверхностей второго порядка по плоским кривым	182

§ 16. Техническое рисование

16.1. Общие положения	185
16.2. Рисование прямых линий и углов	185
16.3. Рисование плоских фигур	187
16.4. Рисунки геометрических тел	190
16.5. Оттенение поверхности предметов	191
16.6. Рисунки технических деталей	192

Глава III. Машиностроительное черчение

§ 17. Основные положения

17.1. Изделия и их составные части	195
17.2. Виды и комплектность конструкторских документов	196

§ 18. Изображения — виды, разрезы, сечения

18.1. Общие положения	198
18.2. Виды	199
18.3. Разрезы	201
18.4. Сечения	210
18.5. Выносные элементы	213
18.6. Условности и упрощения	215
18.7. Штриховка в разрезах и сечениях	219

§ 19. Резьба и резьбовые изделия

19.1. Винтовая линия	224
19.2. Резьба	225
19.3. Классификация резьбы	226
19.4. Основные параметры резьбы	226
19.5. Характеристика стандартных резьб общего назначения	228
19.6. Условное изображение резьбы	230
19.7. Условное обозначение резьбы	232
19.8. Технические требования на болты, винты, шпильки и гайки	235
19.9. Болты	236
19.10. Гайки	238
19.11. Винты	241
19.12. Шпильки	244
19.13. Шайбы	245

§ 20. Рабочие чертежи и эскизы деталей

20.1. Требования к рабочим чертежам деталей	248
20.2. Выполнение эскиза детали с натуры	253
20.3. Выполнение рабочего чертежа детали	257
20.4. Основная надпись	258
20.5. Базы и нанесение размеров	260
20.6. Нанесение размеров на чертежах	263
20.7. Измерительный инструмент и приемы измерения деталей	269
20.8. Технологические особенности конструирования деталей машин	271
20.9. Шероховатость поверхности	277
20.10. Нанесение на чертежах обозначений покрытий	283
20.11. Нанесение на чертежах термической и других видов обработки	285
20.12. Допуски и посадки	286
20.13. Допуски формы и расположения поверхностей	292

20.14. Текстовые надписи на чертежах	293
20.15. Групповые чертежи деталей	294
20.16. Материалы и их условные обозначения на чертежах	295
20.17. Примеры выполнения рабочих чертежей деталей	299
§ 21. Разъемные и неразъемные соединения	
21.1. Общие положения	305
21.2. Болтовое соединение	305
21.3. Шпильное соединение	308
21.4. Соединение винтами	309
21.5. Трубное соединение	311
21.6. Шпоночные соединения	315
21.7. Шлицевые соединения	319
21.8. Заклепочные соединения	323
21.9. Сварные соединения	328
21.10. Неразъемные соединения (пайкой, склеиванием, сшиванием)	342
21.11. Пружины	343
§ 22. Зубчатые передачи	
22.1. Общие положения	348
22.2. Цилиндрическая зубчатая передача	348
22.3. Коническая зубчатая передача	357
22.4. Червячная передача	363
§ 23. Сборочные чертежи	
23.1. Общие положения	374
23.2. Выполнение эскизов деталей изделия	375
23.3. Последовательность выполнения сборочного чертежа	376
23.4. Выбор количества изображений на сборочном чертеже	377
23.5. Размеры на сборочных чертежах	377
23.6. Номера позиций	378
23.7. Спецификация	379
23.8. Обозначение чертежей	382
23.9. Пример выполнения сборочного чертежа вентиля	389
23.10. Некоторые особенности выполнения сборочных чертежей	390
23.11. Условности и упрощения на сборочных чертежах	394
23.12. Изображение типовых составных частей изделий	396
§ 24. Чтение и детализирование сборочных чертежей	
24.1. Последовательность чтения сборочных чертежей	398
24.2. Последовательность детализирования сборочных чертежей	399
24.3. Особенности детализирования сборочных чертежей	400
24.4. Пример чтения и детализирования сборочного чертежа изделия	402
Глава IV. Схемы. Элементы строительного черчения	
§ 25. Схемы	
25.1. Виды и типы схем. Общие требования к выполнению схем	409
25.2. Кинематические схемы	410
25.3. Электрические схемы	411
§ 26. Элементы строительного черчения	
26.1. Виды строительных чертежей	417
26.2. Оформление строительных чертежей	420
26.3. Условные графические обозначения	420
26.4. Элементы зданий	422
26.5. Планы, разрезы и фасады зданий	426
26.6. Чтение архитектурно-строительных чертежей	429
26.7. Генеральный план	431
Ответы на вопросы карт программированного контроля	432
Список литературы	436