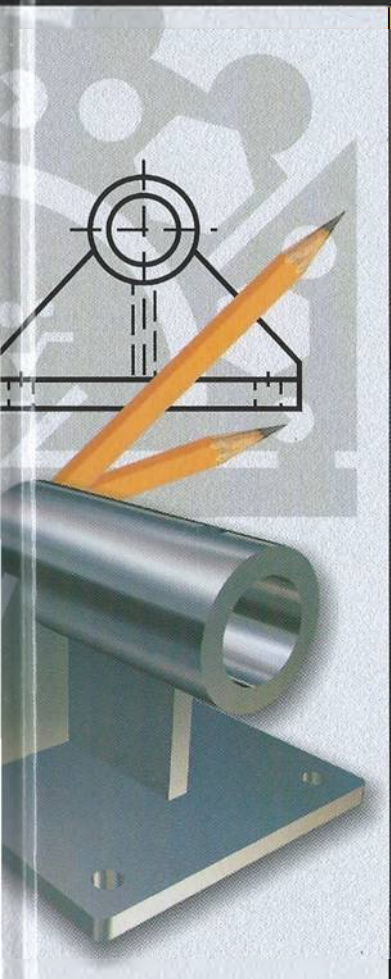
Федеральный комплект учебников



Начальное профессиональное образование

Общетехнические дисциплины

А. М. Бродский
Э. М. Фазлулин
В. А. Халдинов

ЧЕРЧЕНИЕ
(МЕТАЛЛООБРАБОТКА)

Учебник

ACADEMA

30.11
Б88

НАЧАЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

А. М. БРОДСКИЙ, Э. М. ФАЗЛУЛИН,
В. А. ХАЛДИНОВ

ЧЕРЧЕНИЕ (МЕТАЛЛООБРАБОТКА)

Учебник

Допущено
Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для образовательных учреждений
начального профессионального образования

8-е издание, стереотипное

ACADEMA

Москва
Издательский центр «Академия»
2011

БИБЛИОТЕКА
ВПУ-71-Профессионального лицея
ИНВ № 70-30

УДК 744
ББК 30.11
Б881

Рецензент —
сотрудник ИРПО канд. пед. наук *А. А. Володарская*

Бродский А. М.

Б881 Черчение (металлообработка) : учебник для нач. проф. образования / А. М. Бродский, Э. М. Фазлулин, В. А. Халдинов. — 8-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 400 с.

ISBN 978-5-7695-8173-1

Приведены приемы наиболее часто встречающихся геометрических построений, основные положения начертательной геометрии, общие правила выполнения чертежей, правила выполнения чертежей некоторых машиностроительных деталей и их соединений, различных схем, а также основы машинной графики.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

УДК 744
ББК 30.11

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Бродский А. М., Фазлулин Э. М., Халдинов В. А., 2003
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2003
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2004

ISBN 978-5-7695-8173-1

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий учебник полностью соответствует программе предмета «Черчение», разработанной для подготовки квалифицированных рабочих, связанных с ремонтом и обслуживанием машин и механизмов, а также с обработкой металлических материалов.

Авторы старались изложить материал в простой и доступной для понимания форме. Использованные в учебнике математические понятия не выходят за пределы изучаемых в средней школе.

Структура и содержание учебника отражают представления авторов о методически обоснованной системе изложения требуемого материала.

Материал приводится в строгой последовательности: от простейших геометрических построений, призванных не только сообщить некоторый объем сведений, но и развить у учащегося навыки владения чертежным инструментом, через теоретическое обоснование изображения пространственных геометрических форм на плоскости — к правилам изображения машиностроительных деталей, сборочных единиц и схем.

Положения, связанные с геометрическими построениями, преобразованиями и особенностями изображения, излагаются с опорой на программу средней школы, причем учебник позволяет достичь как минимального, так и более глубокого понимания и усвоения рассматриваемого материала.

Объем учебника позволяет преподавателю выбирать те положения курса, которым следует уделить большее внимание, исходя из их необходимости для конкретных специальностей.

Введение, главы 1 и 2 подготовлены А. М. Бродским, главы 3 и 6 — В. А. Халдиновым, главы 4, 5 и 7 — Э. М. Фазлулиным. Авторы будут признательны за все пожелания и замечания по содержанию учебника.

ВВЕДЕНИЕ

Коллективный характер существования человеческого общества всегда вызывал необходимость обмена информацией между отдельными его членами. Оказалось, что наиболее удобным способом сообщения сведений о форме, размерах и взаимном расположении реально существующих или воображаемых предметов является их графическое изображение на плоскости. Попытки воспроизвести объемные предметы на плоскости предпринимались с незапамятных времен.

Например, в Каповой пещере на Урале были найдены подкрашенные изображения мамонтов и лошадей, выполненные людьми палеолита (25—20 тыс. лет до н. э.) В пещере Альтамира (Испания) обнаружены рисунки коней с развевающимися гривами и раненых бизонов, а также контур прижатой к стене руки, относящиеся к 20—15 тыс. до н. э. Возможно, человек, создавая эти изображения, надеялся добиться успеха на предстоящей охоте или старался запомнить и сообщить окружающим обстоятельства состоявшегося события.

Простота и удобство подобной формы обмена информацией позволили ей опередить возникновение письменности. Удается проследить влияние исходных изображений на начертания отдельных современных букв. Например, египетский иероглиф «бык» последовательно переходил в начертание финикийской буквы «алеф», греческой буквы «альфа» и нашей буквы «А». Предшественницей нашей буквы «Г» служила греческая «гамма», финикийская «гимель» и египетский иероглиф «угол».

По мере развития материальной культуры расширялась и усложнялась информация, которой следовало воспользоваться при возведении инженерных сооружений, механизмов и машин. Возникла необходимость разработки таких правил их изображения, которые позволили бы при использовании ограниченного числа средств (точек, линий, цифр, знаков и надписей) сделать доступной эту информацию любому специалисту.

Техническая дисциплина, разрабатывающая правила передачи информации об окружающих нас предметах (сооружениях, машинах, отдельных деталях и пр.) путем изображения их на плоскости, называется *черчением*. Результат воспроизведения простран-

ственного объекта путем проведения линий на плоскости называется *чертежом*.

По мере усложнения используемых человеком сооружений, а следовательно, увеличения объема и точности передаваемой информации возрастает практическое значение геометрии. При строительстве пирамид в Египте (около 2800 лет до н. э.), Судане (примерно 500 лет до н. э.) и Мексике (100—500 лет н. э.) уже использовали чертежи, достаточно точно передающие не только форму, но и размеры возводимого сооружения. Впечатляет точность соответствия чертежа и реального сооружения. Например, один из найденных чертежей удалось отнести к пирамиде в г. Мероэ (Судан). Боковые грани пирамиды на чертеже наклонены к вертикали под углом 72°45′. В действительности этот угол составляет 72°48′, т. е. ошибка менее 0,1 %. Погрешность, допущенная в длине сторон основания пирамиды, составила примерно 1 %.

Пришедшая на смену египетской культура Древней Греции оставила нам имена не только великих скульпторов, поэтов и философов, но и великих математиков — это Фалес из Милета, Пифагор из Самоса, Евклид из Александрии, Архимед из Сиракуз. Перечень могут продолжить Апполоний Пергский и Менелай Александрийский, известные своими трудами по геометрии и тригонометрии.

Римский архитектор и инженер Витрувий, обобщая и развивая опыт греческого и римского зодчества, полагал непременными составляющими любого проекта три вида изображений: ихнографию (план сооружения), ортографию (вид спереди) и сценографию (изображение в перспективе).

Новое развитие теории изображений произошло лишь в эпоху Ренессанса (XIII—XVI вв. н. э.). Возрождение культуры античности вызвало потребность достоверного изображения окружающего мира. Поиски сущности правильного изображения заставили обратиться к разработке соответствующих разделов математики, законов геометрии; побудили к открытию закономерностей перспективы.

Выдающийся немецкий живописец и график Альбрехт Дюрер (1471—1528) не только впервые изложил основы евклидовой геометрии и описал построения геометрических фигур, но и заметно развил теорию изображения пространственных фигур и линий.

Особое место в формировании современных способов отображения объектов окружающего мира занимает французский ученый и инженер Амадео Франсуа Фрезье (1682—1773). Его труды можно считать первыми фундаментальными пособиями по основам начертательной геометрии. Фрезье пользовался различными приемами проецирования, приводил примеры проецирования на две взаимно перпендикулярные плоскости, для определения истинного вида фигуры применял способы преобразования чертежа.

Многие использованные им понятия и приемы отвечают современным представлениям и существующему ныне уровню.

Возникновение начертательной геометрии как науки связывают с именем французского математика и инженера Гаспара Монжа (1746—1818). Выдающиеся способности позволили сыну торговца скобяными товарами в бургундском городке Бон, пробившись через все сословные преграды, стать в 24 года заведующим кафедрами математики и физики в Королевской военно-инженерной школе в Мезьере, а в 34 года быть избранным членом Парижской академии наук.

В 1795 г. в Париже для подготовки преподавателей была открыта Нормальная школа, значительный объем в программе которой занимали предметы, связанные с теорией и практическим приложением начертательной геометрии. Первый курс начертательной геометрии в этой школе прочел Монж. Стенограммы его лекций были напечатаны в 1795 г. в «Журнале Нормальной школы», а в 1799 г. вышли отдельной книгой. Это был первый учебник, где начертательная геометрия была заявлена как самостоятельная наука.

Первым русским ученым, связавшим свою судьбу с начертательной геометрией, был Яков Александрович Севастьянов (1796—1849) — профессор Корпуса инженеров путей сообщения, автор переводных и оригинальных трудов.

Начертательная геометрия как фундаментальная дисциплина была введена в программы многих учебных заведений: Инженерного и Артиллерийского училищ, Санкт-Петербургского и Московского университетов, Императорского московского технического училища и др. В 1822 г. курс начертательной геометрии в Казанском университете читал Н.И.Лобачевский. Однако ведущее положение в подготовке кадров и развитии начертательной геометрии в России XIX в. сохранял Корпус инженеров путей сообщения. Здесь учились, передавали знания следующим поколениям внесшие заметный вклад в науку А.Х.Редер (1809—1873), Н.П.Дуров (1834—1879), Н.И.Макаров (1824—1904), В.И.Рынин (1877—1942). 14 классических трудов в области начертательной геометрии создал Валериан Иванович Курдюмов (1853—1904).

В XX в. черчение следовало за техническим прогрессом. Существенное и быстрое возрастание потребности в чертежах явилось побудительной причиной совершенствования приемов изображения, технологии и используемого оборудования. Например, если в начале века для хранения и размножения использовали чертежи, выполненные тушью на тонком батисте, то в середине века стало возможным оперативно изготавливать необходимое число копий с оригинала, вычерченного карандашом на листе бумаги.

Качественные изменения в передачу информации геометрического характера внесло использование компьютеров, оснащен-

ных специальными графическими программами. Стало возможным выполнять чертежи, используя компьютер; размножать выполненные таким образом чертежи; вводить в память компьютера чертежи, выполненные вручную; сохранять информацию на магнитном носителе и передавать эту информацию непосредственно на технологическое оборудование, предназначенное для изготовления моделей или готовых деталей. Компьютер позволяет получить любое изображение объекта, что позволяет «рассматривать» его со всех сторон.

Однако прогресс никак не умаляет значения начертательной геометрии и черчения, которые В. И. Курдюмов определил следующим образом: «Если чертеж является языком техники, одинаково понятным всем народам, то начертательная геометрия служит грамматикой этого мирного языка, так как она учит нас правильно читать чужие и излагать на нем наши собственные мысли, пользуясь в качестве слов одними только линиями и точками, как элементами всякого изображения»[1].

Умение понимать язык чертежа и передавать на этом языке необходимые сведения обязательны для любого квалифицированного специалиста, связанного с разработкой, изготовлением или эксплуатацией машин. Правильное и глубокое понимание сведений, приведенных в чертеже, является непременным условием изготовления качественных деталей, механизмов и устройств.

---

[1] Курдюмов В. И. Курс начертательной геометрии «Проекции ортогональные». — СПб.: Издательство Петербургского института инженеров путей сообщения, 1895.

Глава 1
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

1.1. Построение параллельных прямых

На практике довольно часто приходится выполнять некоторые простейшие геометрические построения. Это необходимо не только при составлении чертежа, но и при выполнении разметки перед изготовлением детали, а также при подготовке инструмента для ее контроля в процессах обработки и эксплуатации. Поэтому овладение черчением необходимо начинать со знакомства с приемами достаточно точных геометрических построений.

Пусть имеются прямая MN (рис. 1.1) и точка C, не лежащая на этой прямой. Требуется через точку C провести прямую, параллельную прямой MN.

На прямой MN выделяют произвольный отрезок AB. Из точки C, как из центра, проводят дугу окружности радиусом R_1, равным отрезку AB, а из точки B — дугу окружности радиусом R_2, равным отрезку AC. Пересечение двух дуг в точке D позволяет провести прямую CD, параллельную прямой MN.

Построение основано на свойствах параллелограмма, противоположные стороны которого, как известно, равны и параллельны. Действи-

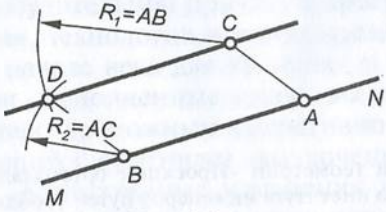


Рис. 1.1

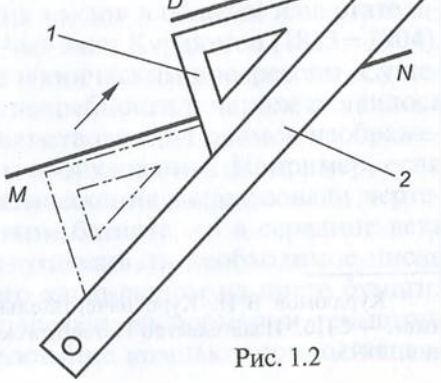


Рис. 1.2

тельно, $CD = AB$, а $BD = AC$. Следовательно, четырехугольник $ACDB$ — параллелограмм и $CD \parallel AB$.

На практике проведение прямой, параллельной заданной, часто осуществляется с помощью чертежных инструментов: двух угольников или линейки и угольника. Например, имея угольник и линейку, построение производят следующим образом. Одну из сторон угольника *1* (рис. 1.2) располагают вдоль прямой MN, а к другой — прикладывают линейку *2*. Сдвигают угольник вдоль линейки, и при совмещении стороны угольника с точкой C проводят прямую CD.

1.2. Построение взаимно-перпендикулярных прямых

Пусть имеется прямая AB (рис. 1.3) и принадлежащая ей точка C. Требуется провести через точку C прямую, перпендикулярную к прямой AB.

Из точки C дугой окружности с произвольным радиусом R_1 на прямой AB откладывают два равных отрезка: CD и CE. Из точек D и E, как из центров, проводят две дуги окружностей радиусом R_2, размер которого выбирается несколько больше, чем длина отрезка $CD = CE$. Пересечение дуг в точке N позволяет провести перпендикуляр CN к прямой AB. Вторая точка пересечения дуг — точка M — может служить для контроля точности построения.

Построение основано на свойствах равнобедренного треугольника, в котором, как известно, медиана, проведенная к основанию, является и высотой. Рассмотрев треугольник DEN, можно утверждать, что он равнобедренный ($DN = EN = R_2$), а точка C делит основание DE пополам ($CD = CE = R_1$). Следовательно, CN — медиана (и высота) треугольника DEN.

Если условия не позволяют отложить от заданной точки C на прямой AB достаточные по размеру отрезки в обе стороны, то можно воспользоваться другим приемом.

Пусть задан отрезок AB (рис. 1.4) и принадлежащая ему точка C. Требуется провести перпендикуляр к отрезку AB, проходящий через точку C.

Точка C располагается близко к концу A отрезка. Если нельзя продолжить отрезок AB, то использование рассмотренного ранее приема проведения перпендикуляра невозможно. В этом случае произвольно выбирают точку O, из которой, как из центра, проводят окружность радиусом OC. Пересечение окружности с отрезком AB определяет положение точки D, через которую проводят диаметр DN окружности, и точку N соединяют с точкой C. Отрезок CN — искомый перпендикуляр к отрезку AB.

Угол NCD — прямой, так как вписан в окружность с центром в точке O и опирается на диаметр DN.

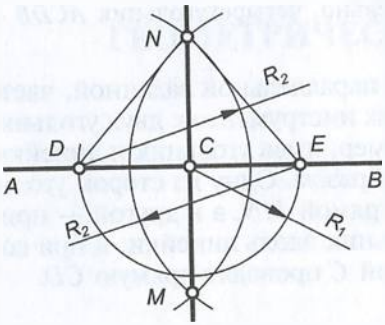


Рис. 1.3

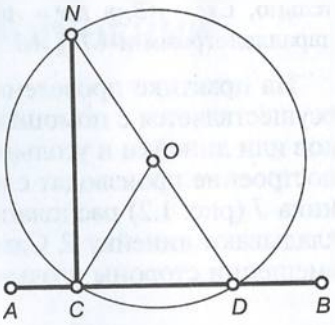


Рис. 1.4

Если необходимо провести перпендикуляр к прямой AB (рис. 1.5) из точки C, не принадлежащей прямой AB, поступают следующим образом.

Из точки C, как из центра, проводят дугу окружности радиусом R_1. Размер радиуса выбирается несколько больше, чем расстояние от точки C до прямой AB. Пересечение дуги с прямой AB определяет положение точек D и E. Из точек D и E, как из центров, проводят дуги окружностей произвольным радиусом R_2. Пересечение этих дуг дает точку N, которую соединяют с точкой C. CN — искомый перпендикуляр к прямой AB.

Из равенства треугольников CDN и CEN ($CD = CE = R_1$, $DN = EN = R_2$, CN — общая сторона) следует, что CN — биссектриса угла DCE. А в равнобедренном треугольнике CDE ($CD = CE$) биссектриса является и высотой, т.е. прямая CN перпендикулярна к прямой AB.

При построении перпендикуляра к прямой можно использовать чертежные инструменты: два угольника или угольник и ли-

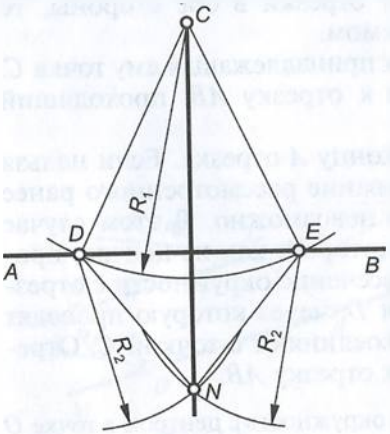


Рис. 1.5

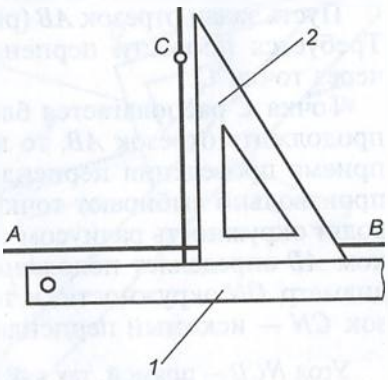


Рис. 1.6

нейку. Например, для проведения перпендикуляра через точку C (рис. 1.6) к прямой AB следует линейку *1* сориентировать вдоль прямой AB, а угольник *2* приложить к линейке одним из катетов, совместив второй катет с точкой C.

Упражнение. Из точки C, произвольно расположенной вне прямой AB, с помощью линейки и угольника опустить перпендикуляр на прямую AB. Проверить точность построения, пользуясь циркулем и линейкой.

1.3. Деление отрезка прямой

Пусть необходимо разделить отрезок AB (рис. 1.7) пополам.

Из концов A и B отрезка, как из центров, проводят дуги окружностей радиусом R, размер которого должен быть несколько больше, чем половина длины отрезка AB, а точки M и N пересечения дуг соединяют прямой. Точка C пересечения прямой MN с прямой AB разделит заданный отрезок пополам.

Точка C является точкой пересечения диагоналей ромба $AMBN$, которая, как известно, делит диагонали пополам.

Пусть отрезок AB (рис. 1.8) необходимо разделить точкой C так, чтобы размеры полученных участков находились в некотором заданном отношении, например в отношении 3 : 2, считая от точки A.

Через точку A под произвольным углом к AB проводят луч, на котором откладывают требуемое число произвольных по размеру, но равных между собой отрезков. В рассматриваемом примере таких отрезков должно быть пять (3 + 2). Конец последнего отрезка (точку *5*) соединяют с точкой B и из точки на луче, соответствующей заданному отношению (точки *3*), проводят прямую, параллельную прямой *B5*. Пересечение луча, исходящего из точки *3*, с отрезком AB определяет положение точки C, которая делит отрезок AB в отношении $AC : CB = 3 : 2$.

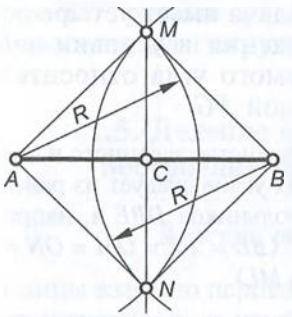


Рис. 1.7

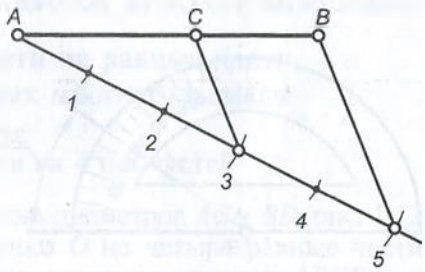


Рис. 1.8

Построение основано на известном положении: при пересечении сторон угла параллельными прямыми на его сторонах отсекаются пропорциональные отрезки.

Упражнение. Отрезок AB, равный 60 мм, разделить точкой C в отношении $AB : CD = 3 : 4$.

1.4. Построение углов

Пусть требуется построить угол с вершиной в точке B (рис. 1.9), составляющий с лучом BC 35°.

Один из возможных вариантов решения задачи — использование транспортира. Совместив обозначенную на транспортере точку с вершиной B и направив его прямолинейную сторону вдоль луча BC, по шкале с делениями отмечают точку, через которую должна пройти вторая сторона угла. Убрав транспортир, проводят луч BA.

С помощью транспортира можно построить любой угол от 0 до 360°. Если заданный угол превышает 180°, то по транспортиру отмечают угол, составляющий в сумме с углом 180° требуемое значение. Например, если необходимо построить угол, равный 215°, то его представляют как сумму углов 180 и 35°.

Значение угла может быть задано графически. Пусть требуется на прямой FG (рис. 1.10) построить угол с вершиной в точке O, равный углу ABC.

Из точек B и O, как из центров, описывают дуги окружностей с произвольными равными радиусами R. Дуга, проведенная из точки B, пересекает стороны угла в точках D и E, а дуга, проведенная из точки O, — в точках K и L. Измерив циркулем длину хорды DE, проводят дуги окружностей радиусом DE из точек K и L до пересечения их с окружностью с центром в точке O. Точки пересечения M, N, P и Q определяют направления сторон углов MOL, LON, QOK и KOP, равных по значению заданному углу ABC. Таким образом, задача имеет четыре решения. Для получения однозначного решения в условии задачи необходимо уточнить положение искомого угла относительно прямой FG.

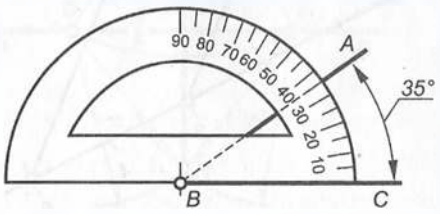


Рис. 1.9

Равенство заданного и построенных углов следует из равенства треугольников DBE и, например, MOL ($BD = BE = OM = ON = R$, а $DE = ML$).

Достаточно точно можно разделить угол пополам или на

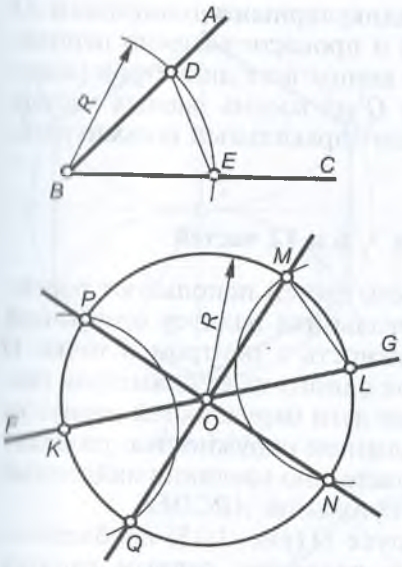


Рис. 1.10

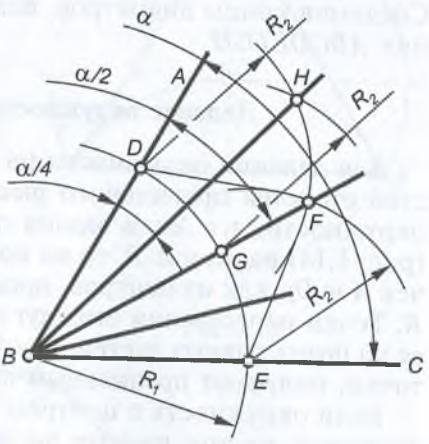


Рис. 1.11

любое четное число частей. Пусть угол *ABC* (рис. 1.11), равный α, необходимо разделить пополам.

Из вершины угла *B*, как из центра, проводят дугу окружности с произвольным радиусом R_1, которая пересекает стороны угла в точках *D* и *E*. Из этих точек, как из центров, проводят дуги окружностей с равным произвольным радиусом R_2. Пересечение дуг в точке *F* дает возможность провести биссектрису *BF* угла *ABC* и получить углы *ABF* и *FBC*, равные α/2.

Равенство углов *ABF* и *FBC* следует из равенства треугольников *BDF* и *BEF* (*BD* = *BE* = R_1, *DF* = *EF* = R_2, а сторона *BF* — общая).

Используя точки *D* и *G* пересечения дуги радиусом R_1 с лучом *BF*, можно аналогично разделить пополам угол *ABF*, получив углы *ABH* и *HBF*, равные α/4. Причем при построении точки *H* удобно использовать дуги окружностей радиусом R_2.

1.5. Деление окружности на равные части, построение правильных многоугольников

Деление окружности на 4 и 8 частей

Концы взаимно перпендикулярных диаметров *AC* и *BD* (рис. 1.12) делят окружность с центром в точке *O* на четыре равные части. Соединив концы диаметров, можно построить квадрат *ABCD*.

Если углы между взаимно перпендикулярными диаметрами *AE* и *CG* (рис. 1.13) разделить пополам и провести взаимно перпендикулярные диаметры *DH* и *BF*, то концы всех диаметров разделят окружность с центром в точке *O* на восемь равных частей. Соединив концы диаметров, получают правильный восьмиугольник *ABCDEFGH*.

Деление окружности на 3, 6 и 12 частей

Для деления окружности на шесть частей используют равенство стороны правильного шестиугольника радиусу описанной окружности, т.е. если задана окружность с центром в точке *O* (рис. 1.14) радиусом *R*, то из концов одного из ее диаметров (точек *A* и *D*), как из центров, проводят дуги окружностей радиусом *R*. Точки пересечения этих дуг с заданной окружностью разделят ее на шесть равных частей. Последовательно соединив найденные точки, получают правильный шестиугольник *ABCDEF*.

Если окружность с центром в точке *O* (рис. 1.15) необходимо разделить на три равные части, то радиусом, равным радиусу окружности, проводят дугу лишь из одного конца диаметра, например из точки *D*. Точки *B* и *C* пересечения этой дуги с заданной окружностью, а также точка *A* разделят окружность на три равные части. Соединив точки *A*, *B* и *C*, получают равносторонний треугольник *ABC*.

Чтобы разделить окружность на двенадцать частей, деление окружности на шесть частей повторяют дважды (рис. 1.16), используя в качестве центров концы взаимно перпендикулярных диаметров: точки *A* и *G*, *D* и *J*. Точки пересечения проведенных дуг с заданной окружностью разделят ее на 12 частей. Соединив построенные точки, получают правильный двенадцатиугольник *ABCDEFGHIJKL*.

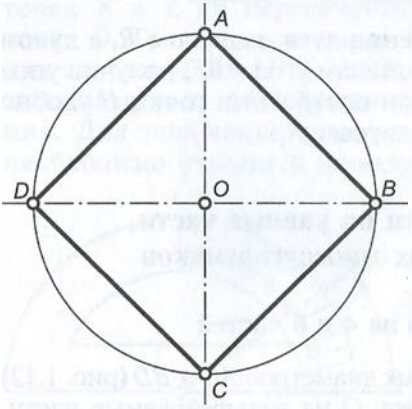


Рис. 1.12

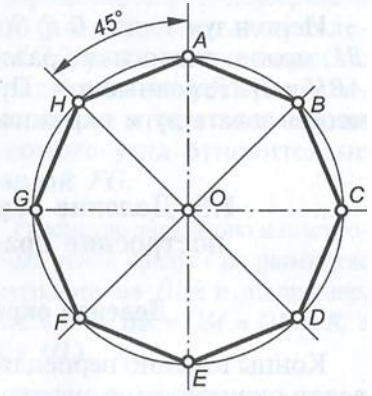


Рис. 1.13

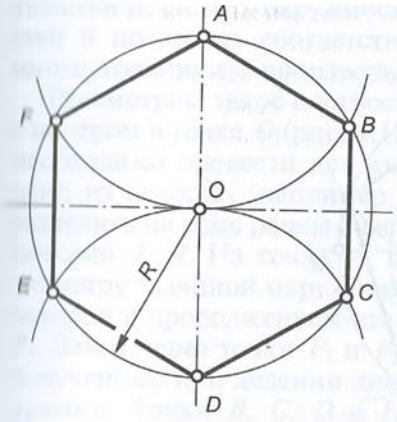


Рис. 1.14

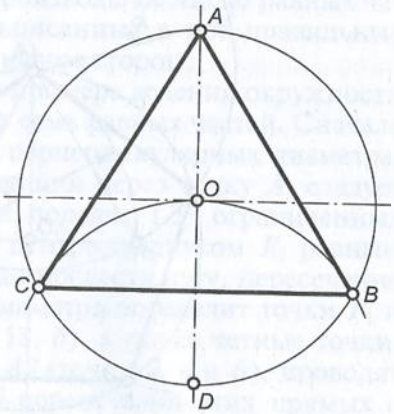


Рис. 1.15

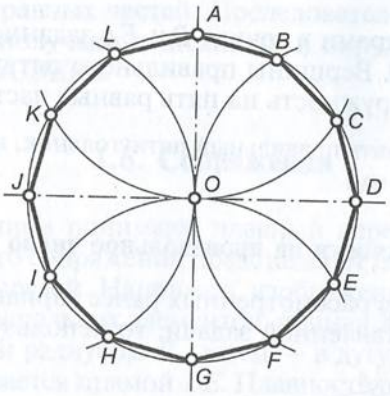


Рис. 1.16

Упражнение. Построить правильный шестиугольник, вписанный в окружность диаметром 50 мм.

Деление окружности на 5 частей

Чтобы разделить окружность с центром в точке O (рис. 1.17) на пять частей, поступают следующим образом. Один из двух взаимно перпендикулярных радиусов окружности, например OM, делят пополам описанным ранее способом. Из середины отрезка OM точки N радиусом R_1, равным отрезку AN, проводят дугу окружности и отмечают точку P пересечения этой дуги с диаметром, которому принадлежит радиус OM. Отрезок AP равен стороне вписанного в окружность правильного пятиугольника. Поэтому из точки A радиусом R_2, равным отрезку AP, проводят дугу окружности. Точки B и E пересечения этой дуги с заданной окружностью позволяют отметить две вершины пятиугольника. Еще две вершины (C и D) являются точками пересечения дуг окружностей

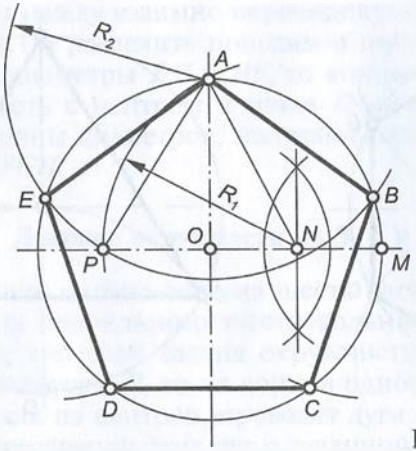


Рис. 1.17

радиусом R_2 с центрами в точках B и E с заданной окружностью с центром в точке O. Вершины правильного пятиугольника $ABCDE$ делят заданную окружность на пять равных частей.

Упражнение. Построить правильный пятиугольник, вписанный в окружность диаметром 50 мм.

Деление окружности на произвольное число равных частей

Если ни один из рассмотренных ранее вариантов не удовлетворяет условию поставленной задачи, то используют прием, позво-

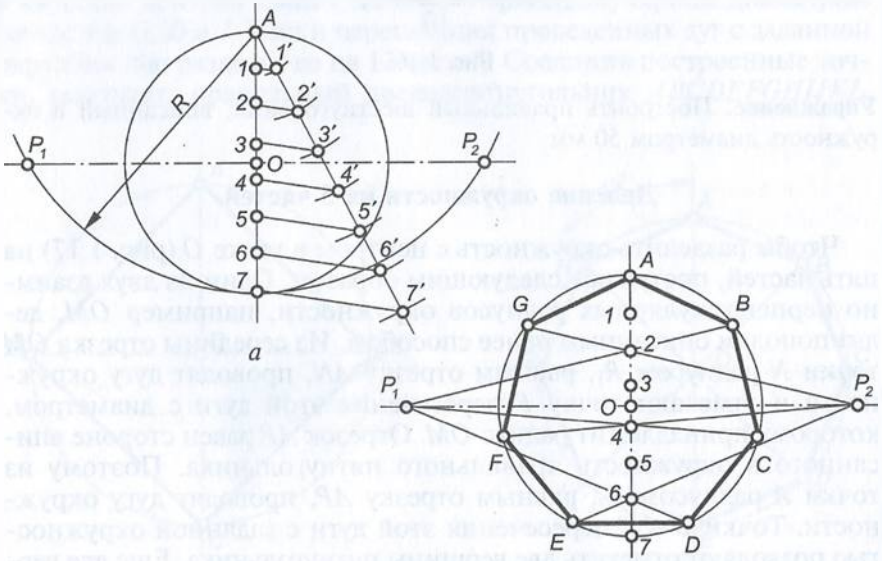


Рис. 1.18

ляющий разделить окружность на произвольное число равных частей и построить соответственно вписанные в нее правильные многоугольники с произвольным числом сторон.

Рассмотрим такое построение на примере деления окружности с центром в точке *O* (рис. 1.18, *а*) на семь равных частей. Сначала необходимо провести два взаимно перпендикулярных диаметра, один из которых, например проходящий через точку *A*, следует разделить на семь равных частей (см. подразд. 1.3), ограниченных точками *1*...*7*. Из точки *A*, как из центра, радиусом *R*, равным диаметру заданной окружности, надо провести дугу, пересечение которой с продолжением второго диаметра определит точки P_1 и P_2. Затем через точки P_1 и P_2 (рис. 18, *б*), а также четные точки, полученные при делении диаметра *A7* (точки *2*, *4* и *6*), проводят прямые. Точки *B*, *C*, *D* и *E*, *F*, *G* пересечения этих прямых с заданной окружностью и точка *A* делят окружность с центром в точке *O* на семь равных частей. Последовательно соединив построенные точки, получают вписанный в окружность правильный семиугольник *ABCDEFG*.

1.6. Сопряжения

Под сопряжением понимают плавный переход одной линии в другую. Чаще всего сопряжения представляют собой сочетания прямых и дуг окружностей. Например, изображенная на рис. 1.19 линия состоит из нескольких элементов: прямая *AB* плавно переходит в дугу окружности радиусом R_1, затем — в дугу окружности радиусом R_2 и заканчивается прямой *DE*. Плавность перехода достигается за счет того, что последовательно расположенные линии касаются друг друга. Прямая *AB* касается окружности с центром O_1 в точке *B*, окружность с центром O_1 касается окружности с центром O_2 в точке *C*, а окружность с центром O_2 касается прямой *DE* в точке *D*.

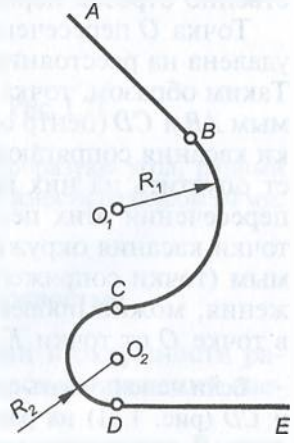


Рис. 1.19

Если сопряжения состоят из прямых и дуг окружностей, то для правильного и точного их изображения необходимо определить основные параметры: радиусы сопряжений (R_1 или R_2), центры сопряжений (точки O_1 и O_2) и точки сопряжений (точки *B*, *C* и *D*). *Радиусы и центры сопряжений* характеризуют размеры и положение сопрягающих дуг окружностей. *Точки сопряжений* — это точки, общие для двух последовательно расположенных линий, или границы, отделяющие одну линию от другой.

БИБЛИОТЕКА
ВПУ-71-Профессионального лицея
ИНВ № 40-36

Чаще всего радиусы сопряжений задаются, и решение задачи сводится к определению центров и точек сопряжения. В этом случае можно сформулировать общий план решения подобных задач.

1. Определить и провести на чертеже линию, представляющую собой множество точек плоскости, удаленных от одной из заданных линий на расстояние, равное радиусу сопряжения.
2. Определить и провести на чертеже линию, представляющую собой множество точек плоскости, удаленных от другой заданной линии на расстояние, равное радиусу сопряжения.
3. Найти точку пересечения построенных линий, являющуюся центром сопряжения.
4. Построить точки сопряжения заданных линий с сопрягающей дугой окружности, т.е. точки касания заданной линии с окружностью.
5. Провести сопрягающую дугу окружности в пределах найденных точек сопряжения.

Сопряжение двух пересекающихся прямых линий

Пусть имеются прямые AB (рис. 1.20) и CD, которые необходимо сопрячь дугой окружности радиусом R_c.

Множество точек плоскости, удаленных от прямой на расстояние R_c, есть две прямые, параллельные заданной и отстоящие от нее на расстояние R_c. Выберем на прямой AB произвольную точку E, восстановим из нее перпендикуляр к AB, отложим на нем отрезок EF, равный R_c, и через точку F проведем одну из прямых, параллельных прямой AB. Аналогичные построения выполним относительно прямой CD, взяв произвольную точку G и соответственно отрезок перпендикуляра $GH = R_c$.

Точка O пересечения прямых, проходящих через точки F и H, удалена на расстояние R_c как от прямой AB, так и от прямой CD. Таким образом, точка O — центр окружности, касательной к прямым AB и CD (центр сопряжения). Для того чтобы определить точки касания сопрягающей окружности и заданных прямых, следует опустить на них перпендикуляры из точки O. Точки K_1 и K_2 пересечения этих перпендикуляров с прямыми AB и CD и есть точки касания окружности с центром в точке O к заданным прямым (точки сопряжения). Располагая всеми параметрами сопряжения, можно провести дугу окружности радиусом R_c с центром в точке O от точки K_1 до точки K_2.

Если использовать полные множества точек, удаленных от прямых AB и CD (рис. 1.21) на расстояние R_c, и провести по две прямых, параллельных заданным, то можно построить четыре центра сопряжений O_1, O_2, O_3 и O_4 и получить четыре варианта решения задачи.

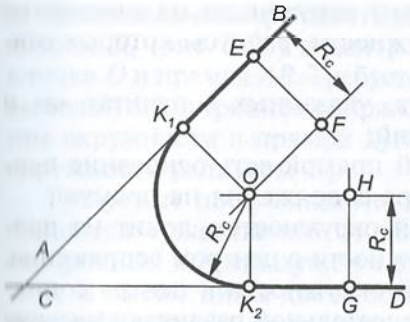


Рис. 1.20

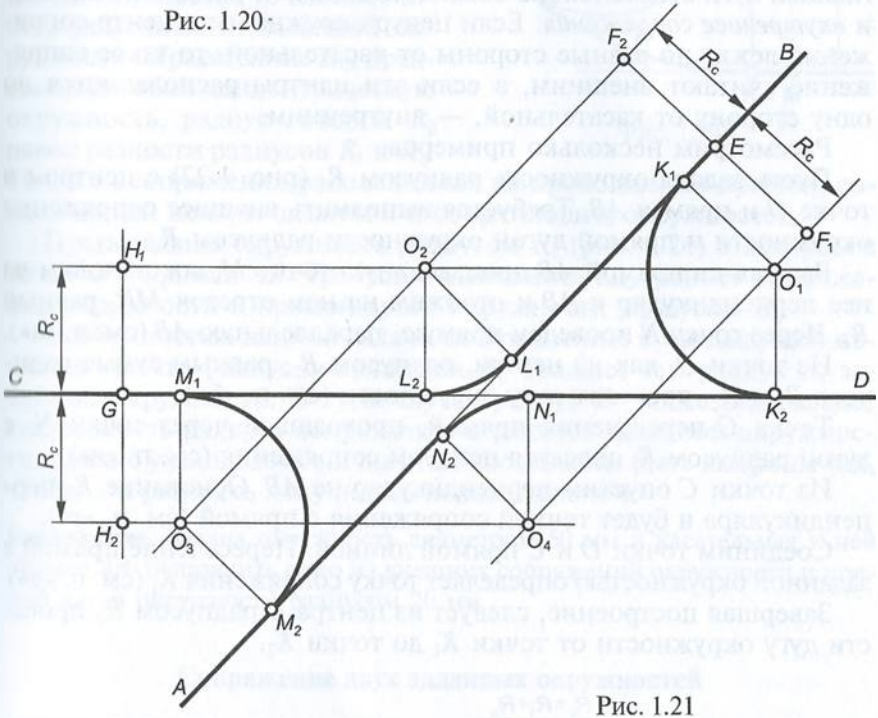


Рис. 1.21

Упражнение. Пересекающиеся прямые *AB* и *CD* образуют угол, равный 30°. Выполнить сопряжение этих прямых дугой окружности радиусом 20 мм. Дать одно решение.

Сопряжение прямой линии с окружностью

Если радиус сопряжения R_c прямой линии и окружности радиусом R задан, то при определении параметров сопряжений следует исходить из следующих положений:

а) множество точек, удаленных от прямой на расстояние R_c, есть две параллельные прямые, отстоящие от заданной на расстояние R_c;

б) множество точек, удаленных от окружности на расстояние R_c, есть две концентрические окружности, радиусы которых равны сумме или разности R и R_c;

в) точки пересечения множеств, указанных в пунктах «а» и «б», являются центрами сопряжений;

г) точка сопряжения с заданной прямой есть основание перпендикуляра, опущенного из центра сопряжения на прямую;

д) точка сопряжения с заданной окружностью лежит на прямой, соединяющей центр этой окружности с центром сопряжения.

По положению центра заданной окружности и центра сопрягающей дуги относительно общей касательной различают *внешнее* и *внутреннее сопряжения*. Если центр окружности и центр сопряжения лежат по разные стороны от касательной, то такое сопряжение считают внешним, а если эти центры располагаются по одну сторону от касательной, — внутренним.

Рассмотрим несколько примеров.

Пусть задана окружность радиусом R_1 (рис. 1.22) с центром в точке O и прямая AB. Требуется выполнить внешнее сопряжение окружности и прямой дугой окружности радиусом R_c.

Выбрав на прямой AB произвольную точку M, восстановим из нее перпендикуляр к AB и отложим на нем отрезок MN, равный R_c. Через точку N проведем прямую, параллельную AB (см. п. «а»).

Из точки O, как из центра, радиусом R_2, равным сумме радиусов R_1 и R_c, проведем дугу окружности (см. п. «б»).

Точка C пересечения прямой, проходящей через точку N, с дугой радиусом R_2 является центром сопряжения (см. п. «в»).

Из точки C опустим перпендикуляр на AB. Основание K_2 перпендикуляра и будет точкой сопряжения с прямой (см. п. «г»).

Соединим точки O и C прямой линией. Пересечение прямой с заданной окружностью определяет точку сопряжения K_1 (см. п. «д»).

Завершая построение, следует из центра C радиусом R_c провести дугу окружности от точки K_1 до точки K_2.

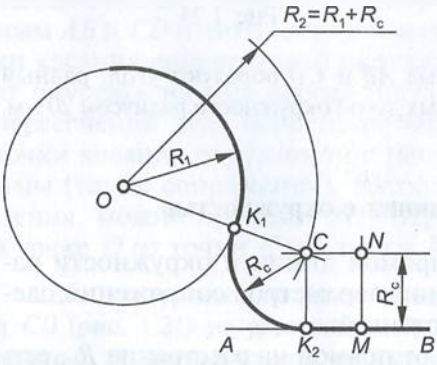


Рис. 1.22

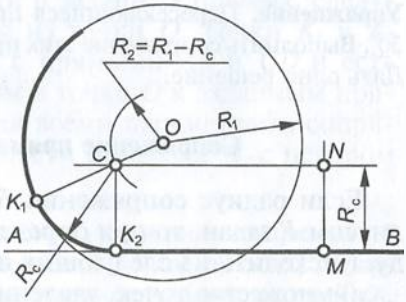


Рис. 1.23

Пусть заданы окружность радиусом R_1 (рис. 1.23) с центром в точке O и прямая AB. Требуется выполнить внутреннее сопряжение окружности и прямой дугой окружности радиусом R_c.

Требуемые построения не отличаются существенно от рассмотренных в предыдущем примере и имеют лишь две особенности. Множество точек плоскости, удаленных от заданной окружности на расстояние R_c, представляет собой концентрическую окружность, радиус которой R_2 равен разности радиусов R_1 и R_c. Точка K_1 сопряжения располагается на продолжении прямой, соединяющей центры заданной и сопрягающей окружностей.

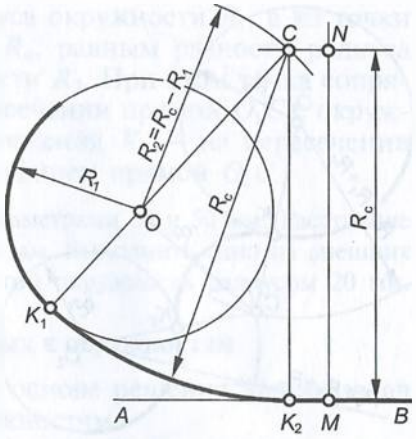


Рис. 1.24

Пусть заданы окружность радиусом R_1 (рис. 1.24) с центром в точке O и прямая AB. Требуется выполнить внутреннее сопряжение окружности и прямой дугой окружности радиусом R_c.

Особенностью данной задачи по сравнению с предыдущей является то, что радиус сопряжения R_c больше, чем радиус R_1 заданной окружности. В этом случае радиус R_2 также определяют как разность радиуса сопряжения и радиуса заданной окружности, однако уменьшаемое и вычитаемое должны быть выбраны так, чтобы эта разность получилась положительной.

Упражнение. Задана окружность диаметром 50 мм и касательная к ней прямая AB. Выполнить одно из внешних сопряжений окружности и прямой дугой окружности радиусом 20 мм.

Сопряжение двух заданных окружностей

При решении задач на сопряжение двух окружностей следует учитывать, что множества точек плоскости, удаленных от окружностей на равные расстояния, представляют собой концентрические окружности, радиусы которых равны сумме или разности радиуса заданной окружности и радиуса сопряжения. Точка пересечения этих окружностей есть центр сопряжения. Точки сопряжения определяются как точки пересечения прямых, соединяющих центры заданных окружностей с центром сопряжения.

Пусть заданы окружности с центрами в точках O_1 и O_2 (рис. 1.25), имеющие радиусы R_1 и R_2 соответственно. Требуется выполнить внутреннее сопряжение этих окружностей дугой окружности радиусом R_c.

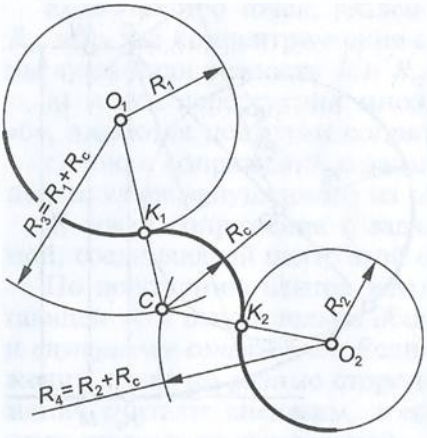


Рис. 1.25

Из центра O_1 проводят дугу окружности радиусом R_3, равным сумме радиусов R_1 и R_c, а из центра O_2 — дугу окружности радиусом R_4, равным сумме радиусов R_2 и R_c. Точка C пересечения этих дуг является центром сопряжения, а точки K_1 и K_2 пересечения прямых O_1C и O_2C с соответствующими окружностями — точками сопряжения. Определив основные параметры сопряжения, можно из центра C между точками K_1 и K_2 провести дугу окружности радиусом R_c.

Если необходимо выполнить внутреннее сопряжение окружностей с радиусами R_1 и R_2 и центрами соответственно в точках O_1 и O_2 (рис. 1.26), то для определения центра их сопряжения C надо провести дуги окружностей радиусами R_3 и R_4, равными разностям радиуса сопряжения R_c и соответственно радиусов R_1 и R_2 заданных окружностей. Точки K_1 и K_2 сопряжения будут находиться на продолжении прямых, соединяющих центр C сопряжений с центрами окружностей O_1 и O_2.

Если же радиус сопряжения R_c задан (рис. 1.27) и для одной из окружностей (с центром O_1 и радиусом R_1) следует выполнить внутреннее сопряжение, а для другой (с центром O_2 и радиусом R_2) — внешнее, то для определения центра сопряжения C надо из точки O_1 провести дугу окружности радиусом R_3, равным сум-

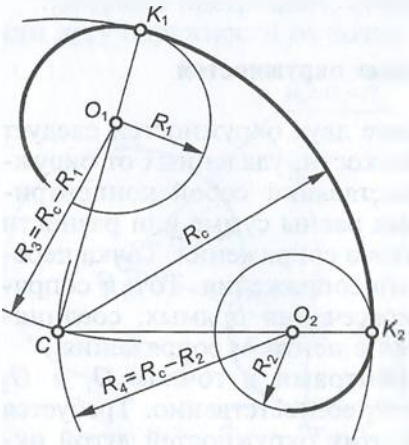


Рис. 1.26

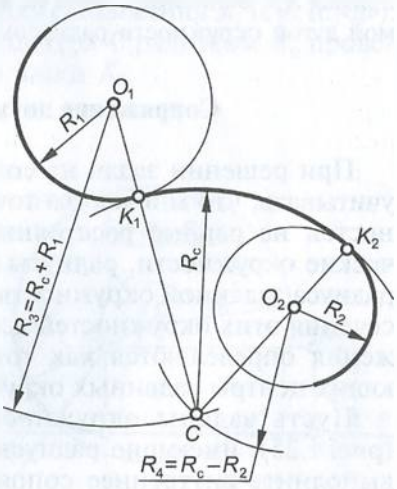


Рис. 1.27

ме радиуса сопряжения R_c и радиуса окружности R_1, а из точки O_2 — дугу окружности радиусом R_4, равным разности радиуса сопряжения R_c и радиуса окружности R_2. При этом точка сопряжения K_1 будет находиться на пересечении прямой O_1C с окружностью радиусом R_1, а точка сопряжения K_2 — на пересечении окружности радиусом R_2 с продолжением прямой O_2C.

Упражнение. Заданы две окружности диаметрами 30 и 50 мм. Расстояние между центрами окружностей равно 50 мм. Выполнить одно из внешних сопряжений заданных окружностей дугой окружности радиусом 20 мм.

Построение касательных к окружностям

Рассмотрим задачу, лежащую в основе решения других задач на проведение касательных к окружностям.

Пусть из точки A (рис. 1.28) необходимо провести касательные к окружности с центром в точке O.

Для точного построения касательных необходимо определить точки касания прямых и окружности. Для этого точку A следует соединить с точкой O, и разделить отрезок AO пополам. Из середины отрезка — точки C, как из центра, надо описать окружность, диаметр которой должен быть равен отрезку AO. Точки K_1 и K_2 пересечения окружности с центром C и окружности с центром O будут точками касания прямых AK_1 и AK_2 к заданной окружности.

Правильность решения поставленной задачи подтверждается тем, что радиус окружности, проведенный в точку касания, перпендикулярен касательной к окружности. Углы OK_1A и OK_2A — прямые, поскольку опираются на диаметр AO окружности с центром в точке C.

При построении касательных к двум окружностям различают *касательные внешние и внутренние*. Если центры заданных окружностей располагаются по одну сторону от касательной, то ее считают внешней, а если центры окружностей находятся по разные стороны от касательной, то — внутренней.

Пусть заданы окружности с центрами в точках O_1 и O_2 (рис. 1.29), имеющие радиусы R_1 и R_2 соответственно. Требуется провести внешние касательные к заданным окружностям.

Для точного построения следует определить точки касания прямых к заданным окружностям. Если радиусы окружностей с центрами O_1 и O_2 начать последовательно уменьшать на одно

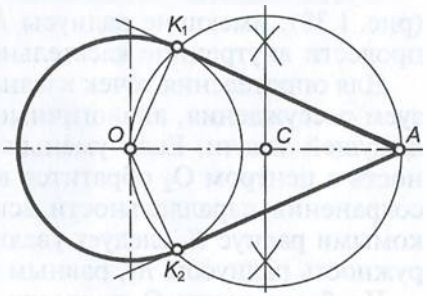


Рис. 1.28

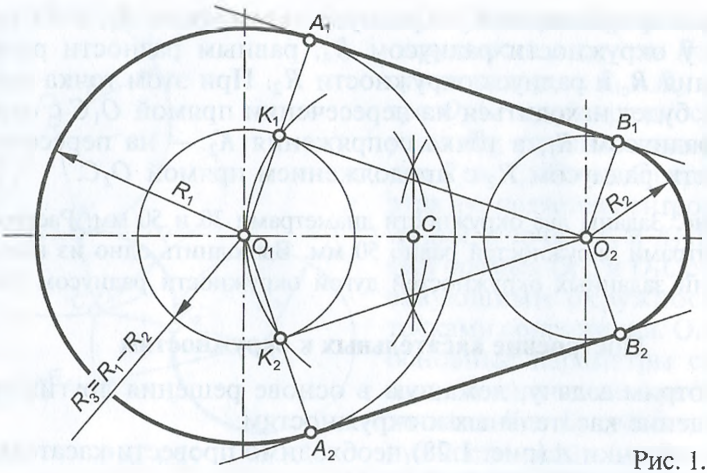


Рис. 1.29

и то же значение, то можно получить ряд концентрических окружностей меньших диаметров. При этом в каждом случае уменьшения радиуса касательные к меньшим окружностям будут параллельны искомым. После уменьшения обоих радиусов на размер меньшего радиуса R_2 окружность с центром O_2 обратится в точку, а окружность с центром O_1 преобразится в концентрическую окружность радиусом R_3, равным разности радиусов R_1 и R_2.

Используя описанный ранее способ, из точки O_2 проводят внешние касательные к окружности радиусом R_3, соединяют точки O_1 и O_2, делят точкой C отрезок O_1O_2 пополам и проводят радиусом CO_1 дугу, пересечение которой с заданной окружностью определит точки касания прямых O_2K_1 и O_2K_2.

Точки A_1 и A_2 касания искомых прямых к большей окружности располагаются на продолжении прямых O_1K_1 и O_1K_2. Точки B_1 и B_2 касания прямых к меньшей окружности находятся на перпендикулярах с основанием O_2 к вспомогательным касательным O_2K_1 и O_2K_2 соответственно. Располагая точками касания, можно провести искомые прямые A_1B_1 и A_2B_2.

Пусть заданы окружности с центрами в точках O_1 и O_2 (рис. 1.30), имеющие радиусы R_1 и R_2 соответственно. Требуется провести внутренние касательные к заданным окружностям.

Для определения точек касания прямых к окружностям используем рассуждения, аналогичные приведенным при решении предыдущей задачи. Если уменьшить радиус R_2 до нуля, то окружность с центром O_2 обратится в точку. Однако в этом случае для сохранения параллельности вспомогательных касательных с искомыми радиус R_1 следует увеличить на размер R_2 и провести окружность радиусом R_3, равным сумме R_1 и R_2.

Чтобы из точки O_2 провести касательные к окружности радиусом R_3, для чего соединяют точки O_1 и O_2, делят точкой C отрезок

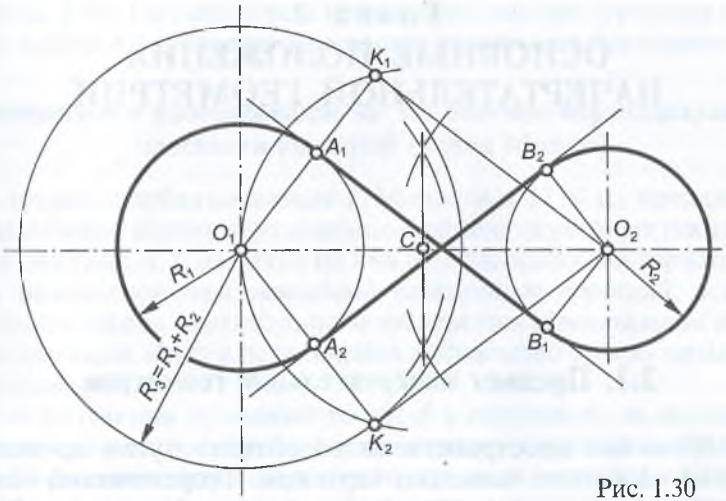


Рис. 1.30

O_1O_2 пополам и проводят дугу окружности с центром в точке C и радиусом CO_1. Пересечение этой дуги с окружностью радиусом R_3 определит положение точек K_1 и K_2 касания вспомогательных прямых O_2K_1 и O_2K_2.

Точки A_1 и A_2 касания искомых прямых с окружностью радиусом R_1 находятся на ее пересечении с отрезками O_1K_1 и O_1K_2. Для определения точек B_1 и B_2 касания искомых прямых с окружностью радиусом R_2 следует из точки O_2 восстановить перпендикуляры к вспомогательным прямым O_2K_1 и O_2K_2 до пересечения с заданной окружностью. Располагая точками касания искомых прямых и заданных окружностей, можно провести прямые A_1B_1 и A_2B_2.

Упражнение. Заданы две окружности диаметрами 30 и 50 мм. Расстояние между центрами окружностей равно 60 мм. Построить внешние и внутренние касательные к заданным окружностям.

Глава 2
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

2.1. Предмет начертательной геометрии

Изображение пространственного объекта путем проведения линий на плоскости называют чертежом. **Теоретической основой для создания чертежа и восприятия содержащейся в нем информации является начертательная геометрия.**

Начертательная геометрия — один из разделов геометрии, в котором рассматриваются две основные проблемы: как геометрический объект, реально или мысленно существующий в пространстве, отобразить на плоскости и как по существующим плоским изображениям представить действительный геометрический объект.

Под *геометрическим объектом* (*фигурой*) понимается некоторое множество точек, объединенных между собой определенными условиями. Для того чтобы отобразить весь геометрический объект (все множество), необходимо отобразить каждую из точек его составляющих (каждый элемент множества). Способ, который используют в начертательной геометрии для изображения геометрического множества или его элемента на плоскости, носит название *метода проецирования*, а результат этого действия называют *проекцией* множества или его элемента.

2.2. Прямоугольное проецирование на две и три взаимно-перпендикулярные плоскости проекций, образование чертежа

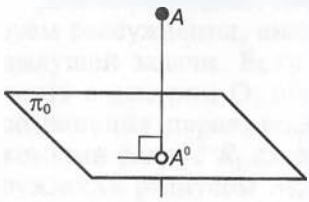


Рис. 2.1

Одним из приемов отображения является способ прямоугольного проецирования. Пусть в пространстве имеется некоторая точка A (рис. 2.1) и плоскость π_0 (*плоскость проекций*). Для получения отображения (*проекции*) точки A на плоскость необходимо провести из нее *проецирующий луч* перпендикулярно к плос-

кости π_0. Точка A^0, в которой проецирующий луч пересекает плоскость проекций, является проекцией точки A на плоскость π_0.

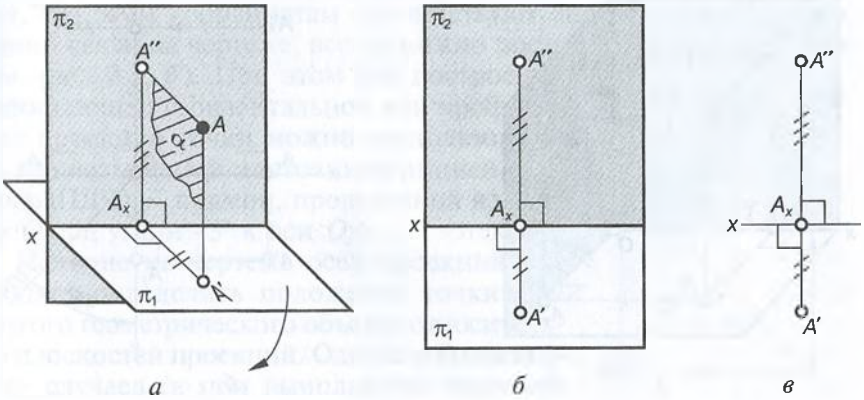
Прямоугольное проецирование на две взаимно-перпендикулярные плоскости проекций (метод Монжа)

В трудах, опубликованных Г. Монжем в 1799 г., предлагалось использовать систему двух взаимно-перпендикулярных плоскостей проекций (рис. 2.2, *а*). Одна из них (π_1) расположена горизонтально и называется *горизонтальной плоскостью проекций*, а вторая (π_2) расположена вертикально и называется *фронтальной плоскостью проекций*. Линия пересечения плоскостей π_1 и π_2 называется *осью проекций* (x).

Для получения проекций точки A в системе π_1, π_2 выполняют прямоугольное проецирование на каждую из плоскостей проекций. Пересечение проецирующего луча с плоскостью π_1 определит положение горизонтальной проекции A' точки A, а пересечение проецирующего луча с плоскостью π_2 даст ее фронтальную проекцию A''.

Полученные таким образом изображения позволяют, располагая только проекциями точки, определить ее положение в пространстве. Действительно, если восстановить перпендикуляры в точке A' к горизонтальной плоскости проекции, а в точке A'' к фронтальной плоскости проекций, то их пересечение определит положение точки A в данной системе плоскостей проекций, из чего можно сделать очень важный вывод: **две проекции точки вполне определяют ее положение в пространстве относительно данной системы плоскостей проекций.**

Однако пользоваться изображениями геометрического объекта, полученными на двух взаимно-перпендикулярных плоскостях, было бы весьма затруднительно, поэтому необходимо перейти к



а *б* *в*

Рис. 2.2

такому изображению, где бы обе проекции располагались на одной и той же плоскости.

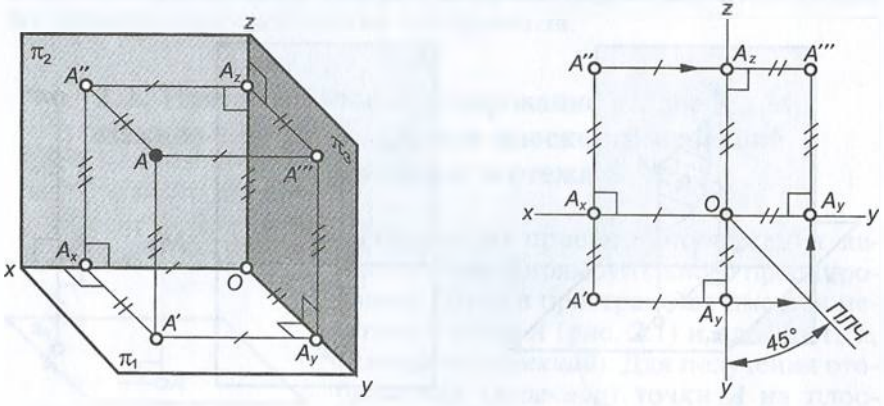
Для получения изображения на одной плоскости горизонтальную и фронтальную плоскости проекций совмещают, т.е. при неподвижной фронтальной плоскости проекций горизонтальную плоскость проекций поворачивают вокруг оси x так, чтобы передняя часть плоскости π_1 опустилась (задняя часть плоскости π_1 при этом поднимется.) После совмещения плоскостей π_2 и π_1 получим чертеж, показанный на рис. 2.2, *б*. **Заметим, что при этом фронтальная и горизонтальная проекции точки располагаются на одной прямой, перпендикулярной к оси x.** Прямая $A'A''$ называется *линией связи*. Прямоугольники, имитирующие плоскости π_1 и π_2, оставлены на рисунке для наглядности. В действительности же чертеж точки в системе π_1, π_2 имеет вид, показанный на рис. 2.2, *в*.

Обратим особое внимание на то, что на чертеже, как правило, сам геометрический объект отсутствует, а имеются лишь отображения этого объекта на плоскостях проекций. Так, на рис. 2.2, *в* точка A отсутствует, а имеются лишь горизонтальная A' и фронтальная A'' проекции этой точки.

Проецирование на три взаимно-перпендикулярные плоскости проекций. Координаты точки

Помимо горизонтальной и фронтальной плоскостей проекций зачастую используется и третья плоскость проекций, которая перпендикулярна к плоскостям π_1 и π_2 — *профильная плоскость проекций* π_3 (рис. 2.3, *а*).

Три взаимно перпендикулярные плоскости пересекаются по трем прямым — осям проекций Ox, Oy и Oz.



а *б*

Рис. 2.3

Для получения проекций точки A в системе трех плоскостей проекций необходимо осуществить прямоугольное проецирование на плоскости π_1, π_2 и π_3. Профильная A''' и фронтальная A'' проекции точки A располагаются на прямых, перпендикулярных к оси проекций Oz и пересекающих ее в одной и той же точке A_z, профильная A''' и горизонтальная A' проекции точки A располагаются на прямых, перпендикулярных к оси проекций Oy и пересекающих ее в одной и той же точке A_y.

При переходе к чертежу фронтальная плоскость проекций остается неподвижной, а горизонтальная и профильная плоскости проекций совмещаются с ней путем вращения вокруг соответствующих осей. Плоскость π_1 поворачивается вокруг оси Ox так, что передняя ее часть опускается, а плоскость π_3 поворачивается вокруг оси Oz так, что ее передняя часть передвигается вправо. После совмещения плоскостей получаем чертеж, показанный на рис. 2.3, *б*.

Вследствие описанных перемещений плоскостей π_1 и π_3 ось Oy на чертеже повторяется дважды, располагаясь вниз и вправо от точки O. Фронтальная A'' и профильная A''' проекции точки A располагаются на одной линии связи $A''A'''$, перпендикулярной к оси Oz, а линия связи горизонтальной A' и профильной A''' проекций оказывается разделенной на два отрезка $A'A_y$ и A_yA''', перпендикулярных к оси проекций Oy.

Три взаимно-перпендикулярные плоскости, от которых ведется отсчет при определении положения точки, называются координатными плоскостями, а расстояния точки до этих плоскостей — прямоугольными координатами.

Здесь и далее мы будем полагать, что координатные плоскости совпадают с плоскостями проекций. Тогда расстояние AA''' (см. рис. 2.3, *а*) — координата x (*абсцисса*) точки A, расстояние AA'' — координата y (*ордината*) точки A, расстояние AA' — координата z (*аппликата*) точки A. Зная координаты точки и учитывая, что этим координатам соответствуют определенные отрезки линий связи на чертеже, всегда можно построить проекции точки (см. рис. 2.3, *б*). При этом для построения недостающей горизонтальной или профильной проекций точки можно воспользоваться так называемой постоянной линией чертежа (ПЛЧ) — прямой, проведенной из точки O под углом 45° к оси Oy.

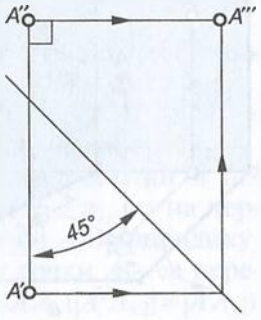


Рис. 2.4

Наличие на чертеже осей проекций позволяет определить положение точки или другого геометрического объекта относительно плоскостей проекций. Однако в большинстве случаев (а при выполнении чертежей машиностроительных деталей всегда) эта

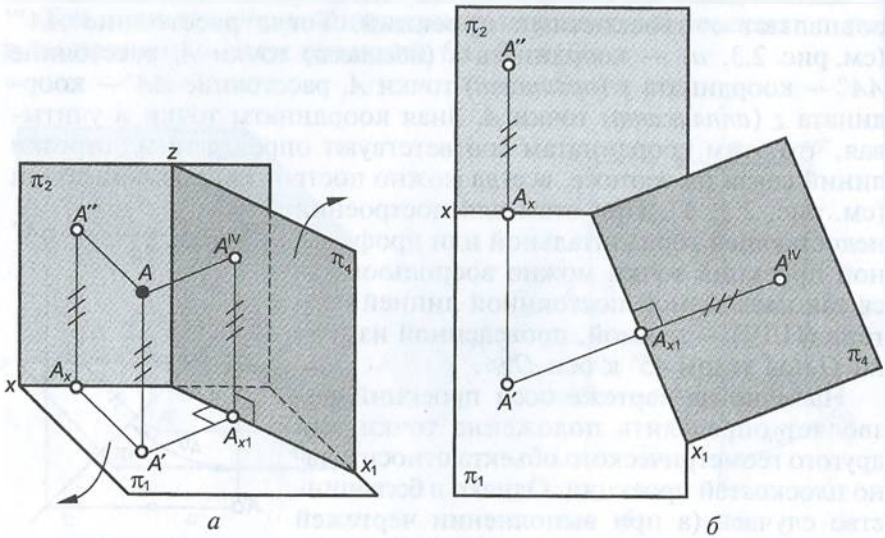
информация остается невостребованной. Для решения инженерных задач вполне достаточно уяснить форму и размеры детали, т.е. установить взаимное положение точек, линий и поверхностей, ограничивающих ее. Поэтому наиболее распространенным является безосный чертеж — чертеж без указания осей проекций (рис. 2.4). Если при этом целесообразно использовать ПЛЧ, то ее можно провести в любом месте чертежа, сохраняя лишь наклон к линиям связей.

Дополнительная система плоскостей проекций

Для решения некоторых задач заданной системы плоскостей проекций оказывается недостаточно. Например, геометрический объект в существующей системе плоскостей проекций расположен так, что невозможно определить его действительные размеры. Между тем задача легко бы разрешилась, если этот объект был расположен в другой, подходящей для конкретного случая системе плоскостей проекций.

Переход от одной системы плоскостей проекций к другой возможен и называется *способом перемены плоскостей проекций.* При таком преобразовании геометрический объект остается в пространстве неподвижным, а изменяется лишь система двух взаимно-перпендикулярных плоскостей его проекций.

Пусть в системе π_1, π_2 (рис. 2.5, *а*) заданы проекции точки *A*, и по каким-то причинам необходимо ввести новую плоскость π_4 вместо плоскости π_2. Плоскость π_4 вводят перпендикулярно к плоскости π_1, образовав таким образом новую систему двух взаимно-



а *б*

Рис. 2.5

перпендикулярных плоскостей проекций — систему π_1, π_4. Прямая, по которой пересекаются плоскости π_1 и π_4, представляет собой новую ось x_1. Для того чтобы получить проекцию точки A на плоскость π_4, необходимо осуществить ортогональное проецирование, т.е. из точки A провести проецирующий луч перпендикулярно к плоскости π_4, и там, где этот луч пересечет плоскость π_4, будет проекция A^{IV} точки A на плоскость π_4. Проекции A' и A^{IV} точки A в системе π_1, π_4 будут связаны между собой теми же закономерностями, что и проекции A' и A'' в системе π_1, π_2, например проекции A' и A^{IV} располагаются на прямых, перпендикулярных к новой оси x_1 и пересекающих ее в одной и той же точке A_{x1}. Отрезок $A^{IV}A_{x1}$, показывающий удаление точки A от плоскости π_1, равен отрезку $A''A_x$, т.е. $|A^{IV}A_{x1}| = |A''A_x|$.

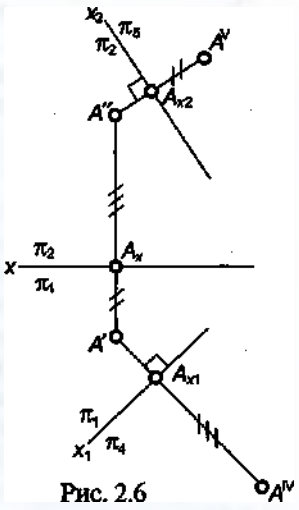


Рис. 2.6

Для того чтобы получить чертеж (плоское изображение), необходимо плоскости π_1 и π_4 совместить с плоскостью π_2 (рис. 2.5, *б*), т.е. плоскость π_1 (вместе с плоскостью π_4) следует повернуть вокруг оси x, опустив переднюю ее часть, а затем повернуть плоскость π_4 вокруг оси x_1, как показано на рисунке. При этом отрезки $A'A_{x1}$ и $A_{x1}A^{IV}$ образуют линию связи, перпендикулярную к новой оси x_1.

На рис. 2.6 показан чертеж, полученный при осуществлении перемены плоскостей. Обычно выбор новой системы плоскостей проекций производят исходя из условий решаемой задачи. Для демонстрации необходимых построений на рис. 2.6 этот выбор сделан произвольно.

Пусть заданы проекции A' и A'' точки A в системе π_1, π_2 и требуется перейти к новой системе плоскостей проекций π_1, π_4 (и, следовательно, построить недостающую проекцию точки A в новой системе).

Для этого на чертеже проводят новую ось π_1/π_4 (ось x_1), из точки A' перпендикулярно к новой оси строят линию связи и от точки A_{x1} ее пересечения с осью x_1 откладывают отрезок, равный $A''A_x$ ($|A^{IV}A_{x1}| = |A''A_x|$). Получают проекцию A^{IV} точки A на плоскость π_4.

Если требуется провести замену плоскостей проекций и перейти от системы π_1, π_2 к системе π_2, π_5, введя $\pi_5 \perp \pi_2$, то на чертеже проводят новую ось π_2/π_5 (ось x_2). Из точки A'' перпендикулярно к новой оси x_2 строят линию связи и от точки A_{x2} ее пересечения с осью x_2 откладывают отрезок, равный $A'A_x$ ($|A^{V}A_{x2}| = |A'A_x|$). Получают проекцию A^{V} точки A на плоскость π_5.

Для того чтобы не ошибаться при построении новых проекций точек, целесообразно запомнить следующее: **при построении проекций точек на вводимую плоскость всегда откладывают отрезки линий связей с той плоскости, которую заменяют.**

Контрольные вопросы

1. Что такое проецирование? Как получить проекцию точки на плоскости, используя прямоугольное проецирование?
2. Как получить проекции точки в системе двух взаимно-перпендикулярных плоскостей проекций? Как образуется чертеж? Как связаны фронтальная и горизонтальная проекции точки?
3. Как получить проекции точки в системе трех взаимно-перпендикулярных плоскостей проекций? Как образуется чертеж? Как связаны фронтальная, горизонтальная и профильная проекции точки?
4. Что такое прямоугольные координаты точки? Как определить координаты точки по чертежу?
5. Что такое дополнительная система плоскостей проекций? Как получить проекцию точки на дополнительную плоскость проекций?

2.3. Проекции прямой линии и ее отрезка

Для получения прямоугольной проекции прямой AB на плоскость π_0 (рис. 2.7) необходимо иметь проекции каждой точки этой прямой. Однако в последовательном проецировании каждой точки нет необходимости, так как прямая AB с любым из проецирующих лучей, например с лучом из точки A, образует плоскость α, пересечение которой с плоскостью проекций π_0 дает прямую A^0B^0, являющуюся проекцией прямой AB на плоскость π_0. Проекция любой другой точки прямой AB, например точки B, будет лежать на проекции A^0B^0 этой прямой.

Проекция A^0B^0 отрезка в общем случае всегда меньше самого отрезка AB. Отрезок и его проекция равны между собой лишь в случае параллельности прямой и плоскости проекций.

Положение прямой в пространстве задается двумя точками. Соответственно на чертеже задают проекции двух точек прямой.

Определение натуральной величины отрезка

Пусть в системе π_1, π_2 (рис. 2.8) заданы проекции отрезка AB прямой общего положения, и требуется определить натуральную величину этого отрезка.

Отрезок AB будет проецироваться без искажения, если в новой системе плоскостей проекций заданная прямая окажется в частном положении, т. е. будет параллельна новой плоскости проекций. Поэтому от существующей системы плоскостей проекций π_1, π_2

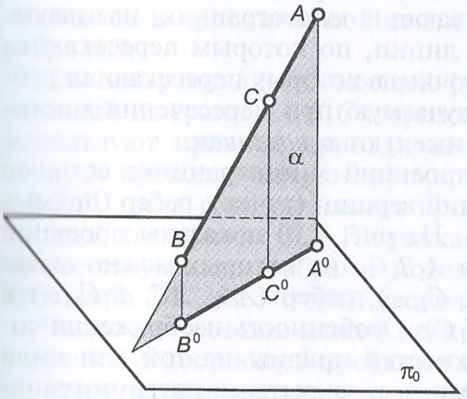


Рис. 2.7

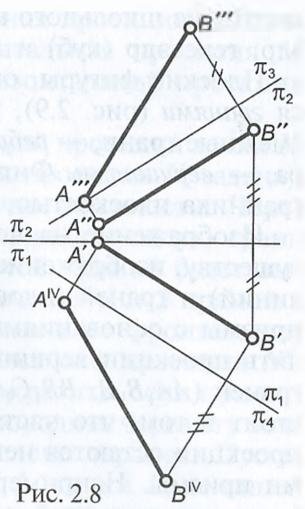


Рис. 2.8

перейдем к новой системе π_2, π_3, где плоскость $\pi_3 \perp \pi_2$ и $\pi_3 \parallel AB$. Новая ось π_2/π_3 должна быть проведена параллельно $A''B''$. Проекцию $A'''B'''$ отрезка AB на плоскость π_3 строят, отложив от новой оси отрезки линий связи с заменяемой плоскости π_1. Поскольку в системе плоскостей проекций π_2, π_3 отрезок AB параллелен плоскости π_3, то он проецируется на нее в натуральную величину.

Такой же результат может быть достигнут, если заменить плоскость π_2, т.е. перейти от существующей системы плоскостей проекций π_1, π_2 к новой системе π_1, π_4, введя плоскость $\pi_4 \perp \pi_1$ и $\pi_4 \parallel AB$. Проведя ось $\pi_1/\pi_4 \parallel A'B'$, строят проекцию $A^{IV}B^{IV}$ отрезка AB на плоскость π_4, отложив от новой оси отрезки линий связи с заменяемой плоскости π_2. В системе плоскостей проекций π_1, π_4 отрезок AB параллелен плоскости π_4, поэтому он проецируется на плоскость π_4 без искажения.

Контрольные вопросы

1. Как получить проекции прямой и ее отрезка?
2. Как располагаются проекции точки и прямой, если точка принадлежит прямой?
3. Как соотносятся между собой действительная величина отрезка и величина его проекции? В каком случае отрезок прямой проецируется в истинную величину?

2.4. Многогранники

Многогранники — тела (пространственные фигуры), ограниченные плоскими многоугольниками. Примеры многогранников из-

вестны из школьного курса геометрии: призма, пирамида, тетраэдр, гексаэдр (куб) и др.

Плоские фигуры, ограничивающие многогранник, называются *гранями* (рис. 2.9), прямые линии, по которым пересекаются смежные грани, — *ребрами*, а точки, в которых пересекаются ребра, — *вершинами*. Фигуру, получаемую при пересечении многогранника плоскостью, иногда именуют *основанием*.

Изображение на чертеже проекций многогранника есть, по существу, изображение проекций вершин (точек), ребер (прямых линий) и граней (плоскостей). На рис. 2.10 показаны проекции призмы с основаниями ABC и $A_1B_1C_1$, на которых можно выделить проекции вершин (A, B, C_1,...), ребер (AA_1, AC, B_1C_1,...) и граней (AA_1B_1B, BB_1C_1C, AA_1C_1C). Особенность изображения состоит в том, что часть поверхностей призмы на той или иной проекции остаются невидимыми, т.е. закрытыми другими гранями призмы. Например, грань AA_1B_1B, видимая на фронтальной плоскости проекций, остается невидимой на горизонтальной плоскости проекций, поскольку в этом случае она закрыта гранью AA_1C_1C и основанием $A_1B_1C_1$.

Для построения недостающих проекций точек, принадлежащих поверхности многогранника, используют правила построения проекций точек, принадлежащих прямым линиям или плос-

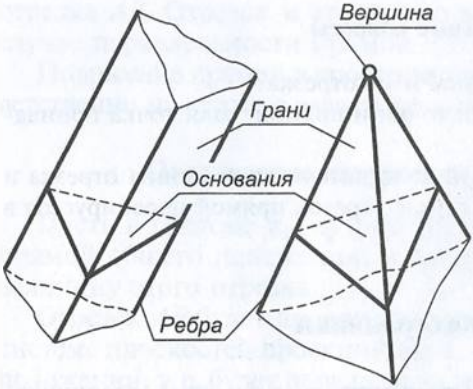


Рис. 2.9

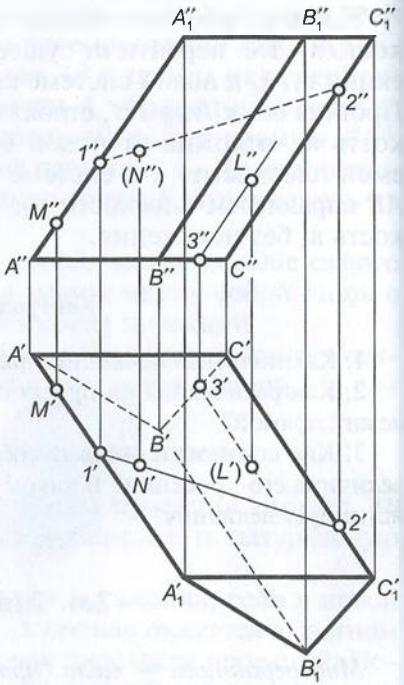


Рис. 2.10

костям. Например, если задана фронтальная проекция M'' точки M, лежащей на ребре AA_1, то горизонтальная проекция M' находится в проекционной связи на горизонтальной проекции ребра $A'A_1'$.

Для построения недостающей фронтальной проекции точки N, лежащей на грани AA_1C_1C (горизонтальная проекция N' задана), используют признак принадлежности точки плоскости. Через точку N проводят какую-либо прямую, принадлежащую грани AA_1C_1C, тогда горизонтальная проекция этой прямой будет выходить, как прямая $1'2'$. По точкам пересечения 1 и 2 прямой с соответствующими ребрами можно определить ее фронтальную проекцию $1''2''$, на которой располагается искомая проекция N''.

Число построений можно несколько сократить, если при построении недостающей проекции точки проводить через эту точку прямую, направление которой определено заранее. Пусть, например, задана фронтальная проекция L'' точки L, лежащей на грани BB_1C_1C, и требуется построить горизонтальную проекцию этой точки. Проведем через точку L прямую, параллельную ребру BB_1. Так как эта прямая принадлежит грани BB_1C_1C, она должна пересекаться с ребром BC. Фронтальная проекция проведенной прямой будет проходить через точку L'' и будет параллельна $B''B_1''$. Точка $3''$ является фронтальной проекцией точки пересечения прямой, проведенной через точку L, с ребром BC. Можно построить горизонтальную проекцию $3'$, а направление горизонтальной проекции проведенной прямой уже известно: она должна быть параллельна $B'B_1'$. Тогда горизонтальная проекция L' будет принадлежать построенной прямой и будет находиться на одной линии связи с L''.

Призма

Призма — это многогранник, основаниями которого являются равные многоугольники, а боковые грани представляют собой параллелограммы.

Если ребра призмы перпендикулярны к плоскости основания, то призму называют *прямой*. Прямую призму с основанием в виде правильного многоугольника называют *правильной*.

Пусть заданы горизонтальная и фронтальная проекции прямой треугольной призмы (рис. 2.11) с основанием ABC, пересеченной наклонной фронтально-проецирующей плоскостью $A_1B_1C_1$. Требуется построить профильную проекцию призмы, натуральный вид фигуры сечения (т.е. фигуру сечения без искажения) призмы плоскостью $A_1B_1C_1$ и развертку боковой поверхности. (Будем полагать, что часть призмы выше наклонной плоскости отсутствует, и следует построить проекции и развертку оставшейся нижней части призмы.)

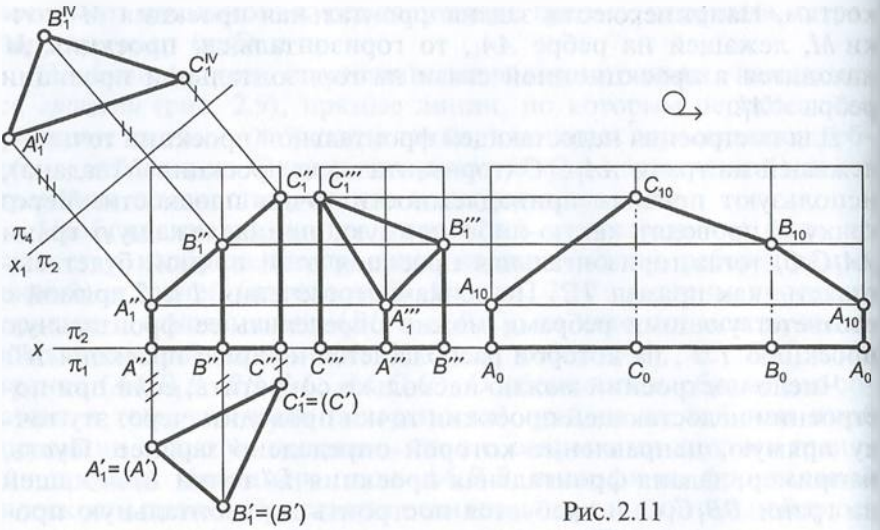


Рис. 2.11

Построение проекций

Поскольку плоскость $A_1B_1C_1$ перпендикулярна к фронтальной плоскости проекций, то фронтальной проекцией линии пересечения заданной плоскости с поверхностью призмы мы уже располагаем — это отрезки $A_1''B_1''$, $B_1''C_1''$ и A_1C_1. Грани призмы перпендикулярны к горизонтальной плоскости проекций. Поэтому горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с проекцией основания — это отрезки $A_1'B_1'$, $B_1'C_1'$ и $A_1'C_1$. Построив профильную проекцию призмы (тонкими линиями на чертеже показаны очертания призмы, не пересеченной наклонной плоскостью) и определив профильные проекции точек A_1, B_1 и C_1, лежащих на соответствующих ребрах, можно построить профильную проекцию линии пересечения — треугольник $A_1'''B_1'''C_1'''$.

Построение фигуры сечения призмы наклонной плоскостью в натуральную величину способом замены плоскостей проекций

Плоскость $A_1B_1C_1$ не параллельна ни одной из плоскостей проекций, поэтому ни на одну из плоскостей треугольник не проецируется в натуральном (истинном) виде. Для определения натурального вида треугольника $A_1B_1C_1$ можно использовать способ перемены плоскостей проекций. В этом случае от безосного чертежа следует перейти к осному и принять, что нижнее основание ABC призмы в системе π_1, π_2 совпадает с плоскостью π_1. Треугольник $A_1B_1C_1$ спроецируется без искажения на плоскость проекций, ему параллельную. Поэтому от системы плоскостей проекций π_1, π_2 перейдем к новой системе π_2, π_4 ($\pi_4 \perp \pi_2$), заменив плоскость π_1 и

введя новую плоскость π_4, параллельную плоскости $A_1B_1C_1$. Полученная проекция $A^{IV}B^{IV}C^{IV}$ будет соответствовать истинному виду треугольника $A_1B_1C_1$.

Развертка боковой поверхности

Развертка — это изображение поверхностей, совмещенных с плоскостью чертежа. Если бы призма не была пересечена плоскостью $A_1B_1C_1$, то ее боковые грани представляли бы прямоугольники с высотой, равной высоте призмы, и длиной смежных сторон, равной размерам проекций $A'B'$, $B'C'$ и $A'C'$ (плоскость основания параллельна горизонтальной плоскости проекции, поэтому отрезки прямых, лежащих в плоскости ABC, проецируются на плоскость π_1 без искажения). Мысленно разрезав боковую поверхность призмы по ребру A и построив последовательно три прямоугольника, о которых говорилось выше, можно изобразить развертку боковой поверхности, как это показано на рис. 2.11 справа. При этом ребро A будет повторяться на развертке дважды. При изображении линии пересечения призмы плоскостью $A_1B_1C_1$ следует учитывать действительные размеры ребер AA_1, BB_1 и CC_1.

Пирамида

Пирамида — это многогранник, в основании которого располагается какой-либо многоугольник, а боковые грани представляют собой треугольники, сходящиеся в одной вершине.

Если в основании пирамиды лежит правильный многоугольник, а высота пирамиды проходит через его центр, то такую пирамиду называют *правильной.*

Пусть заданы фронтальная и горизонтальная проекции треугольной пирамиды с вершиной S (рис. 2.12) и основанием ABC. Пирамида пересечена плоскостью MNL, перпендикулярной к фронтальной плоскости проекций (задана только фронтальная проекция). Требуется достроить горизонтальную проекцию пирамиды, построить ее профильную проекцию, натуральный вид фигуры сечения плоскостью MNL и развертку боковой поверхности. (Будем полагать, что часть пирамиды выше наклонной плоскости отсутствует, и следует построить проекции и развертку оставшейся нижней части пирамиды.)

Построение проекций

Поскольку плоскость MNL перпендикулярна к плоскости π_2, можно утверждать, что фронтальной проекцией линии пересечения мы уже располагаем, и остается достроить недостающие проекции пирамиды исходя из принадлежности точек M, N и L соответствующим ребрам. Точка N располагается на профильной пря-

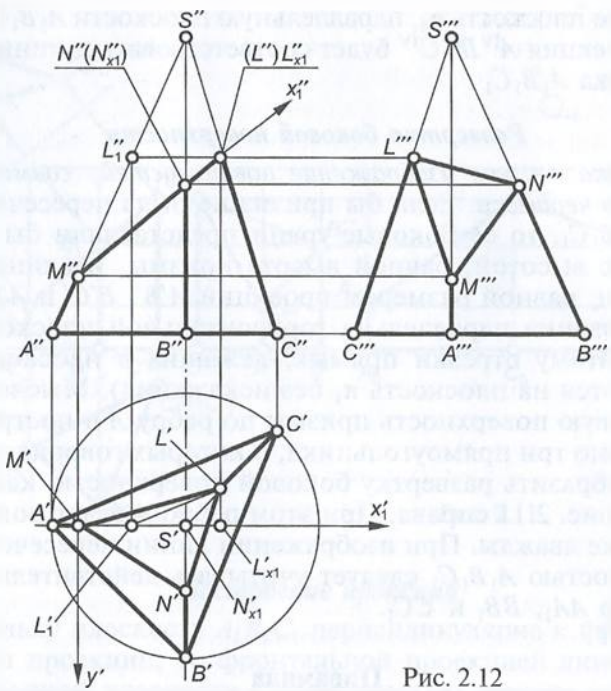


Рис. 2.12

мой SB, поэтому горизонтальная проекция N' может быть определена после построения профильной проекции $S'''B'''$ ребра SB и проекции N''' точки N.

Построение натурального вида фигуры сечения пирамиды наклонной плоскостью координатным способом

Воспользовавшись тем, что следует построить плоскую фигуру, а положение любой точки на плоскости определяется двумя координатами, можно принять две взаимно-перпендикулярные координатные оси и построить сечение в этой заданной системе координат. Направление осей необходимо выбрать таким образом, чтобы размеры сечения вдоль выбранных осей на одну из плоскостей проекций проецировались бы без искажения.

Для удобства построения примем начало координат в точке M (см. рис. 2.12) и одну ось направим в плоскости MNL параллельно фронтальной плоскости проекций. Фронтальная проекция этой оси будет $M''x_1''$, горизонтальная — $M'x_1'$. Тогда вторую ось направим в плоскости MNL перпендикулярно к оси Mx_1. Это будет прямая, перпендикулярная к π_2, направление которой совпадает с направлением привычной оси Oy. На фронтальную плоскость проекций ось My проецируется в точку, совпадающую с M'', а на горизонтальную — в прямую $M'y'$. Поскольку ось $Mx_1 \parallel \pi_2$, размеры вдоль нее проецируются без искажения на плоскость π_2,

и так как ось $My \parallel \pi_1$, размеры вдоль этой оси без искажения проецируются на плоскость π_1.

Теперь в любом свободном месте поля чертежа проведем две взаимно перпендикулярные оси Mx_1 и My (рис. 2.13) и построим недостающие точки N и L (точка M совпадает с началом принятой системы координат). Размеры вдоль оси Mx_1 следует брать с фронтальной проекции: для точки N расстояние $|MN_{x1}| = |M''N''|$, а для точки L расстояние $|ML_{x1}| = |M''L''|$ (см. рис. 2.12). Размеры вдоль оси My берут с горизонтальной проекции с учетом направления отрезков, т.е. удаления точек N и L от оси Mx_1 ($|NN_{x1}| = |N'N'_{x1}|$, $|LL_{x1}| = |L'L'_{x1}|$).

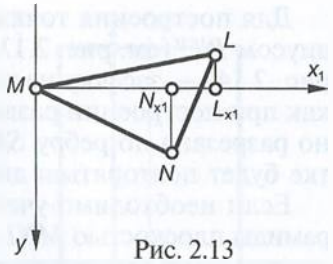


Рис. 2.13

Развертка боковой поверхности

Для построения развертки боковой поверхности пирамиды грани, ограниченные треугольниками SAB, SBC и SAC, совмещают с плоскостью чертежа. Каждый из треугольников можно построить по трем сторонам, но при этом необходимо использовать их натуральные размеры. Решение поставленной задачи существенно облегчается тем, что основание высоты пирамиды (см. рис. 2.12) совпадает с центром окружности, описанной вокруг основания ABC. Поскольку проекции ребер SA, SB и SC на плоскость ABC равны, то равны и сами ребра. Кроме того, ребро SA параллельно фронтальной плоскости проекций, поэтому оно проецируется на плоскость π_2 без искажения.

Начиная изображение развертки (рис. 2.14), из произвольно выбранной точки S_0, как из центра, проведем дугу окружности радиусом $S''A''$ (см. рис. 2.12). Если при построении развертки боковую поверхность пирамиды мысленно разрезать по ребру SA и провести из точки S_0 (см. рис. 2.14) один из радиусов изображенной дуги, можно наметить положение на развертке ребра SA (отрезок S_0A_0). Стороны основания ABC (см. рис. 2.12) параллельны горизонтальной плоскости проекций, следовательно, на плоскость π_1 отрезки AB, BC и AC проецируются без искажения. Поэтому из точки A_0 (см. рис. 2.14) на имеющейся дуге следует сделать засечку радиусом $A'B'$ (см. рис. 2.12). Найденная точка B_0 (см. рис. 2.14) определит положение на развертке ребра SB (отрезок S_0B_0).

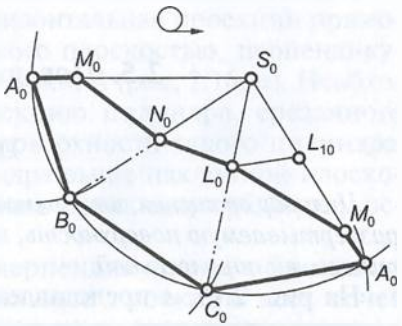


Рис. 2.14

Для построения точки C_0 надо из точки B_0 сделать засечку радиусом $B'C'$ (см. рис. 2.12), а для определения второй точки A_0 (см. рис. 2.14) — засечку из точки C_0 радиусом $A'C'$ (см. рис. 2.12). Так как при построении развертки боковая поверхность была мысленно разрезана по ребру SA, то изображение этого ребра на развертке будет повторяться дважды.

Если необходимо учесть на развертке линию пересечения пирамиды плоскостью MNL, на отрезках S_0A_0, S_0B_0, S_0C_0 (см. рис. 2.14) откладывают соответственно отрезки S_0M_0, S_0N_0, S_0L_0, равные их натуральным размерам.

Поскольку ребро SA параллельно фронтальной плоскости проекций, то отрезок SM без искажения проецируется на плоскость π_2. Так как ребро SB параллельно профильной плоскости проекций, отрезок SN проецируется без искажений на плоскость π_3.

Отрезок SL принадлежит прямой общего положения, следовательно, ни на одну из плоскостей в истинном виде не проецируется. Для определения положения точки L_0 можно воспользоваться тем, что параллельные прямые изображаются на чертеже параллельными одноименными проекциями. Если в плоскости SAC (см. рис. 2.12) провести прямую, параллельную ребру AC, то горизонтальная проекция такой прямой будет параллельна $A'C'$, а фронтальная — $A''C''$. Проведенная прямая пересечет ребро SA в точке L_1, причем проекция $S''L''_1$ будет соответствовать истинному размеру отрезка SL_1. Отложив на развертке (см. рис. 2.14) отрезок S_0L_{10}, равный отрезку $S''L''_1$, из точки L_{10} проводят прямую, параллельную A_0C_0. Пересечение этой прямой с изображением ребра SC определит положение точки L_0. Соединив точки M_0, N_0 и L_0 отрезками прямых, получим изображение на развертке линии пересечения пирамиды наклонной плоскостью.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение призмы. Что такое прямая правильная призма?
2. Дайте определение пирамиды. Что такое правильная пирамида?

2.5. Поверхности вращения

Цилиндр

Цилиндр вращения, или прямой круговой цилиндр, представляет собой развертываемую поверхность, получаемую при вращении прямой вокруг оси, ей параллельной.

На рис. 2.15, *а* представлено наглядное изображение прямого кругового цилиндра, а на рис. 2.15, *б* даны его проекции. Если вращать прямую *12* (см. рис. 2.15, *а*) вокруг параллельной ей оси

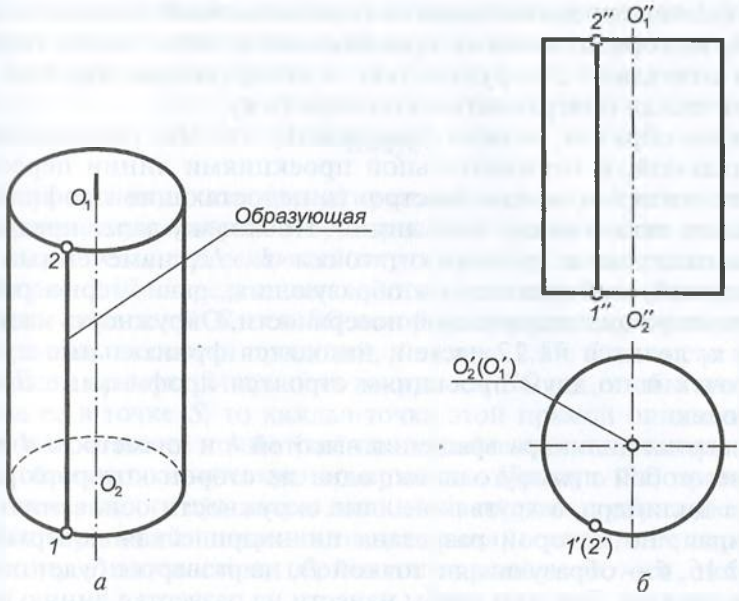


Рис. 2.15

O_1O_2, то каждая точка этой прямой описывает окружность, а все ее точки (все последовательные положения прямой *12*) образуют цилиндрическую поверхность. Прямую, производящую поверхность, называют *образующей*.

Рассматривая цилиндр как тело, следует ограничить его объем кругами верхнего и нижнего оснований. Подчеркнем, однако, что цилиндрической является лишь боковая поверхность, а основания представляют собой плоскости.

Ось цилиндра вращения O_1O_2 выбрана перпендикулярной к горизонтальной плоскости проекций, поэтому все образующие перпендикулярны к плоскости π_1 и все множество точек цилиндрической поверхности проецируется на горизонтальную плоскость в виде окружности (см. рис. 2.15, *б*).

Пусть заданы фронтальная и горизонтальная проекции прямого кругового цилиндра, пересеченного плоскостью, перпендикулярной к фронтальной плоскости проекций (рис. 2.16, *а*). Необходимо построить профильную проекцию цилиндра, срезанного плоскостью, и развертку боковой поверхности такого цилиндра. При этом считаем, что часть цилиндра выше наклонной плоскости отсутствует, т.е. следует построить проекции и развертку оставшейся нижней части цилиндра.

Поскольку секущая плоскость перпендикулярна к фронтальной плоскости проекций, фронтальные проекции всех точек линии пересечения цилиндра плоскостью совпадают с отрезком *1″7″*. А так как все образующие цилиндра в рассматрива-

емой задаче перпендикулярны к горизонтальной плоскости проекций, то горизонтальные проекции всех точек линии пересечения совпадают с окружностью, в которую проецируется цилиндрическая поверхность на плоскость π_1.

Таким образом, можно утверждать, что мы располагаем и фронтальной, и горизонтальной проекциями линии пересечения, по которым можно построить недостающие профильные проекции любой точки этой линии. Поскольку далее предполагается построение развертки, точки *1*... *12*, намеченные для построений, выбираются на образующих, равномерно расположенных на цилиндрической поверхности. Окружность на плоскости π_1 делится на 12 частей, находятся фронтальные проекции точек и по двум проекциям строятся профильные проекции точек.

Развертка цилиндра вращения высотой *h* и диаметром *d* представляет собой прямоугольник, одна из сторон которого равна высоте цилиндра, а другая — длине окружности основания. Образующая, по которой разрезана цилиндрическая поверхность (рис. 2.16, *б* — образующая с точкой *1*), на развертке будет повторяться дважды. Для того чтобы нанести на развертке линию пересечения, необходимо построить без искажения соответствующие отрезки образующих. Поскольку в рассматриваемой задаче все образующие цилиндра перпендикулярны к плоскости π_1, интересующие нас отрезки образующих параллельны фронтальной и профильной плоскостям проекций и, следовательно, проецируются на них без искажений. Развернутую дугу окружности основания надо разделить на 12 частей, провести образующие цилиндра и отложить на них высоты, на которых расположены намеченные к построению точки. Построенные точки 1_0... 12_0 соединить плавной кривой. При приближенном построении развертки расстоя-

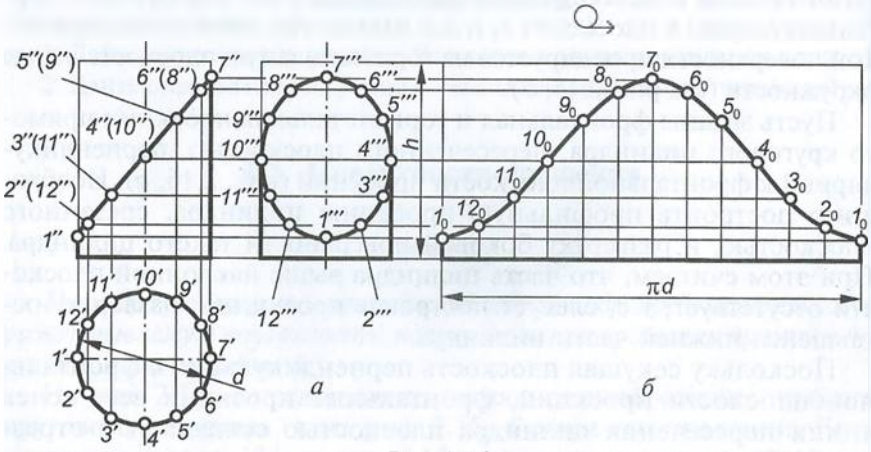


Рис. 2.16

ние между рядом построенными образующими, равное 1/12 длины дуги окружности основания, можно заменить размером соответствующей хорды.

Конус

Конус вращения, или прямой круговой конус, представляет собой развертываемую поверхность, получаемую при вращении прямой линии вокруг оси и пересекающей эту ось в одной и той же точке.

На рис. 2.17, *а* представлено наглядное изображение конуса вращения с вершиной *S*, ось *SO* которого перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекций, а на рис. 2.17, *б* даны его проекции. Если прямую *SA* вращать вокруг оси *SO* так, чтобы она пересекала ее в точке *S*, то каждая точка этой прямой описывает окружность, а все ее точки (все последовательные положения прямой) образуют коническую поверхность. Прямую *SA*, производящую поверхность при своем движении, называют образующей.

Как и у любой поверхности вращения, в результате пересечения конуса плоскостью, перпендикулярной к его оси, получают

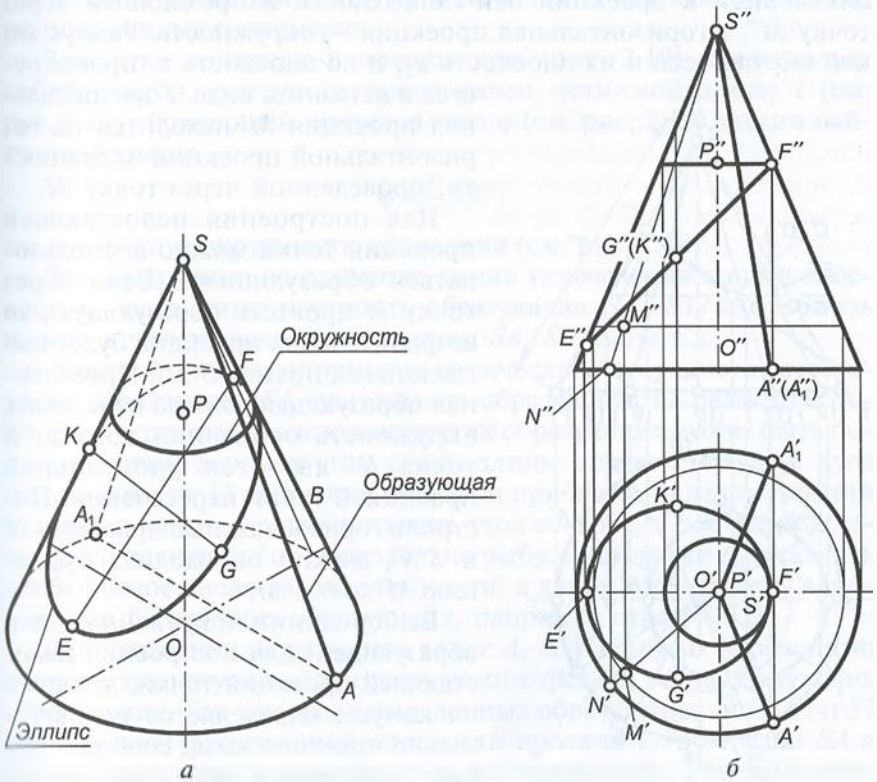


Рис. 2.17

окружность. На рис. 2.17, *а* — это окружность с центром *P*. Если конус рассекать плоскостями, проходящими через его вершину, поверхность будет пересекаться по двум образующим (*SA* и SA_1). Плоскость, пересекающая все образующие конуса и не перпендикулярная его оси, создает в пересечении эллипс. На рис. 2.17, *а* этот случай иллюстрируется эллипсом с осями *EF* и *GK*.

При построении недостающей проекции точки, принадлежащей конической поверхности, следует использовать признак принадлежности точки поверхности: **точка принадлежит поверхности, если она лежит на линии, принадлежащей этой поверхности.**

Пусть задана фронтальная проекция *M″* точки *M* (см. рис. 2.17, *б*), и требуется построить ее горизонтальную проекцию. Поскольку конус есть поверхность вращения, то через точку *M* всегда можно провести окружность, причем плоскость этой окружности будет перпендикулярна к оси конуса. В рассматриваемом примере ось конуса перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекций, поэтому плоскость окружности, проведенной через точку *M*, параллельна плоскости π_1. Фронтальная проекция такой окружности будет представлять собой отрезок прямой, перпендикулярной к проекции оси поверхности и проходящей через точку *M″*, а горизонтальная проекция — окружность. Радиус такой окружности и на плоскость π_2, и на плоскость π_1 проецируется в истинном виде. Горизонтальная проекция *M′* находится на горизонтальной проекции окружности, проведенной через точку *M*.

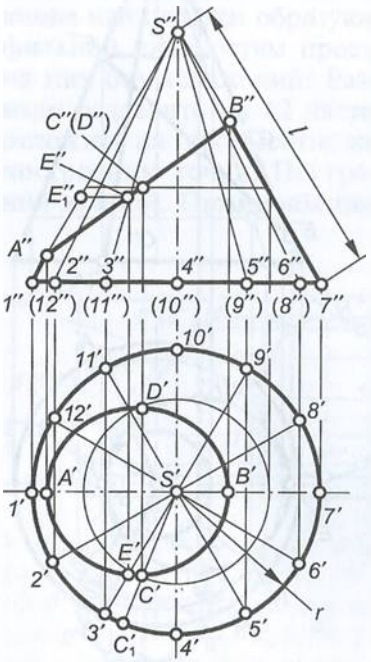


Рис. 2.18

Для построения недостающей проекции точки можно воспользоваться образующими. Если через точку *M* провести образующую, то ее фронтальная проекция будет выглядеть как прямая *S″M″*. Проведенная образующая должна пересекать окружность основания конуса, и точка *N″* является фронтальной проекцией точки пересечения. Построив горизонтальные проекции *N′* и *S′N′*, можно определить проекцию *M′* точки *M*.

Выбор линии (окружности или образующей) для построения недостающей проекции точки, лежащей на конусе, определяется исключительно практическими соображениями: удобством и точностью выполняемых построений.

Пусть задан прямой круговой конус (рис. 2.18), пересеченный плоскостью, перпендикулярной к фронтальной плоскости проекций. Требуется построить проекции линии пересечения конуса плоскостью и развертку конической поверхности с учетом линии пересечения. При этом считаем, что часть конуса выше наклонной плоскости отсутствует, т.е. следует построить проекции и развертку оставшейся нижней части конуса.

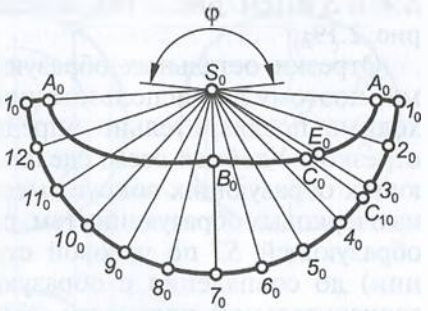


Рис. 2.19

Поскольку задана плоскость, перпендикулярная к плоскости π_2, можно считать, что фронтальной проекцией эллипса мы располагаем, и остается достроить его горизонтальную проекцию, используя рассмотренные ранее приемы построения недостающей проекции точки, принадлежащей конической поверхности. Для построения проекций точек используются образующие *S1*... *S12*, расположенные равномерно.

Развертка конической поверхности (рис. 2.19) представляет собой сектор, радиус которого равен истинной длине *l* (см. рис. 2.18) образующей конуса, а угол φ (см. рис. 2.19) можно найти по формуле

$$\varphi = \frac{r}{l} 360^\circ,$$

где *r* — радиус окружности основания (см. рис. 2.18).

Для построения на развертке линии пересечения конуса плоскостью необходимо построить образующие *S1*... *S12* и отложить на них в натуральном виде отрезки *SA*, *SB*, *SE* и т.д.

В рассматриваемом примере коническая поверхность рассечена по образующей *S1*, поэтому эта образующая на развертке повторяется дважды. Положение других образующих может быть получено путем деления угла φ или длины соответствующей дуги окружности на 12 равных частей. При приближенном построении развертки можно не подсчитывать угол сектора, а после проведения дуги радиусом *l* от произвольно выбранной точки 1_0 отложить необходимое число раз не длину дуги, а длину хорды между основаниями ближайших образующих, например отрезок *1'2'*.

Для нанесения на развертке точек *A*, *B*, *E* и других необходимо располагать натуральными размерами отрезков соответствующих образующих. Так как среди выделенных образующих лишь *S1* и *S7* параллельны фронтальной плоскости проекций, то отрезки *SA* и *SB* проецируются на плоскость π_2 без искажения. Это позволяет отложить на соответствующих образующих (см. рис. 2.19) отрезки

$S'A'$ и $S'B'$ (см. рис. 2.18), определив положение точек A_0 и B_0 (см. рис. 2.19).

Отрезки остальных образующих проецируются с искажениями, поэтому для использования при построении развертки необходимо предварительно определить натуральные размеры этих отрезков. Удобней всего сделать это путем вращения соответствующих образующих вокруг высоты конуса до совпадения с одной из очерковых образующих (см. рис. 2.18). Например, при вращении образующей *S3* по часовой стрелке (на горизонтальной проекции) до совпадения с образующей *S1* точка *E*, перемещаясь в горизонтальной плоскости, займет положение E_1. Отрезок $S''E_1''$ будет соответствовать истинному размеру отрезка *SE* и может быть использован при построении точки E_0 на развертке (см. рис. 2.19).

Сфера

Сфера представляет собой неразвертываемую поверхность, которая получается при вращении окружности или ее дуги вокруг оси, проходящей через их центр и лежащей в плоскости этой окружности или дуги.

На рис. 2.20, *а* приведено наглядное изображение сферы с центром в точке *O*, а на рис. 2.20, *б* дан ее чертеж. Осью поверхности может служить любая прямая, проходящая через центр сферы. Каждая точка вращающейся образующей (окружности или ее дуги) описывает окружность, поэтому при любом пересечении сферы плоскостью образуется окружность. Окружности, плоскости которых перпендикулярны оси вращения, называются *параллелями*. Наибольшую из параллелей называют *экватором*. Окружности сферы, проходящие через ось вращения, именуют *меридианами*.

Все проекции сферы представляют собой окружности, диаметры которых равны диаметру сферы. Обратим внимание, что для исчерпывающего задания сферы на чертеже необходимы все три проекции. В практике черчения, однако, ограничиваются одной проекцией, но обозначение диаметра сопровождают специальным символом, указывающим, что изображена именно сфера.

Линия пересечения сферы плоскостью — всегда окружность, но форма ее проекций зависит от положения плоскости окружности относительно плоскостей проекций. Если плоскость окружности параллельна некоторой плоскости проекций, то окружность проецируется без искажения. Если плоскость окружности перпендикулярна к плоскости проекций, то окружность проецируется как отрезок прямой. Если плоскость окружности не параллельна и не перпендикулярна плоскости проекций, то проекция окружности представляет собой эллипс. Например, при пересечении сферы горизонтальной плоскостью образуется окружность с центром

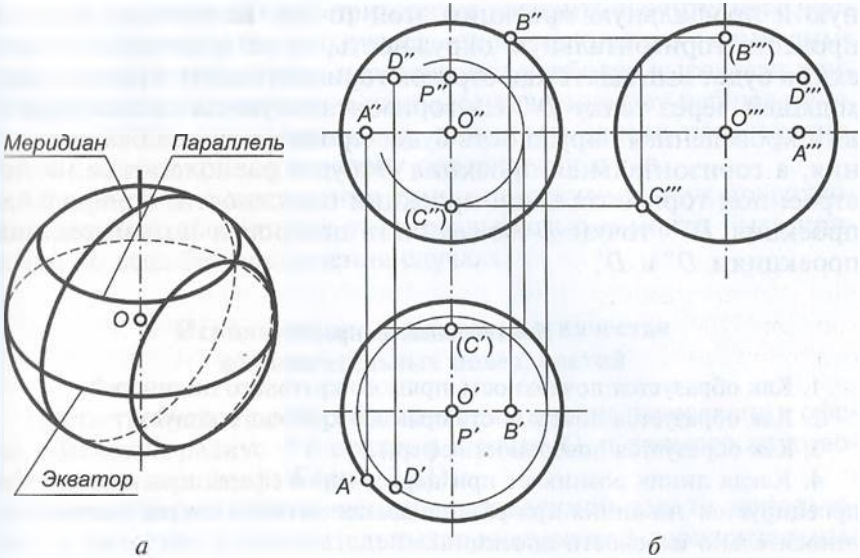


Рис. 2.20

в точке P, которая на плоскость π_2 проецируется в виде отрезка, а на плоскость π_1 — в виде окружности.

Некоторые из окружностей сферы важны для определения видимости поверхности относительно той или иной плоскости проекций. Так, экватор сферы, на котором расположена точка A, определяет ее видимость относительно горизонтальной плоскости проекций, т.е. та часть сферы, которая располагается выше экватора (см. проекцию на плоскость π_2), на горизонтальной проекции будет видна. Главный меридиан сферы, на котором расположена точка B, определяет ее видимость относительно фронтальной плоскости проекций, т.е. та часть сферы, которая расположена перед главным меридианом, а значит, дальше от плоскости π_2 и, следовательно, ближе к наблюдателю (см. проекцию на плоскость π_1), на фронтальной проекции будет видна. Профильный меридиан сферы, на котором расположена точка C, определяет ее видимость относительно профильной плоскости проекций, т.е. та часть сферы, которая располагается левее профильного меридиана (см. проекции на плоскость π_2 или π_1), на профильной проекции будет видна.

Если необходимо построить недостающие проекции точки, лежащей на сфере, следует действовать в соответствии с признаком принадлежности точки поверхности и использованным уже ранее алгоритмом: через точку надо мысленно провести окружность, построить проекции этой окружности и найти на них требуемые проекции точки. Пусть, например, задана фронтальная проекция D'' точки D, и требуется построить горизонталь-

ную и профильную проекции этой точки. Если через точку D провести горизонтальную окружность, то ее фронтальная проекция будет выглядеть как отрезок горизонтальной прямой, проходящей через точку D''. На горизонтальную плоскость проекций проведенная окружность будет проецироваться без искажения, а горизонтальная проекция D' будет располагаться на построенной горизонтальной проекции окружности. Профильная проекция D''' точки D может быть построена по имеющимся проекциям D'' и D'.

Контрольные вопросы

1. Как образуется поверхность прямого кругового цилиндра?
2. Как образуется поверхность прямого кругового конуса?
3. Как образуется поверхность сферы?
4. Какая линия возникает при пересечении сферы плоскостью? Как проецируется эта линия при различных положениях секущей плоскости относительно плоскости проекций?

2.6. Взаимное пересечение поверхностей вращения

Две поверхности при пересечении образуют линию, представляющую собой множество точек, общих как для одной, так и для другой поверхности. Задача построения линии пересечения двух заданных поверхностей состоит, таким образом, в определении точек, принадлежащих обеим поверхностям.

Для определения линии пересечения двух поверхностей в общем случае необходимо выполнить следующие действия:

пересечь заданные поверхности вспомогательной;

построить линии пересечения вспомогательной поверхности с каждой из заданных;

определить точки пересечения построенных линий;

вводя новые вспомогательные поверхности и повторяя предыдущие действия, построить необходимое число точек линии пересечения заданных поверхностей;

найденные точки соединить плавной кривой.

Осуществляя построение линии пересечения двух поверхностей, следует стремиться к тому, чтобы вводимые вспомогательные поверхности были достаточно простыми (плоскости, сферы), а при пересечении вспомогательных поверхностей с заданными образовывались линии, имеющие наиболее простые проекции (прямые, окружности).

Число точек линии пересечения, которые необходимо определить в ходе построения, зависит от условия задачи и требуемой точности. Как правило, для построения линии пересечения слож-

ных кривых поверхностей приходится находить значительное число точек, причем в первую очередь определяются так называемые характерные точки линии пересечения: наиболее высокая и наиболее низкая, ближайшая и наиболее удаленная от наблюдателя, а также точки, ограничивающие видимость линии пересечения, точки касания кривой к очерку поверхности и т. п.

Общий способ построения линии пересечения двух поверхностей обладает абсолютной универсальностью и может быть применен во всех без исключения случаях.

Использование плоскостей в качестве вспомогательных поверхностей

Пусть требуется построить проекции линии пересечения сферы, имеющей радиус R с центром в точке O, и прямого кругового конуса с вершиной S (рис. 2.21).

Целесообразно при решении поставленной задачи использовать в качестве вспомогательных поверхностей горизонтальные плоскости. Введем одну из таких плоскостей α и найдем линии, по которым она пересекает заданные поверхности. Поверхность сферы рассекается по окружности, имеющей радиус R_1, а поверхность конуса — по окружности, имеющей радиус r_1, причем обе они на горизонтальную плоскость проекций проецируются без искажений. Поскольку эти окружности принадлежат одной и той же горизонтальной плоскости α, то они пересекаются в точках 1 и 1_1. Эти точки являются общими для сферы и конуса и, следовательно, принадлежат линии их пересечения. Горизонтальные проекции $1'$ и $1_1'$ — результат пересечения горизонтальных проекций окружностей, имеющих радиусы R_1 и r_1, а совпадающие фронтальные проекции $1''$ и $1_1''$ определяются по линиям связей на проекциях окружностей с этими же радиусами. Вводя новые горизонтальные плоскости и повторяя приведенные построения, можно найти достаточное число точек, а соединив их плавной кривой, — получить проекции линии пересечения сферы и конуса.

Построения следует начинать с определения характерных точек линии пересечения, в частности с поиска наиболее высокой и наиболее низкой точек искомой линии. Эти точки располагаются в плоскости симметрии пересекающихся поверхностей. В рассматриваемой задаче плоскость симметрии параллельна фронтальной плоскости проекций. Устанавливаемые точки находятся на пересечении главного меридиана сферы с соответствующей образующей конуса, лежащих в плоскости симметрии, поэтому фронтальные проекции $2''$ самой высокой точки и $3''$ самой низкой точки находятся на пересечении проекций главного меридиана сферы с левой очерковой образующей конуса. Горизонтальные проекции $2'$ и $3'$ определяют по линиям связей. После определе-

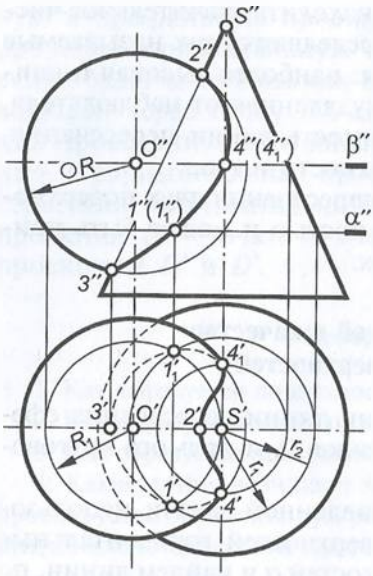


Рис. 2.21

ния проекций точек *2* и *3* становится очевидным, что вспомогательные плоскости целесообразно вводить не выше точки *2* и не ниже точки *3*.

Для определения точек, в которых горизонтальная проекция линии пересечения касается проекции экватора сферы, необходимо ввести горизонтальную плоскость β, совпадающую с плоскостью экватора, которая пересечет сферу по экватору, а конус — по окружности радиусом r_2. Пересечение горизонтальных проекций этих окружностей позволяет определить точки *4′* и $4'_1$. Фронтальные проекции *4″* и $4''_1$ располагаются на фронтальной проекции экватора сферы (проекции окружности конуса). Точки *4* и 4_1 определяют видимость линии пересечения на горизонтальной проекции, т. е. та часть линии, которая располагается выше экватора (участок *4 2* 4_1), на горизонтальной проекции видна, а остальная часть линии пересечения не видна.

Здесь и далее будем считать, что кривые поверхности ограничивают монолитное непрозрачное тело. Тогда точки *2* и *3* определяют участки существования очерковой образующей конуса, а точки *4* и 4_1 — участок существования экватора сферы.

Использование сфер в качестве вспомогательных поверхностей

При построении линии пересечения криволинейных поверхностей в качестве вспомогательных поверхностей часто используют сферы. Их применение в большой мере основывается на особенности пересечения соосных поверхностей вращения.

Соосными называют поверхности вращения, имеющие общую ось вращения. **Соосные поверхности пересекаются по окружностям, плоскости которых перпендикулярны к оси вращения.**

На рис. 2.22, *а* показано наглядное изображение, а на рис. 2.22, *б* — чертеж цилиндра диаметром D_1 и конуса с вершиной *S* и диаметром окружности основания D_2. Эти поверхности имеют общую ось вращения, параллельную фронтальной плоскости проекций. Как было указано ранее, такие поверхности пересекаются по окружности. Но так как ось вращения параллельна плоскости π_2, а плоскость окружности перпендикулярна к оси вращения, то плоскость окружности, по которой пересекаются цилиндр и ко-

нус, перпендикулярна к плоскости π_2. Следовательно, окружность проецируется на фронтальную плоскость проекций в виде отрезка m'', ограниченного точками пересечения очерковых образующих заданных поверхностей.

На рис. 2.23, *а* приведено наглядное изображение, а на рис. 2.23, *б* — чертеж примеров пересечения сферы *1* с цилиндром *4*, конусом *3* и сферой *2*. Во всех случаях пересекающиеся поверхности являются соосными, поскольку за ось вращения сферы можно принять любую прямую, проходящую через ее центр. Следовательно, поверхности *2...4* пересекаются со сферой *1* по окружностям. Так как общие оси вращения сферы с каждой из заданных поверхностей параллельны фронтальной плоскости проекций, то плоскости этих окружностей перпендикулярны к плоскости π_2, поэтому окружности проецируются на нее в виде отрезков прямых, перпендикулярных к проекциям осей вращения. Положения проекций окружностей определяются точками пересечения очерковых образующих каждой пары соосных поверхностей.

Использование вспомогательных сфер не ограничивается возможностью образования соосных поверхностей вращения и целесообразно в некоторых других случаях. Здесь рассматривается лишь один из приемов использования сфер — это способ, при котором вспомогательные сферы имеют общий центр.

Вспомогательные поверхности в виде сфер, имеющих общий центр, применяются для определения линии пересечения поверхностей вращения, оси которых пересекаются.

Пусть необходимо построить проекцию линии пересечения прямого кругового конуса с вершиной S (рис. 2.24) и диаметром основания D_1 и прямого кругового цилиндра диаметром D_2. Оси

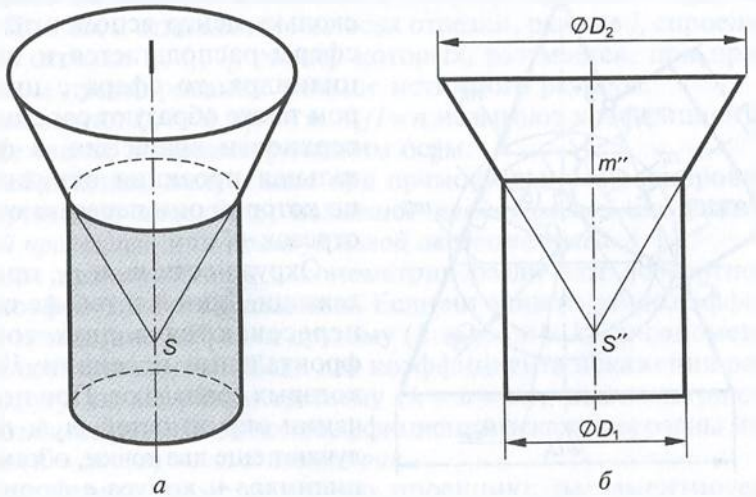


Рис. 2.22

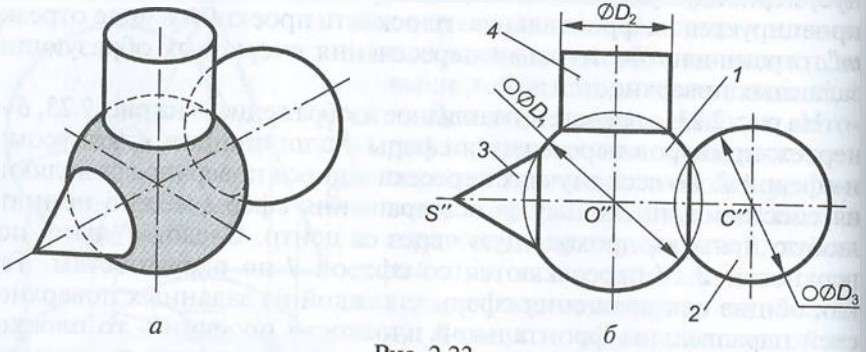


Рис. 2.23

конуса и цилиндра пересекаются в точке O и параллельны фронтальной плоскости проекций.

Наличие фронтальной плоскости симметрии пересекающихся поверхностей, определяемой осями конуса и цилиндра, позволяет заключить, что фронтальные проекции видимой и невидимой частей линии пересечения должны совпадать.

В соответствии с изложенным ранее алгоритмом построения пересечем заданные поверхности сферой с радиусом R и центром в точке O. Найдем линии, по которым вспомогательная поверхность пересекает каждую из заданных поверхностей. Введенная сфера, центр O которой располагается на оси конуса, образует с последним соосные поверхности вращения. Такие поверхности пересекаются по окружностям, а так как ось конуса параллельна фронтальной плоскости проекций, фронтальными проекциями этих окружностей являются отрезки m_1'' и m_2''. Поскольку центр вспомогательной сферы располагается и на оси цилиндра, то сфера с цилиндром также образуют соосные поверхности вращения, а фронтальная проекция окружности, по которой они пересекаются,— отрезок n_1''.

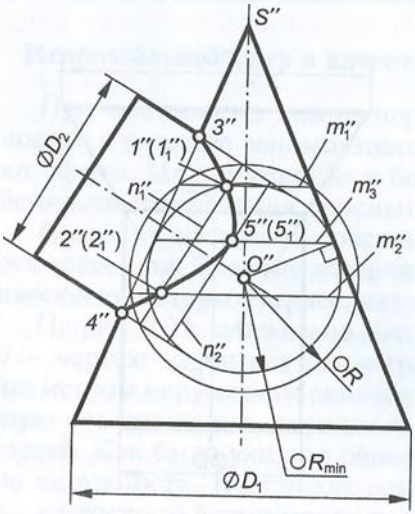


Рис. 2.24

Окружности m_1 и n_1, принадлежащие одной и той же сфере, пересекаются в двух точках, фронтальные проекции $1''$ и $1_1''$ которых совпадают. При пересечении окружностей m_2 и n_1 получают еще две точки, общие для цилиндра и конуса с фронтальными проекциями $2''$ и $2_1''$.

Очерковые образующие конуса и цилиндра лежат в общей плоскости симметрии и потому пересекаются. Точка *3* является наиболее высокой точкой линии пересечения, а точка *4* — самой низкой.

Вводя новые вспомогательные сферы с центром в точке *O* и повторяя приведенные построения, можно найти проекции других точек и, соединив их плавной кривой, получить фронтальную проекцию линии пересечения конуса и цилиндра.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой линия пересечения двух поверхностей?
2. Какова последовательность действий при определении линии пересечения двух поверхностей?
3. Какие вспомогательные поверхности следует использовать при определении линии пересечения двух поверхностей?

2.7. Аксонометрические проекции

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что заданная фигура вместе с осями прямоугольных координат, к которым эта система точек отнесена в пространстве, параллельно проецируется на некоторую плоскость, называемую плоскостью аксонометрических проекций, или картинной плоскостью.

Пусть система трех взаимно перпендикулярных осей *Ox*, *Oy* и *Oz* (рис. 2.25) расположена относительно плоскости аксонометрических проекций α так, что ни одна из осей не является к ней перпендикулярной. При прямоугольном проецировании системы координатных осей на плоскость α получим проекции $O_\alpha x_\alpha$, $O_\alpha y_\alpha$, $O_\alpha z_\alpha$. При этом отложенные на осях отрезки, равные l, спроецируются в отрезки l_x, l_y, l_z, размер которых, разумеется, при прямоугольном проецировании меньше истинного размера.

Отношения $l_x/l = k$, $l_y/l = m$, $l_z/l = n$ называют коэффициентами искажения по аксонометрическим осям.

Изображение, полученное при прямоугольном проецировании на картинную плоскость, называют *прямоугольной аксонометрической проекцией*, или *прямоугольной аксонометрией*.

Виды прямоугольной аксонометрии различают по соотношению коэффициентов искажения. Если ни один из этих коэффициентов искажения не равен другому ($k \neq m \neq n \neq k$), аксонометрию называют *триметрией*. Если два коэффициента искажения равны друг другу, но не равны третьему ($k = n \neq m$), аксонометрию называют *диметрией*. Если все коэффициенты искажения равны между собой ($k = m = n$) — это *изометрия*.

Рассмотрим изометрическую проекцию, регламентируемую ГОСТ 2.317—69. В этом случае изометрические проекции коорди-

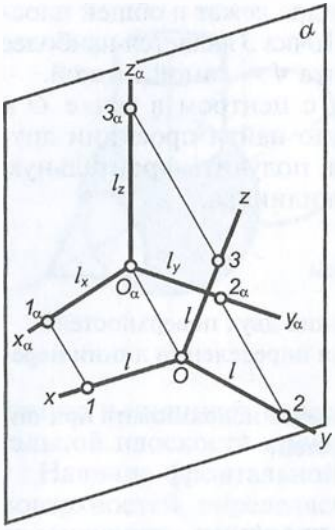


Рис. 2.25

натных осей (рис. 2.26) расположены под углами 120° друг к другу, а проекция Oz (как и в других аксонометрических изображениях) располагается вертикально. При построении изометрии обычно пользуются *приведенными коэффициентами искажения*, принимая их равными 1,00. Изометрическое изображение предмета при построении по приведенным коэффициентам получается увеличенным в 1,22 раза, однако точностью жертвуют для удобства построений.

В прямоугольной диметрической проекции (ГОСТ 2.317—69) коэффициенты искажения вдоль осей Ox ($к$) и Oz (n) принимают равными друг другу, а коэффициент искажения вдоль оси Oy (m) берут равным половине $к$ (или n). В этом случае диметрические проекции координатных осей располагаются так, как показано на рис. 2.27: проекция Ox наклонена к горизонту под углом 7°10′, а проекция Oy — под углом 41°25′. Для построения проекций осей в диметрии можно воспользоваться тем, что $\operatorname{tg} 7°10' \approx 1/8$, а $\operatorname{tg} 41°25' \approx 7/8$. При построении диметрии пользуются приведенными коэффициентами искажения, принимая значения коэффициентов вдоль осей Ox и Oz равными 1,00, а вдоль оси Oy — равными 0,5. Диметрическое изображение предмета при этом получается увеличенным в 1,06 раза.

Располагая чертежом геометрического объекта в системе двух или трех взаимно перпендикулярных плоскостей проекций, всегда можно построить его аксонометрическое изображение. Например, если задан чертеж точки A (рис. 2.28, *а*) и требуется построить ее изометрическое (рис. 2.28, *б*) или диметрическое (рис. 2.28, *в*) изображения, то вдоль аксонометрических проекций осей необходимо отложить соответствующие координаты с учетом коэффициентов искажений. При построении по приведенным коэффициентам искажения вдоль проекции Ox следует отложить координату x точки A, соответствующую на рис. 2.28, *а* отрезку OA_x. Из точки $A_{x\alpha}$ на рис. 2.28, *б*, *в* провести прямую, параллельную проекции Oy, и отложить на ней координату y, соответствующую отрезку A_xA' на рис. 2.28, *а*. При построении диметрии (см. рис. 2.28, *в*) следует учитывать коэффициент искажения вдоль оси Oy, т.е. отложить половину отрезка A_xA'. На луче из точки A'_α, параллельном прямой $O_\alpha z_\alpha$, отложить координату z точки A, соответствующую отрезку A_xA'' на рис. 2.28, *а*.

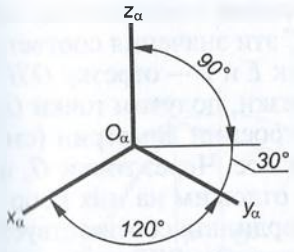


Рис. 2.26

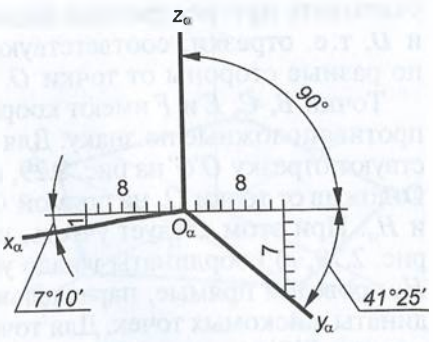


Рис. 2.27

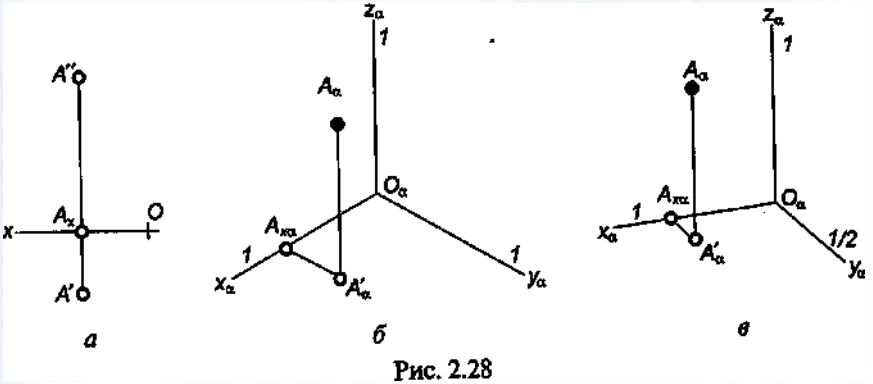


Рис. 2.28

Аксонометрические изображения плоских многоугольников

Для построения аксонометрических проекций плоских многоугольников определяют проекции их вершин, соединив которые отрезками прямых, получают проекции сторон.

Пусть требуется построить проекции правильного шестиугольника *ABCDEF* (рис. 2.29, *а*) в изометрии и диметрии.

Заданный шестиугольник расположен горизонтально, и при выборе положения координатных осей целесообразно за начало координат принять центр его симметрии *O*. После построения изометрической (рис. 2.29, *б*) и диметрической (рис. 2.29, *в*) проекций координатных осей можно построить аксонометрические проекции вершин *A* и *D*. Эти точки расположены на оси *Ox*, следовательно, их положение в пространстве и на чертеже определяется лишь значениями координат *x*, которые равны и соответствуют отрезкам *A'O'* и *O'D'* на рис. 2.29, *а*, однако знаки их противоположны: координата *x* точки *A* имеет положительное значение, а координата *x* точки *D* — отрицательное. Это необходимо

учитывать при построении аксонометрических проекций точек A и D, т.е. отрезки, соответствующие координатам x, откладывать по разные стороны от точки O.

Точки B, C, E и F имеют координаты y, равные по значению, но противоположные по знаку. Для точек B и C эти значения соответствуют отрезку $O'G'$ на рис. 2.29, *а*, а для точек E и F — отрезку $O'H'$. Отложив от точки O_α на прямой $O_\alpha y_\alpha$ эти отрезки, получим точки G_α и H_α. При этом следует учесть, что при построении диметрии (см. рис. 2.29, *в*) координаты y надо уменьшить вдвое. Через точки G_α и H_α проведем прямые, параллельные $O_\alpha x_\alpha$, и отложим на них координаты x искомых точек. Для точки B эта координата соответствует отрезку $B'G'$ (см. рис. 2.29, *а*), для точки C — отрезку $G'C'$, для точки E — отрезку $E'H'$, а для точки F — отрезку $H'F'$.

Соединив построенные проекции вершин, получим изометрическую и диметрическую проекции шестиугольника $ABCDEF$.

Для построения аксонометрических изображений горизонтально расположенного пятиугольника $ABCDE$ (рис. 2.30, *а*) начало координат целесообразно выбрать в центре O описанной окружности. После построения проекций координатных осей в изометрии (рис. 2.30, *б*) и диметрии (рис. 2.30, *в*) можно построить проекцию A_α точки A, которая лежит на оси Ox, а ее координата x соответствует отрезку $O'A'$ (на рис. 2.30, *а*. Точки C и D имеют равные координаты x, соответствующие отрезку $O'G'$, отложив который при построении аксонометрических изображений (см. рис. 2.30, *б*, *в*)

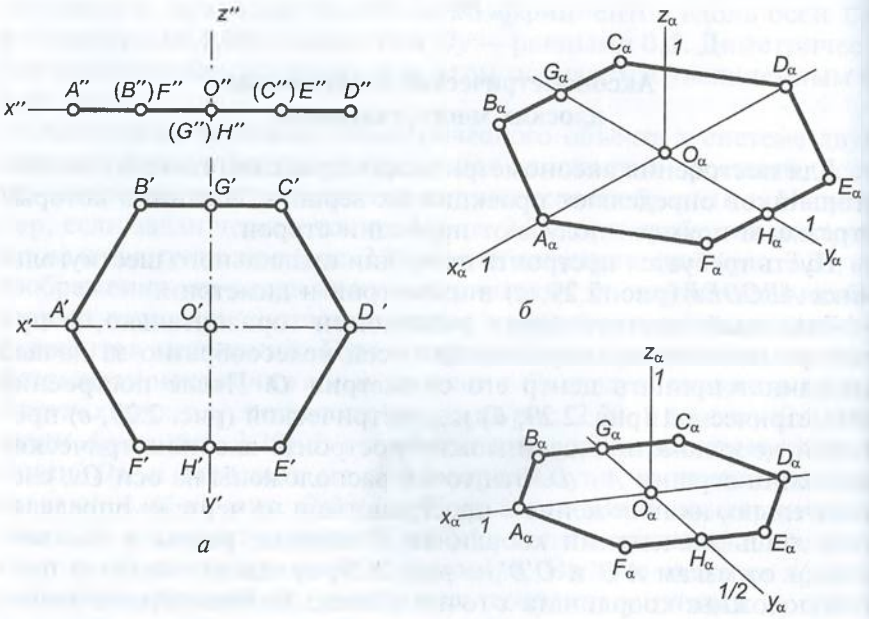


Рис. 2.29

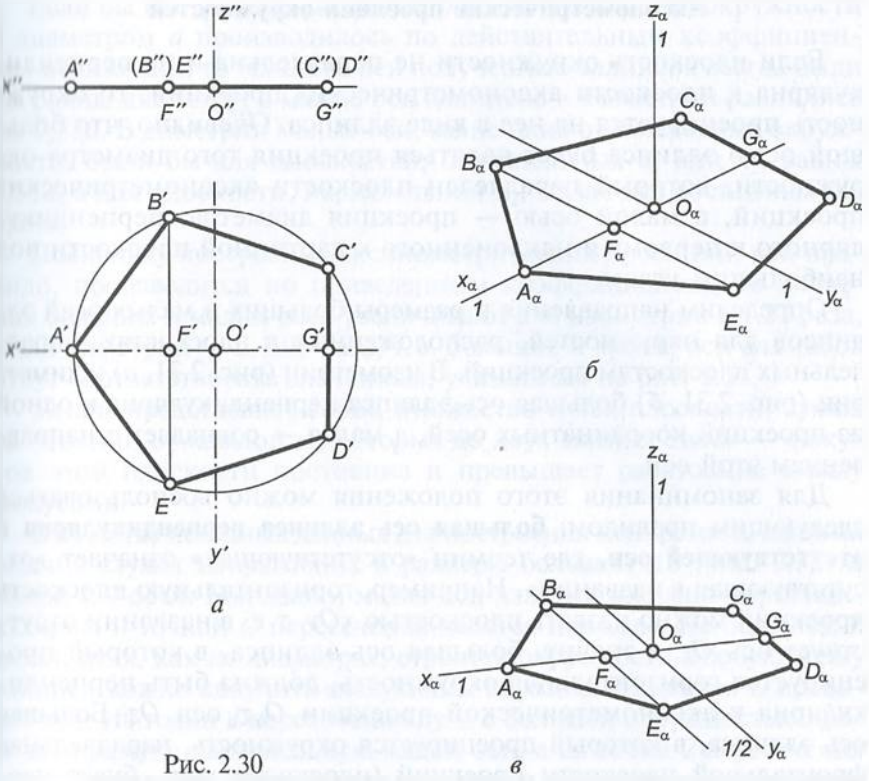


Рис. 2.30

на прямой $O_\alpha x_\alpha$ от точки O_α в сторону отрицательных значений координаты x, получим точку G_α. Через эту точку следует провести прямую, параллельную проекции оси Oy, и отложить от нее значения координат y для точек C и D, равные соответственно отрезкам $G'C'$ и $G'D'$ на рис. 2.30, *а*. При построении диметрии (см. рис. 2.30, *в*) следует учитывать, что координаты y должны быть уменьшены вдвое.

При построении аксонометрических проекций точек B и E следует принять во внимание, что эти точки имеют равные координаты x, соответствующие отрезку $O'F'$ на рис. 2.30, *а*, и равные по значению, но противоположные по знаку координаты y (отрезки $F'B'$ и $F'E'$). Поэтому можно на прямой $O_\alpha x_\alpha$ (см. рис. 2.30, *б*, *в*) отложить отрезок $O_\alpha F_\alpha$, равный $O'F'$, через точку F_α провести прямую, параллельную $O_\alpha y_\alpha$, и отложить координаты y для точек B и E — отрезки $F'B'$ и $F'E'$ (см. рис. 2.30, *а*). При построении диметрии (см. рис. 2.30, *в*) координаты y должны быть уменьшены вдвое.

Соединив аксонометрические проекции вершин отрезками прямых, получим изометрическое и диметрическое изображения пятиугольника $ABCDE$.

Аксонометрические проекции окружностей

Если плоскость окружности не параллельна и не перпендикулярна к плоскости аксонометрических проекций, то окружность проецируется на нее в виде эллипса. Очевидно, что большой осью эллипса будет являться проекция того диаметра окружности, который параллелен плоскости аксонометрических проекций, а малой осью — проекция диаметра, перпендикулярного к первому и наклоненного к картинной плоскости под наибольшим углом.

Определим направления и размеры больших и малых осей эллипсов для окружностей, расположенных в плоскостях, параллельных плоскостям проекций. В изометрии (рис. 2.31, *а*) и диметрии (рис. 2.31, *б*) большая ось эллипса перпендикулярна к одной из проекций координатных осей, а малая — совпадает с направлением этой оси.

Для запоминания этого положения можно воспользоваться следующим правилом: **большая ось эллипса перпендикулярна к отсутствующей оси,** где термин «отсутствующая» означает «отсутствующая в названии». Например, горизонтальную плоскость проекций можно назвать плоскостью xOy, т.е. в названии отсутствует ось Oz, а значит, большая ось эллипса, в который проецируется горизонтальная окружность, должна быть перпендикулярна к аксонометрической проекции $O_\alpha z_\alpha$ оси Oz. Большая ось эллипса, в который проецируется окружность, параллельная фронтальной плоскости проекций (плоскости xOz), будет перпендикулярна к оси Oy, а большая ось эллипса, в который проецируется окружность, параллельная плоскости yOz, — перпендикулярна к оси Ox.

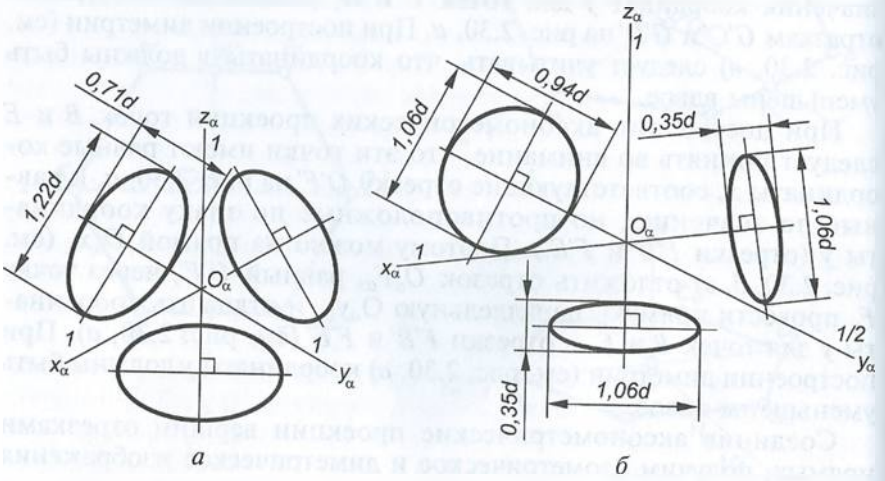


Рис. 2.31

Если бы построение аксонометрических проекций окружности с диаметром d производилось по действительным коэффициентам искажений, то большие оси полученных эллипсов всегда были бы равны диаметру, а малые оси эллипсов в изометрии равнялись бы $0{,}58d$. В диметрии малые оси, зависящие от положения окружности, были бы для плоскостей, параллельных π_1 или π_3, равны $0{,}33d$, а для плоскости, параллельной π_2, малая ось составляла бы $0{,}88d$.

Поскольку построение аксонометрических проекций, как правило, производится по приведенным коэффициентам, то значения больших и малых осей увеличивают для изометрии в 1,22 раза, а для диметрии — в 1,06 раза, т.е. большие и малые оси эллипсов будут соответствовать значениям, указанным на рис. 2.31.

Эллипс представляет собой множество точек плоскости, сумма расстояний от каждой из которых до двух данных точек — фокусов этой плоскости постоянна и превышает расстояние между фокусами.

В качестве исходных данных для построения конкретного эллипса обычно служат направления и размеры большой AB (рис. 2.32) и малой CD осей. Большая и малая оси эллипса взаимно-перпендикулярны и точкой O пересечения делятся пополам. На большой и малой осях, как на диаметрах, строятся окружности. Любую точку эллипса можно получить следующим образом. Из центра O проводят луч. Из точки *1* пересечения луча с большей окружностью проводят прямую, параллельную малой оси, а из точки *2* пересечения луча с меньшей окружностью проводят прямую, параллельную большой оси. На пересечении в точке E прямых, проведенных из точек *1* и *2*, получают одну из точек эллипса. Для удобства построений лучи из точки O проводят не хаотически, а разделив предварительно большую окружность на равные части (например, на 12). Найденные точки эллипса соединяют плавной кривой.

Эллипс — лекальная кривая, построение которой связано с определением достаточного числа принадлежащих ей точек. Это обстоятельство значительно увеличивает трудоемкость выполнения аксонометрической проекции реальной детали. Поэтому на практике эллипсы заменяют специально разработанными кривыми — четырехцентровыми овалами, достоинством которых является возможность построения их с помощью циркуля, что заметно облегчает работу. Очевидным требованием к этим овалам является максимальное их приближение к действительным эллипсам. Рассмотрим построение рекомендуемых овалов.

Пусть необходимо изобразить изометрическую проекцию окружности, лежащей в горизонтальной плоскости проекций и имеющей центр в начале координат.

Исходными данными для построения являются значения диаметра или радиуса R проецируемой окружности, а также на-

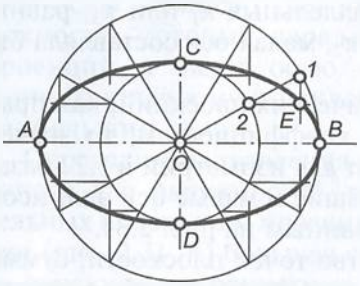


Рис. 2.32

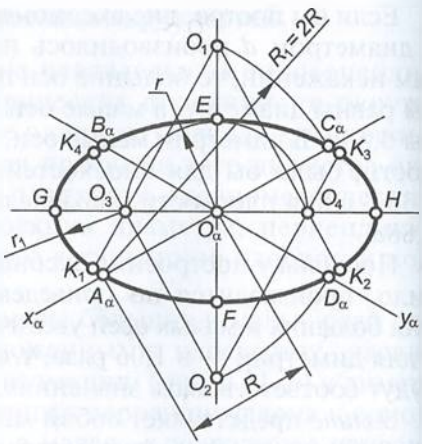


Рис. 2.33

правление большой и малой осей выстраиваемого эллипса. После проведения изометрических осей $O_\alpha x_\alpha$ (рис. 2.33) и $O_\alpha y_\alpha$, осуществляя построения по приведенным коэффициентам искажения, из центра O_α откладывают на осях размер радиуса окружности и получают проекции концов диаметров — точки A_α, B_α, C_α и D_α. Большая ось эллипса должна быть перпендикулярна к отсутствующей оси Oz, поэтому на чертеже она изображена горизонтально, а малая ось эллипса, перпендикулярная к большой, располагается вертикально.

Из точки A_α радиусом R_1, равным диаметру окружности, делают засечку на направлении малой оси эллипса и отмечают центр O_1. Аналогично из точки B_α получают центр O_2. Из точки O_1 радиусом O_1A_α (или O_1D_α) проводят дугу, а вторую дугу — из точки O_2 радиусом O_2B_α (или O_2C_α). Проведенные дуги отсекают отрезок EF, равный примерно малой оси эллипса.

Из точки O_α радиусом $O_\alpha E$ (размером малой полуоси) делают засечки на направлении большой оси и получают точки O_3 и O_4, которые будут центрами сопрягающих дуг. Затем определяют радиус и точки сопряжения, для чего через точки O_2 и O_3 проводят прямую, пересечение которой с дугой радиусом R_1 дает точку K_4 сопряжения двух дуг. Посредством аналогичных построений, используя прямую O_1O_3, определяют вторую точку сопряжения — точку K_1. Проведя дугу из центра O_3 радиусом r_1, равным O_3K_1 (или O_3K_4), завершают построение левой стороны овала. Выполнив подобные построения с правой стороны овала, получают точки G и H, приближенно определяющие размер большой оси эллипса.

Если необходимо построить диметрическую проекцию горизонтальной окружности радиусом R (диаметром d) с центром в точке O, проводят диметрические проекции осей Ox и Oy

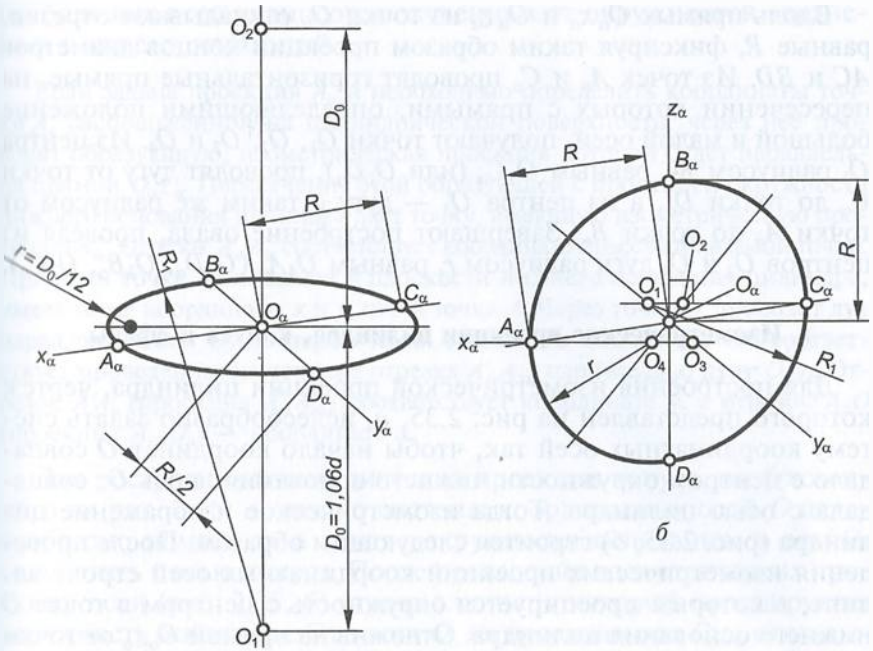


Рис. 2.34

(рис. 2.34, *а*), а также прямые, на которых будут располагаться большая и малая оси эллипса. При построении по приведенным коэффициентам искажения вдоль прямой $O_\alpha x_\alpha$ из точки O_α откладывают отрезки, равные R, и получают проекции концов диаметра AC, а вдоль прямой $O_\alpha y_\alpha$ из точки O_α — отрезки, равные $R/2$, определяющие проекции концов диаметра BD.

Из точки O_α на прямой, определяющей направление малой оси эллипса, в две стороны откладывают отрезки, равные $1{,}06d$, что позволяет построить точки O_1 и O_2. Из центра O_1 радиусом R_1, равным O_1B_α (или O_1C_α), проводят дугу. Выполнив затем симметричные построения из центра O_2, выполняют сопряжение проведенных дуг дугой радиусом r, равным $1{,}06d/12$.

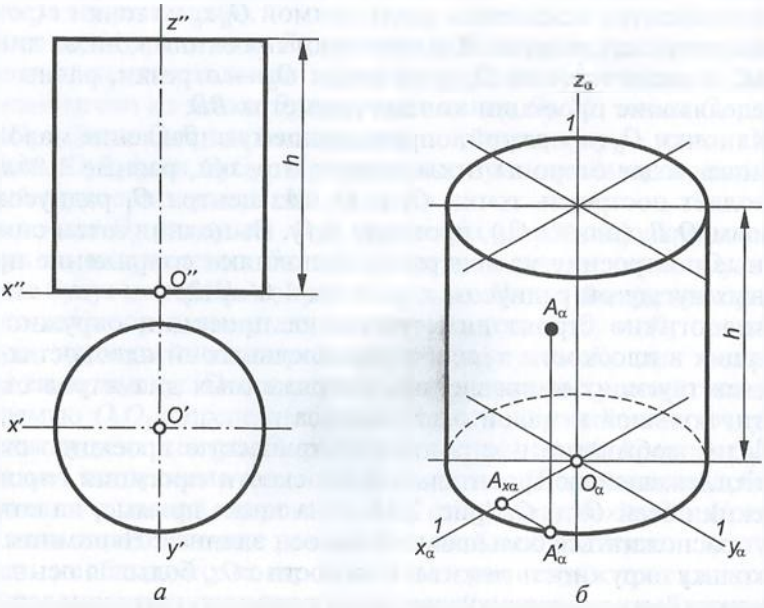
Аналогично строят диметрические проекции окружностей, лежащих в плоскости π_3 или в параллельных ей плоскостях (при соответствующих направлениях сопряженных диаметров окружности, большой и малой осей эллипса).

Если необходимо построить диметрическую проекцию окружности, лежащей во фронтальной плоскости проекций, проводят проекции осей Ox и Oz (рис. 2.34, *б*), а также прямые, на которых будут располагаться большая и малая оси эллипса. Напомним, что, поскольку окружность лежит в плоскости xOz, большая ось эллипса должна быть перпендикулярна к направлению проекции оси $O_\alpha y_\alpha$, а малая ось должна совпадать с направлением $O_\alpha y_\alpha$.

Вдоль прямых $O_\alpha x_\alpha$ и $O_\alpha z_\alpha$ из точки O_α откладывают отрезки, равные R, фиксируя таким образом проекции концов диаметров AC и BD. Из точек A_α и C_α проводят горизонтальные прямые, на пересечении которых с прямыми, определяющими положение большой и малой осей, получают точки O_1, O_2, O_3 и O_4. Из центра O_1 радиусом R_1, равным O_1C_α (или O_1D_α), проводят дугу от точки C_α до точки D_α, а из центра O_3 — дугу с таким же радиусом от точки A_α до точки B_α. Завершают построение овала, проведя из центров O_2 и O_4 дуги радиусом r, равным O_4A_α (O_4D_α, O_2B_α, O_2C_α).

Изометрические проекции цилиндра, конуса и сферы

Для построения изометрической проекции цилиндра, чертеж которого представлен на рис. 2.35, *а*, целесообразно задать систему координатных осей так, чтобы начало координат O совпадало с центром окружности нижнего основания, а ось Oz совпадала с осью цилиндра. Тогда изометрическое изображение цилиндра (рис. 2.35, *б*) строится следующим образом. После проведения изометрических проекций координатных осей строят эллипс, в который проецируется окружность с центром в точке O нижнего основания цилиндра. Отложив на прямой $O_\alpha z_\alpha$ от точки O_α отрезок, равный высоте h цилиндра, определяют центр верхнего основания и строят эллипс, в который она проецируется. Затем проводят очерковые образующие цилиндра, соединив кон-



а *б*

Рис. 2.35

ры больших осей эллипсов, полученных от окружностей верхнего и нижнего оснований.

Если задана проекция A_α и необходимо определить координаты точки A, расположенной на цилиндрической поверхности, через нее проводят образующую, изометрическая проекция которой будет параллельна прямой $O_\alpha z_\alpha$. Пересечение этой образующей с проекцией окружности нижнего основания цилиндра даст точку, имеющую изометрическую проекцию A'_α. Отрезок $A_\alpha A'_\alpha$ соответствует координате z рассматриваемой точки. При этом точка A', лежащая в плоскости нижнего основания цилиндра, имеет те же координаты x и y, что и точка A. Через точку A' проводят луч параллельно оси Oy до пересечения с осью Ox в точке A_x, что соответствует проведению на чертеже отрезка $A'_\alpha A_{x\alpha}$ параллельно лучу $O_\alpha y_\alpha$. Отрезок $A'A_x$ (проекция $A'_\alpha A_{x\alpha}$) соответствует координате y, а отрезок $A_x O$ (проекция $A_{x\alpha} O_\alpha$) — координате x.

Для построения изометрической проекции конуса, изображенного на рис. 2.36, *а*, начало системы координатных осей O целесообразно поместить в центре окружности основания, а ось Oz совместить с осью конуса. После проведения изометрических проекций осей (рис. 2.36, *б*) строят эллипс, в который проецируется окружность основания. От точки O_α на проекции оси $O_\alpha z_\alpha$ откладывают отрезок, равный высоте h, и определяют проекцию S_α вершины S конуса.

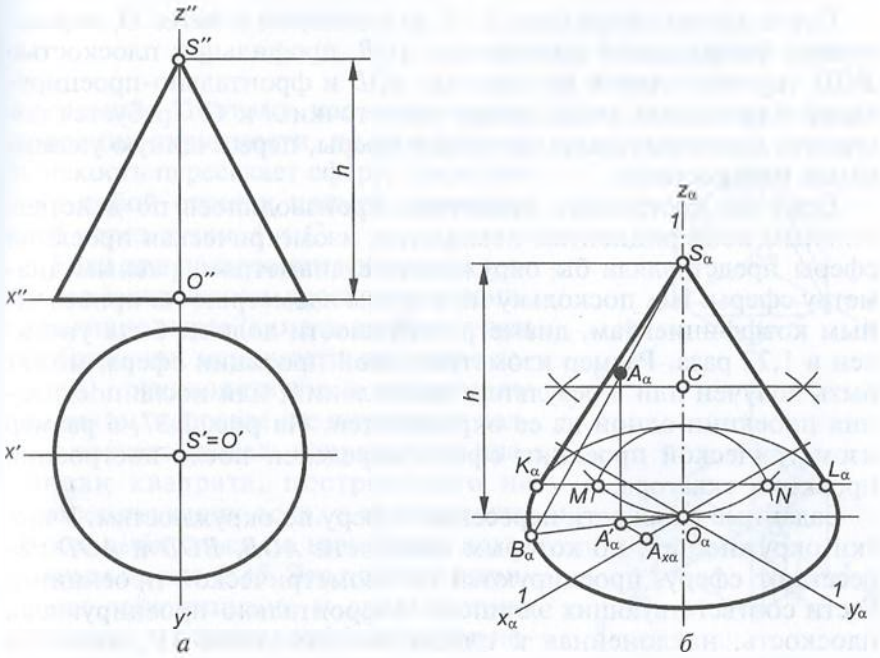


Рис. 2.36

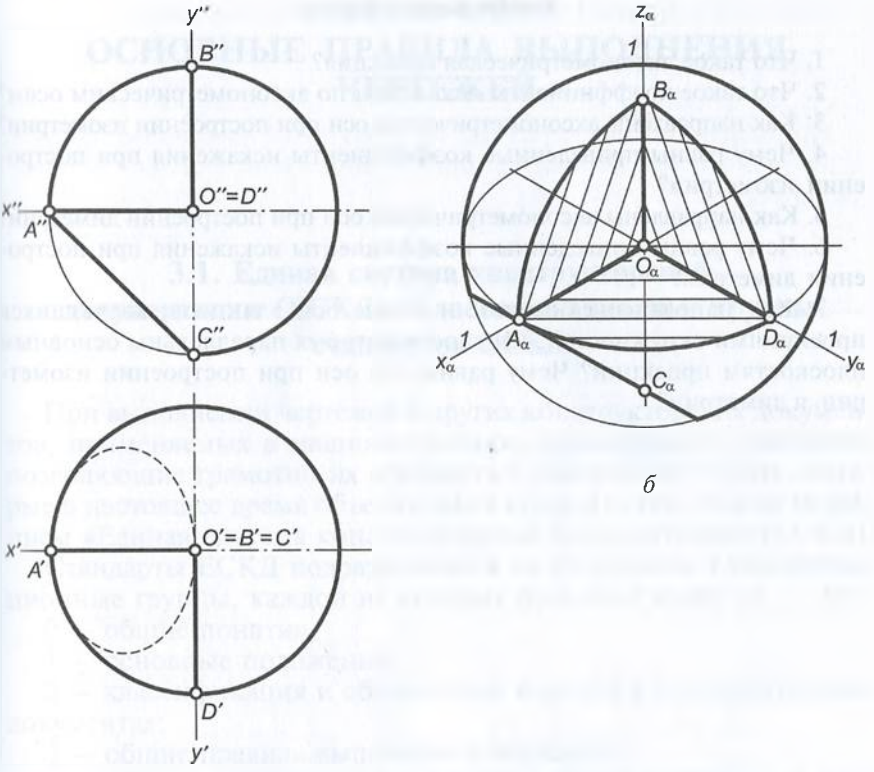
Для определения точек касания очерковых образующих конуса к эллипсу необходимо выполнить следующие построения. Разделить отрезок $S_\alpha O_\alpha$ пополам, и из его середины (точки C) провести дугу радиусом CO_α. Из точки O_α провести дугу радиусом, равным малой полуоси эллипса. Точки M и N пересечения двух дуг определят положение прямой MN, пересечение которой с эллипсом даст точки K_α и L_α сопряжения проекций образующих SK и SL с эллипсом.

Нахождение координат точки A, лежащей на конической поверхности, начинают с определения координаты z — расстояния точки до плоскости xOy, в которой лежит окружность основания. Для этого через точку A проводят образующую, изометрическая проекция $S_\alpha A_\alpha$ которой пересечет проекцию основания в точке B_α. Образующая SB и высота конуса определяют плоскость, перпендикулярную к плоскости основания и пересекающую последнюю по прямой OB (с изометрической проекцией — $O_\alpha B_\alpha$). Если через точку A провести перпендикуляр к плоскости основания, то он пересечет эту плоскость в точке, принадлежащей прямой OB и имеющей изометрическую проекцию A'_α. Отрезок $A_\alpha A'_\alpha$ соответствует координате z точки A. Основание A' перпендикуляра имеет те же координаты x и y, что и точка A. Поэтому, если через точку A'_α провести луч параллельно оси $O_\alpha y_\alpha$ до пересечения с осью $O_\alpha x_\alpha$ в точке A_x, отрезок $A' A_x$ (проекция $A'_\alpha A_{x\alpha}$) будет соответствовать координате y, а отрезок $A_x O$ (проекция $A_{x\alpha} O_\alpha$) — координате x.

Пусть задана сфера (рис. 2.37, *а*) с центром в точке O, пересеченная фронтальной плоскостью AOB, профильной плоскостью BOD, горизонтальной плоскостью AOD и фронтально-проецирующей плоскостью, проходящей через точки A и C. Требуется построить изометрическую проекцию сферы, пересеченную указанными плоскостями.

Если бы построение изометрии производилось по действительным коэффициентам искажения, изометрическая проекция сферы представляла бы окружность с диаметром, равным диаметру сферы. Но, поскольку мы строим изометрию по приведенным коэффициентам, диаметр окружности должен быть увеличен в 1,22 раза. Размер изометрической проекции сферы может быть получен или в результате вычислений, или после построения проекции одной из ее окружностей. На рис. 2.37, *б* размер изометрической проекции сферы определен после построения проекции экватора.

Заданные плоскости пересекают сферу по окружностям. Участки окружностей, по которым плоскости AOB, BOD и AOD пересекают сферу, проецируются на изометрической проекции в части соответствующих эллипсов. А фронтально-проецирующая плоскость, наклоненная к плоскости под углом 45°, является проецирующей и относительно плоскости аксонометрических

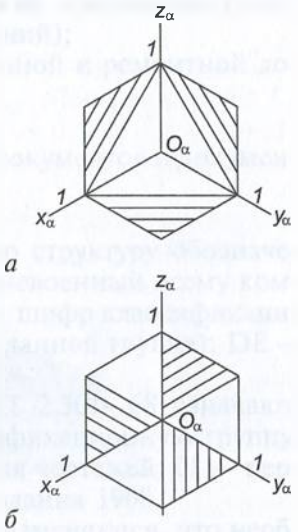


а *б*

Рис. 2.37

проекций. Поэтому изометрическая проекция окружности, по которой эта плоскость пересекает сферу, представляет собой отрезок прямой, проходящей через точки *A* и *C*.

Если при построении изометрии требуется заштриховать плоскости, ограничивающие вырез (как это требуется при изображении машиностроительных деталей), руководствуются следующим правилом: направление штриховки должно соответствовать направлению диагонали квадрата, построенного на соответствующих осях, т.е. штриховка может выбираться по вариантам, показанным на рис. 2.38. Это правило штриховки действительно и для диметрии (конечно, с учетом коэффициентов искажения по различным осям).



а *б*

Рис. 2.38

Контрольные вопросы

1. Что такое аксонометрическая проекция?
2. Что такое коэффициенты искажения по аксонометрическим осям?
3. Как направлены аксонометрические оси при построении изометрии?
4. Чему равны приведенные коэффициенты искажения при построении изометрии?
5. Как направлены аксонометрические оси при построении диметрии?
6. Чему равны приведенные коэффициенты искажения при построении диметрии?
7. Как направлены большие и малые оси эллипсов, являющихся проекциями окружностей, плоскости которых параллельны основным плоскостям проекций? Чему равны эти оси при построении изометрии и диметрии?

Глава 3
ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

3.1. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Классификационные группы стандартов ЕСКД

При выполнении чертежей и других конструкторских документов, применяемых в машиностроении, используются стандарты, позволяющие грамотно их оформить и однозначно читать, которые в настоящее время объединены в комплекс под общим названием «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД).

Стандарты ЕСКД подразделяются на следующие классификационные группы, каждой из которых присвоен шифр (0, ..., 9):

0 — общие понятия;

1 — основные положения;

2 — классификация и обозначение изделий в конструкторских документах;

3 — общие правила выполнения чертежей;

4 — правила выполнения чертежей в машиностроении и приборостроении;

5 — правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений);

6 — правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации;

7 — правила выполнения схем;

8 — правила выполнения строительных документов и документов судостроения;

9 — прочие стандарты.

Все стандарты ЕСКД имеют следующую структуру обозначения: ГОСТ 2. АВС—DE, где 2 — номер, присвоенный всему комплексу ЕСКД; АВС — номер стандарта (А — шифр классификационной группы, ВС — порядковый номер в данной группе); DE — последние две цифры года регистрации.

Например, цифры в обозначении ГОСТ 2.301—68 означают: 2 — принадлежность к ЕСКД; 3 — классификационную группу, выделенную под общие правила выполнения чертежей; 01 — первый номер стандарта в группе; 68 — год издания 1968.

Стандарты периодически уточняются и изменяются, что необходимо учитывать при их использовании.

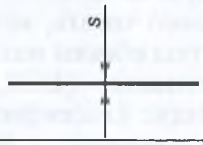
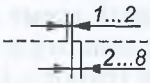
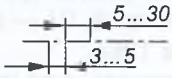
3.2. Общие правила оформления чертежей

Линии чертежа

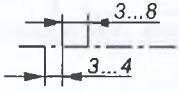
При оформлении чертежей используются различные линии, назначение и начертание которых установлено ГОСТ 2.303—68* (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Линии чертежа

Наименование и начертание	Толщина s, мм	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная 	От 0,5 до 1,4	1.1. Линии видимого контура; 1.2. Линии контура сечения, вынесенного и входящего в состав разреза
2. Сплошная тонкая	От $s/3$ до $s/2$	2.1. Линии размерные и выносные; 2.2. Линии штриховки; 2.3. Линии контура наложенного сечения; 2.4. Линии выносок; 2.5. Полки линий выносок; 2.6. Линии для изображения пограничных деталей (обстановки)
3. Сплошная волнистая		3.1. Линии обрыва; 3.2. Линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая 		4.1. Линии невидимого контура
5. Штрихпунктирная тонкая 		5.1. Линии осевые; 5.2. Линии центровые; 5.3. Линии сечений, являющихся осями симметрии вынесенных сечений

Окончание табл. 3.1

Наименование и начертание	Толщина *s*, мм	Основное назначение
6. Штрихпунктирная с двумя точками 	От *s*/3 до *s*/2	6.1. Линии сгиба на развертках; 6.2. Линии для изображения частей изделия в крайних или промежуточных положениях; 6.3. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом
7. Сплошная тонкая с изломами 		7.1. Линии обрыва длинных изображений
8. Разомкнутая 	От *s* до 1,5 *s*	8.1. Линии сечений
9. Штрихпунктирная утолщенная 	От *s*/2 до 2/3 *s*	9.1. Линии для изображения поверхностей, расположенных перед секущей плоскостью (наложенных проекции); 9.2. Линии поверхностей, подлежащих термообработке

Сплошная основная линия имеет толщину от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от размера и сложности изображения, а также от формата чертежа.

Сплошная тонкая линия имеет толщину в 2...3 раза меньше основной. При выполнении выносных линий должна выходить за концы стрелок размерных линий примерно на 1...5 мм.

Штриховая линия состоит из штрихов (черточек) приблизительно одинаковой длины, толщина которых в 2...3 раза меньше толщины основной линии. Начальный и конечный штрихи штриховой линии должны пересекаться с линиями, между которыми ее проводят. Длина штрихов и расстояние между ними выбираются в зависимости от размера изображения.

Штрихпунктирная тонкая линия состоит из штрихов и пунктиров между ними. Толщина ее в 2...3 раза меньше толщины основной линии. Длина штрихов и расстояние между ними выбираются

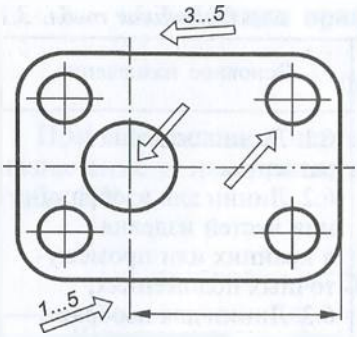


Рис. 3.1

в зависимости от размера изображения и должны быть примерно одинаковыми.

Разомкнутая линия используется для показа места сечения или разреза. Предпочтительная толщина ее в полтора раза больше толщины основной линии на чертеже.

Толщина линий одного типа должна быть одинаковой для всех изображений одного чертежа, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Вычерчивание симметричных изображений начинается обычно с проведения осевых линий (рис. 3.1). Осевые линии окружности, проходящие через ее центр, и которые поэтому называются центровыми, выполняются тонкими штрихпунктирными линиями. Если диаметр окружности на чертеже менее 12 мм, штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, заменяют сплошными тонкими линиями. При использовании штрихпунктирных центровых линий в середине окружности обязательно должны пересекаться штрихи (а не точки). Штрихпунктирные линии должны начинаться и заканчиваться штрихами, выходящими на 3...5 мм за контур изображения.

Примеры применения линий различного типа приведены на рис. 3.2, 3.3 (номера линий см. в табл. 3.1).

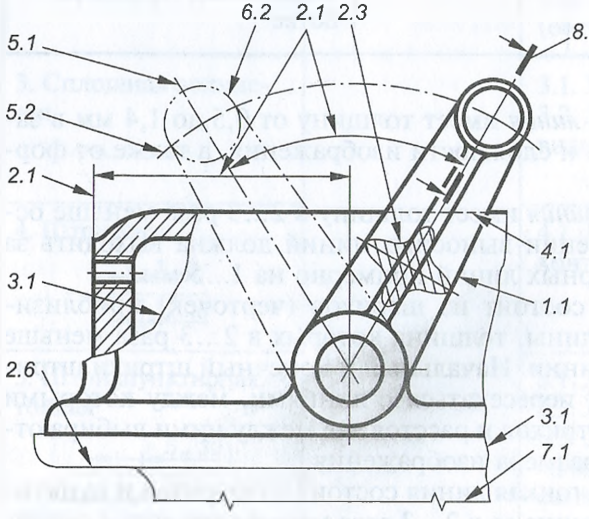


Рис. 3.2

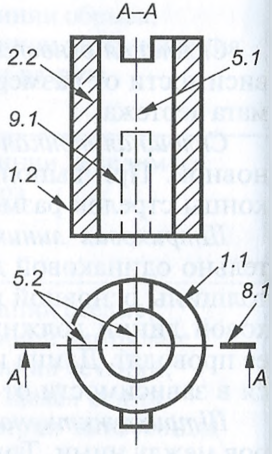
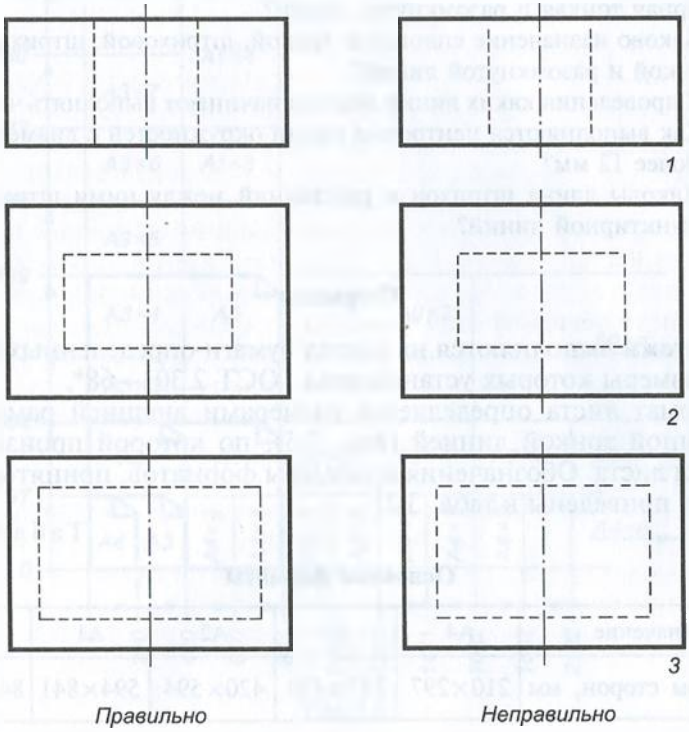
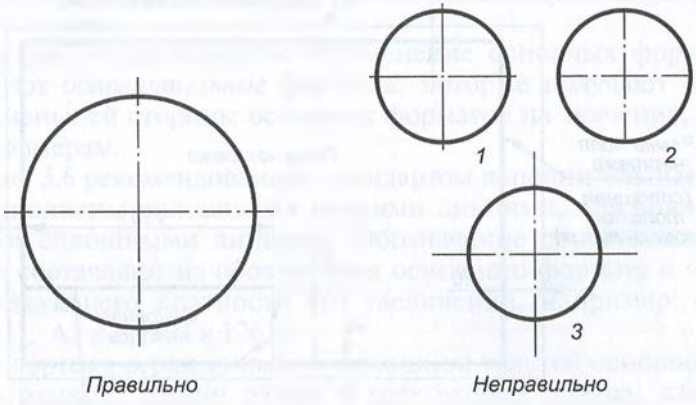


Рис. 3.3

Упражнение. Найти ошибки, допущенные при выполнении штриховых линий (рис. 3.4, *а*) и штрихпунктирных (центровых) линий (рис. 3.4, *б*), в примерах 1...3.



а



б

Рис. 3.4

Контрольные вопросы

1. Какова толщина основной линии и от чего она зависит?
2. Какой толщины могут быть сплошная тонкая, штриховая, штрихпунктирная тонкая и разомкнутая линии?
3. Каково назначение сплошной тонкой, штриховой, штрихпунктирной тонкой и разомкнутой линий?
4. С проведения каких линий обычно начинают выполнять чертеж?
5. Как выполняются центровые линии окружностей с диаметром менее и более 12 мм?
6. Каковы длина штрихов и расстояний между ними штриховой и штрихпунктирной линий?

Форматы

Чертежи выполняются на листах бумаги определенных форматов, размеры которых установлены ГОСТ 2.301—68*.

Формат листа определяется размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией (рис. 3.5), по которой производится обрезка листа. Обозначения и размеры форматов, принятых за *основные*, приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Основные форматы

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

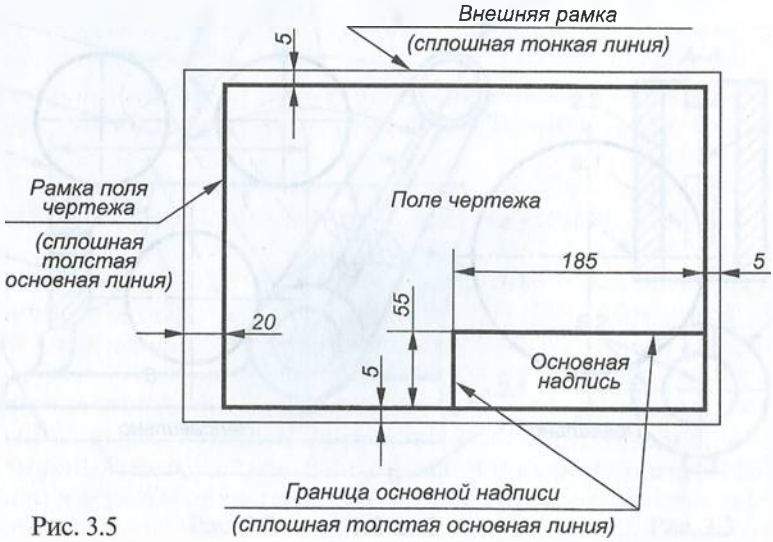


Рис. 3.5

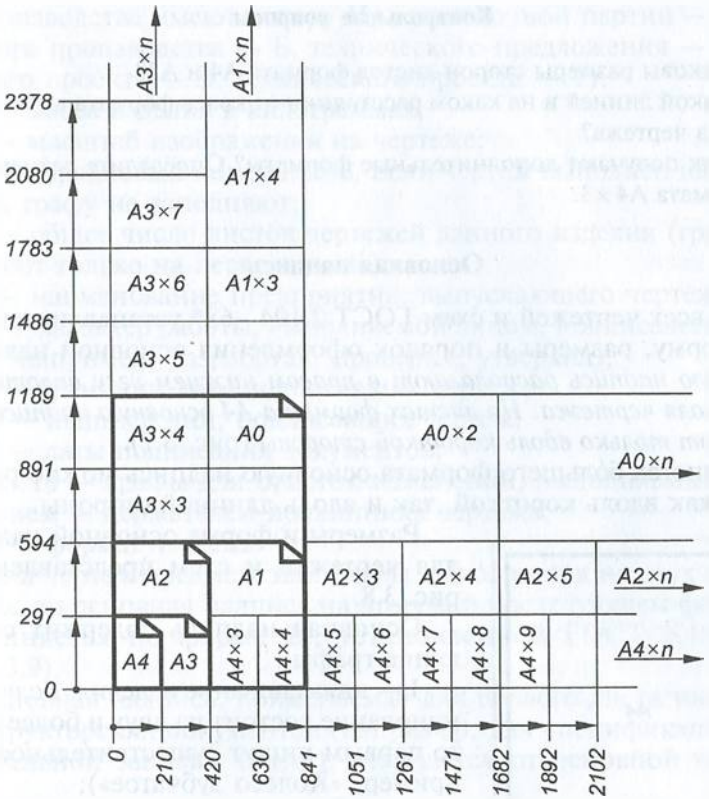


Рис. 3.6

Формат А0 принят за исходный, остальные получают делением предыдущего формата на две равные части параллельно меньшей его стороне.

В случаях, когда неудобно применение основных форматов, используют *дополнительные* форматы, которые получают увеличением меньшей стороны основных форматов на значение, кратное их размерам.

На рис. 3.6 рекомендованные стандартом дополнительные форматы выполнены сплошными тонкими линиями, а основные — толстыми сплошными линиями. Обозначение дополнительного формата составляют из обозначения основного формата и числа, соответствующего кратности его увеличения, например: А4×4 (297×841), А2×3 (594×1261).

Поле чертежа ограничивается сплошной толстой основной линией — рамкой. Линии рамки с трех сторон (сверху, снизу и справа) отстоят от краев формата на 5 мм, а слева — на 20 мм (см. рис. 3.5). Полоса слева используется в дальнейшем для подшивки чертежа.

Контрольные вопросы

1. Каковы размеры сторон листов формата А4 и А3?
2. Какой линией и на каком расстоянии от краев формата выполняется рамка чертежа?
3. Как получают дополнительные форматы? Определите размеры листа формата А4 × 3.

Основная надпись

Для всех чертежей и схем ГОСТ 2.104—68* устанавливает единую форму, размеры и порядок оформления основной надписи. *Основную надпись располагают в правом нижнем углу вплотную к рамке поля чертежа. На листах формата А4 основную надпись располагают только вдоль короткой стороны* (рис. 3.7).

На листах бóльшего формата основную надпись можно располагать как вдоль короткой, так и вдоль длинной стороны.

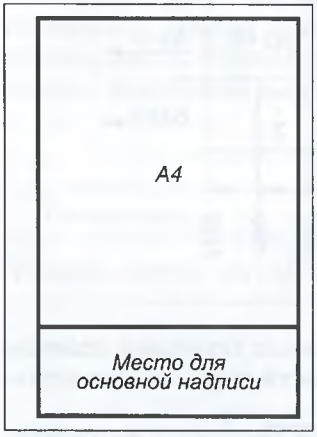


Рис. 3.7

Размеры и форма основной надписи для чертежей и схем представлена на рис. 3.8.

Основная надпись содержит следующие графы:

1 — наименование изделия. Если наименование состоит из двух и более слов, то первым пишут существительное (например, «Колесо зубчатое»);

2 — обозначение номера чертежа;

3 — обозначение материала детали (заполняется только на чертежах деталей, например, «Сталь 30 ГОСТ 1050—88»;

4 — литера детали (в учебных чертежах не заполняется; чертежи единично-

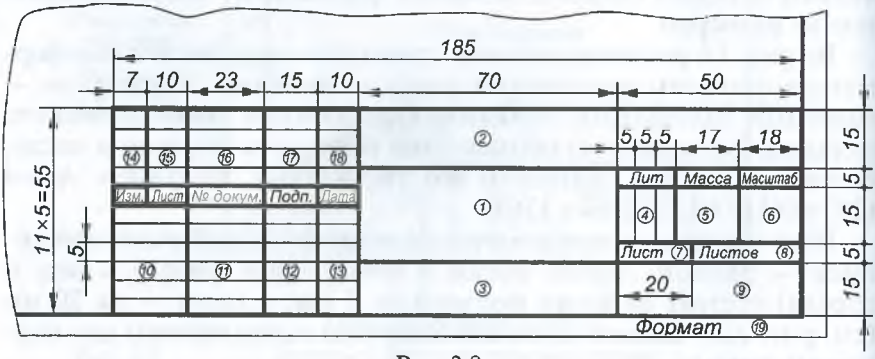


Рис. 3.8

го производства имеют литеру И, установочной партии — А, серийного производства — Б, технического предложения — П, эскизного проекта — Э, технического проекта — Т);

5 — масса изделия в килограммах;

6 — масштаб изображения на чертеже;

7 — порядковый номер листа. Если чертеж выполнен на одном листе, графу не заполняют;

8 — общее число листов чертежей данного изделия (графу заполняют только на первом листе);

9 — наименование предприятия, выпускающего чертежи;

10 — характер работы, выполняемой лицом, подписавшим чертежи (например, разработал, проверил, утвердил);

11 — фамилии лиц, подписавших чертеж;

12 — подписи лиц, подписавших чертеж;

13 — даты подписания документов;

14...18 — графы для отметок изменений, выполняемых предприятием — держателем подлинника чертежа;

19 — формат чертежа.

Если чертеж предмета или схемы выполняется на двух и более листах, то основная надпись на втором и последующем форматах выполняется по форме 2а, установленной ГОСТ 2.104—68* (рис. 3.9).

Основная надпись, применяемая для первого листа текстовых конструкторских документов (например, для спецификаций, пояснительной записки и т.п.), отличается от основной надписи

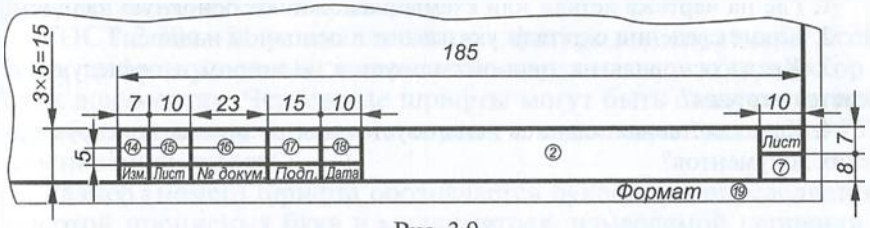


Рис. 3.9

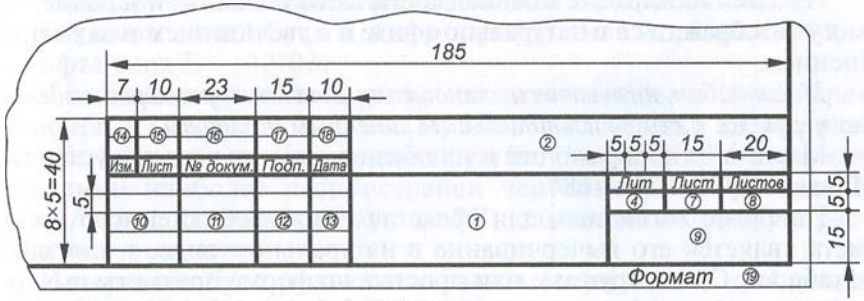
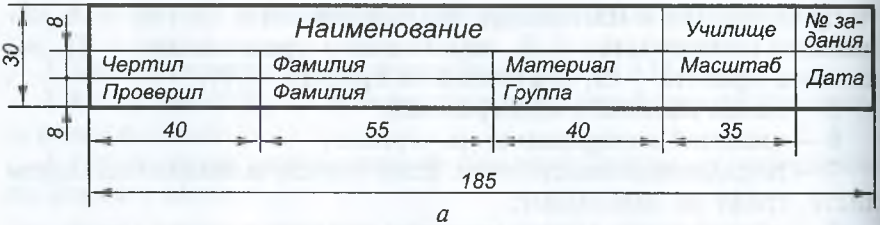


Рис. 3.10



а

Колесо зубчатое			ПТУ №1	№ 10
Чертил	Усов	Сталь 10	Масштаб	11.XI.01
Проверил	Петров	Гр. МЛ 5	2:1	

б

Рис. 3.11

для чертежей и схем. Образец такой надписи приведен на рис. 3.10. На последующих листах текстовых документов применяют основную надпись, приведенную на рис. 3.9.

В чертежах учебных заданий разрешается применять упрощенную основную надпись, форма которой и пример ее заполнения приведены на рис. 3.11.

Буквы и цифры в основной надписи, как и на всем чертеже, выполняют чертежным шрифтом.

Контрольные вопросы

1. Где на чертеже детали или схемы располагают основную надпись?
2. Какие сведения о детали указывают в основной надписи?
3. Какая основная надпись используется на втором и последующих листах чертежа?
4. Какая основная надпись используется для текстовых конструкторских документов?

Масштаб

Изделия на чертеже в зависимости от их сложности и размеров могут изображаться в натуральном виде и с увеличением или уменьшением.

Масштабом называется отношение линейных размеров изделия на чертеже к его действительным линейным размерам.

Масштабы изображений и их обозначения на чертеже устанавливает ГОСТ 2.302—68*.

Наиболее наглядным для представления изображенного предмета является его вычерчивание в натуральном виде, т.е. в масштабе 1:1. Очень крупные или простые по форме предметы вычерчивают в масштабе уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20.

Мелкие предметы или предметы сложной формы вычерчивают в масштабе увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 15:1; 20:1.

Основной масштаб, в котором выполнен чертеж, указывают в графе 6 основной надписи (см. рис. 3.8) и обозначают 1:1, 4:1, 1:10 и т.п., поскольку слово «масштаб» содержится в заголовке графы. Если на чертеже некоторые изображения выполнены в другом масштабе, то над ними помещают надписи типа: А(1:5) — для вида, Б—Б(1:15) — для разреза или сечения.

Следует помнить, что **при любом масштабе на чертеже указывают истинные размеры предмета**, а не те размеры, которые изображение имеет на чертеже.

Контрольные вопросы

1. Что такое масштаб?
2. Назовите стандартные масштабы увеличения и уменьшения.
3. Можно ли применять масштабы, не предусмотренные стандартом?
4. Какую длину изделия следует указать на размерной линии, если его длина 100 мм, а масштаб изображения 1:2?
5. Как указывают на поле чертежа масштаб изображения, выполненного в масштабе, отличающемся от указанного в основной надписи?

Чертежные шрифты

Шрифтом называется графическая форма изображения букв, цифр и условных знаков, которые используются при выполнении чертежей и других технических документов.

ГОСТ 2.304—81 устанавливает конфигурацию и размеры всех букв, цифр и условных знаков, наносимых на всех конструкторских документах. Чертежные шрифты могут быть следующих видов: без наклона к основанию строки и с наклоном под углом 75° к основанию строки.

Размер (номер) шрифта обозначается буквой h и определяется высотой прописных букв в миллиметрах, измеряемой перпендикулярно к основанию строки.

Стандарт устанавливает также два типа шрифта: А и Б.

Толщина линий букв и цифр шрифта типа А равна $1/14\,h$, а шрифта типа Б — $1/10\,h$.

В соответствии со стандартом можно использовать 10 размеров шрифта: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Однако шрифт размером 1,8 применять не рекомендуется. В машиностроительном черчении наиболее распространен чертежный шрифт типа Б ($d = 1/10\,h$) с наклоном под углом 75°, данные по которому и рассматриваются далее.

Начертание букв русского алфавита (кириллицы) прописных и строчных шрифтом типа Б с наклоном, а также арабских цифр,

Таблица 3.3

Параметры букв русского алфавита и арабских цифр

Параметр		Обозначение	Относительный размер		Размер шрифта, мм			
Размер шрифта — высота прописных букв и арабских цифр		*h*	10/10*h*	10*d*	5	7	10	14
Высота строчных букв		*c*	7/10*h*	7*d*	3,5	5	7	10
Расстояние между буквами		*a*	2/10*h*	2*d*	1	1,4	2	2,8
Минимальное расстояние между основаниями строк		*b*	17/10*h*	17*d*	8,5	12	17	24
Минимальное расстояние между словами		*e*	6/10*h*	6*d*	3	4,2	6	8,4
Толщина линий шрифта		*d*	1/10*h*	—	0,5	0,7	1	1,4
Ширина прописных букв	основная		6/10*h*	6*d*	3	4,2	6	8,4
	букв Г, Е, З, С		5/10*h*	5*d*	2,5	3,5	5	7
	букв А, Д, М, Х, Ы, Ю		7/10*h*	7*d*	3,5	4,9	7	9,8
	букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ		8/10*h*	8*d*	4	5,6	8	11,2
Ширина строчных букв	основная		5/10*h*	5*d*	2,5	3,5	5	7
	букв м, ъ, ы, ю		6/10*h*	6*d*	3	4,2	6	8,4
	букв ж, т, ф, ш, щ		7/10*h*	7*d*	3,5	4,9	7	9,8
	букв з, с		4/10*h*	4*d*	2	2,8	4	5,6
Ширина арабских цифр	основная		5/10*h*	5*d*	2,5	3,5	5	7
	цифры 1		3/10*h*	3*d*	1,5	2,1	3	4,2
	цифры 4		6/10*h*	6*d*	3	4,2	6	8,4

используемых при указании размеров и условных знаков, приведено на рис. 3.12. Параметры этого шрифта для букв русского алфавита и арабских цифр в относительных размерах, а для шрифтов № 5, 7, 10, 14 в цифровом виде приведены в табл. 3.3.

Следует обратить внимание, что нижние горизонтальные отростки букв **Ц** и **Щ** (прописных и строчных) выполняются за счет промежутков между смежными буквами, а вертикальные (в том числе и черта над **Й**) — за счет промежутка между строками.

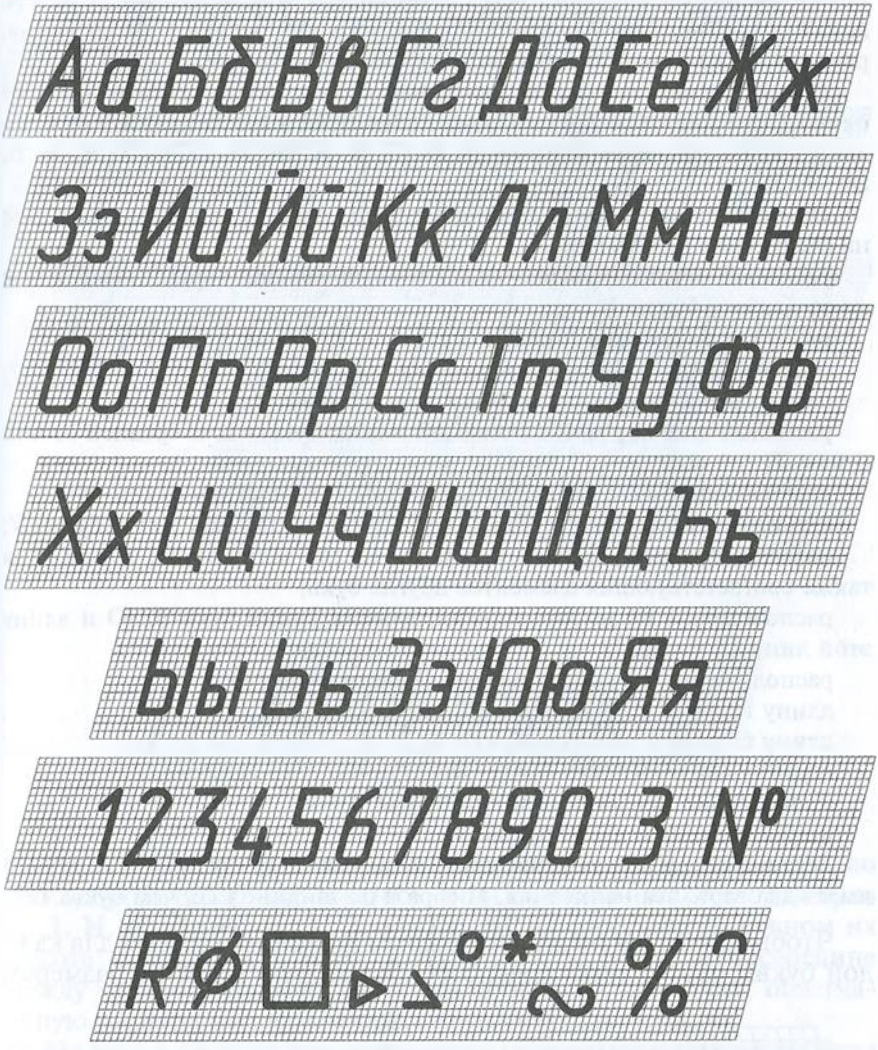


Рис. 3.12



Рис. 3.13

В словах, написанных буквами, соседние линии которых не параллельны между собой, например в сочетаниях **Г** и **А**, **Т** и **А**, **Г** и **Д**, **Р** и **А**, **А** и **Т** и других, расстояние между буквами уменьшается до значения, равного толщине линии букв, или же совсем исключается (рис. 3.13).

Следует отметить, что 16 прописных букв русского алфавита имеют одинаковые начертания с одноименными строчными буквами и отличаются только размером. Это буквы **Ж**, **З**, **К**, **Л**, **М**, **Н**, **О**, **С**, **Х**, **Ч**, **Ъ**, **Ь**, **Ы**, **Э**, **Ю**, **Я**.

При написании прописных букв и цифр следует обратить внимание на следующие их элементы:

расположение по высоте средней горизонтальной черты букв **Е** и **Н** и на ее длину у буквы **Е**;

размер и положение нижних отростков у букв **Ц** и **Щ**;

расположение наклонной линии в букве **И**;

размер и расположение верхней черты буквы **Й**;

расположение верхней наклонной линии буквы **К** и средней линии буквы **Ж** (на высоте 4/10 *h*);

расположение по высоте черты у буквы **А** и острия у буквы **М**;

скругление у букв **Ч**, **У** и длину нижней горизонтальной линии буквы **У**;

наличие прямых участков и непостоянство закруглений буквы **О**, а также соответствующих элементов других букв;

расположение по высоте горизонтальных линий букв **Э**, **Ю** и длину этой линии у буквы **Э**;

расположение по высоте овальной части буквы **Ф**;

длину верхней горизонтальной линии буквы **Б**;

длину бокового отростка буквы **Ъ**;

глубину верхней части буквы **В**;

направление наклонной линии буквы **Я**;

ширину средней части буквы **З**.

Все цифры, за исключением **1** и **4**, имеют ширину 5/10 *h*. Цифра **3** имеет два варианта написания. Цифра **0** по ширине уже, чем буква **О**.

Чтобы научиться писать чертежным шрифтом, сначала для каждой буквы чертят сетку (рис. 3.14), в которую затем по размерам

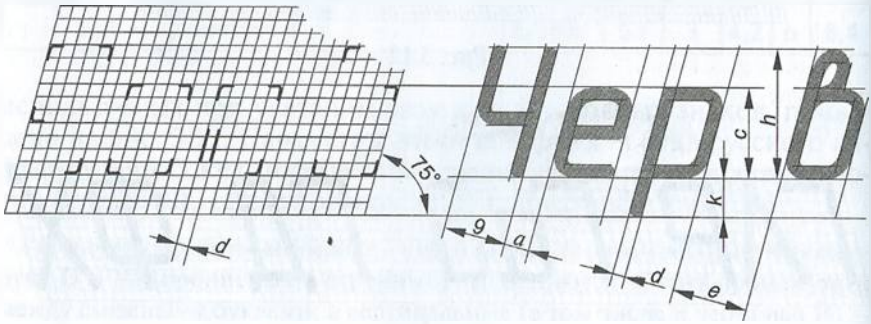


Рис. 3.14

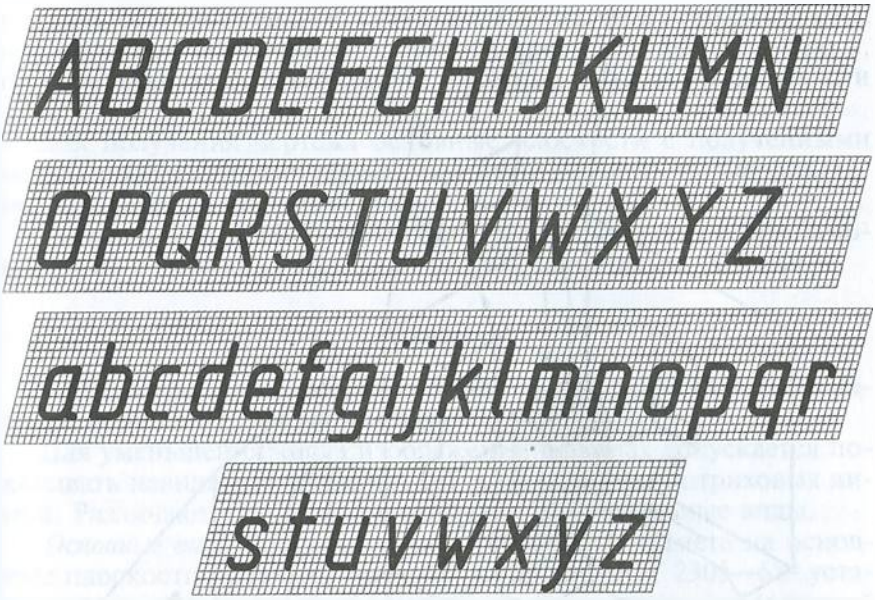


Рис. 3.15

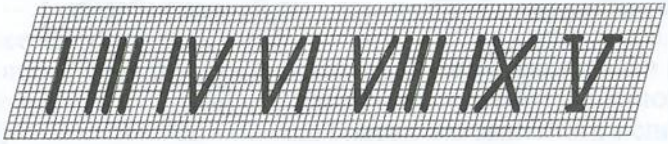


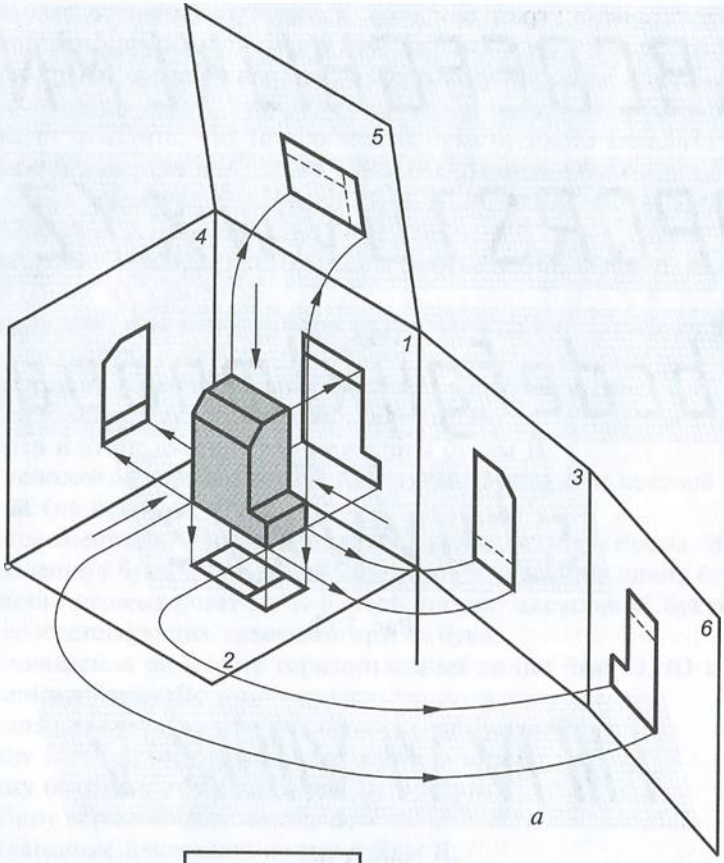
Рис. 3.16

вписывают букву. Овладев навыками написания букв и цифр по сетке, проводят только верхнюю и нижнюю линии строк для букв **Г, Д, И, Й, Л, М, П, Т, Х, Ц, Ш, Щ** на расстоянии, равном их высоте *h*, а для букв **Б, В, Е, Н, Р, У, Ч, Ъ, Ы, Я** посередине между горизонтальными линиями добавляют еще одну, облегчающую выполнение их средних элементов.

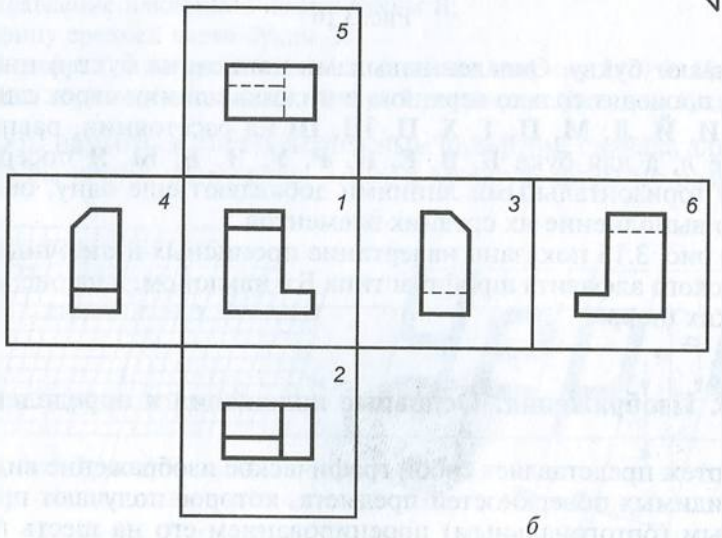
На рис. 3.15 показано начертание прописных и строчных букв латинского алфавита шрифтом типа Б с наклоном, а на рис. 3.16 — римских цифр.

3.3. Изображения. Основные положения и определения

Чертеж представляет собой графическое изображение видимых и невидимых поверхностей предмета, которое получают прямоугольным (ортогональным) проецированием его на шесть граней куба при условии, что предмет расположен между наблюдателем



а



б

Рис. 3.17

и соответствующей гранью куба (рис. 3.17, *а*). При этом грани куба принимаются за основные плоскости проекций: фронтальную *1*, горизонтальную *2*, профильную *3* и параллельные им плоскости *4*, *5*, *6*.

Для получения чертежа основные плоскости с полученными на них изображениями совмещают в одну плоскость с фронтальной плоскостью проекций (рис. 3.17, *б*).

Согласно ГОСТ 2305—68 изображения на чертежах в зависимости от их содержания называют видами, сечениями, разрезами.

Виды

Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

Для уменьшения числа изображений на видах допускается показывать невидимые части предмета при помощи штриховых линий. Различают основные, местные и дополнительные виды.

Основные виды получают проецированием предмета на основные плоскости проекций (см. рис. 3.17, *б*). ГОСТ 2305—68* устанавливает следующие основные виды: вид спереди — *1* (главный вид, который должен давать наиболее полное представление о размерах и форме предмета); вид сверху — *2*; вид слева — *3*; вид справа — *4*; вид снизу — *5*; вид сзади — *6* (допускается располагать левее вида справа).

Основные виды располагаются в проекционной связи друг относительно друга. В этом случае на них не требуется наносить каких-либо надписей. Однако для более рационального использования листа разрешается располагать виды вне проекционной связи в любом месте чертежа.

Виды, расположенные вне проекционной связи с главным видом (рис. 3.18), отделенные от него другими видами или размещенные на других местах, помечают прописными буквами русского алфавита (в алфавитном порядке, начиная с буквы А), а направление взгляда (проецирования) указывают стрелкой, над которой ставят ту же букву, которой отмечен вид. Когда отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, пишут название вида.

Изображение стрелок и соотношение их размеров приведено на рис. 3.19.

Дополнительные виды применяют, если изображение предмета или какой-либо его части не может быть показано на основных видах без искажения форм и размеров.

Дополнительные виды получают проецированием предмета или его части на дополнительную плоскость, не параллельную ни одной из плоскостей проекций, но параллельную тому элементу, который на основную плоскость проецируется с искажением.

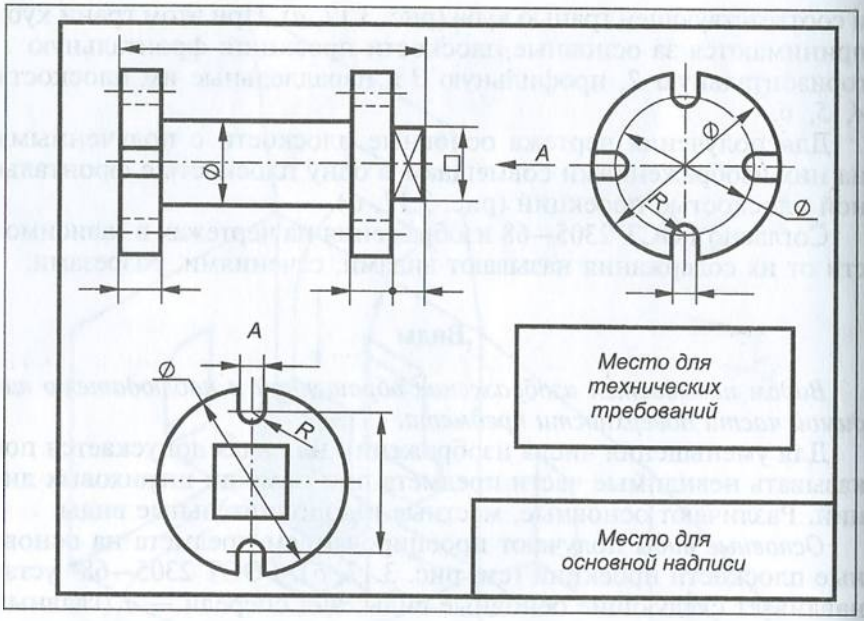


Рис. 3.18

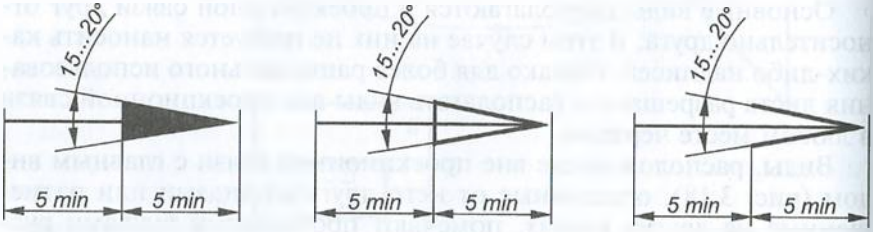


Рис. 3.19

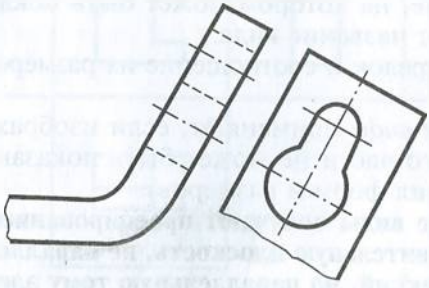
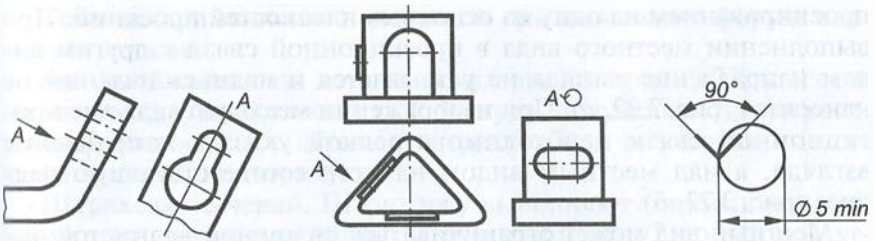


Рис. 3.20



а *б* *в*

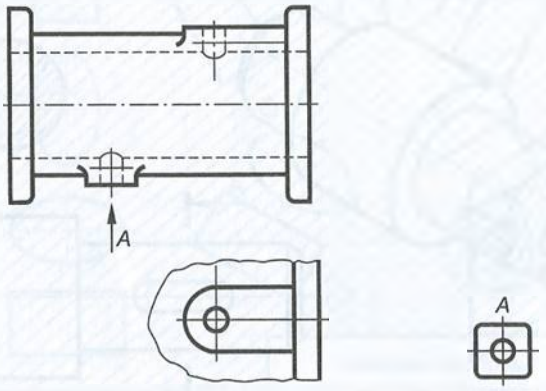
Рис. 3.21

Если дополнительный вид расположен в проекционной связи с исходным видом (рис. 3.20), то направление проецирования не указывают и надписи над ним не делают.

В случае, если дополнительный вид невозможно расположить в проекционной связи с исходным видом, его разрешается помещать на любом свободном месте чертежа с выполнением соответствующей надписи, например буквы А, при этом у исходного вида ставят стрелку с надписью А, указывающую направление проецирования (рис. 3.21, *а*). Направление осей и контурных линий при этом должно оставаться таким же, как и в случае расположения дополнительного вида в проекционной связи.

Допускается изображать дополнительный вид в повернутом положении (рис. 3.21, *б*). В этом случае к надписи над видом добавляется знак поворота ⟲ и при необходимости значение угла поворота в градусах. Диаметр окружности знака поворота, как правило, равен высоте буквы, обозначающей вид, но не менее 5 мм (рис. 3.21, *в*).

Местным видом называется изображение отдельного ограниченного участка поверхности предмета, которое образуется его



а *б*

Рис. 3.22

проецированием на одну из основных плоскостей проекций. При выполнении местного вида в проекционной связи с другим видом направление взгляда не указывается и надпись над ним не наносится (рис. 3.22, *а*). При изображении местного вида вне проекционной связи необходимо стрелкой указать направление взгляда, а над местным видом нанести соответствующую надпись (рис. 3.22, *б*).

Местный вид может ограничиваться сплошной волнистой линией обрыва (см. рис. 3.22, *а*) либо выполняться без ограничения (см. рис. 3.22, *б*).

Контрольные вопросы

1. Какие виды называются основными?
2. Как располагаются основные виды?
3. В каких случаях виды снабжают надписью и как ее наносят?
4. Какие виды называются дополнительными и когда их применяют?
5. Как оформляют дополнительные виды?
6. Какие виды называются местными и как их оформляют?
7. В чем разница между дополнительными и местными видами?

Сечения

Сечением называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (ГОСТ 2305—68*).

На сечении изображается только то, что находится в секущей плоскости. Причем секущие плоскости необходимо выбирать так, чтобы получались нормальные поперечные сечения.

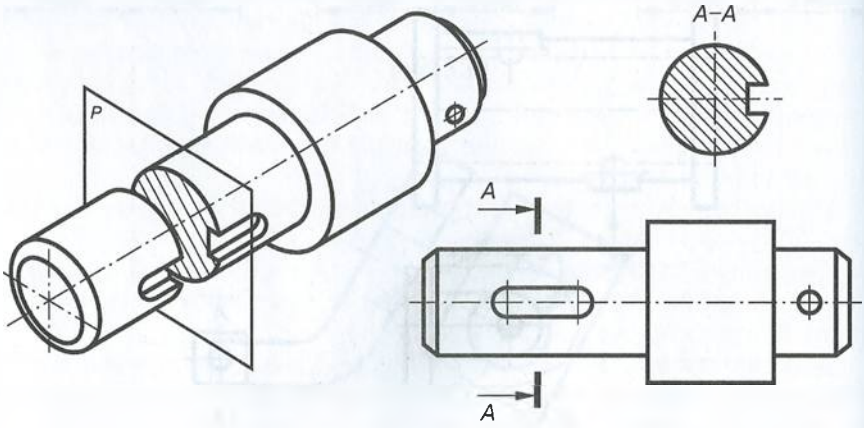


Рис. 3.23

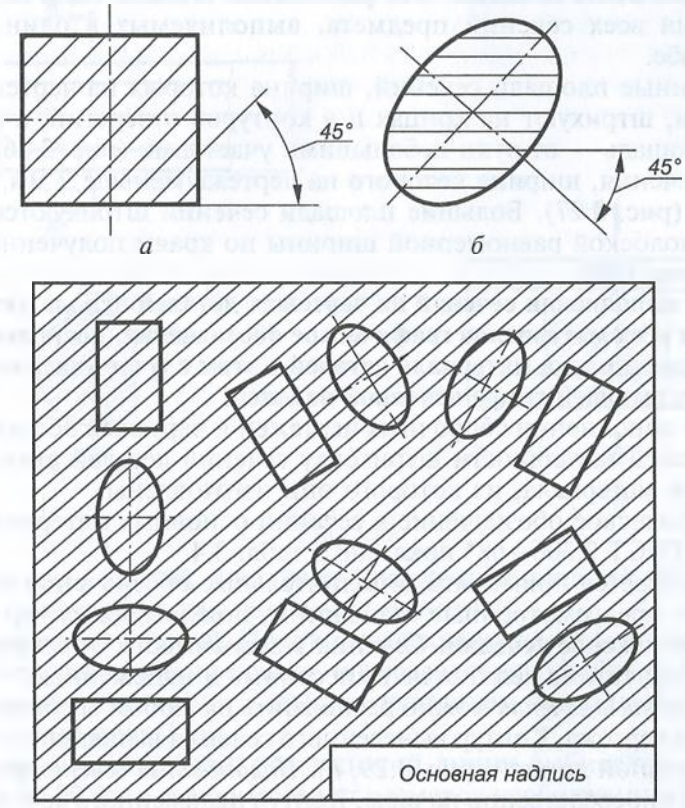
Сечение применяется в основном для выявления формы элементов детали.

Для выявления паза детали, показанной на рис. 3.23, мысленно введем секущую плоскость *P*. Фигура, полученная при пересечении плоскости *P* с деталью, штрихуется, а те участки, где сечется пустота, не штрихуются.

Штриховка сечений. Штриховку выполняют тонкими наклонными параллельными линиями толщиной от *s*/2 до *s*/3 под углом 45° к линии контура изображения (рис. 3.24, *а*) или к его оси (рис. 3.24, *б*) или к линии рамки чертежа (рис. 3.24, *в*).

Если линии штриховки, проведенные к линиям рамки чертежа, оказываются параллельными линиям контура или осевым линиям, то угол штриховки следует сделать 30 или 60° (рис. 3.25).

Все сечения одного предмета штрихуют под одинаковым углом, причем наклон линий может быть выполнен влево или вправо, но обязательно в одну и ту же сторону. Расстояние между линиями штриховки может быть в пределах от 1 до 10 мм в зави-



а *б* *в*

Рис. 3.24

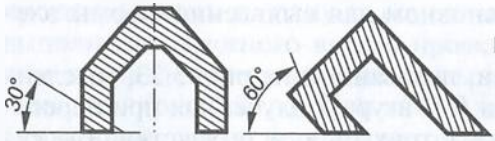


Рис. 3.25



Рис. 3.26



Рис. 3.27

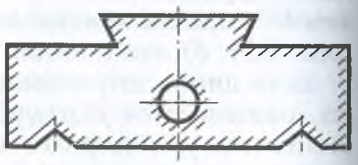


Рис. 3.28

симости от площади штриховки и необходимости выделить штриховку смежных сечений. Это расстояние должно быть постоянным для всех сечений предмета, выполняемых в одинаковом масштабе.

Длинные площади сечений, ширина которых на чертеже от 2 до 4 мм, штрихуют на концах и у контуров отверстий, а остальную площадь — от руки небольшими участками (рис. 3.26). Площадь сечения, ширина которого на чертеже меньше 2 мм, зачерняется (рис. 3.27). Большие площади сечений штрихуются лишь узкой полоской равномерной ширины по краям полученной фигуры (рис. 3.28).

При выполнении сечений на чертежах деталей используется общее для всех материалов графическое обозначение, поскольку наименование и марка материала деталей в этом случае указываются в соответствующей графе основной надписи.

При выполнении сборочных чертежей и чертежей общих видов для лучшей наглядности штриховку сечений деталей выполняют с учетом материала, из которого они изготовлены.

Графическое обозначение в сечении основных материалов согласно ГОСТ 2.306—68* показано в табл. 3.4.

Допускается применять дополнительные обозначения материалов, не предусмотренные стандартом, поясняя их на чертеже.

Расположение сечений. Сечения в зависимости от их расположения на чертеже делятся на вынесенные и наложенные.

Вынесенные сечения можно располагать на любом свободном месте поля чертежа. Контур вынесенного сечения выполняют сплошной основной линией (рис. 3.29, *а*). *Наложенные сечения* располагаются непосредственно на виде. Контур наложенного сечения выполняют сплошной тонкой линией. Контурные линии вида при этом не прерывают (рис. 3.29, *б*). Предпочтительно выполнение

Таблица 3.4

Графическое изображение материалов в сечении

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы		Стекло и другие прозрачные материалы	
Неметаллические материалы		Жидкости	
Древесина		Бетон	

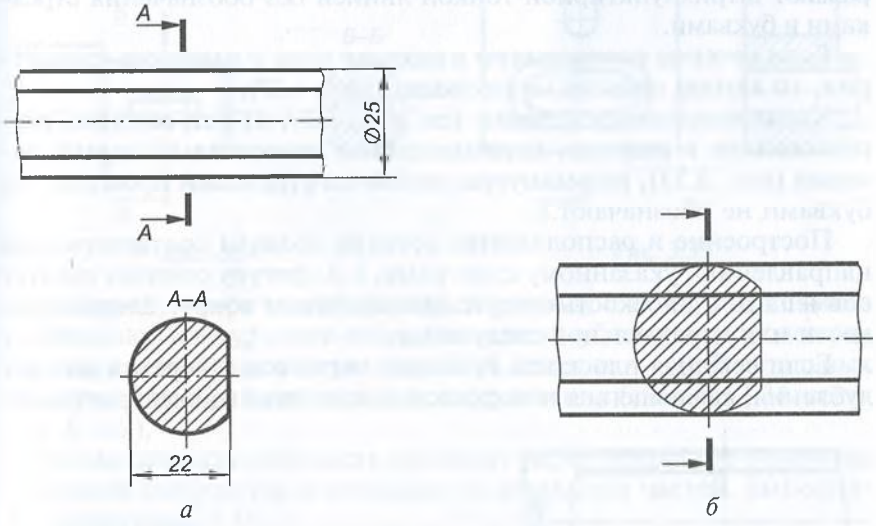


Рис. 3.29

вынесенных сечений, поскольку наложенные сечения затемняют чертеж и неудобны для нанесения размеров.

Обозначение сечений. Положение секущих плоскостей указывают на чертеже линией сечения, представляющей собой разомкнутую линию толщиной от *s* до 1,5*s* с указанием направления взгляда стрелками (рис. 3.30).

Длину штрихов такой разомкнутой линии выбирают в пределах от 8 до 20 мм в зависимости от размеров изображения. Причем штрихи не должны пересекать контур изображения. Стрелки наносят на расстоянии 2... 3 мм от внешнего контура штриха. Размеры

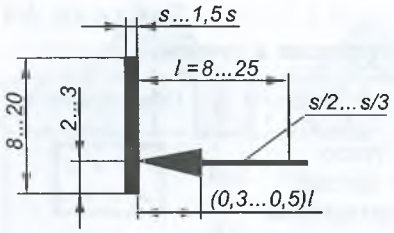


Рис. 3.30

и форма стрелок такие же, как и при обозначении видов (см. рис. 3.19).

Линию сечения помечают одинаковыми буквами русского алфавита, которые наносят около стрелок со стороны короткой части штриха (см. рис. 3.29, *а*).

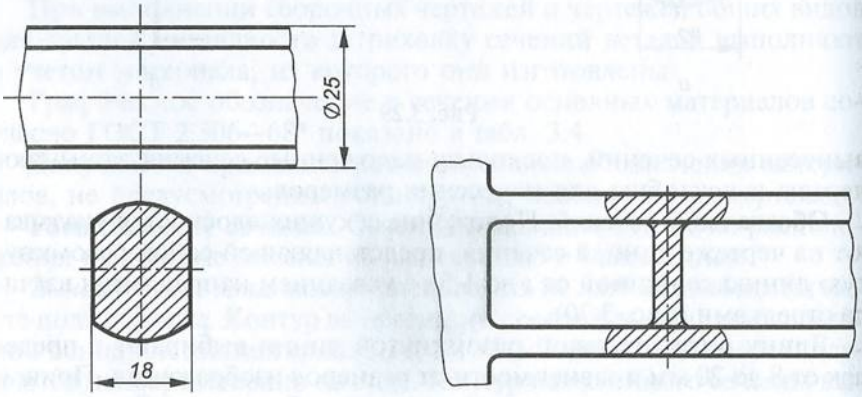
Номер шрифта букв должен быть больше номера шрифта цифр размерных чисел. Над сечением делают надпись по типу *А—А* (через тире), которую всегда располагают горизонтально. При выполнении симметричных вынесенных сечений (рис. 3.31, *а*), а также симметричных наложенных сечений (рис. 3.31, *б*) положение секущей плоскости не указывается. Причем если ось симметрии вынесенного или наложенного сечения совпадает со следом секущей плоскости, то линию сечения изображают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения стрелками и буквами.

Если сечение расположено в разрыве вида и имеет ось симметрии, то линию сечения не проводят (рис. 3.32).

Когда наложенное сечение (см. рис. 3.29, *б*) или сечение, расположенное в разрыве, несимметрично относительно линии сечения (рис. 3.33), разомкнутую линию со стрелками проводят, но буквами не обозначают.

Построение и расположение сечения должны соответствовать направлению, указанному стрелками, т.е. фигуру сечения следует совмещать с плоскостью чертежа вращением вокруг следа плоскости или параллельной следу линии.

Если секущая плоскость проходит через ось отверстия или углубления, являющегося поверхностью вращения (цилиндрической,



а *б*

Рис. 3.31

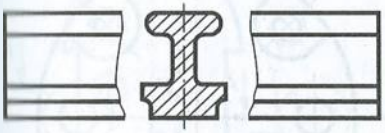


Рис. 3.32

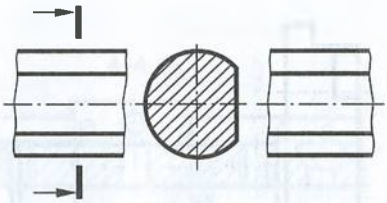


Рис. 3.33

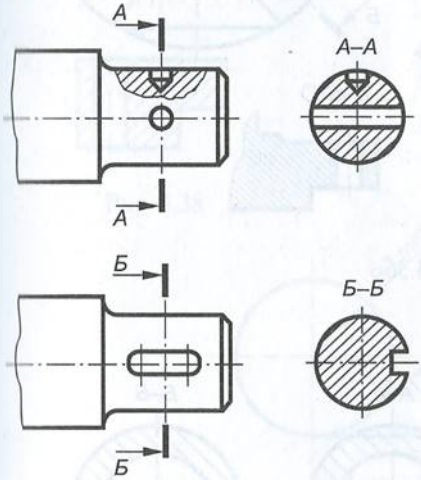


Рис. 3.34

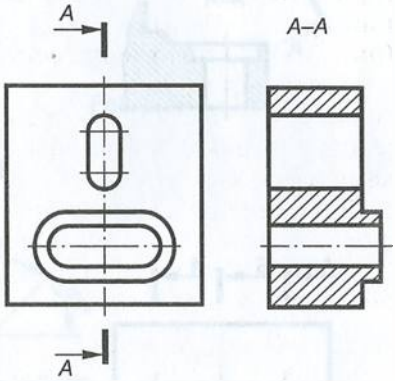


Рис. 3.35

конической, сферической и т. п.), то наряду с контуром сечения изображают контур этого отверстия или углубления, расположенный за секущей плоскостью (рис. 3.34, сечение *А—А*). В остальных же случаях изображают только контур сечения (см. рис. 3.34, сечение *Б—Б*).

Когда секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных частей, выполняют разрез (рис. 3.35).

При расположении сечения на любом свободном месте поля чертежа направление его контурных линий должно быть таким же, как и при расположении сечения на продолжении следа секущей плоскости. Разрешается выполнять сечение в повернутом положении, если такое расположение не ухудшает наглядность чертежа. В этом случае к надписи *Б—Б* добавляют знак ⟲ (рис. 3.36) и буквы без учета наклона секущей плоскости (т. е. как *А—А* под 75° к горизонтальной линии чертежа).

При наличии нескольких сечений их обозначают буквами в алфавитном порядке (рис. 3.37, *а*). Если не требуется изображение всего сечения, можно выполнять его часть. При этом вынесенные

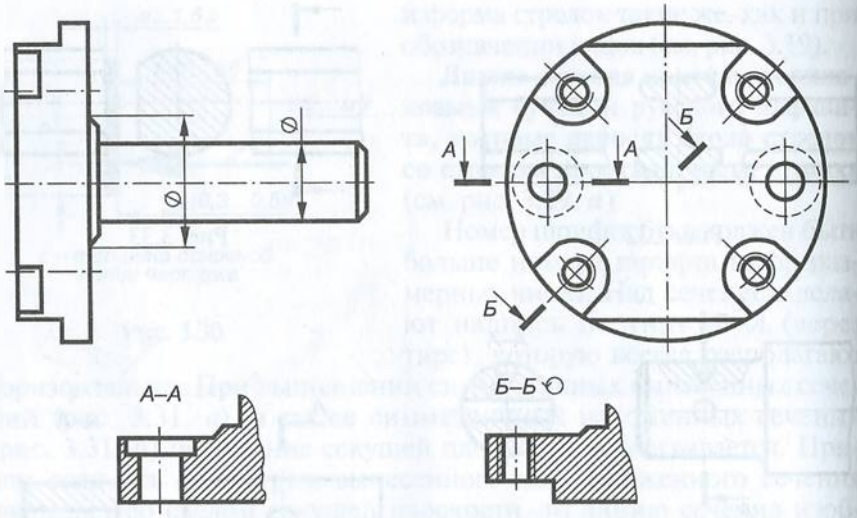


Рис. 3.36

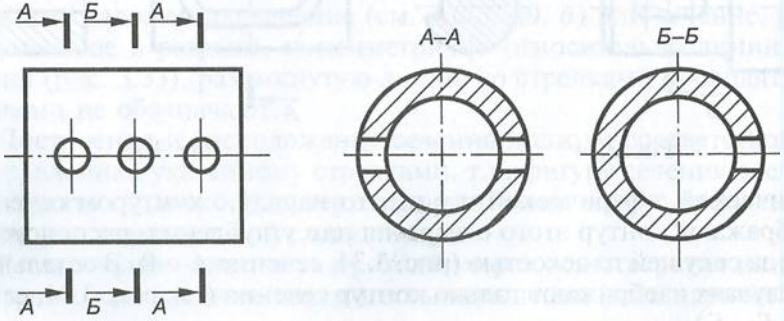


Рис. 3.37

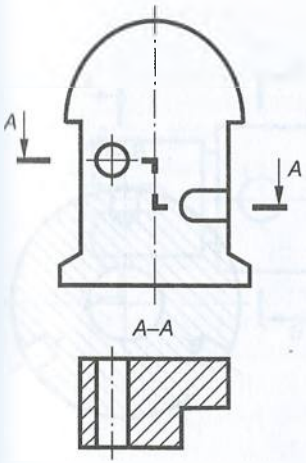


Рис. 3.38

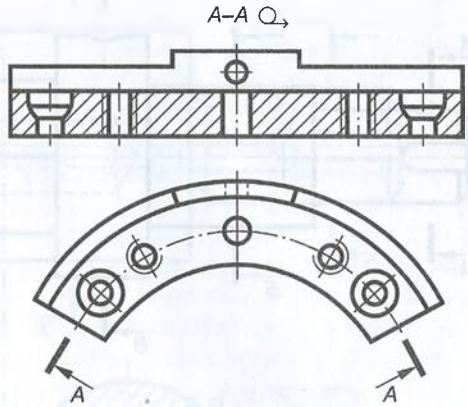


Рис. 3.39

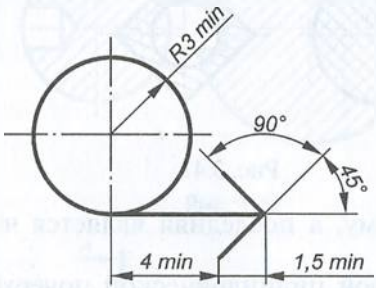


Рис. 3.40

сечения ограничивают линией обрыва, а наложенные — не ограничивают.

При выполнении нескольких одинаковых сечений одной детали изображают только одно сечение, а линию сечения обозначают одной и той же буквой (рис. 3.37, *б*).

Сечение может выполняться и несколькими секущими плоскостями (рис. 3.38). Допускается также вместо секущих плоскостей применять цилиндрические секущие поверхности, развертываемые затем в единую плоскость (рис. 3.39).

Над развернутым сечением наносятся буквенное обозначение и знак развертывания, форма и размеры которого приведены на рис. 3.40.

Чтение чертежей с сечениями. Рассмотрим чертеж детали с сечениями, изображенный на рис. 3.41, который содержит только главный вид детали и не поясняет форму отдельных ее элементов. Выполнив четыре вынесенных сечения, установим, что три ступенчатые поверхности детали (считая их слева направо) имеют

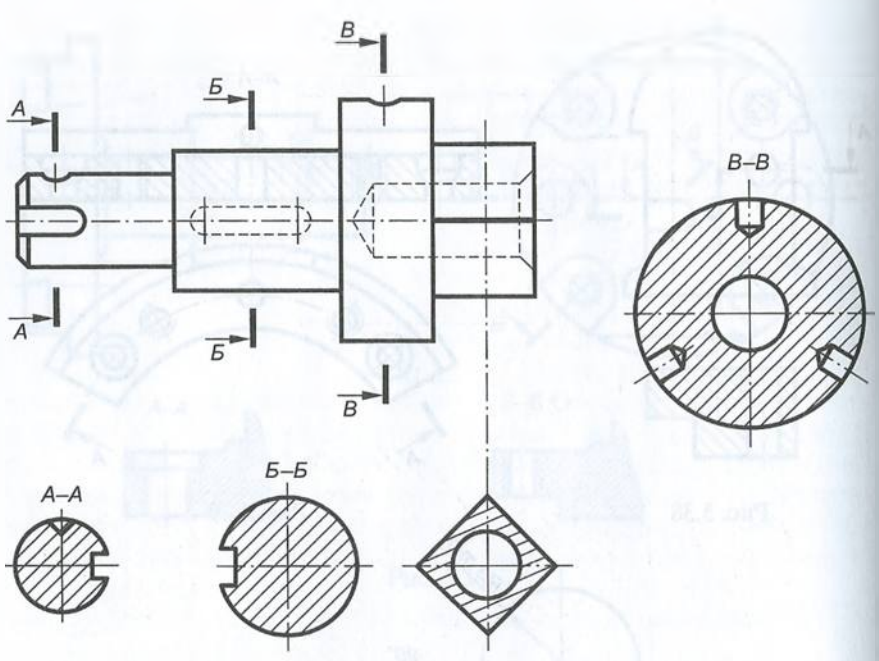


Рис. 3.41

цилиндрическую форму, а последняя является четырехугольной призмой.

Сечение *А—А* первой цилиндрической поверхности помогает выявить наличие конического отверстия и канавки прямоугольной формы, сечение *Б—Б* — прямоугольный вырез, имеющийся на невидимой части главного вида, а сечение *В—В* — три цилиндрических отверстия, расположенные под углом 120°, и отверстие, ось которого совпадает с осью детали.

Следует обратить внимание на то, что наружный контур сечения в местах расположения отверстий не прерывается, поскольку отверстия имеют цилиндрическую форму, а сечение призмы не имеет надписи и обозначения секущей плоскости. На месте линии сечения призмы проведена тонкая штрихпунктирная линия, поскольку оно симметрично и его ось симметрии совпадает с линией сечения. В центре этого сечения показано цилиндрическое отверстие, идущее вдоль оси детали.

Упражнение. На рис. 3.42 изображены главный вид и четыре сечения детали. Определить место расположения на детали каждого сечения.

Упражнение. На рис. 3.43 даны два вида детали и четыре (*1*... *4*) вынесенных сечения *А—А*. Определить номер правильного сечения и найти ошибки, допущенные в трех неправильно выполненных сечениях.

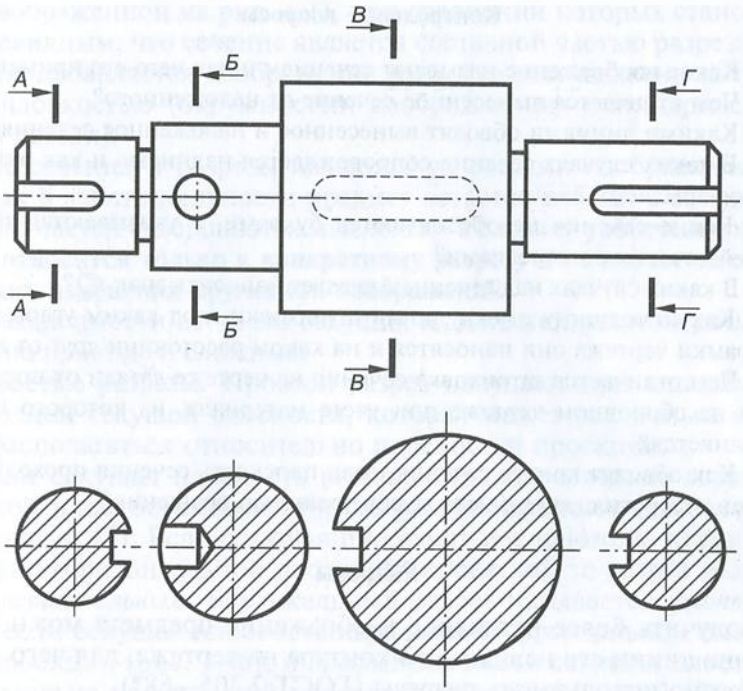


Рис. 3.42

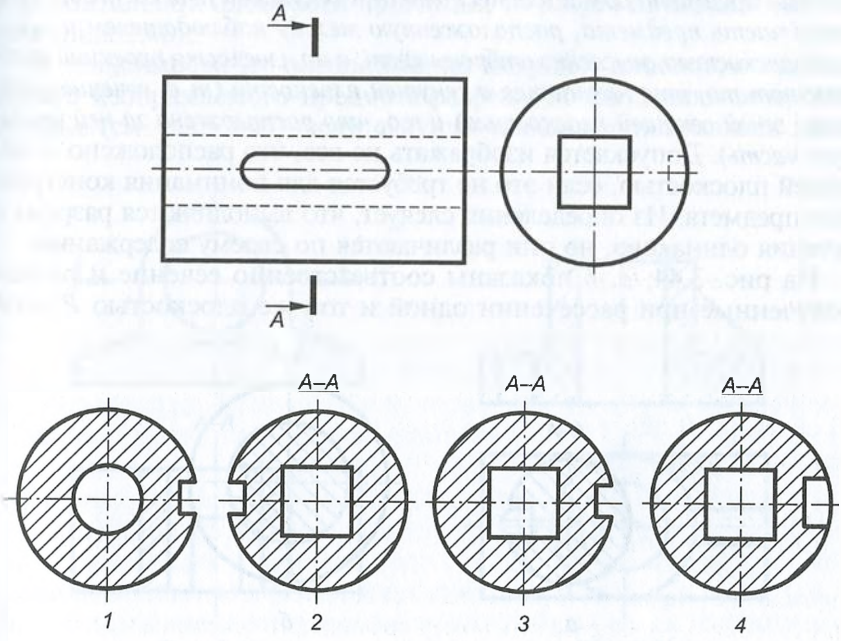


Рис. 3.43

Контрольные вопросы

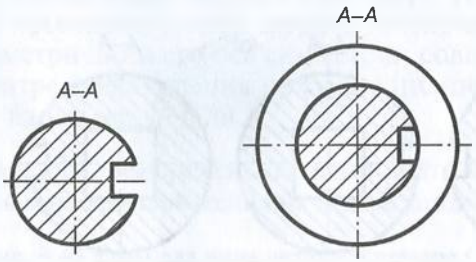
1. Какое изображение называют сечением и для чего его применяют?
2. Чем отличается вынесенное сечение от наложенного?
3. Какими линиями обводят вынесенное и наложенное сечения?
4. В каких случаях сечение сопровождается надписью и как эта надпись оформляется?
5. Какие сечения не обозначаются буквами, а указываются только линией сечения со стрелками?
6. В каких случаях над сечением следует наносить знак ⟲?
7. Какую толщину имеют линии штриховки, под каким углом к линии рамки чертежа они наносятся и на каком расстоянии друг от друга?
8. Чем отличается штриховка сечения на чертеже детали от штриховки ее на сборочном чертеже при учете материала, из которого деталь выполняется?
9. Как обводят контур сечения, если плоскость сечения проходит через ось отверстия, являющегося поверхностью вращения?

Разрезы

Получить более наглядное изображение предмета можно, исключив линии его невидимого контура на чертеже, для чего целесообразно использовать разрезы (ГОСТ 2.305—68*).

Разрезом называется изображение, полученное при мысленном рассечении предмета одной или несколькими секущими плоскостями. При этом часть предмета, расположенную между наблюдателем и секущей плоскостью, мысленно отбрасывают, а на плоскости проекции изображают то, что находится в секущей плоскости (*т. е. сечение предмета этой секущей плоскостью*) *и то, что расположено за ней* (*видимую часть*). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета. Из определения следует, что выполняются разрезы и сечения одинаково, но они различаются по своему содержанию.

На рис. 3.44, *а*, *б* показаны соответственно сечение и разрез, полученные при рассечении одной и той же плоскостью *P* дета-



а *б*

Рис. 3.44

ли, изображенной на рис. 3.23, при сравнении которых становится очевидным, что сечение является составной частью разреза. На разрезе добавляется изображение того, что расположено за секущей плоскостью (окружностей, изображающих цилиндрические части детали).

Все сечения и разрезы являются условными изображениями, так как в действительности предмет остается целым, а все удаления его частей совершаются мысленно. **Условное рассечение предмета относится только к конкретному разрезу и не влечет за собой никаких изменений других его изображений.**

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на простые и сложные.

Простые разрезы. Простой разрез получают при использовании одной секущей плоскости, которая может различным образом располагаться относительно плоскостей проекций.

Если секущая плоскость расположена параллельно горизонтальной плоскости проекций, то разрез называют *горизонтальным* (рис. 3.45). Если секущая плоскость расположена перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций, то разрез называется *вертикальным*. Вертикальный разрез называется *фронтальным*, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекции (рис. 3.46), и *профильным*, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (рис. 3.47). Если секущая плоскость расположена наклонно под острым углом к горизонтальной плоскости проекций, то разрез называют *наклонным* (рис. 3.48).

В зависимости от расположения секущей плоскости относительно изображаемого предмета разрезы подразделяются на *продольные* (см. рис. 3.46), если секущая плоскость направлена вдоль

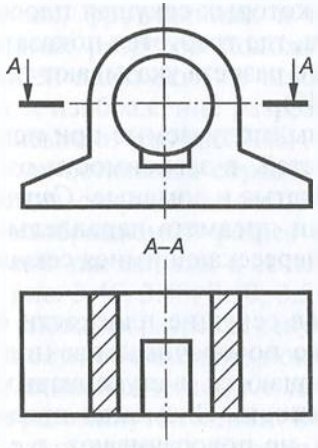


Рис. 3.45

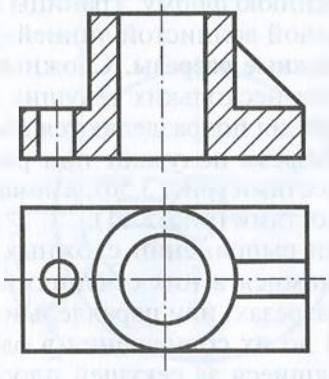


Рис. 3.46

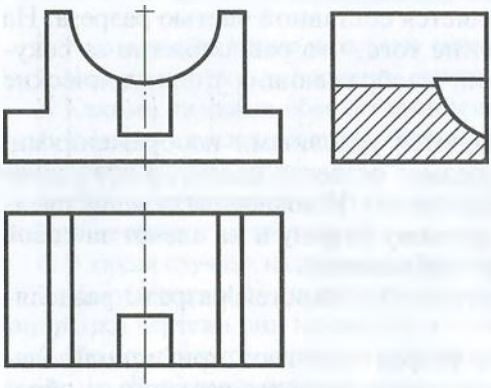


Рис. 3.47

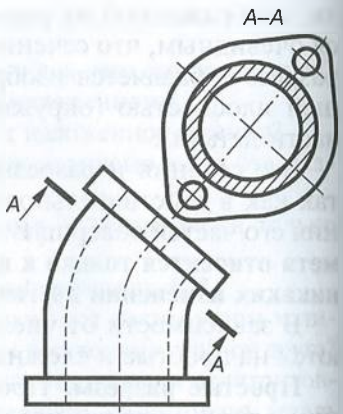


Рис. 3.48

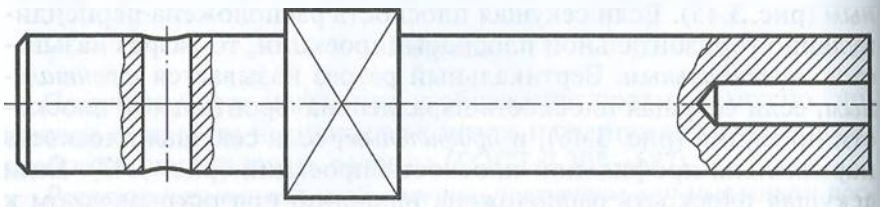


Рис. 3.49

длинной стороны или высоты предмета, и *поперечные* (см. рис. 3.47), если секущая плоскость направлена перпендикулярно длинной стороне или высоте предмета.

Для выявления внутренних форм в ограниченной части предмета используют *местные* разрезы, в которых секущая плоскость проходит только в том месте предмета, где требуется показать его внутреннюю форму. Границы местного разреза указывают тонкой сплошной волнистой линией (рис. 3.49).

Сложные разрезы. Сложные разрезы, получаемые при использовании нескольких секущих плоскостей, в зависимости от расположения подразделяются на ступенчатые и ломаные. *Ступенчатые разрезы* получают при рассечении предмета параллельными плоскостями (рис. 3.50), а *ломаные* — пересекающимися секущими плоскостями (рис. 3.51).

При выполнении сложных разрезов секущие плоскости с находящимися в них сечениями условно поворачиваются (в ломаных разрезах) или параллельно перемещаются (в ступенчатых разрезах) до их совмещения в одну плоскость. Элементы предмета, находящиеся за секущей плоскостью, не поворачивают, т.е. они вычерчиваются так, как спроецировались на соответствующую

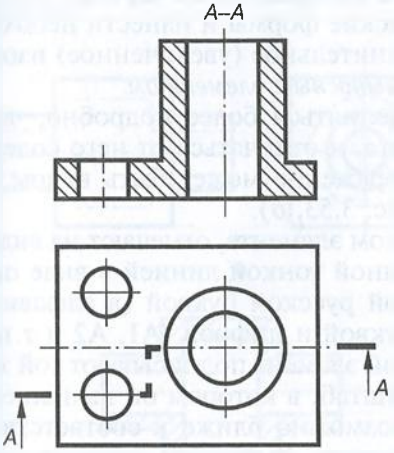


Рис. 3.50

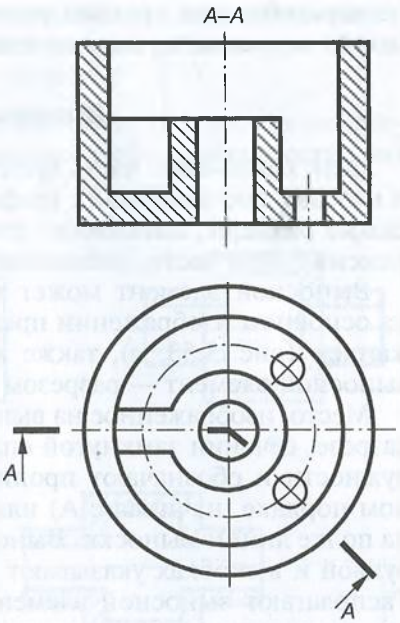


Рис. 3.51

плоскость до совмещения (рис. 3.52). **Граница секущих плоскостей в сложном разрезе не изображается.**

Обозначение разрезов. В случаях, когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета, а соответствующий этой плоскости разрез выполняется в проекционной связи и не разделяется другими изображениями, для простых горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов положение секущей плоскости не показывают и изображение разреза не подписывают (см. рис. 3.46, 3.47). Во всех остальных случаях положение секущей плоскости и сам изображаемый разрез обозначают так же, как в сечениях (см. рис. 3.45, 3.48, 3.50, 3.51).

В сложных разрезах секущие плоскости обязательно показывают линией сечения, т. е. штрихами разомкнутой линии. В ступенчатых разрезах штрихи линии сечения указывают также

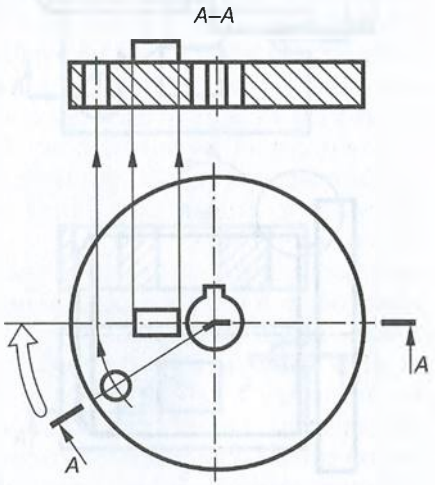


Рис. 3.52

на перегибах под прямым углом (см. рис. 3.50), а в ломаных — в местах пересечения плоскостей по их направлению (см. рис. 3.51).

Выносные элементы

Если какая-либо часть предмета изображена на чертеже мелко и невозможно выявить ее графические формы и нанести необходимые размеры, выполняют дополнительное (увеличенное) изображение этой части, называемое *выносным элементом*.

Выносной элемент может выполняться более подробно, чем на основном изображении предмета, и отличаться от него содержанием (рис. 3.53, *а*), также изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом (рис. 3.53, *б*).

Место, изображенное на выносном элементе, отмечают на виде, разрезе, сечении замкнутой сплошной тонкой линией в виде окружности и обозначают прописной русской буквой (в алфавитном порядке, начиная с А) или буквой и цифрой (А1, А2 и т.п.) на полке линии-выноски. Выносной элемент подписывают той же буквой и в скобках указывают масштаб, в котором он выполнен. Располагают выносной элемент возможно ближе к соответствующему месту на изображаемом предмете. Выносные элементы часто используют при наличии у предмета проточек под выход инструмента (шлифовального круга, резца), а также фасок.

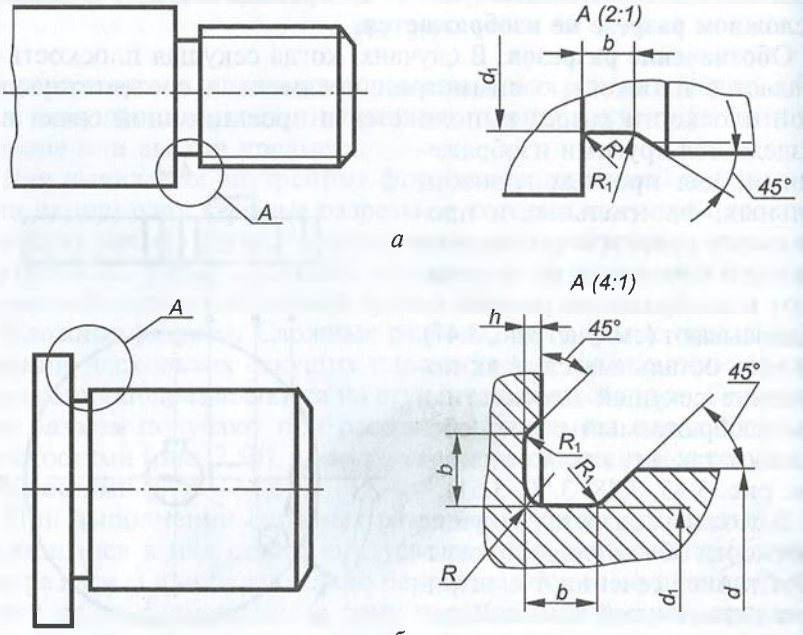


Рис. 3.53

Упражнение. На каком из трех чертежей рис. 3.54, *б*...*г* правильно выполнен фронтальный разрез детали, два вида которой даны на рис. 3.54, *а*? Какие ошибки допущены в остальных разрезах?

Упражнение. На каком из четырех чертежей рис. 3.55, *а*...*г* разрез обозначен правильно? Какие ошибки допущены в обозначениях остальных разрезов?

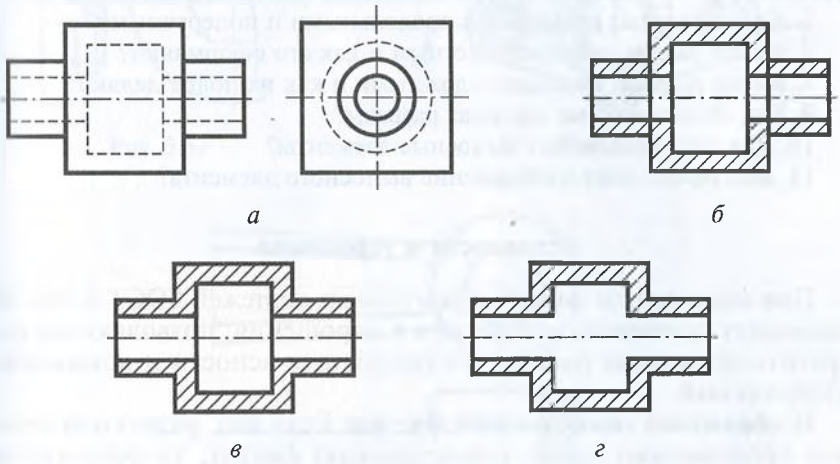


Рис. 3.54

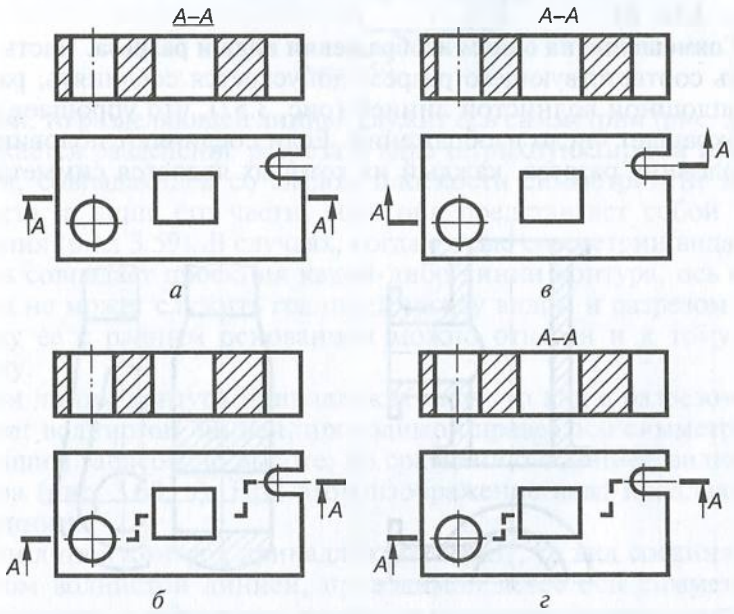


Рис. 3.55

Контрольные вопросы

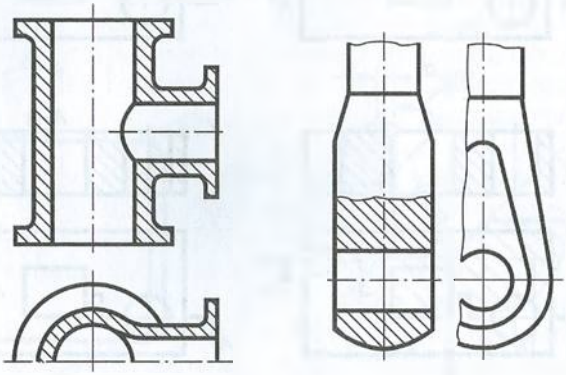
1. Для чего применяют на чертеже разрезы?
2. Какое изображение называют разрезом?
3. Чем отличается разрез от сечения?
4. Какой разрез называется простым?
5. Как подразделяются разрезы в зависимости от положения секущей плоскости по отношению к горизонтальной плоскости проекций?
6. Какие разрезы называются продольными и поперечными?
7. Какой разрез называют местным и как его оформляют?
8. Какие разрезы называют сложными и как их подразделяют?
9. Как обозначают на чертежах разрезы?
10. Для чего применяют выносные элементы?
11. Как оформляют изображение выносного элемента?

Условности и упрощения

При выполнении машиностроительных чертежей ГОСТ 2.305—68 разрешает применять условности и упрощения, позволяющие сократить чертежные работы без ущерба для ясности и понимания изображений.

Изображение симметричной фигуры. Если вид, разрез или сечение представляют собой симметричную фигуру, то допускается вычерчивать половину изображения (рис. 3.56, *а*) или немного более половины с проведением в последнем случае линии обрыва (рис. 3.56, *б*).

Совмещение на одном изображении вида и разреза. Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией (рис. 3.57), что упрощает чертеж и сокращает число изображений. Если соединяют половину вида и половину разреза, каждый из которых является симметричной



а *б*

Рис. 3.56

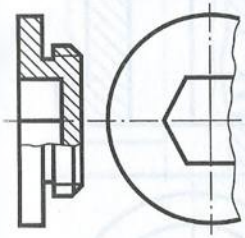


Рис. 3.57

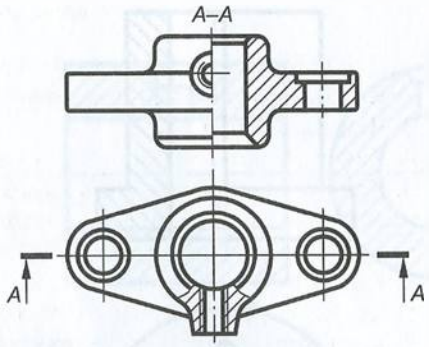


Рис. 3.58

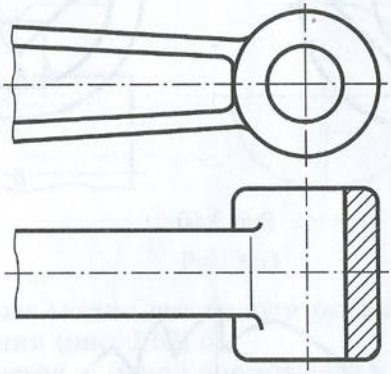


Рис. 3.59

фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (рис. 3.58). Допускается разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией, совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет собой тело вращения (рис. 3.59). В случаях, когда с осью симметрии вида или разреза совпадает проекция какой-либо линии контура, ось симметрии не может служить границей между видом и разрезом, поскольку ее с равным основанием можно отнести и к тому и к другому.

Если линия контура принадлежит виду, то вид с разрезом соединяют волнистой линией, проводимой правее оси симметрии с небольшим запасом по высоте, по сравнению с линией видимого контура (рис. 3.60, *а*). При этом изображение вида продляют до этой линии.

Если линия контура принадлежит разрезу, то вид соединяют с разрезом волнистой линией, проводимой левее оси симметрии, что расширяет изображение разреза и позволяет увидеть внутреннюю линию контура (рис. 3.60, *б*).

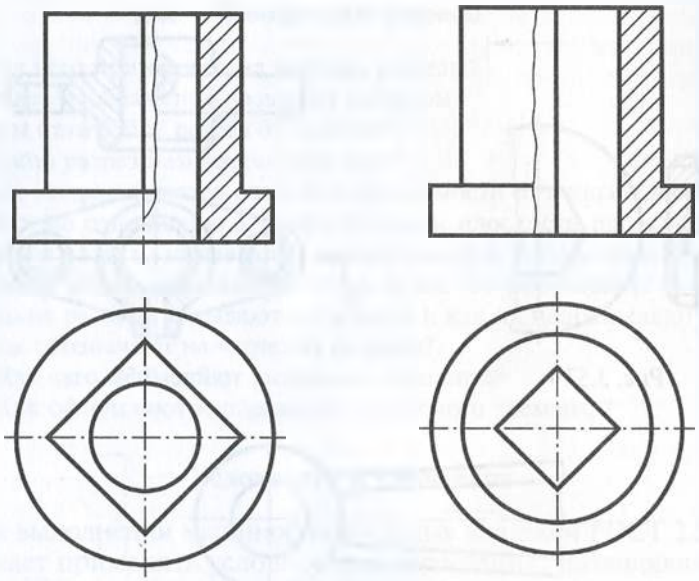


Рис. 3.60



Рис. 3.61

Изображение одинаковых элементов предмета. Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то при его изображении полностью показывают только один-два таких элемента, например одно отверстие или два зуба (рис. 3.61).

Использование линий перехода. На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линии пересечения поверхностей, если не требуется точное их построение. Так, например, вместо

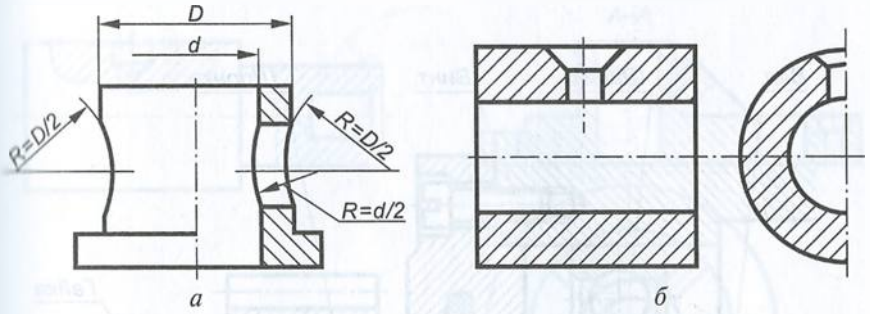


Рис. 3.62

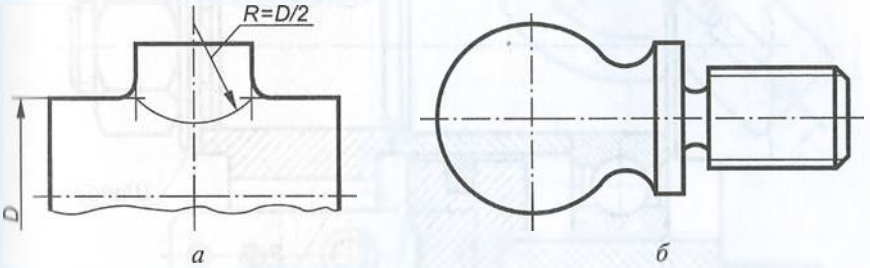


Рис. 3.63

лекальных кривых можно ввести дуги окружностей (рис. 3.62, *а*) или прямые линии (рис. 3.62, *б*).

Плавный переход от одной поверхности к другой показывается условно тонкой линией (рис. 3.63, *а*) либо совсем не показывается (рис. 3.63, *б*).

Изображение сплошных валов, винтов, заклепок. Болты, винты, шпильки, шпонки и другие непустотелые детали, а также зубья зубчатых колес, непустотелые валы, оси, рукоятки и аналогичные части деталей в продольном разрезе (а шарики всегда) показывают нерассеченными. Как правило, показывают нерассеченными на сборочных чертежах гайки и шайбы (рис. 3.64).

Изображение разрезов ребер жесткости или тонких стенок. Такие элементы, как спицы маховиков, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п. показывают в разрезах незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль их оси (см. рис. 3.46) или длинной стороны (рис. 3.65, *а*). При поперечном разрезе эти элементы штрихуются (см. сечение по спице на рис. 3.65, *б*).

Если в подобных элементах имеются отверстие или углубление, то для их выявления применяют местный разрез, как показано на рис. 3.66 (наклонное отверстие в ребре).

Изображение деталей с разрывом. Длинные предметы или элементы, имеющие постоянное либо закономерно изменяющееся сечение (валы, цепи, прутки, фасонный прокат, шатуны и т. п.),

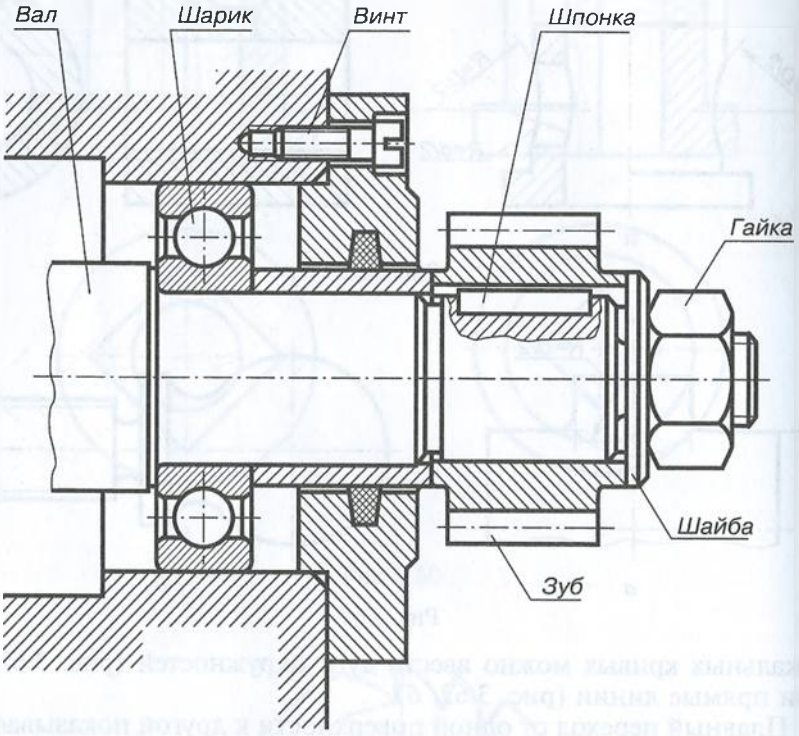


Рис. 3.64

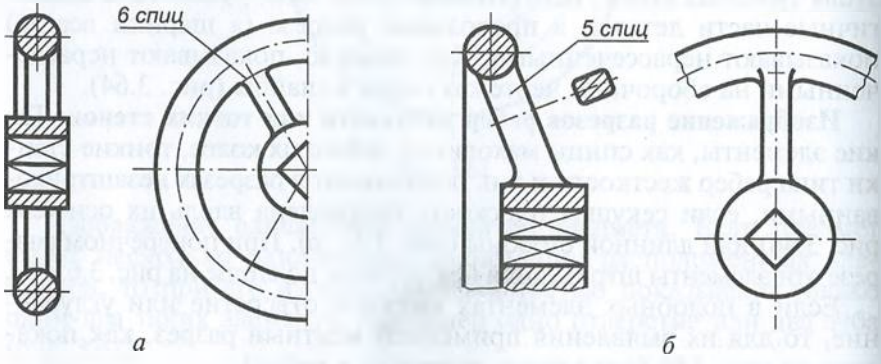


Рис. 3.65

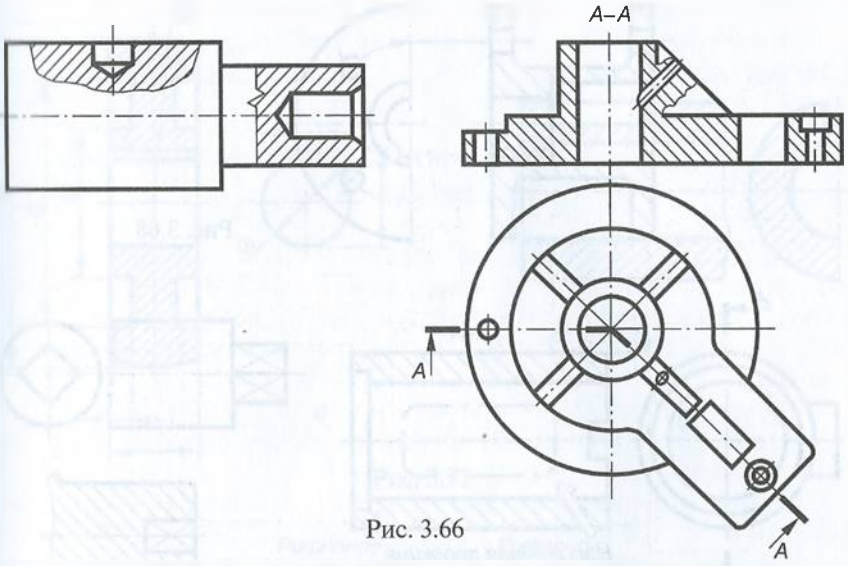


Рис. 3.66

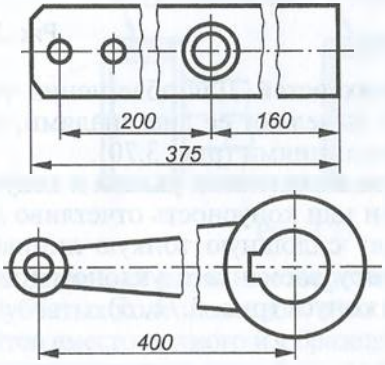


Рис. 3.67

допускается изображать с разрывами (рис. 3.67), при этом длина предмета проставляется действительная.

Выкатывание отверстия в секущую плоскость. Если при выполнении разреза ни одно из отверстий, расположенных на круглом фланце или торце цилиндрического, конического или другого тела вращения, не попадает в секущую плоскость, то допускается одно из них изображать в разрезе. В этом случае отверстие выносится в секущую плоскость не в проекционной связи, а выкатывается по окружности расположения центров отверстий (рис. 3.68).

Наложенная проекция. Для упрощения чертежей или сокращения числа изображений допускается на разрезе часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, показывать штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе — наложенной проекцией (рис. 3.69).

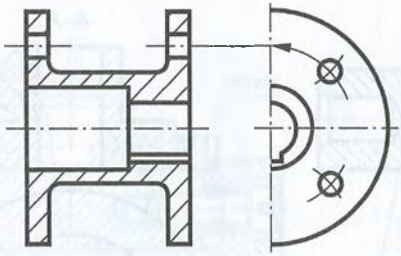


Рис. 3.68

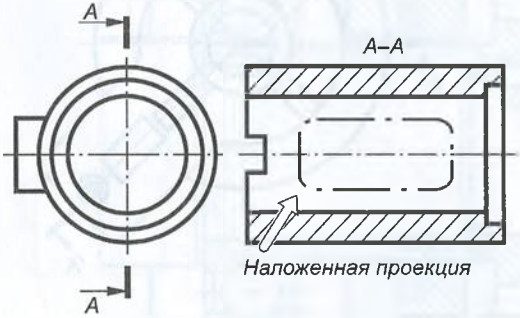


Рис. 3.69

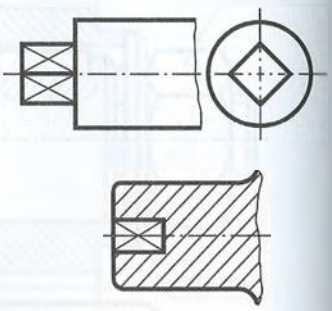


Рис. 3.70

Выделение плоских поверхностей. Для облегчения чтения чертежа плоскую поверхность выделяют ее диагоналями, выполненными тонкими сплошными линиями (рис. 3.70).

Изображение неотчетливо выявленных уклона и конусности. На тех изображениях, где уклон или конусность отчетливо не выявляются, проводят только одну сплошную тонкую линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном (рис. 3.71, *а*) или меньшему основанию конуса (рис. 3.71, *б*).

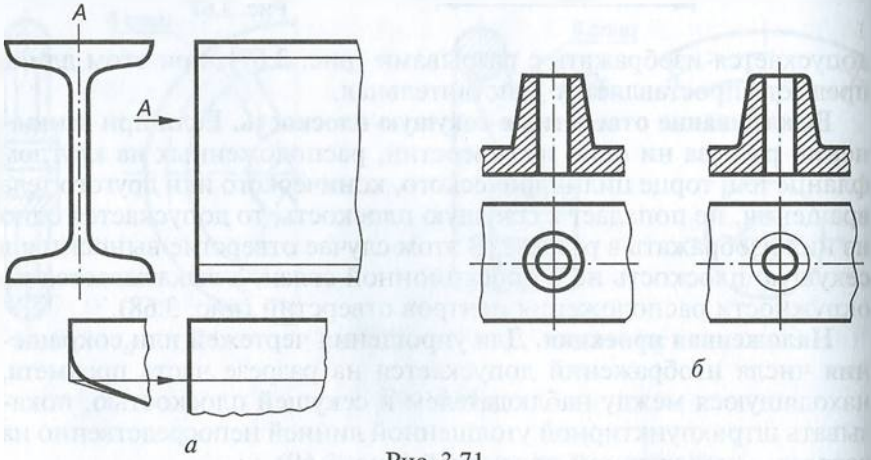


Рис. 3.71

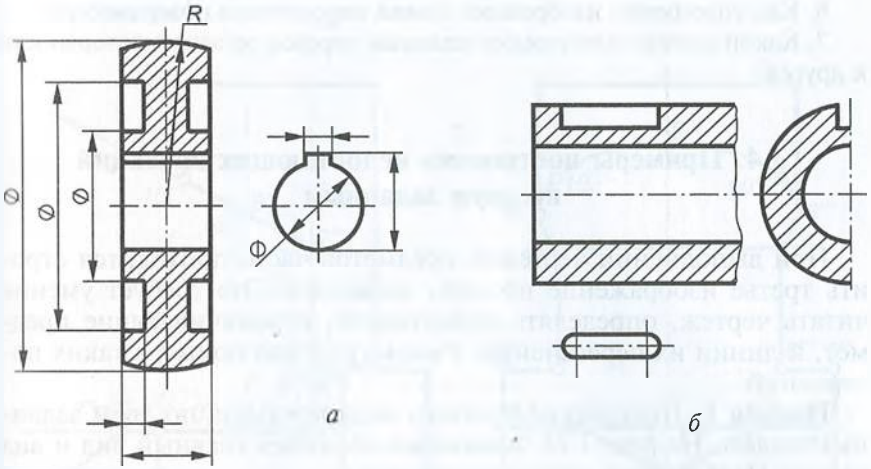


Рис. 3.72

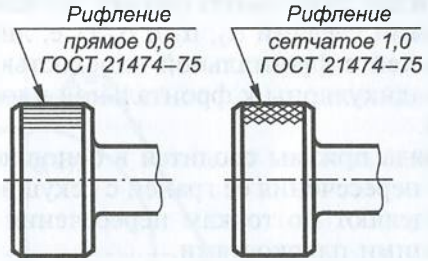


Рис. 3.73

Показ шпоночных пазов в отверстии. Для показа отверстий в ступицах зубчатых колес, шкивов, а также шпоночных пазов и других элементов вместо полного изображения детали допускается изображать контур отверстия (рис. 3.72, *а*) или паза (рис. 3.72, *б*).

На чертежах сплошную сетку, плетенку, орнамент, рельеф, накатку, которые должны быть на предметах, допускается изображать частично и упрощенно (рис. 3.73).

Контрольные вопросы

1. В каких случаях допускается соединение половины вида и половины разреза и как выполняются эти изображения?
2. Как влияет направление сечения ребра на его штриховку в разрезе?
3. Как выполняется выкатывание отверстия в секущую плоскость при выполнении разреза?
4. Какое изображение называется наложенной проекцией и какой линией оно выполняется?
5. Как выделяются плоские поверхности на чертеже?

6. Как упрощенно изображают линии пересечения поверхностей?

7. Какой линией изображают плавный переход от одной поверхности к другой?

3.4. Примеры построения недостающих проекций по двум заданным

При выполнении чертежей предметов часто приходится строить третье изображение по двум заданным. Это требует умения читать чертеж, определять поверхности, ограничивающие предмет, и линии их пересечения. Рассмотрим два примера таких построений.

Пример 1. Построение третьего вида предмета по двум заданным видам. На рис. 3.74 заданными являются главный вид и вид сверху. Необходимо построить вид слева.

Предмет содержит цилиндр вращения, усеченный двумя плоскостями α_1 и α_2, и шестиугольную призму, усеченную тремя плоскостями, заданными следами α_2, α_3 и α_4 (т.е. линиями пересечения этих плоскостей с фронтальной плоскостью проекций). Все плоскости перпендикулярны к фронтальной плоскости проекций (проецирующие).

Построение вида призмы сводится в основном к построению проекций линий пересечения ее граней с секущими плоскостями. Эти линии определяют по точкам пересечения ребер призмы с заданными секущими плоскостями.

Плоскость α_3, параллельная основанию призмы и горизонтальной плоскости проекций π_1, рассекает призму по шестиугольнику, равному шестиугольнику основания. Но так как она пересекает призму не полностью, а только до плоскостей α_4 и α_2, то фигура сечения ($2344_1 3_1 2_1$) будет ограничена линиями пересечения *23*, *34*, $2_1 3_1$, $3_1 4_1$ граней призмы с плоскостью α_3, линией 22_1 пересечения плоскостей α_3 и α_4, линией 44_1 пересечения плоскостей α_3 и α_2.

Плоскость α_4 пересекает ребро призмы в точке *1*, горизонтальная проекция которой находится без дополнительных построений, а ее грани — по линиям *12*, 12_1.

Плоскость α_2, параллельная профильной плоскости проекций, пересекает боковые грани призмы по линиям *45*, $4_1 5_1$, а ее верхнее основание — по линиям *56* и $5_1 6_1$.

После верхнего основания призмы начинается цилиндр вращения, усеченный плоскостями α_2 и α_1. Поскольку плоскость α_2 параллельна оси цилиндра, то она рассекает его очерк по образующим *67* и $6_1 7_1$.

Плоскость α_1 наклонена к оси цилиндра под углом, не равным 90°, и потому пересекает очерки цилиндра по эллипсу, малая ось

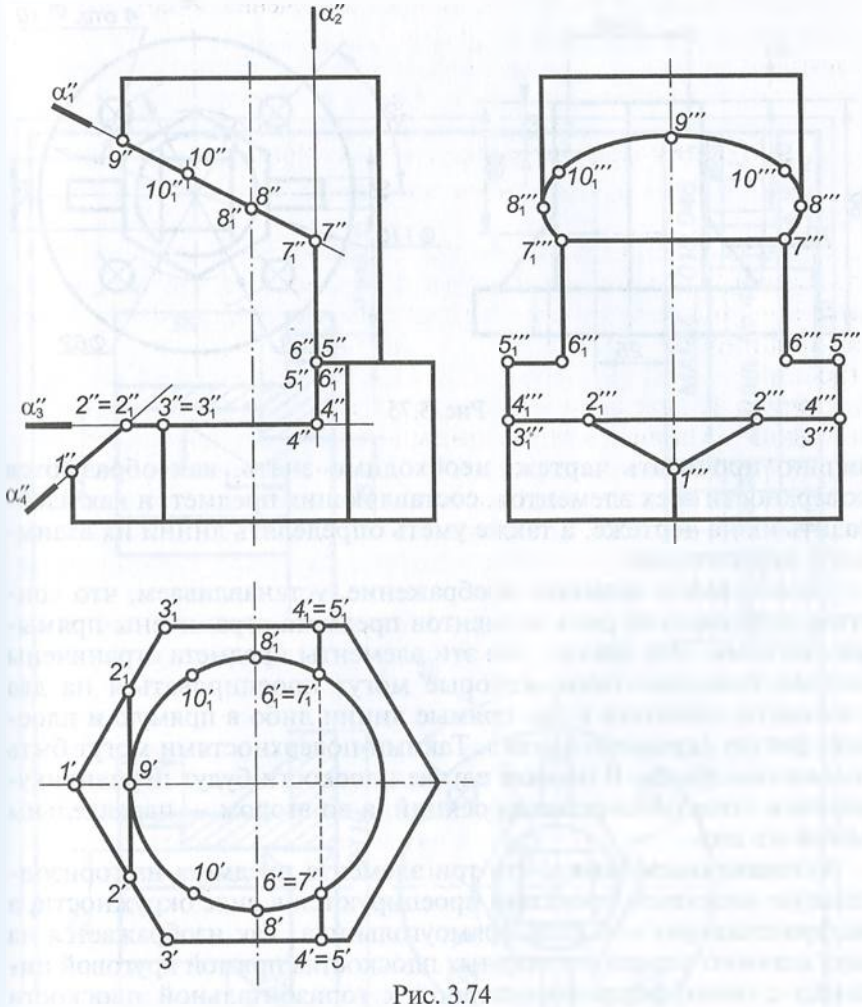


Рис. 3.74

которого равна диаметру цилиндра, а большая — удвоенному отрезку *8′9′*.

Профильная проекция предмета строится по известным горизонтальным и фронтальным его проекциям.

Пример 2. Построение недостающей третьей проекции предмета по двум заданным с выполнением разрезов. На рис. 3.75 заданы главный вид и вид сверху. Требуется достроить вид слева для выявления полной формы предмета без штриховых линий с использованием необходимых для этого разрезов и сечений.

Прежде чем приступить к построению, необходимо прочитать чертеж, т.е. мысленно расчленить этот предмет на составляющие его элементы и определить их поверхности. Чтобы пра-

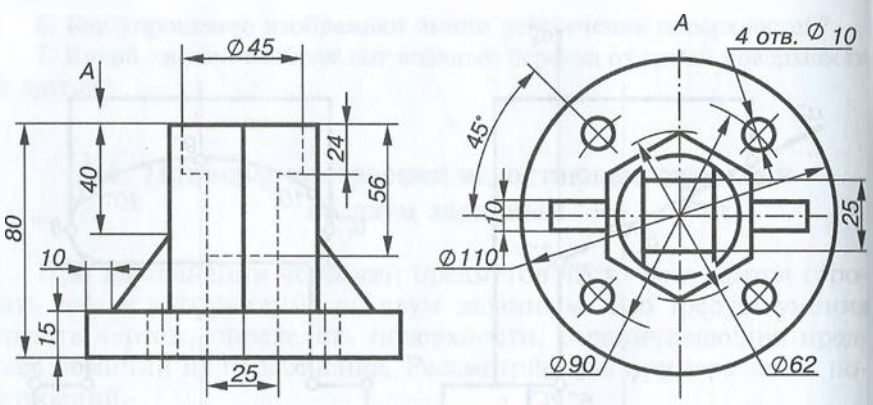


Рис. 3.75

вильно прочитать чертеж, необходимо знать, как образуются поверхности всех элементов, составляющих предмет, и как изобразить их на чертеже, а также уметь определять линии их взаимного пересечения.

Рассматривая заданное изображение, устанавливаем, что контуры изображений ряда элементов предмета ограничены прямыми линиями. Это значит, что эти элементы предмета ограничены такими поверхностями, которые могут проецироваться на две плоскости проекций в две прямые линии либо в прямую и плоскую фигуру (прямоугольник). Такими поверхностями могут быть только плоскости. В первом случае плоскости будут перпендикулярны к этим плоскостям проекций, а во втором — параллельны одной из них.

Устанавливаем также, что три элемента предмета на горизонтальную плоскость проекций проецируются в виде окружности, а на фронтальную — в виде прямоугольника. Так изображается на двух взаимно перпендикулярных плоскостях прямой круговой цилиндр с осью, перпендикулярной к горизонтальной плоскости проекций.

Также видим, что заданный предмет имеет элемент, который на горизонтальную плоскость проекций проецируется в виде шестиугольника, а на фронтальную — в виде прямоугольника. Такое изображение имеет призма, ось которой перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций.

Внутри цилиндра диаметром 45 мм имеются два выступа, начинающиеся на высоте 24 мм, и перпендикулярные к ним два выступа, начинающиеся на высоте 56 мм.

Выявив поверхности, ограничивающие заданный предмет, можно мысленно расчленить его на следующие элементы:

основание, представляющее собой цилиндр и имеющее четыре сквозных отверстия диаметром 10 мм, равнорасположенные на

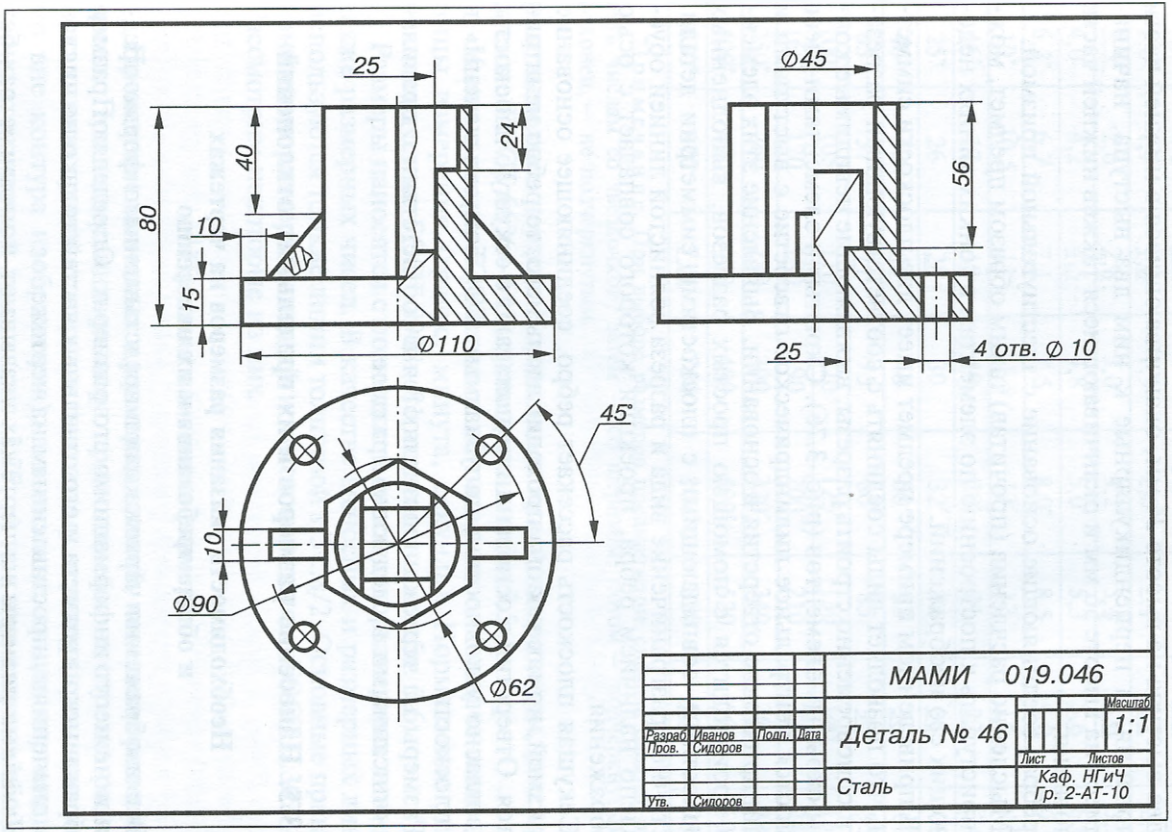

25
40
24
80
10
15
Ø110
Ø45
56
25
4 отв. Ø 10
45°
10
Ø90
Ø62
МАМИ 019.046
Деталь № 46
Масштаб 1:1
Разраб. Иванов
Пров. Сидоров
Подп.
Дата
Утв. Сидоров
Лист
Листов
Сталь
Каф. НГиЧ
Гр. 2-АТ-10

Рис. 3.76

окружности диаметром 90 мм, а также квадратное отверстие размером 25×25 мм в центре;

расположенную на основании шестиугольную призму с цилиндрическим отверстием диаметром 45 мм, внутри которого имеются два выступа на высоте 24 мм, оканчивающиеся в нижней части основания, и перпендикулярные к ним два выступа, начинающиеся на высоте 56 мм и оканчивающиеся такжев нижней части основания;

ребра, соединяющие основание с шестиугольной призмой.

Мысленно расчленив (прочитав) таким образом предмет, можно приступать к построению по элементам в тонких линиях недостающих его изображений.

В приведенном примере предмет имеет две плоскости симметрии, что позволяет виды соединять с соответствующими разрезами и одновременно строить разрезы, выявляющие невидимые контуры скрытых элементов (рис. 3.76). Скрытыми элементами здесь являются центральное цилиндрическое отверстие с выступами и цилиндрические отверстия в основании. Выявление этих элементов производится с помощью простых разрезов, выполненных плоскостями, совпадающими с плоскостями симметрии детали. Частичное разграничение вида и разреза волнистой линией обусловлено наличием ребра, проекция которого совпадает с осью изображения.

Секущая плоскость рассекает ребро, соединяющее основание с призмой, но так как она проходит вдоль него, то ребро не штрихуется. Отверстия в основании не попадают в секущую плоскость, но согласно условностям, допускаемым ГОСТом, «выкачены» в эту плоскость.

Размеры на чертеже проставляются в соответствии с правилами, описанными в следующем разделе.

3.5. Нанесение размеров и их предельных отклонений

Необходимость указания размеров на чертежах и общие требования к их нанесению

Все изображения чертежа дают представление о форме предмета и не несут информации о его размерах. Определяют размер изображаемого предмета и его отдельных частей только по числовым значениям, проставленным на чертеже.

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения. Линейные размеры, приводимые в технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно должны содержать единицы измерения. Размеры проставляются истинные независимо от масштаба, в кото-

Таблица 3.5

Нормальные линейные размеры, мм

1,0*	1,05	1,1	1,15	1,2′	1,3	1,4	1,5
1,6*	1,7	1,8	1,9	2,0′	2,1	2,2	2,4
2,5*	2,6	2,8	3,0	3,2′	3,4	3,6	3,8
4,0*	4,2	4,5	4,8	5,0′	5,3	5,6	6,0
6,3*	6,7	7,1	7,5	8,0′	8,5	9,0	9,5
10*	10,5	11	11,5	12′	13	14	15
16*	17	18	19	20′	21	22	24
25*	26	28	30	32′	34	36	38
40*	42	45	48	50′	53	56	60
63*	57	71	75	80′	85	90	95
100*	105	110	120	125′	130	140	150
160*	170	180	190	200′	210	220	240
250*	260	280	300	320′	340	360	380
400*	420	450	480	500′	530	560	600
630*	670	710	750	800′	850	900	950

Примечание. При выборе размеров предпочтение сначала следует отдавать числам со звездочкой, затем — со штрихом, потом — подчеркнутым и, наконец, — не подчеркнутым.

ром выполнен чертеж. Нормальные линейные размеры, рекомендуемые ГОСТ 6636—69*, приведены в табл. 3.5.

Угловые размеры указывают обязательно с обозначением единицы измерения (градус, минута, секунда). Нормальные углы, рекомендуемые ГОСТ 8908—81, приведены в табл. 3.6.

Размеры наносятся с помощью выносных и размерных линий, а также размерных чисел. В качестве выносных и размерных линий используются тонкие линии толщиной $s/3 \ldots s/2$. Основные правила нанесения размерных линий и чисел определяет ГОСТ 2.307—68. Рассмотрим некоторые из них.

Правила нанесения размеров

Проведение выносных и размерных линий, нанесение размерных чисел. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку (предпочтительно вне контура изображения), а выносные линии перпендикулярно к размерной линии (рис. 3.77, *а*) или под каким-либо другим углом (рис. 3.77, *б*).

Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, формы которых и примерное соотношение элементов показаны на рис. 3.78, причем предпочтительнее вариант, приведенный на

Таблица 3.6

Нормальные углы

1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
0°				10°				70°
		0°15′			12°		75°	
	0°30′		15°					80°
		0°45′			18°			85°
	1°		20°			90°		
		1°30′			22°			100°
	2°				25°			110°
		2°30′	30°			120°		
	3°				35°			135°
	4°			40°				150°
5°			45°					165°
	6°				50°			180°
	7°				55°			270°
	8°		60°					360°
		9°			65°			

Примечание. При выборе углов первый ряд предпочтительнее второго, а второй предпочтительнее третьего.

рис. 3.78, *б*. Размер стрелок должен быть приблизительно одинаковым на всем чертеже.

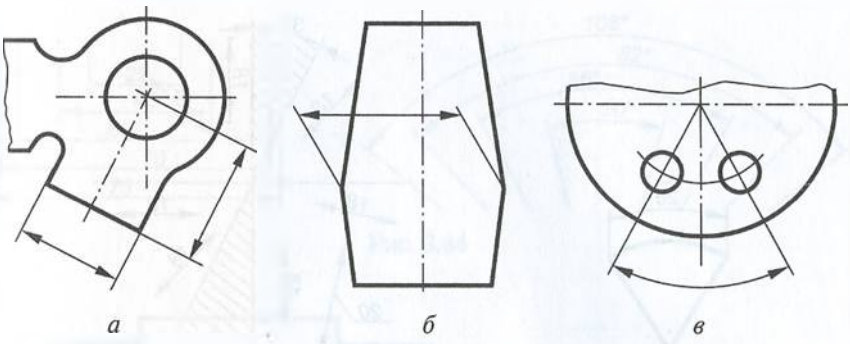
Стрелка наносится только с одной стороны, а размерная линия проводится за ось в случае, если вторая половина образмериваемого элемента на изображении отсутствует (см. рис. 3.76, размеры ∅45, 25).

При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии радиально (см. рис. 3.77, *в*), причем выносные линии должны выходить за концы стрелок на 1...5 мм.

Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями 7 мм, а между размерной линией и линией контура — 10 мм, при этом выбранное расстояние следует выдерживать постоянным на одном чертеже. При выполнении эскизов оба эти расстояния рекомендуется принимать равными 10 мм (две клетки на листе в клетку) и размерные линии проводить по линиям клеток.

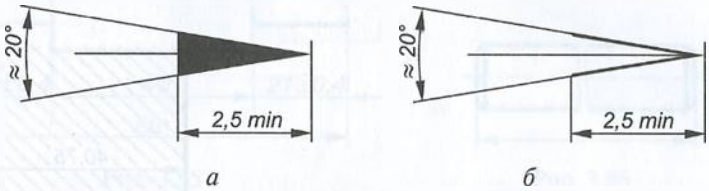
Нельзя использовать контурные, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных. Размерная линия также не должна служить продолжением контурной, осевой, центровой или выносной линий (рис. 3.79).

При нанесении размера длины дуги окружности размерную линию проводят концентрично дуге, а выносные линии — параллельно биссектрисе угла и над размерным числом наносят знак «⌒» (рис. 3.80).



а *б* *в*

Рис. 3.77



а *б*

Рис. 3.78

Линейные размеры при различных наклонах размерной линии располагают над ней возможно ближе к середине, как показано на рис. 3.81.

Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне (30°), соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски (размер 20).

Размерные числа угловых размеров наносят, как показано на рис. 3.82 (в заштрихованной зоне на полках линий-выносок — 30 и 40°).



1. Осевая линия использована в качестве размерной (∅ *a*).
2. Размерная линия является продолжением контурной (размер *b*).
3. Стрелки размерных линий примыкают к точкам пересечений линий чертежа (размеры *b* и *c*).

Рис. 3.79



Рис. 3.80

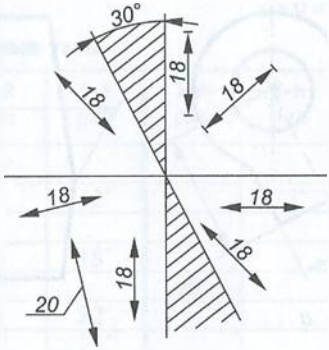


Рис. 3.81

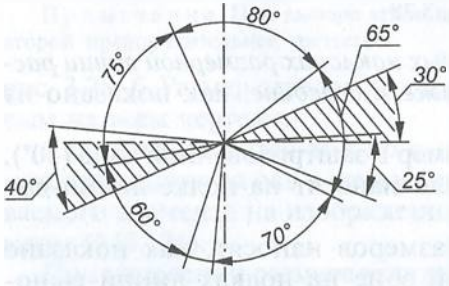


Рис. 3.82

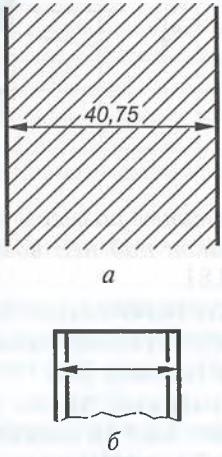


Рис. 3.83

Размерные числа не допускается пересекать какими-либо линиями чертежа, т.е. в месте нанесения размерного числа осевые, центровые и линии штриховки прерываются (рис. 3.83, *а*). Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, выносных и центровых линий. Стрелка размерной линии не может также пересекаться никакой линией чертежа. Любая линия при пересечении со стрелкой прерывается (рис. 3.83, *б*).

При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке относительно середины, причем меньшие размеры располагают ближе к контуру изображения, а бóльшие — дальше (рис. 3.84), во избежание пересечения размерных и выносных линий.

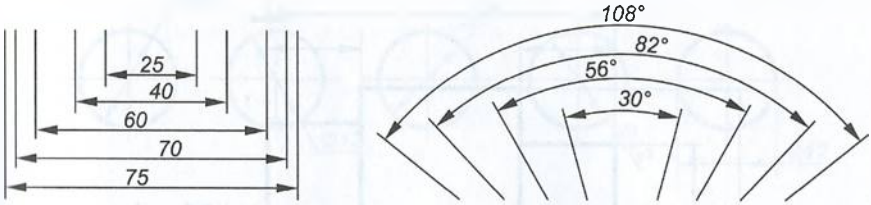


Рис. 3.84

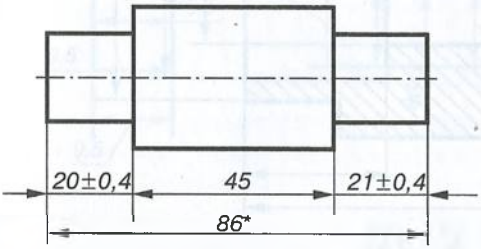


Рис. 3.85

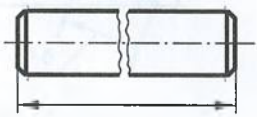


Рис. 3.86

Число размеров, определяющих форму отдельных элементов детали и их взаимное расположение, должно обеспечивать возможность изготовления детали. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на изображениях, а также в технических требованиях.

Размеры, не обязательные для данного вида чертежа, но которые указываются для большего удобства пользования ими, называются справочными. Справочные размеры отмечаются на чертежах звездочкой (рис. 3.85, размер 86*), а в технических требованиях к чертежу делают надпись «*Размер для справок».

На изображении с разрывом размерная линия не прерывается (рис. 3.86).

При совмещении вида с разрезом следует отдельно группировать размеры, относящиеся к внешним и внутренним очертаниям предмета (рис. 3.87).

Если вид или разрез симметричного предмета или отдельно симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обрывом (без второй стрелки), но далее оси или линии обрыва (см. рис. 3.87, размеры ∅20 и ∅30 и рис. 3.76, размеры ∅45, 25).

При наличии нескольких изображений все размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу, рекомендуется группировать в одном месте, т.е. располагать их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 3.88, размеры пазов).

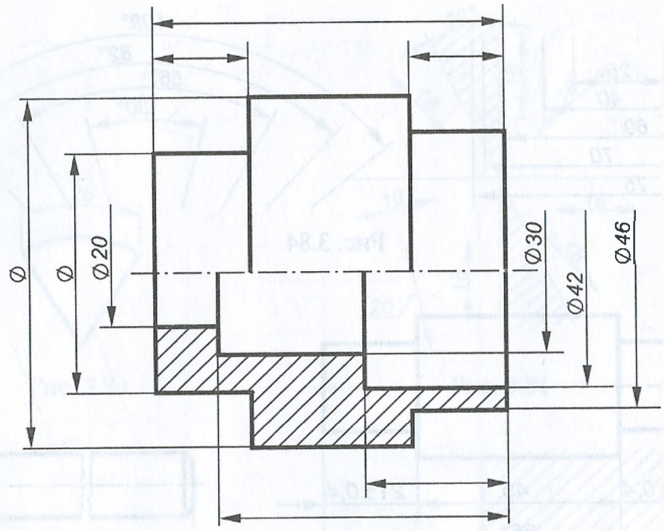


Рис. 3.87

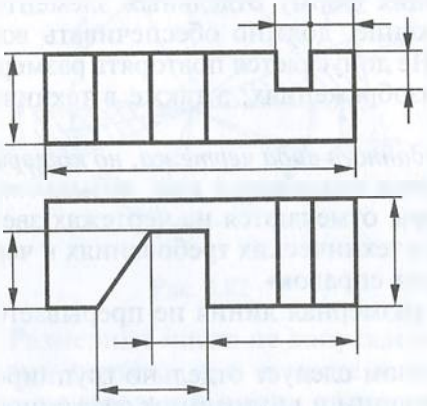


Рис. 3.88

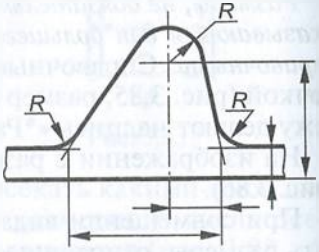


Рис. 3.89

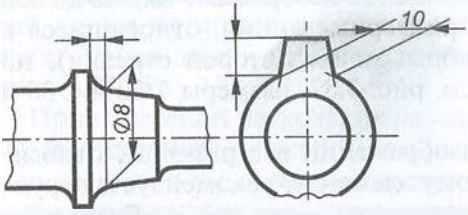


Рис. 3.90

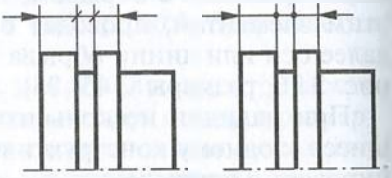


Рис. 3.91

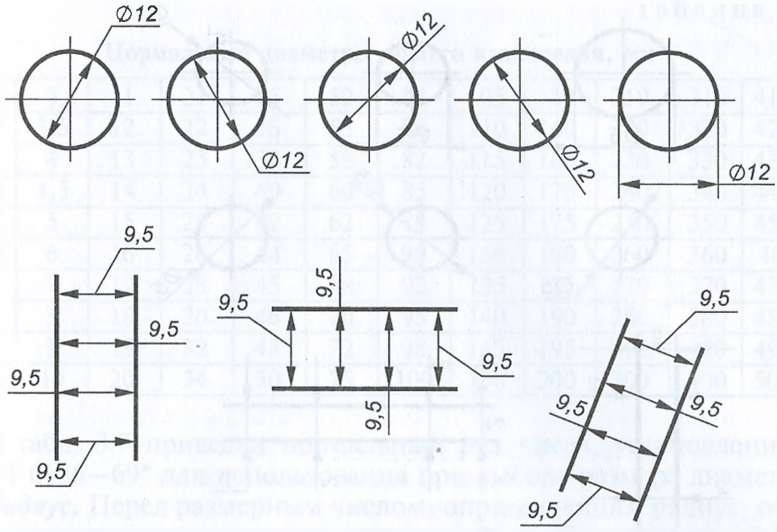


Рис. 3.92

Если нужно задать координаты вершины скругляемого угла или центра дуги скругления, то их проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла до центра дуги скругления. Построение вершины угла выполняют сплошными тонкими линиями (рис. 3.89).

Если выносные линии составляют с контурными очень малый угол, то их проводят не под прямым углом к размерным. При этом размерную линию проводят параллельно отрезку, размер которого показывают, а выносные линии наносят так, чтобы они вместе с размерной линией образовали параллелограмм (рис. 3.90, размеры ∅8, 10).

При недостатке места на размерных линиях, расположенных цепочкой, их стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рис. 3.91, *а*), или четкими точками (рис. 3.91, *б*).

Когда для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры выносят, как показано на рис. 3.92, а при недостатке места для нанесения стрелок поступают, как показано на рис. 3.93.

Обозначение диаметра, радиуса, квадрата, конусности, уклона и дуги. На чертежах используются следующие знаки: ∅ — диаметр, R — радиус, □ — квадрат, ∠ — уклон, ◁ — конусность, ⌒ — дуга, относительные размеры которых по отношению к цифрам показаны на рис. 3.12.

Диаметр. Цилиндрические поверхности обозначаются на чертежах знаком ∅, который представляет собой окружность, пересеченную прямой линией. Высота и наклон прямой линии оди-

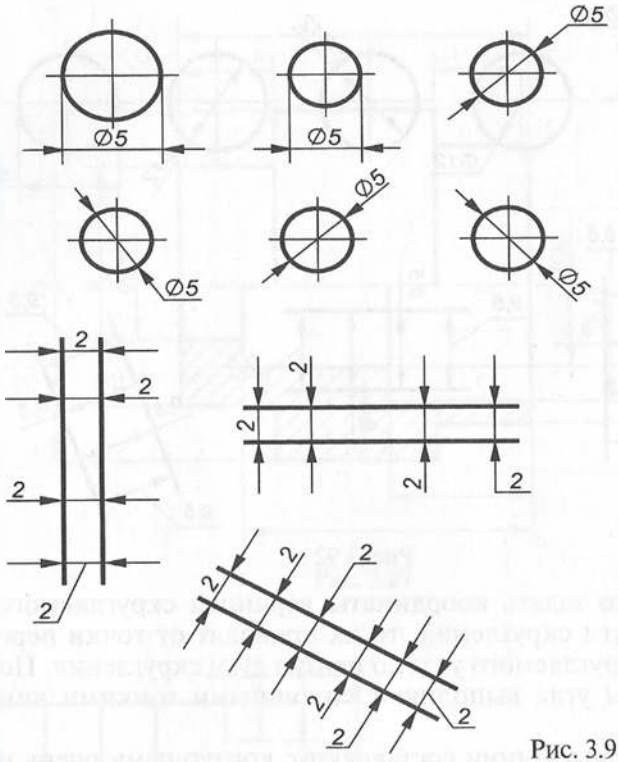


Рис. 3.93

наковы с высотой и наклоном цифр размерного числа, а диаметр окружности равен 5/7 высоты цифр. Наносится знак диаметра над размерной линией перед размерным числом.

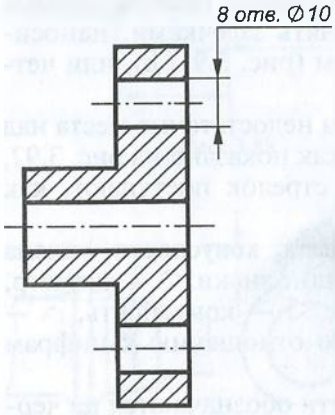


Рис. 3.94

Обозначение диаметра цилиндрической поверхности рекомендуется наносить на том изображении, где ось ее проецируется в линию, т. е. между образующими (см. рис. 3.87). При этом размерную линию разрешается проводить с обрывом независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично. Обрыв размерной линии производится дальше центра окружности. Размещение обозначения диаметра на окружности допускается (см. рис. 3.92).

Если деталь имеет несколько одинаковых цилиндрических отверстий, то размер дают один раз с указанием общего их числа (рис. 3.94).

Таблица 3.7

Нормальные диаметры общего назначения, мм

0,5	3	11	21	35	52	78	105	155	210	310	410
0,8	3,5	12	22	36	55	80	110	160	220	320	420
1	4	13	23	38	58	82	115	165	230	330	430
1,2	4,5	14	24	40	60	85	120	170	240	340	440
1,5	5	15	25	42	62	88	125	175	250	350	450
1,8	6	16	26	44	65	90	130	180	260	360	460
2	7	17	28	45	68	92	135	185	270	370	470
2,2	8	18	30	46	70	95	140	190	280	380	480
2,5	9	19	32	48	72	98	145	195	290	390	490
2,8	10	20	34	50	75	100	150	200	300	400	500

В табл. 3.7 приведен нормальный ряд чисел, установленный ГОСТ 6636—69* для использования при выборе размера диаметра.

Радиус. Перед размерным числом, определяющим радиус, обязательно пишется прописная латинская буква *R* (например, *R* 25). Высота этой буквы и высота размерного числа должны быть одинаковыми.

На рис. 3.95 приведены примеры нанесения наружных дуг окружностей, а на рис. 3.96 — внутренних.

Размерная линия радиуса наносится на том изображении, где дуга проецируется в истинном виде. Из рис. 3.95 и рис. 3.96 следует, что размерная линия радиуса должна располагаться в направлении истинного радиуса и оканчиваться одной стрелкой, примыкающей к контурной (или выносной) линии.

Нанесение размерных чисел при различных положениях размерных линий на чертеже определяется удобством чтения чертежа.

При проведении нескольких размерных линий радиусов из одного центра они не должны располагаться на одной прямой (рис. 3.97).

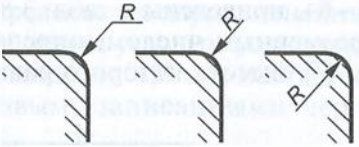


Рис. 3.95

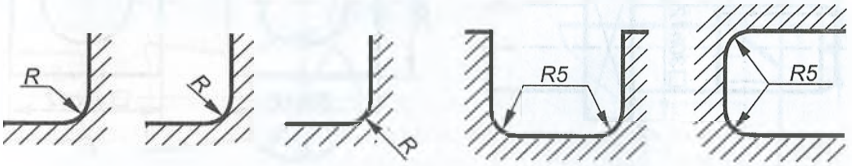


Рис. 3.96

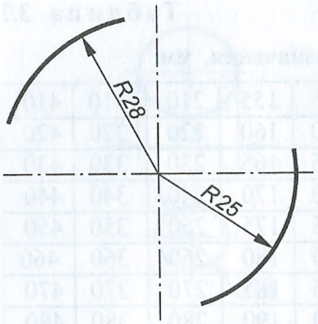


Рис. 3.97

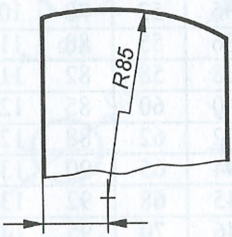


Рис. 3.98

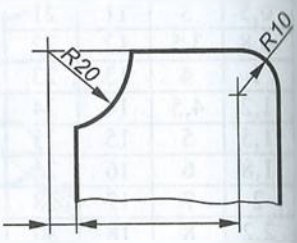


Рис. 3.99

Таблица 3.8

Нормальные радиусы скруглений, мм

0,2	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	32	50	80	125	200	—

В случае, если необходимо указать центр дуги большого радиуса, допускается приближать его, выполняя размерную линию с изломом под углом 90° (рис. 3.98).

При необходимости положение центра дуги задается пересечением центровых или выносных линий (рис. 3.99).

Если радиусы скруглений, сгибов и других подобных элементов, имеющихся на чертеже, одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения этих значений на изображение рекомендуется выносить их в технические требования в виде записей «Радиусы скруглений 4 мм»; «Внутренние радиусы сгибов 10 мм»; «Неуказанные радиусы 8 мм» и др.

Нормальные радиусы скруглений, установленные для использования ГОСТ 10948—64, приведены в табл. 3.8.

Квадрат. Перед размерным числом, определяющим ширину квадрата, ставят знак □, высота которого равна высоте размер-

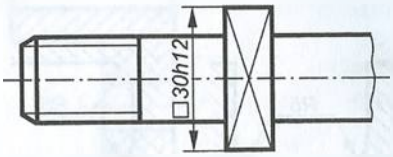
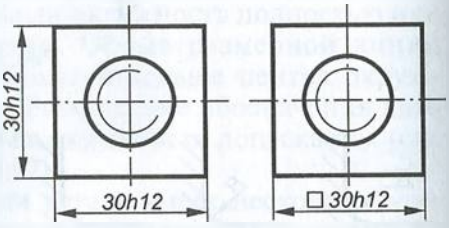


Рис. 3.100



а *б*

Рис. 3.101

ных чисел. Этот знак наносят, как правило, на том изображении, на котором квадрат не проецируется в натуральном виде (рис. 3.100). Плоская грань поверхности отмечается на чертеже диагоналями, проведенными тонкими линиями. На изображении квадрата, спроецированного в натуральном виде, предпочтительно указывать размеры двух его сторон (рис. 3.101, *а*). Допускается также нанесение размера квадрата, как показано на рис. 3.101, *б*.

Конусность. Перед размерным числом, определяющим конусность, ставят знак ◁, который представляет собой равнобедренный треугольник, острый угол которого направлен в сторону вершины конуса; основание знака равно 4/10 *h*, а высота — 6/10 *h*. Построение конусности и примеры ее обозначения будут рассмотрены далее.

Уклон. Перед размерным числом, определяющим уклон прямой, изображающей плоскость по отношению к какому-либо направлению, принятому за основное, наносят знак ∠, вершина которого должна быть направлена в сторону уклона (ската). Расстояние между концами линий угла равно 4/10 *h*, длина — 6/10 *h*. Построение уклона и примеры его обозначения также рассматриваются далее.

Сфера. Перед размерными числами диаметра или радиуса сферы наносятся знаки ∅ или *R* без дополнительного знака сферы (рис. 3.102). *Знак сферы, представляющий собой окружность с диаметром, равным высоте размерных чисел, наносится перед размерным числом в том случае, если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей.* Тогда размер пишут в виде ○*R*10 или ○∅15. Допускается знак сферы заменять словом, например «Сфера R10».

Дуга. При нанесении размера длины дуги окружности над размерным числом всегда ставится знак ⌒ (см. рис. 3.80).

Нанесение размеров фасок. Фасками называются сплошные (притупленные) кромки стержня, отверстия, бруска, листа. На чертежах фаска определяется двумя линейными (рис. 3.103) или одним линейным и одним угловым размерами (рис. 3.104).

Фаска с углом наклона 45° обозначается двумя размерами: линейным и угловым, записанными через знак умножения (рис. 3.105).

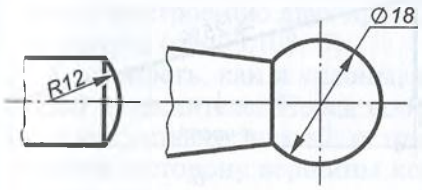


Рис. 3.102

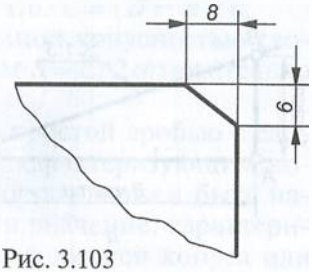


Рис. 3.103

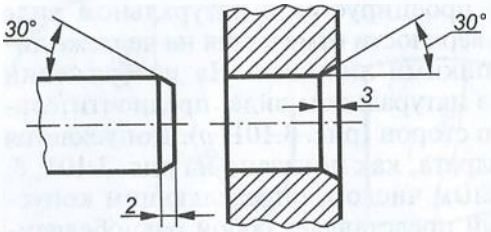


Рис. 3.104

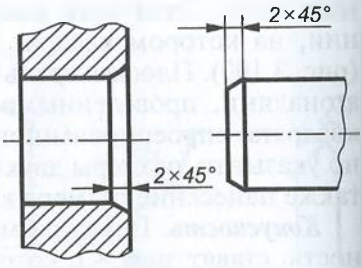


Рис. 3.105

Построение уклона и его обозначение. Уклоном называется величина, характеризующая наклон одной прямой по отношению к другой. На рис. 3.106 уклон S прямой OB, проведенной под углом α к горизонтальной прямой OA, определяется отношением катетов прямоугольного треугольника ABO (точка B для построения треугольника выбирается произвольно):

$$S = AB : AO = b : a.$$

Уклон можно также представить в виде дроби, числитель которой должен быть равен единице, или в процентах. Уклон, выраженный в процентах, связан с уклоном, выраженным дробью, формулой

$$S, \% = S \times 100.$$

Так, например, если $S = 1:5$, то $S, \% = \frac{1}{5}100 = 20\%$.

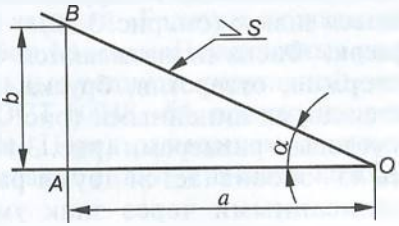


Рис. 3.106

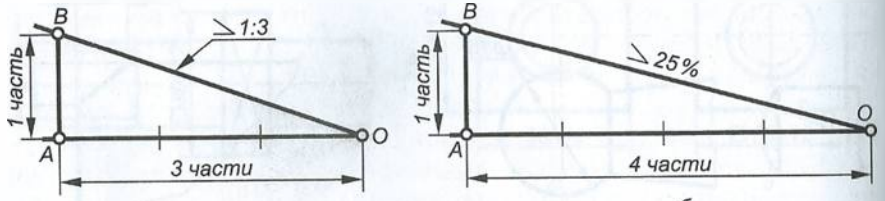


Рис. 3.107

Таблица 3.9

Нормальные конусности и уклоны

Конусность C, уклон S	Угол конуса 2α	Угол уклона α	Конусность C, уклон S	Угол конуса 2α	Угол уклона α
1:200	0°17′11″	0°8′36″	1:7	8°10′16″	4°5′8″
1:100	0°34′23″	0°17′11″	1:5	11°25′16″	5°42′38″
1:50	1°8′45″	0°34′23″	1:3	18°55′29″	9°27′44″
1:30	1°54′35″	0°54′17″	1:1,866	30°	15°
1:20	2°51′51″	1°25′56″	1:1,207	45°	22°30′
1:15	3°49′6″	1°54′33″	1:0,866	60°	30°
1:12	4°46′19″	2°23′9″	1:0,652	75°	37°30′
1:10	5°43′29″	2°51′45″	1:0,500	90°	45°
1:8	7°9′10″	3°34′35″	1:0,289	120°	60°

Для проведения некоторой прямой под заданным уклоном к горизонтальной прямой, например 1:3, поступают следующим образом (рис. 3.107, *а*). На горизонтальной прямой от точки *O* откладывают три одинаковых отрезка. Из полученной точки *A* восстанавливают перпендикуляр к *OA* и на нем откладывают длину одного отрезка. Уклон полученной прямой *OB* относительно прямой *OA* составляет 1:3.

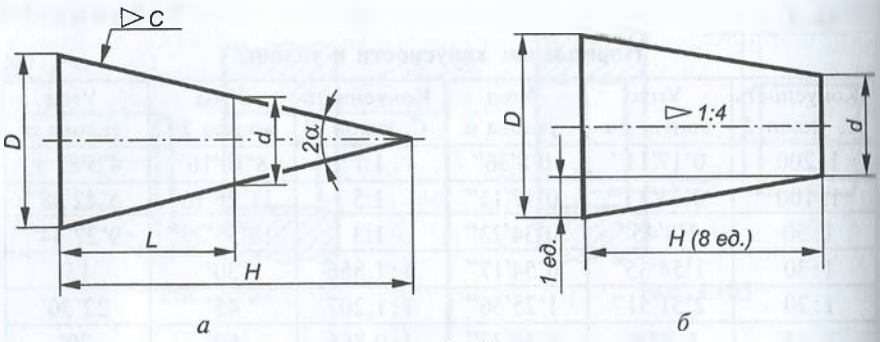
На рис. 3.107, *б* показано построение уклона, выраженного в процентах (25%), т.е. прямоугольного треугольника, гипотенуза *OB* которого проведена под углом 25% к горизонтальному катету *OA* (отношение катета *AB* к катету *AO* равно 1:4, или 25%).

Уклон указывают на полке линии-выноски (см. рис. 3.107, *а*) либо непосредственно у изображения линии уклона (рис. 3.107, *б*), при этом перед размерным числом, определяющим уклон, ставят знак ∠, острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона. Стандартизованные (ГОСТ 8593—81) значения уклонов приведены в табл. 3.9.

Построение конусности и ее обозначение. Конусностью называется отношение диаметра окружности основания прямого кругового конуса к его высоте, т.е. $C = D/H$ (рис. 3.108, *а*), или отношение разности диаметров двух поперечных сечений прямого кругового конуса к расстоянию между ними, т.е. $C = (D - d)/L$.

Построение образующих конуса с заданной конусностью сводится к построению двух прямых с уклоном $S = C/2$ относительно оси конуса (рис. 3.108, *б*).

Конусность, как и уклоны, выражается простой дробью с единицей в числителе. Перед соотношением, характеризующим конусность, ставят знак ◁, острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса. Знак и значение, характеризующее конусность, располагают над осевой линией конуса или



а *б*

Рис. 3.108

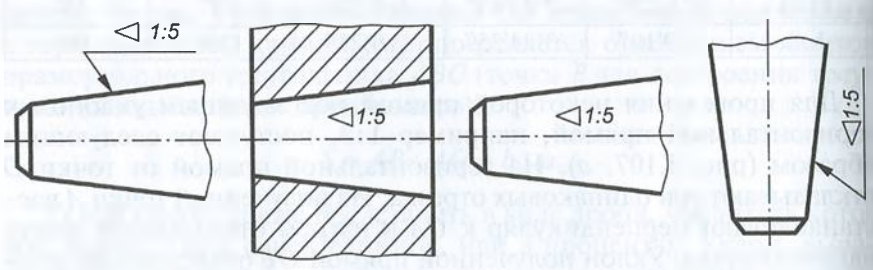


Рис. 3.109

на полке линии-выноски (рис. 3.109). Значения конусностей стандартизованы и приведены в табл. 3.9.

Обозначение и расположение размеров нескольких одинаковых элементов. При наличии у детали нескольких одинаковых фасок размер фаски проставляют один раз с указанием их числа (рис. 3.110, *а*).

Если фаски у детали одинаковые и симметрично расположены, то размер наносят один раз без указания их числа (рис. 3.110, *б*).

Вместо угловых размеров, определяющих взаимное положение элементов, расположенных равномерно по окружности, указывают число этих элементов (рис. 3.111).

Размеры, определяющие положение симметрично расположенных отверстий у симметричных деталей, наносят, как показано на рис. 3.112. В этом случае кроме диаметра отверстий, их числа и диаметра, на котором отверстия расположены, наносится размер угла между одним отверстием и осью симметрии детали.

При наличии у детали элемента, положение которого конструктивно связано с расположением отверстий, одно из них связывают угловым размером с этим элементом (рис. 3.113).

Одинаковые элементы, расположенные в разных частях изделия (например, отверстия), рассматривают как один элемент, если

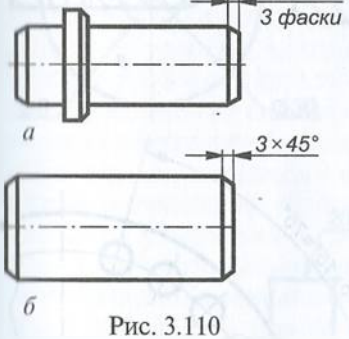


Рис. 3.110

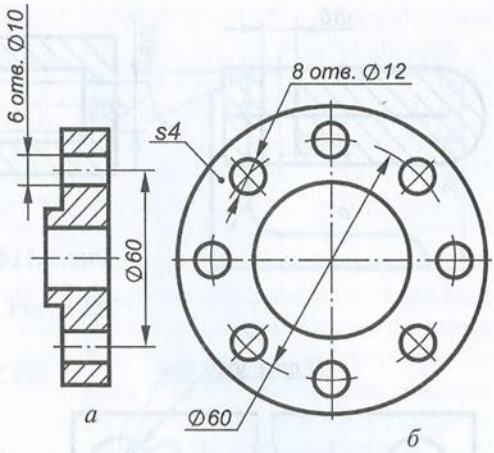


Рис. 3.111

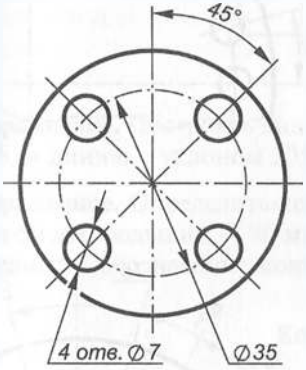


Рис. 3.112

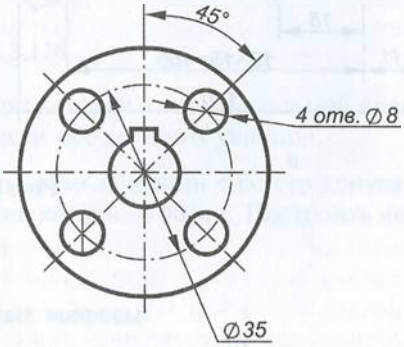


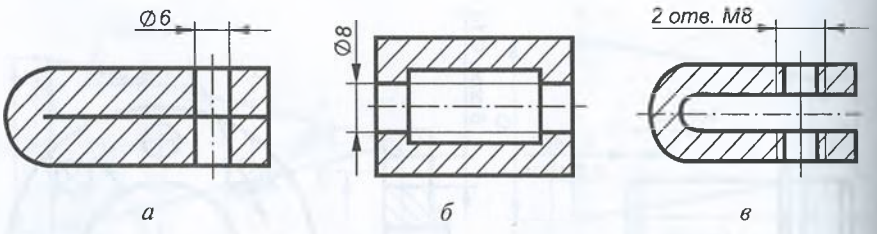
Рис. 3.113

между ними нет промежутка (рис. 3.114, *а*), или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями (рис. 3.114, *б*). При отсутствии же этих условий указывают полное число элементов (рис. 3.114, *в*).

Угловые размеры, определяющие взаимное положение элементов, равномерно расположенных по окружности, не указывают.

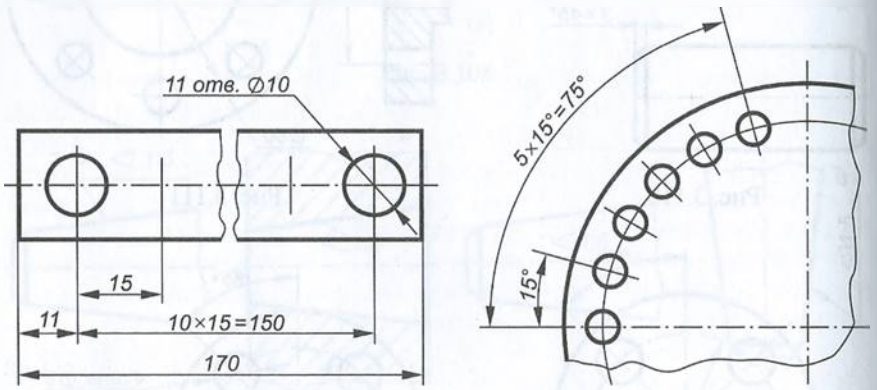
При равномерном расположении одинаковых элементов (отверстий) изделия рекомендуется указывать расстояния между соседними из них, а также между крайними — в виде произведения числа промежутков между элементами на размер промежутка (рис. 3.115).

Несколько линейных и угловых размеров, указываемых от общей базы, допускается наносить, как показано на рис. 3.116, т. е. провести общую размерную линию от нулевой отметки и размерные числа проставлять в направлении выносных линий у их концов.



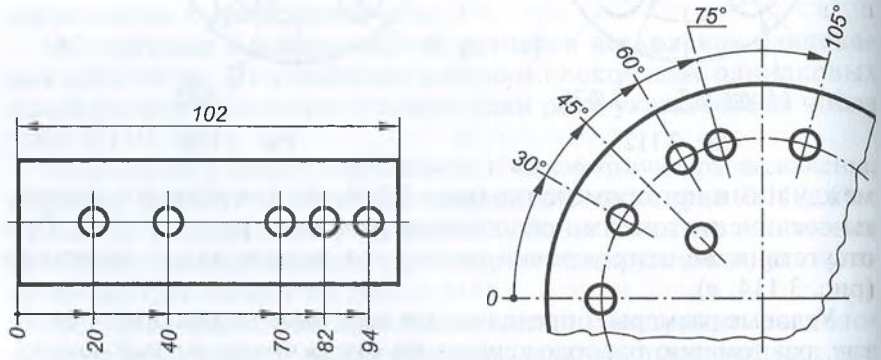
а *б* *в*

Рис. 3.114



а *б*

Рис. 3.115



а *б*

Рис. 3.116

При изображении детали в одной проекции ее толщина (*S*0,4) или длина (*L*200) наносятся, как показано на рис. 3.117.

Размеры сторон детали или отверстия с прямоугольным сечением указываются на полке линии-выноски через знак умножения. При этом первым пишут размер той стороны прямоугольника, от которой проводится линия-выноска (рис. 3.118).

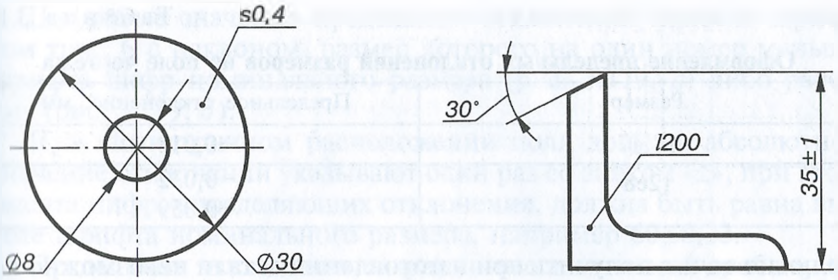


Рис. 3.117

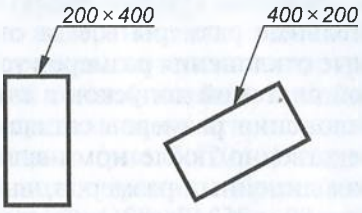


Рис. 3.118

Упражнение. Построить линию, уклон которой к горизонтальной прямой 1:6, и линию с уклоном 20 %. Нанести обозначения уклонов.

Упражнение. Определить конусность, если меньший диаметр конуса равен 50 мм, больший — 80 мм, а длина конуса — 90 мм. Построить конус и нанести обозначение конусности.

Контрольные вопросы

1. Как выполняются размерные и выносные линии при нанесении линейных и угловых размеров, а также размера длины дуги?
2. В каком случае размерные числа указывают только на полке линии-выноски?
3. Как располагают размерные числа, если несколько параллельных размерных линий выполнены симметрично относительно общей оси?
4. Какой размер называется справочным и как он наносится?
5. Какие знаки наносятся перед размерными числами, раскрывающими форму поверхности?
6. Что такое уклон и как его обозначают на чертеже?
7. Что такое конусность и как ее обозначают на чертеже?
8. Что означают записи: *s*3, *l*150, 2×45°?

Нанесение предельных отклонений размеров

Размер, полученный в результате расчетов или при конструировании изделия, называется номинальным. Номинальные размеры аб-

Таблица 3.10

Оформление предельных отклонений размеров на поле чертежа

Размер	Предельное отклонение, мм
18H7	+0,018
12e8	−0,032 −0,059

солютно точно получить при изготовлении детали невозможно по разным причинам, например из-за износа оборудования и инструмента, деформации самой детали при обработке, погрешностей измерительных приборов. Следовательно, после изготовления детали ее действительные размеры всегда отличаются от номинальных. Предельные отклонения размеров устанавливаются в соответствии с единой системой допусков и посадок (ЕСДП).

Предельные отклонения размеров согласно ГОСТ 2.307—68* указывают непосредственно после номинального размера. Предельные отклонения линейных размеров, выбранные в соответствии с ГОСТ 25346—89 и 25347—82, указывают на чертежах следующим образом:

числовыми значениями, например $12^{-0,032}_{-0,059}$ (где 12 — номинальный размер вала, мм; −0,032 — верхнее отклонение, мм; −0,059 — нижнее отклонение, мм);

условным обозначением полей допусков, например 20*H*7 (где 20 — номинальный размер отверстия, мм; *H* — положение поля допуска относительно номинального размера; 7 — цифра, определяющая квалитет, в котором верхнее отклонение 0,018 мм, а нижнее равно нулю);

условным обозначением полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений их предельных отклонений, например $18H7(^{+0,013})$, $12e8(^{-0,032}_{-0,059})$.

Числовые значения предельных отклонений допускается указывать в таблице, которую располагают на свободном поле чертежа (табл. 3.10).

При буквенных обозначениях номинальных размеров (например, *D*) поля допусков должны указываться через тире, например *D*—*H*11.

При записи предельных отклонений числовыми значениями верхние отклонения помещают над нижними. Предельные отклонения, равные нулю, не указывают, например: $50^{+0,03}_{-0,11}$; $50^{-0,093}_{-0,193}$; $50_{-0,2}$.

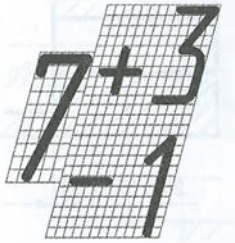
Поля допусков валов и отверстий. Поля допусков отверстий (охватывающих размеров) обозначают прописными латинскими буквами, а валов (охватываемых размеров) — строчными латинскими буквами. Высота цифры, указывающей номер квалитета точности, которую пишут после буквы, обозначающей поле допуска, должна быть равной высоте прописных букв.

Цифровые значения предельных отклонений наносят шрифтом типа Б с наклоном, размер которого на один номер меньше шрифта цифр номинального размера (рис. 3.119, *а*) либо равен ему (рис. 3.119, *б*).

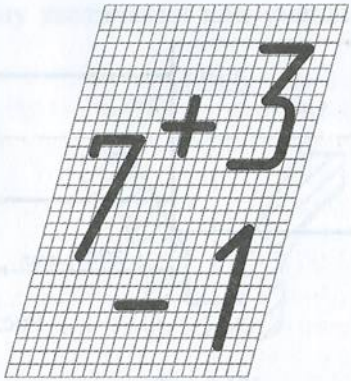
При симметричном расположении поля допуска абсолютное значение отклонений указывают один раз со знаком «±», при этом высота цифр, определяющих отклонения, должна быть равна высоте шрифта номинального размера, например 60±0,23.

Предельные отклонения, выраженные десятичной дробью, записывают до последней значащей цифры включительно, выравнивая число знаков в верхнем и нижнем отклонении добавлением нулей, например $10^{+0,15}_{-0,30}$ и $35^{-0,080}_{-0,142}$.

Если для участков поверхности с одним номинальным размером заданы разные предельные отклонения, границу между ними выполняют сплошной тонкой линией, а номинальный размер с соответствующими предельными отклонениями указывают для каждого участка отдельно (рис. 3.120, *а*). Через заштрихованную часть изображения линия границы предельных отклонений не проводится (рис. 3.120, *б*). Обязательно указывают числовые значения предельных отклонений при условном обозначении поля допуска в следующих случаях:

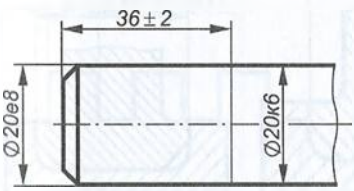


а

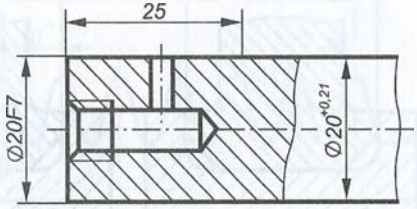


б

Рис. 3.119



а



б

Рис. 3.120

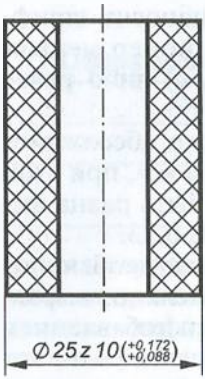


Рис. 3.121

если номинальные размеры не входят в нормальные линейные размеры, определяемые ГОСТ 6636—69 (см. табл. 3.5), а предельные отклонения стандартные, например $41{,}5H7(^{+0{,}025})$;

если используется условное обозначение, не предусмотренное ГОСТ 25347—82, например обозначение размера пластмассовой детали, предельные отклонения которой устанавливает ГОСТ 25349—83 (рис. 3.121);

размеров уступов с несимметричным полем допуска (рис. 3.122).

Предельные отклонения линейных и угловых размеров деталей относительно низкой точности допускается оговаривать общей записью в технических требованиях чертежа. На поле в этом случае делают запись типа «Не указанные предельные отклонения размеров $H12$, $h12$, $\pm IT12/2$, $\pm t2/2$», в которой отклонение $H12$ относится к размерам всех отверстий (охватывающих элементов); отклонение $h12$ — к размерам всех валов (охватываемых элементов); отклонения по квалитету $\pm IT12/2$ или по классу точности $\pm t_2/2$ — к остальным размерам.

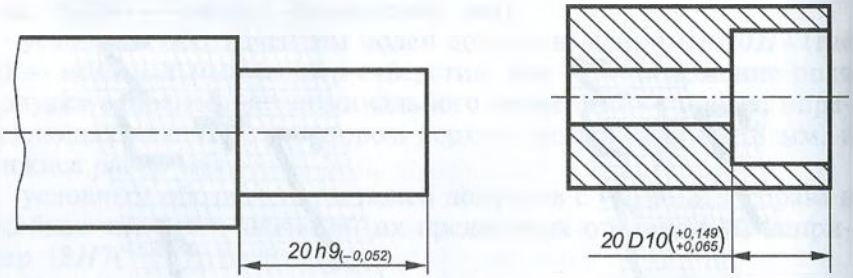


Рис. 3.122

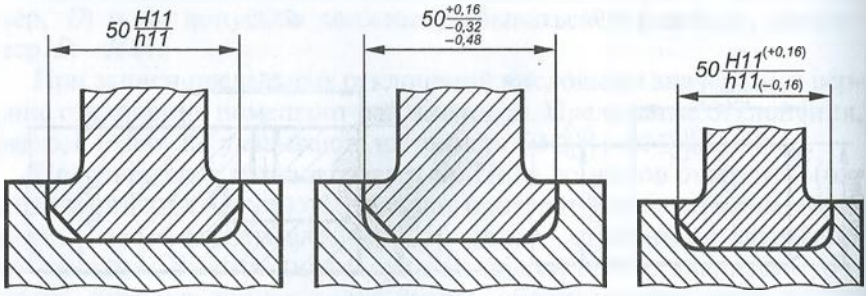


Рис. 3.123

Предельные отклонения соединений деталей на сборочных чертежах указываются в виде дроби (рис. 3.123): в числителе — предельное отклонение охватывающей детали, а в знаменателе — охватываемой. Например, запись $50H11/h11$ означает следующее: 50 — номинальный размер сопряжения, $H11/h11$ — посадка (характер сопряжения). Такая форма записи едина для системы отверстия и системы вала.

Допускается указывать предельные отклонения только одной из сопрягаемых деталей (рис. 3.124). В этом случае необходимо пояснить, к какой детали относятся эти отклонения, т.е. в технических требованиях делают запись: «*Размеры для справок».

Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми значениями (рис. 3.125).

Если необходимо ограничить колебания размера одинаковых элементов одной детали в пределах части поля допуска (рис. 3.126, *а*) или необходимо ограничить значение накопленной погрешности расстояния между повторяющимися элементами (рис. 3.126, *б*), то эти данные указывают в технических требованиях, т.е. в первом случае делают запись: «*Разность размеров 0,1 мм», а во втором — «Предельные отклонения расстояния между любыми несмежными зубьями ±0,1 мм».

Когда необходимо указать только один предельный размер (второй при этом ограничен в сторону увеличения или уменьшения

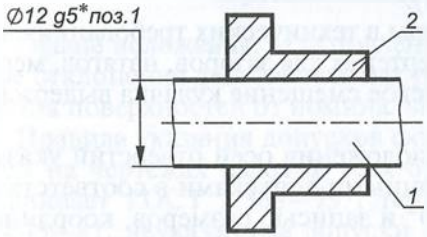


Рис. 3.124

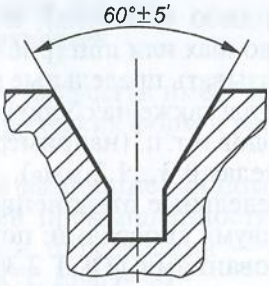


Рис. 3.125

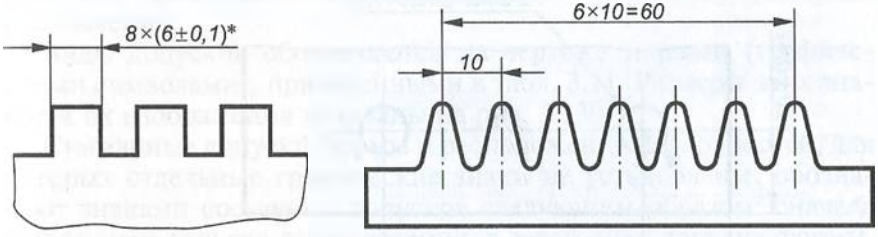


Рис. 3.126

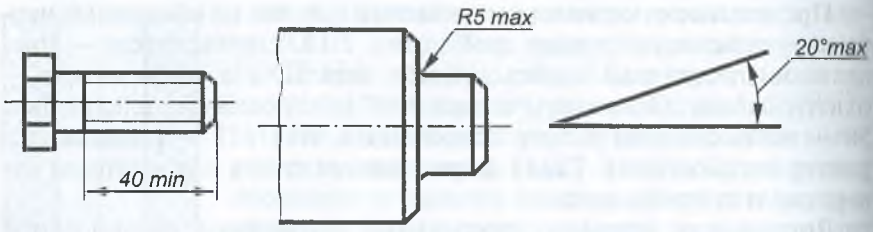


Рис. 3.127

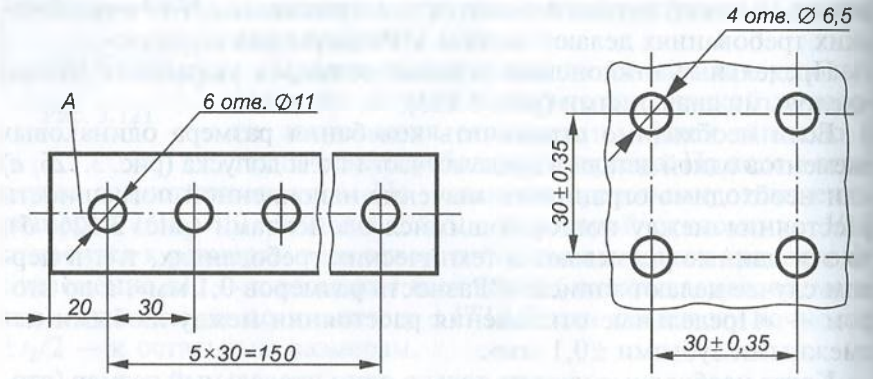


Рис. 3.128

каким-либо условием), после размерного числа пишут соответственно max или min (рис. 3.127).

Указывать предельные размеры в технических требованиях допускается также на сборочных чертежах для зазоров, натягов, мертвых ходов и т. п. (например, «Осевое смещение кулачка выдержать в пределах 0,3...1,2 мм»).

Предельные отклонения расположения осей отверстий указывают двумя способами: позиционными допусками в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308—79* и записью размеров, координирующих оси (рис. 3.128). При этом в технических требованиях к

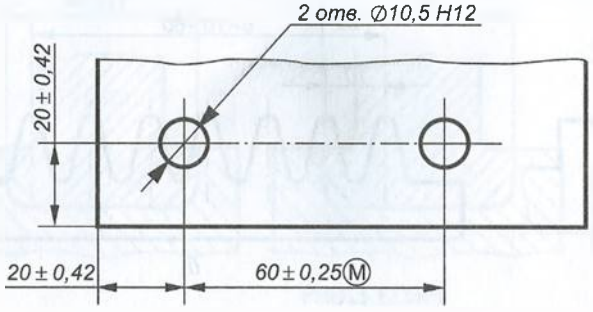


Рис. 3.129

рис. 3.128, *а* делают записи: «Предельные отклонения размеров между осями двух любых отверстий ±0,35 мм» и «Смещение осей от плоскости *А* не более 0,18 мм», а к рис. 3.128, *б* — «Предельные отклонения размеров по диагонали между осями двух любых отверстий ±0,5 мм».

Если допуски расположения осей зависимые, то после предельных отклонений размеров, координирующих оси, следует указывать знак зависимого допуска Ⓜ (рис. 3.129).

Контрольные вопросы

1. Как обозначаются поля допусков отверстий и валов на чертежах и в чем состоит их различие?
2. Как наносятся предельные отклонения линейных размеров на чертежах?
3. В каких случаях предельные отклонения обязательно указывают числовыми значениями при наличии условного обозначения поля допуска?
4. Как обозначаются посадки на сборочных чертежах в системе отверстия и в системе вала?
5. Как наносятся предельные отклонения угловых размеров?
6. Что означают записи: 25H7 и 30f8 на чертеже детали?
7. Что означает запись 30H8/e8 на сборочном чертеже?

Задание на чертеже допусков формы и расположения поверхностей

Общие положения. Изготовленная деталь всегда имеет некоторые отклонения действительных геометрических форм и расположения поверхностей от номинальных.

Правила указания допусков формы и расположения поверхностей на чертежах изделий всех отраслей промышленности устанавливает ГОСТ 2.308—79*, термины и определения — ГОСТ 24643—81, неуказанные допуски — ГОСТ 25069—81.

Допуски формы и расположения поверхностей указывают на чертежах в виде условных обозначений или делают записи в технических требованиях. Предпочтительно применение условных обозначений.

Виды допусков обозначаются на чертеже знаками (графическими символами), приведенными в табл. 3.11. Размеры этих знаков и их изображения показаны на рис. 3.130.

Суммарные допуски формы и расположения поверхностей, для которых отдельные графические знаки не установлены, обозначают знаками составных допусков следующим образом: сначала ставят знак допуска расположения, а затем знак допуска формы, например //⏥ — знаки суммарного расположения допуска параллельности и плоскостности.

Таблица 3.11

Виды допусков

Группа допуска	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	
Допуск расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения, торцевого и биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального и полного торцевого биений	
	Допуск формы заданного профиля	
	Допуск формы заданной поверхности	

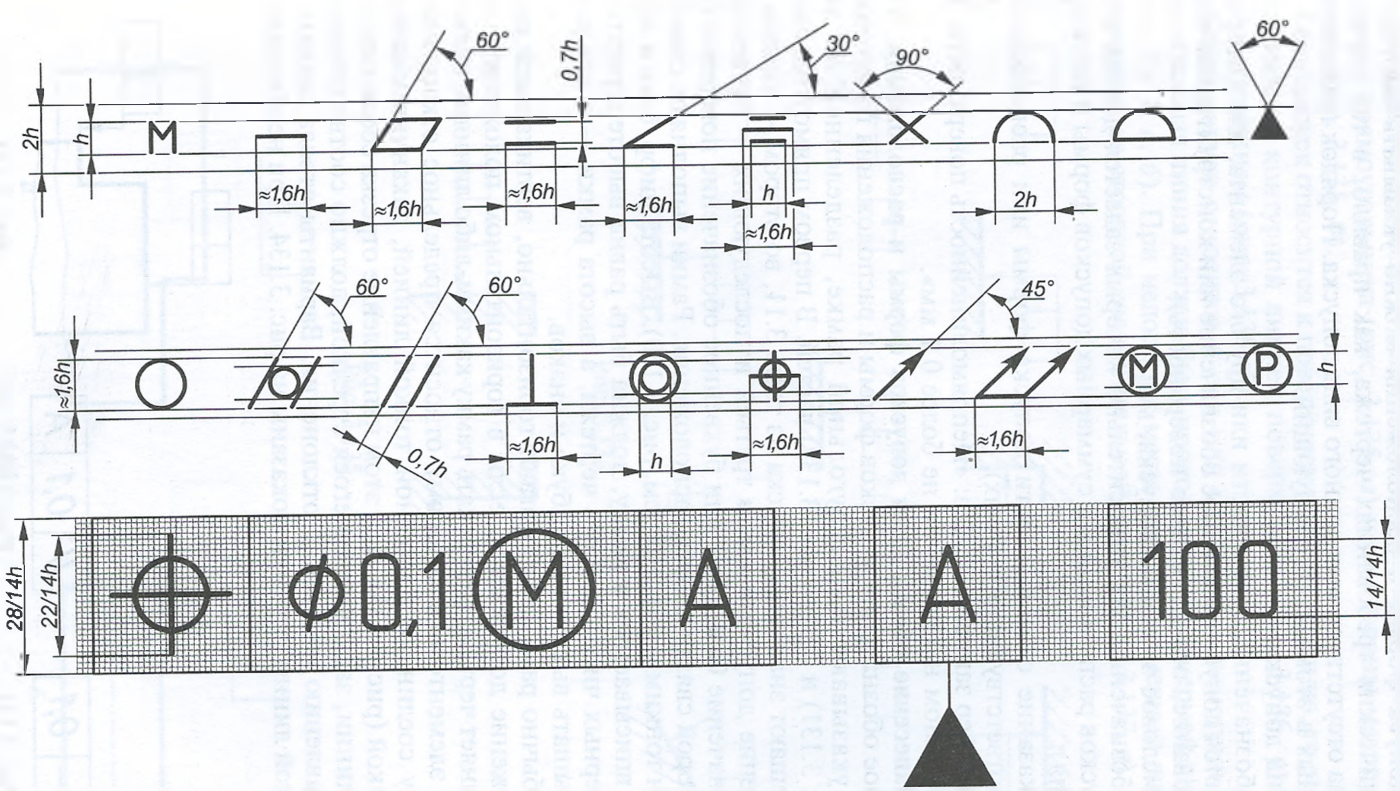

60°
0,7h
30°
90°
60°
2h
h
≈1,6h
60°
60°
45°
0,7h
28/14h
22/14h
14/14h
Ф0,1 M A A 100

Рис. 3.130

Допуск формы и расположения можно указывать записью в технических требованиях чертежа, как правило, в тех случаях, когда отсутствует знак данного вида допуска. Порядок приведения данных в этом случае следующий:

вид допуска;

обозначение поверхности или другого элемента, для которого задается допуск (буквенное обозначение или конструктивное наименование, определяющее поверхность);

числовое значение допуска, мм;

обозначение баз, относительно которых задается допуск (для допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения);

указание о зависимости допуска формы или расположения (в соответствующих случаях).

Пример записи допуска: «Непрямолинейность поверхности *А* в поперечном направлении не более 0,1 мм».

Нанесение обозначения допусков формы и расположения. Условное обозначение допусков формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две (рис. 3.131) и более (рис. 3.132) частей. В первом прямоугольнике помещают знак вида допуска из табл. 3.11, во втором — числовое значение допуска в мм, в третьей и последующих — буквенное обозначение базы (баз) или буквенное обозначение поверхности, с которой связан допуск расположения. Рамки выполняют сплошными тонкими линиями (см. рис. 3.130). Высота цифр, букв и знаков, вписываемых в рамку, должна быть равна высоте шрифта *h* размерных чисел данного чертежа, а высота рамки — в два раза превышать высоту цифр, букв и знаков.

Обычно рамку располагают горизонтально, вертикальное расположение допускается, если в горизонтальном положении она затемняет чертеж. Пересекать рамку какими-либо линиями нельзя.

С элементом, к которому относится предельное отклонение, рамку соединяют сплошной тонкой линией, заканчивающейся стрелкой (рис. 3.133). При этом направление отрезка соединительной линии, заканчивающегося стрелкой, должно соответствовать направлению измерения отклонения. Варианты отвода соединительной линии от рамки показаны на рис. 3.134. При необходимо-

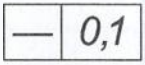


Рис. 3.131

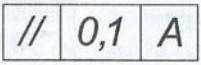


Рис. 3.132

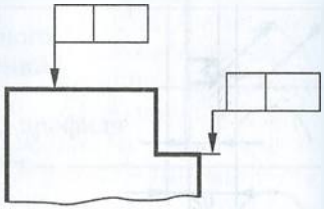


Рис. 3.133

сти допускается проводить соединительную линию от второго (последнего) прямоугольника (рис. 3.135, *а*) и со стороны материала детали (рис. 3.135, *б*).

Если допуск относится к поверхности или ее профилю, то рамку соединяют с контурной линией поверхности (рис. 3.136, *а*) или ее продолжением (рис. 3.136, *б*).

Когда допуск относится к оси или плоскости симметрии, соединительная линия должна быть продолжением размерной линии (рис. 3.137, *а*, *б*). При недостатке места стрелку размерной линии совмещают со стрелкой соединительной линии (рис. 3.137, *в*).

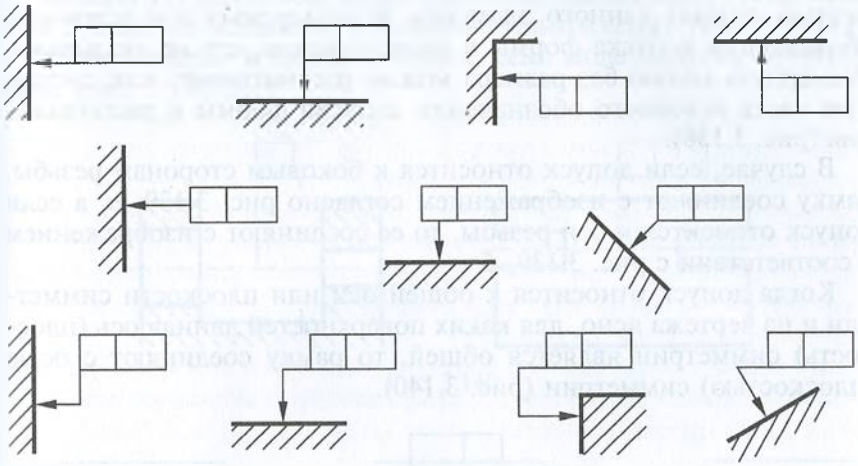
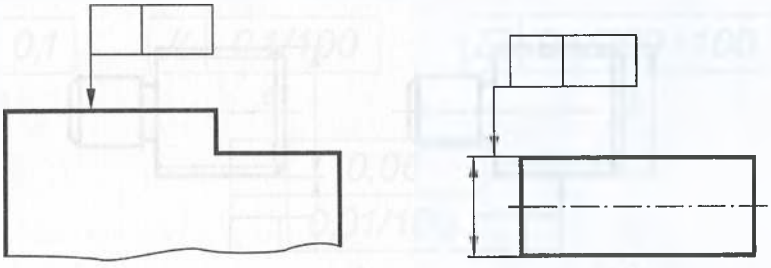


Рис. 3.134



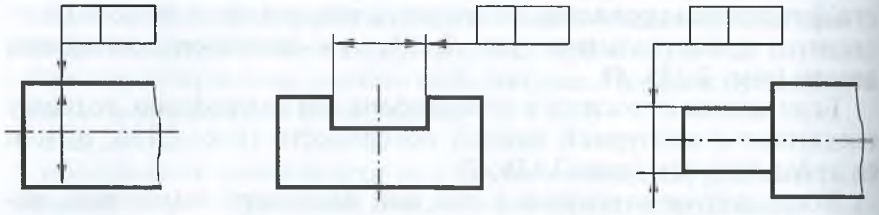
а *б*

Рис. 3.135



а *б*

Рис. 3.136



а *б* *в*

Рис. 3.137

Если размер элемента уже указан один раз, то на других размерных линиях данного элемента, используемых для условного обозначения допуска формы и расположения, его не указывают. Размерную линию без размера можно рассматривать как составную часть условного обозначения допуска формы и расположения (рис. 3.138).

В случае, если допуск относится к боковым сторонам резьбы, рамку соединяют с изображением согласно рис. 3.139, *а*, а если допуск относится к оси резьбы, то ее соединяют с изображением в соответствии с рис. 3.139, *б*.

Когда допуск относится к общей оси или плоскости симметрии и из чертежа ясно, для каких поверхностей данная ось (плоскость) симметрии является общей, то рамку соединяют с осью (плоскостью) симметрии (рис. 3.140).

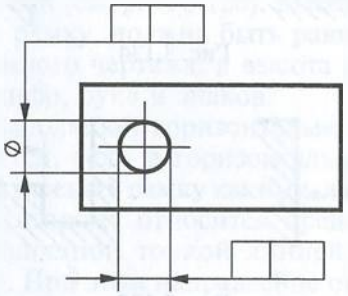
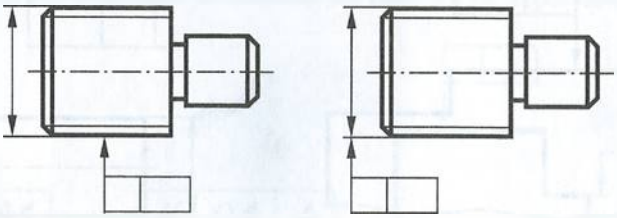


Рис. 3.138



а *б*

Рис. 3.139

Перед числовым значением допуска следует ставить:

знак ∅, если круговое или цилиндрическое поле определяют диаметром (рис. 3.141, *а*);

символ *R*, если круговое или цилиндрическое поле определяют радиусом (рис. 3.141, *б*);

символ *T*, если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционные допуски (в случае, когда поле позиционного допуска ограничено параллельными прямыми или плоскостями) указывают в диаметральном выражении (рис. 3.141, *в*);

символ *T*/2 для тех же видов допусков, для которых ставят символ *T*, если их указывают в радиальном выражении (рис. 3.141, *г*).

слово «сфера» и знаки ∅ или *R*, если поле допуска сферическое (рис. 3.141, *д*).

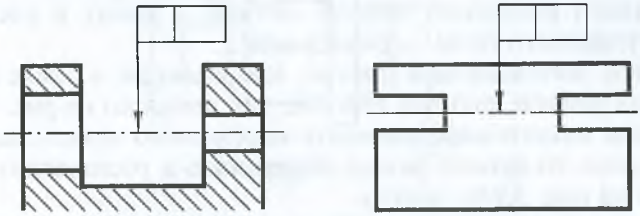
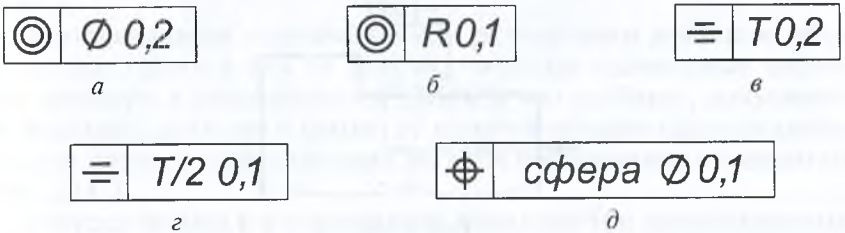
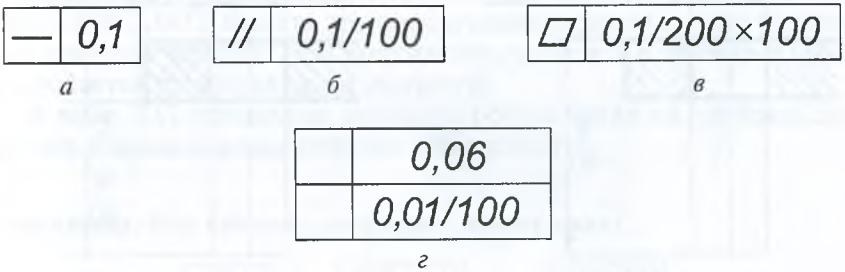


Рис. 3.140



а *б* *в* *г* *д*

Рис. 3.141



а *б* *в* *г*

Рис. 3.142

Числовое значение допуска формы и расположения поверхности, указанное в рамке (рис. 3.142, *а*), относится ко всей длине поверхности. Если допуск относится к участку поверхности заданной длины (или площади), то эту длину (площадь) указывают рядом с допуском и отделяют от него наклонной линией (рис. 3.142, *б*, *в*), которая не должна касаться рамки. Если необходимо назначить допуск по всей длине поверхности и на заданной длине, то допуск на заданной длине указывают под допуском на всей длине (рис. 3.142, *г*).

Когда допуск относится к участку, расположенному в определенном месте элемента, этот участок обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами (рис. 3.143).

Если необходимо задать выступающее поле допуска расположения, после числового значения допуска ставят символ Ⓟ (рис. 3.144). Контур выступающей части нормируемого элемента ограничивают сплошной тонкой линией, а длину и расположение выступающего поля — размерами.

Надписи, дополняющие данные, приведенные в рамке допуска, делают над рамкой, под ней или так, как показано на рис. 3.145.

Если для какого-либо элемента необходимо задать два разных вида допуска, то можно рамки объединять и располагать их, как показано на рис. 3.146, вверху.

Когда для поверхности необходимо указать одновременно условное обозначение допуска формы или расположения и ее бук-

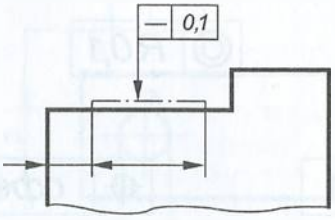


Рис. 3.143

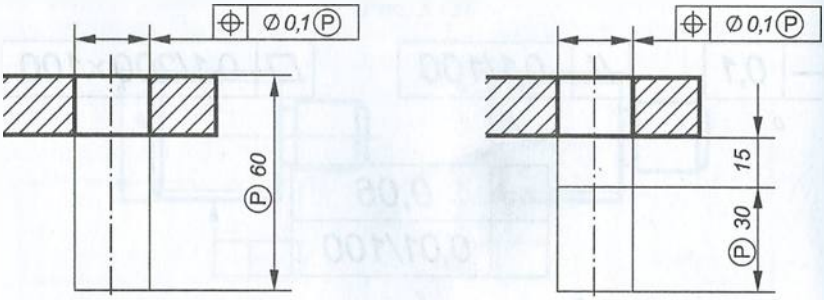


Рис. 3.144

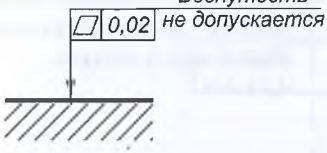


Рис. 3.145

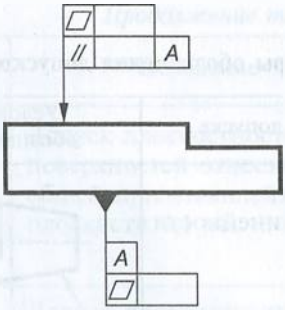


Рис. 3.146

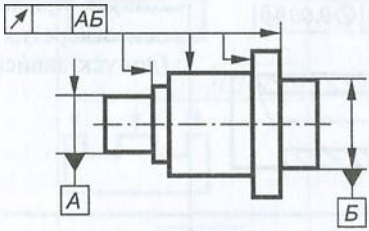


Рис. 3.147

венное обозначение, используемое для нормирования другого допуска, то рамки с обоими условными обозначениями допускается располагать рядом на соединительной линии (рис. 3.146, внизу).

Повторяющиеся одинаковые или разные виды допусков, обозначаемые одним и тем же знаком, имеющие одинаковые числовые значения и относящиеся к одним и тем же базам, допускается указывать один раз в рамке, от которой отходит одна соединительная линия с ответвлениями ко всем нормируемым элементам (рис. 3.147).

Допуски формы и расположения симметрично расположенных элементов на симметричных деталях указывают один раз.

Базу на чертеже обозначают зачерненным равносторонним треугольником, который соединяют тонкой линией с рамкой (см. рис. 3.146, 3.147). Высота этого треугольника равна высоте размерных чисел на чертеже. При выполнении чертежей с помощью ЭВМ допускается треугольник не зачернять.

В табл. 3.12 приведены примеры обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.

Упражнение. Как прочесть следующие обозначения?

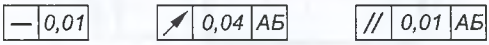
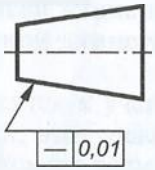
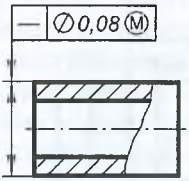
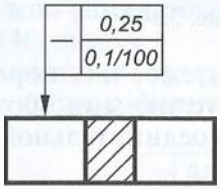
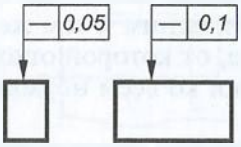
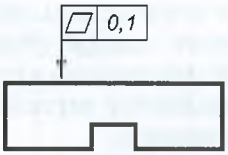
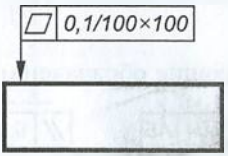
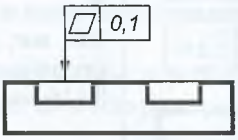
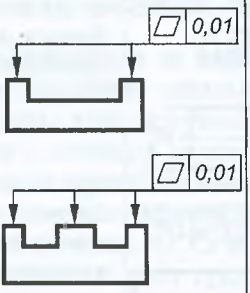
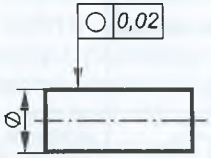
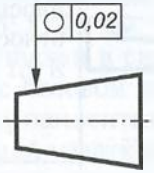
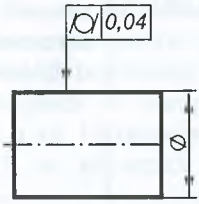
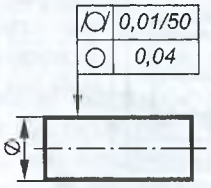


Таблица 3.12

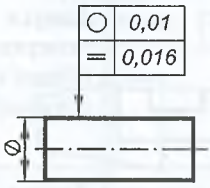
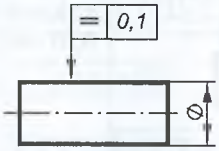
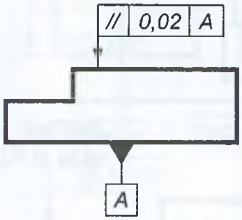
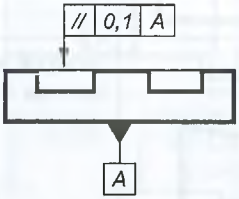
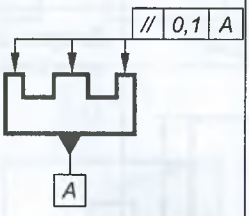
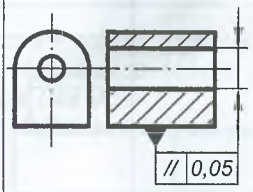
Примеры обозначения допусков формы и расположения поверхностей

Вид допуска	Условное обозначение	Пояснение
Допуск прямолинейности		Допуск прямолинейности образующей конуса 0,01 мм
		Допуск прямолинейности оси отверстия ∅ 0,08 мм (допуск зависимый)
		Допуск прямолинейности поверхности 0,25 мм на всей длине и 0,1 мм на длине 100 мм
		Допуск прямолинейности поверхности в поперечном направлении 0,05 мм, в продольном направлении 0,1 мм
Допуск плоскостности		Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм
		Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм на площади 100×100 мм

Продолжение табл. 3.12

Вид допуска	Условное обозначение	Пояснение
Допуск плоскостности		Допуск плоскостности поверхностей относительно общей прилегающей плоскости 0,1 мм
		Допуск плоскостности каждой поверхности 0,01 мм
Допуск круглости		Допуск круглости вала 0,02 мм
		Допуск круглости конуса 0,02 мм
Допуск цилиндричности		Допуск цилиндричности вала 0,04 мм
		Допуск цилиндричности вала 0,01 мм на длине 50 мм; допуск круглости вала 0,04 мм

Окончание табл. 3.12

Вид допуска	Условное обозначение	Пояснение
Допуск профиля продольного сечения		Допуск круглости вала 0,01 мм; допуск профиля продольного сечения вала 0,016 мм
		Допуск профиля продольного сечения вала 0,1 мм
Допуск параллельности		Допуск параллельности поверхности относительно поверхности *А* 0,02 мм
		Допуск параллельности общей прилегающей плоскости поверхностей относительно поверхности *А* 0,1 мм
		Допуск параллельности каждой поверхности относительно поверхности *А* 0,1 мм
		Допуск параллельности оси отверстия относительно основания 0,05 мм

Контрольные вопросы

1. Каково значение основных знаков, используемых для обозначения допусков формы и расположения поверхностей деталей?
2. Как наносятся на чертеже обозначения допусков формы и расположения поверхностей?
3. В каких случаях и в каком порядке допуск формы и расположения поверхностей указывается в технических требованиях чертежа?

Указание на чертежах требуемой шероховатости поверхности

Понятие о шероховатости и ее параметрах. Поверхность детали всегда имеет неровности в виде небольших выступов и впадин (микронеровности). Размеры этих неровностей могут быть у одних деталей больше, у других — меньше (в зависимости от вида их обработки), т.е. в этом случае поверхности имеют различную шероховатость.

Под шероховатостью поверхности понимается совокупность ее неровностей (выступов и впадин). Сечение поверхности перпендикулярной к ней плоскостью дает представление о профиле ее рельефа, количестве, форме и размерах выступов и впадин.

Степень шероховатости поверхности характеризуется высотой неровностей и взаимным расположением их характерных точек. Эти параметры рассматриваются в пределах определенного участка поверхности, называемого базовой длиной. Чем больше степень шероховатости, тем большей должна приниматься базовая длина. По ГОСТ 2789—73 базовую длину *l* выбирают из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 мм.

На рис. 3.148 представлен в сильно увеличенном виде пример рельефа поверхности с базовой длиной *l* и средней линией (*m*). Причем средняя линия наносится так, чтобы в пределах базовой длины *l* суммы площадей участков, заключенных между этой линией и профилем по обе стороны от нее, были равны, т.е. средняя линия является базой, от которой отсчитываются числовые значения параметров шероховатости.

Определение числовых значений производят специальными измерительными приборами — микроинтерферометрами, растровыми микроскопами и др. Используют также рабочие образцы для сравнения (эталоны), на которых нанесены числовые значения параметров.

ГОСТ 2789—73* устанавливает шесть параметров шероховатости: три высотных (*Ra*, *Rz*, *R*max), два шаговых (*Sm*, *S*) и параметр относительной опорной длины профиля (t_p).

Средний шаг местных выступов профиля S определяется средним значением шага местных выступов профиля в пределах базовой длины, а *средний шаг неровностей профиля Sm* — средним значением шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

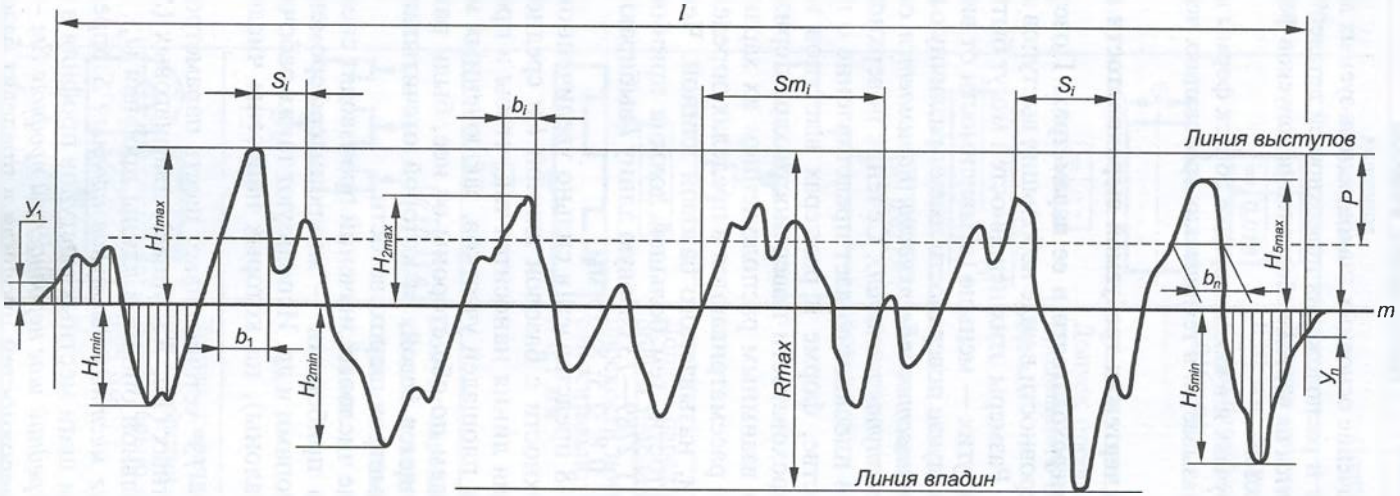

l
Si
bi
Smi
Si
Линия выступов
y1
H1max
H2max
H5max
P
bn
m
H1min
b1
H2min
Rmax
H5min
yn
Линия впадин

Рис. 3.148

Относительная опорная длина профиля t_p определяется как отношение опорной длины профиля к базовой длине на заданном уровне сечения P от линии выступов:

$$t_p = (b_1 + b_2 + ... + b_n)/l.$$

Числовое значение P выбирается из ряда: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 % от Rmax.

Рассмотрим три параметра шероховатости, характеризующие высоту неровностей в пределах базовой длины (Ra — всех неровностей, Rz — наибольших неровностей и Rmax — наибольшую высоту профиля).

Параметр Ra определяется как среднее арифметическое значение расстояний $У_1, ..., У_n$ от любой точки профиля до средней линии:

$$Ra = (У_1 + У_2 + ... + У_n)/n.$$

Параметр Rz определяется высотой неровностей десяти точек, равной сумме средних арифметических абсолютных значений пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов:

$$Rz = (H_{1\min} + H_{2\min} + ... + H_{5\min})/5 + (H_{1\max} + H_{2\max} + ... + H_{5\max})/5.$$

Параметр Rmax определяется расстоянием между линиями выступов и впадин профиля на базовой длине.

Требования к шероховатости поверхностей устанавливают задавая числовое значение параметра шероховатости и значение базовой длины, на которой происходит определение этого параметра. При этом можно указывать наибольшее значение параметра (например, $Rz\,80$), диапазон его значений (например, $Rz\,^{80}_{40}$) или номинальное значение параметра. Номинальное значение задается с допускаемым отклонением параметра в процентах (например, $Rz\ 40 \pm 10\%$).

Таблица 3.13

Числовые значения *Ra*, мкм

100	10,0	1,00	0,100	0,010
80	8,0	0,80	0,080	0,008
63	6,3	0,63	0,063	—
50	5,0	0,50	0,050	—
40	4,0	0,40	0,040	—
32	3,2	0,32	0,032	—
25	2,5	0,25	0,025	—
20	2,0	0,20	0,020	—
16,0	1,60	0,160	0,016	—
12,5	1,25	0,125	0,012	—

Таблица 3.14

Числовые значения *Rz* и *R*max, мкм

	1000	100	10,0	1,00	0,100
	800	80	8,0	0,80	0,080
	630	63	6,3	0,63	0,063
	500	50	5,0	0,50	0,050
	400	40	4,0	0,40	0,040
	320	32	3,2	0,32	0,032
	250	25,0	2,5	0,25	0,025
	200	20,0	2,0	0,20	
1600	160	16,0	1,60	0,160	
1250	125	12,5	1,25	0,125	

Таблица 3.15

Соотношения *Ra* и базовой длины *l*

Ra, мкм	*l*, мм
До 0,025	0,08
Свыше 0,025 до 0,4	0,25
Свыше 0,4 до 3,2	0,8
Свыше 3,2 до 12,5	2,5
Свыше 12,5 до 100	8,0

Таблица 3.16

Соотношения *Rz*, *R*max и базовой длины *l*

Rz = *R*max, мкм	*l*, мм
До 0,10	0,08
Свыше 0,10 до 1,6	0,25
Свыше 1,6 до 12,5	0,8
Свыше 2,5 до 50	2,5
Свыше 50 до 400	8,0

Применение параметра *Ra* является предпочтительнее применения параметра *Rz*.

Числовые значения параметров шероховатостей (максимальное, минимальное, номинальное или диапазон значений), устанавливаемые ГОСТ 2789—73*, приводятся в табл. 3.13...3.16 (предпочтительные значения подчеркнуты).

Обозначение шероховатости поверхностей. Обозначение шероховатости поверхности и правила ее нанесения на чертежах определяет ГОСТ 2.309—73*.

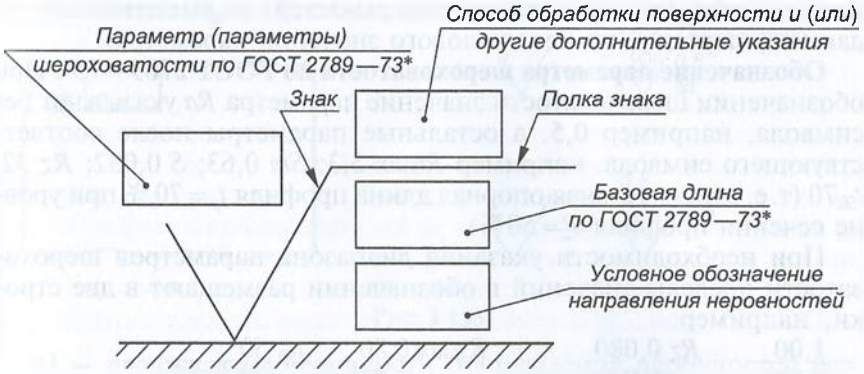


Рис. 3.149

Шероховатость обозначается для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, определяемых требованиями конструкции.

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 3.149. Знак изображается с полкой, если кроме параметра шероховатости в обозначении приводятся дополнительные данные.

Для обозначения шероховатости следует применять один из знаков, изображенных на рис. 3.150, которые выполняют сплошной тонкой линией (толщина этой линии приблизительно равна половине толщины основной линии, применяемой на чертеже). Высота h знака должна быть приблизительно равна высоте цифр размерных чисел на чертеже, а высота $H = (1{,}5 \ldots 3)\,h$.

При обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак, изображенный на рис. 3.150, *а*. Шероховатость поверхности, получаемой удалением материала (точением, фрезерованием, шлифованием и т. п.), обозначается знаком, приведенным на рис. 3.150, *б*, а шероховатость поверхности, получаемой без удаления слоя материала (литьем, ковкой, штамповкой, прокатом и т. п.), — знаком, изображенным на рис. 3.150, *в*, который также

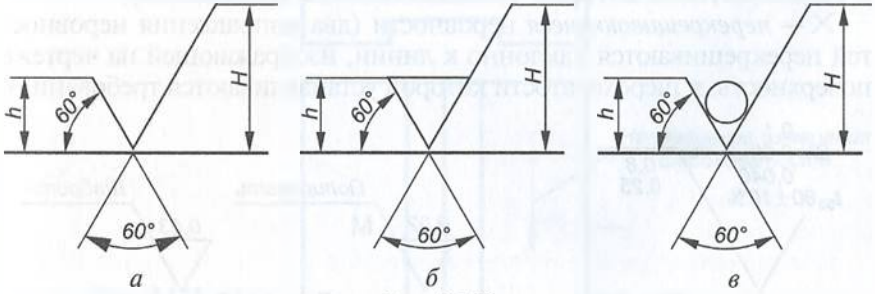


Рис. 3.150

используется для обозначения поверхностей, не выполняемых по данному чертежу (но без числового значения параметра).

Обозначение параметра шероховатости по ГОСТ 2789—73*. При обозначении шероховатости значение параметра *Ra* указывают без символа, например 0,5, а остальные параметры после соответствующего символа, например *R*max 5,3; *Sm* 0,63; *S* 0,032; *Rz* 32; t_{50}70 (т. е. относительная опорная длина профиля $t_p = 70\,\%$ при уровне сечения профиля $P = 50\,\%$).

При необходимости указания диапазона параметров шероховатости пределы значений в обозначении размещают в две строки, например:

$$1{,}00\,\frac{}{0{,}63} \qquad Rz\ 0{,}080\,\frac{}{0{,}032} \qquad R\text{max}\ 0{,}80\,\frac{}{0{,}32} \qquad t_{50}\ \frac{50}{70}$$ и т.п.

Два и более параметра шероховатости поверхности располагают в обозначении один над другим в следующем порядке (рис. 3.151): параметр высоты неровностей профиля; параметр шага неровностей профиля; относительная опорная длина профиля.

Номинальное значение параметра шероховатости поверхности в обозначении приводят с предельными отклонениями, например: $1 \pm 20\,\%$; $Rz\ 80_{-10\%}$; $Sm\ 0{,}5^{+20\%}$; $t_{50}\ 70 \pm 40\,\%$.

Базовую длину в обозначении не указывают, если требования к шероховатости поверхности заданы параметрами *Ra* или *Rz*, которые определяются в пределах значений, приведенных в табл. 3.15, 3.16.

Вид обработки приводят в обозначении шероховатости только в случаях, когда он является единственно пригодным для получения требуемого качества поверхности (рис. 3.152, знак «М» указывает на произвольный тип направления неровностей).

В случае необходимости на чертеже дают условные обозначения типа направления неровностей на поверхности. Таких обозначений шесть:

= — *параллельные* неровности (направление неровности параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования);

⊥ — *перпендикулярные* неровности (направление неровностей перпендикулярно к линии, изображающей на чертеже неровность, к шероховатости которой устанавливаются требования);

× — *перекрещивающиеся* неровности (два направления неровностей перекрещиваются наклонно к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования);

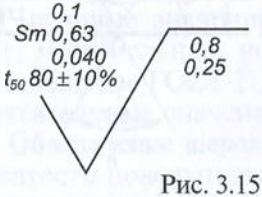


Рис. 3.151

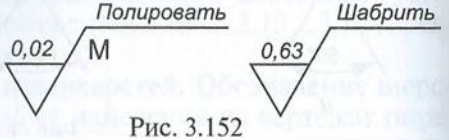


Рис. 3.152

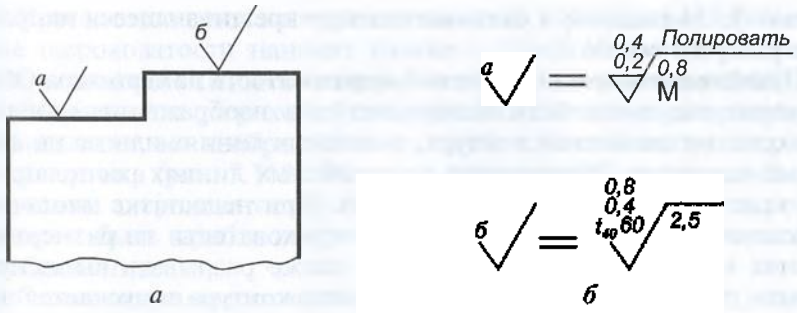


Рис. 3.153

М — *произвольные* неровности (направления неровностей различные к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования);

С — *кругообразные* неровности (направление неровностей приблизительно кругообразное по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования);

R — *радиальные* неровности (направление неровностей приблизительно радиальное по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования).

Высота знака условного обозначения направления неровностей поверхности приблизительно равна *h*, а толщина его линий — половине толщины сплошной основной линии.

Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхности (рис. 3.153, *а*) с разъяснением его в технических требованиях (рис. 3.153, *б*). При упрощенном обозначении используют знак шероховатости для поверхности, вид обработки которой конструктором не устанавливается, и строчные русские буквы в алфавитном порядке без повторений и пропусков.

Если направление измерения шероховатости отличается от предусмотренного ГОСТом, его указывают на чертеже, как показано

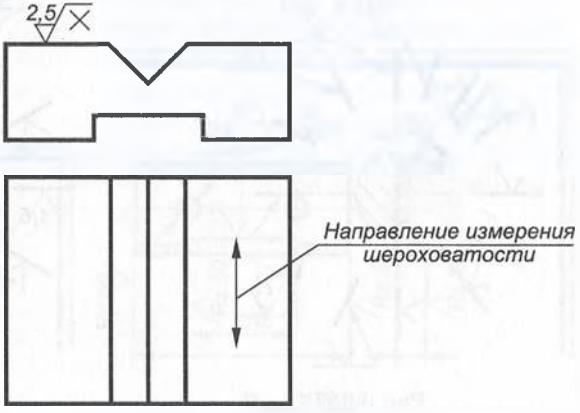


Рис. 3.154

на рис. 3.154 (знак «×» указывает на перекрещивающееся направление неровностей).

Правила нанесения обозначений шероховатости на чертежах. Обозначение шероховатости поверхности на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях или на полках линий-выносок. Обозначения на выносных линиях располагают как можно ближе к размерной линии. При недостатке места допускается располагать обозначение шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию (рис. 3.155). На линии невидимого контура допускается наносить обозначение шероховатости только в случае, когда от этой линии указывается размер.

Знак шероховатости поверхности, имеющий полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рис. 3.156, 3.157, а знак без полки — как показано на рис. 3.158. При расположении поверхности изображения в заштрихованной зоне (см. рис. 3.156, 3.158) обозначения наносят обязательно на полке линии-выноски.

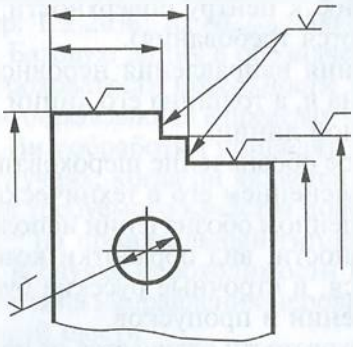


Рис. 3.155

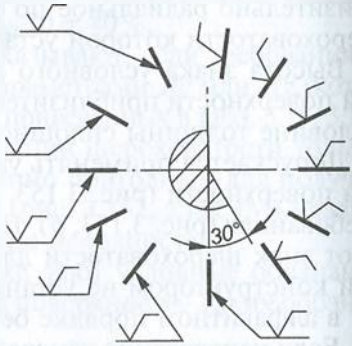


Рис. 3.156

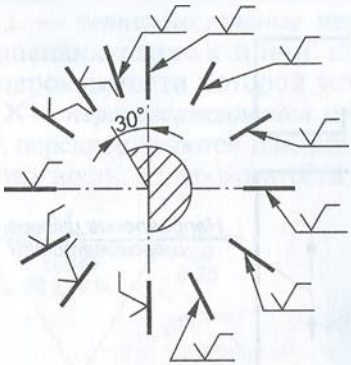


Рис. 3.157

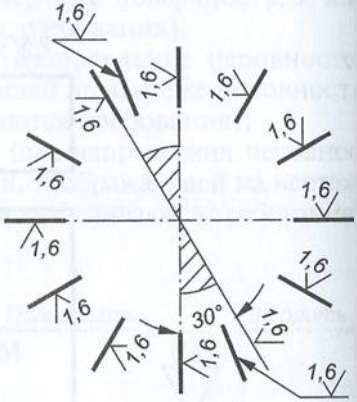


Рис. 3.158

При выполнении на чертеже изделия с разрывами обозначение шероховатости наносят только с одной стороны изображения, как можно ближе к месту указания размеров (рис. 3.159).

Обозначение шероховатости, одинаковой для всех поверхностей изделия, на изображение не наносят, а помещают в правом углу чертежа (рис. 3.160). Размеры и толщина линий знака в обозначении шероховатости, вынесенного в правый угол чертежа, должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем знака на изображении.

Одинаковую шероховатость для части поверхностей изделия указывают в правом верхнем углу чертежа перед знаком шероховатости в скобках (√) (рис. 3.161). Это означает, что все поверхности, на изображениях которых не нанесены знаки шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную в верхнем углу чертежа перед знаком шероховатости в скобках. Размеры знака шероховатости в скобках должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображениях.

Когда часть поверхностей не выполняется по данному чертежу, в его правом верхнем углу перед знаком шероховатости в скобках помещают знак , размеры и толщина линий которого должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем знаков, нанесенных на изображении (рис. 3.162).

Если в изделии есть поверхности, шероховатость которых не нормируется, обозначение шероховатости и знак в правый верх-

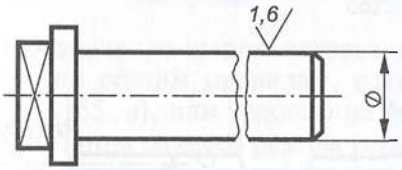


Рис. 3.159

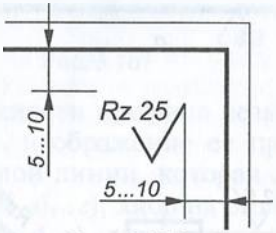


Рис. 3.160

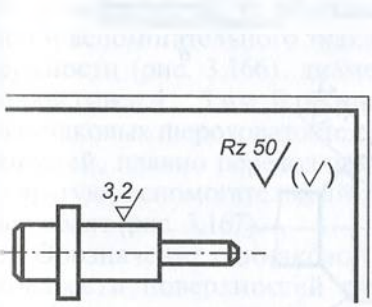


Рис. 3.161

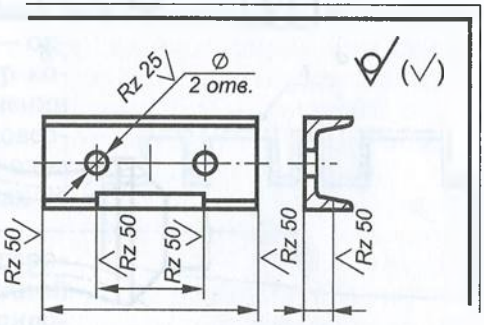
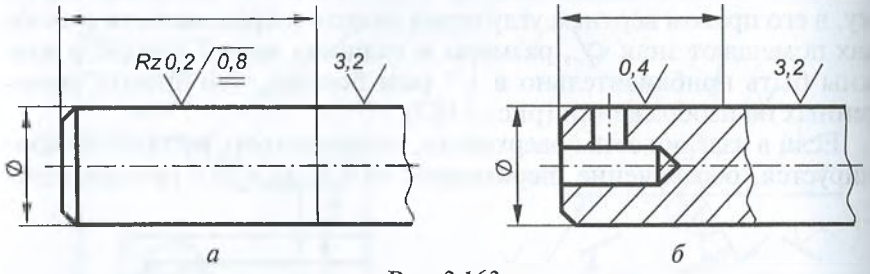


Рис. 3.162

ний угол не выносят. Обозначение шероховатости поверхностей, повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, зубьев и т. п.), число которых указано на чертеже, а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз, независимо от числа изображений. Причем к повторяющимся не относят симметрично расположенные поверхности.

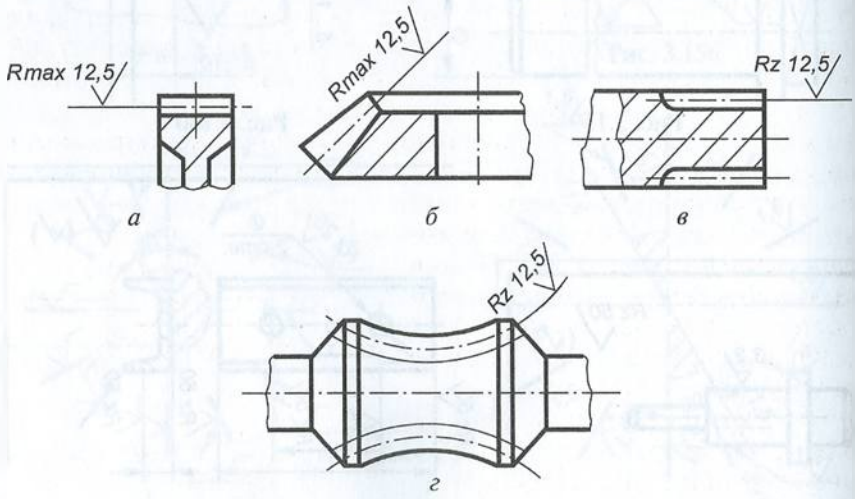
Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией и наносят соответствующие размеры и обозначения (рис. 3.163, *а*). Через заштрихованную зону линию границы между участками с разной шероховатостью не проводят (рис. 3.163, *б*).

Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев, зубчатых колес, эвольвентных шлицев и других подобных элементов, если на чертеже не изображен их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности (рис. 3.164, *а*...*в*), а глобоидальных червяков и сопряженных с ними колес — на линии расчетной окружности (рис. 3.164, *г*).



а *б*

Рис. 3.163



а *б* *в* *г*

Рис. 3.164

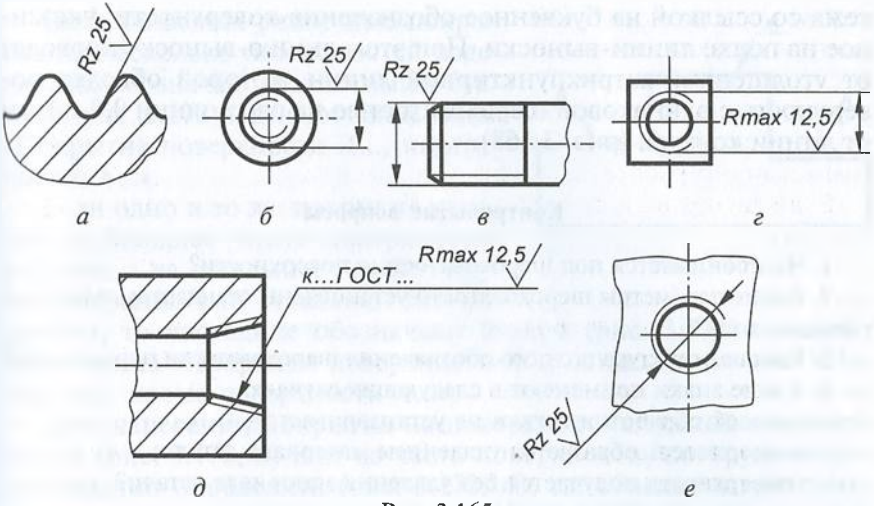


Рис. 3.165

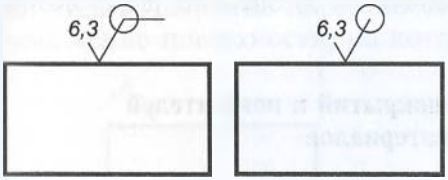


Рис. 3.166

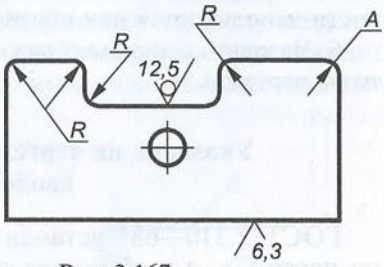


Рис. 3.167

Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносят по общим правилам, если есть изображение ее профиля (рис. 3.165, *а*), или условно на выносной линии, которая служит для указания размера резьбы (рис. 3.165, *б*... *г*), либо на размерной линии или ее продолжении (рис. 3.165, *д*, *е*).

Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, ее обозначение наносят один раз с использованием вспомогательного знака — окружности (рис. 3.166), диаметр которой равен 4 ... 5 мм. В обозначении одинаковых шероховатостей поверхностей, плавно переходящих одна в другую, вспомогательный знак не приводят (рис. 3.167).

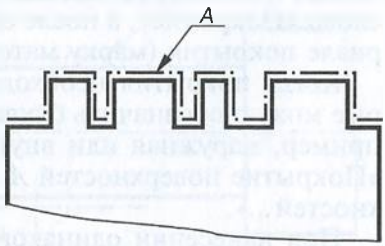


Рис. 3.168

Обозначение одинаковой шероховатости поверхностей сложной конфигурации допускается приводить в технических требованиях чер-

тежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности, указанное на полке линии-выноски. При этом линию-выноску проводят от утолщенной штрихпунктирной линии, которой обводят поверхность с одинаковой шероховатостью на расстоянии 0,8... 1 мм от линии контура (рис. 3.168).

Контрольные вопросы

1. Что понимается под шероховатостью поверхности?
2. Какие параметры шероховатости установлены стандартом и как они обозначаются?
3. Какова структура полного обозначения шероховатости поверхности?
4. Какие знаки применяют в следующих случаях:
   способ обработки детали не устанавливается;
   поверхность образуется удалением материала детали;
   поверхность получается без удаления материала детали?
Каковы размеры этих знаков?
5. Какие условные обозначения направления неровностей на поверхности используются при обозначении шероховатости?
6. Назовите основные правила нанесения обозначений шероховатости на чертежах.

Указание на чертежах покрытий и показателей свойств материалов

ГОСТ 2.310—68* устанавливает правила нанесения покрытий на чертежах, а также показателей свойств материалов, полученных в результате термической и других видов обработки.

Нанесение обозначений покрытий. Покрытия, используемые для повышения коррозионной стойкости поверхности изделий, бывают металлические и неметаллические, неорганические (ГОСТ 9.306—85*) и лакокрасочные (ГОСТ 9.032—79).

Обозначения покрытий в соответствии с государственными или отраслевыми стандартами, а также все данные, необходимые для выполнения нестандартизованного покрытия, приводят в технических требованиях чертежа. При этом перед обозначением пишут слово «Покрытие», а после обозначения приводят данные о материале покрытия (марку материала и стандарт).

Когда покрытия необходимо нанести на поверхности, которые можно обозначить буквами или однозначно определить (например, наружная или внутренняя), тогда делают запись типа: «Покрытие поверхностей *А*...» или «Покрытие наружных поверхностей...».

При нанесении одинакового покрытия на несколько поверхностей их обозначают одной буквой (рис. 3.169) и делают запись типа «Покрытие поверхностей *А*...».

Если наносятся различные покрытия на несколько поверхностей изделия, их обозначают различными буквами (рис. 3.170) и делают запись типа «Покрытие поверхности *А*..., поверхностей *Б*...».

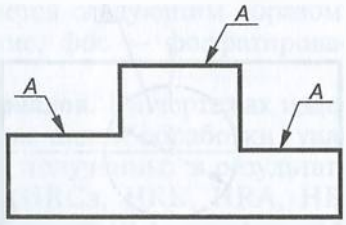


Рис. 3.169

Если одно и то же покрытие наносят на большее число поверхностей изделия, а на остальные наносят другое покрытие или оставляют без покрытия, то последние обозначают буквой (рис. 3.171) и делают запись типа «Покрытие поверхности *А*..., остальных...» или «Покрытие, кроме поверхности *А*...».

При нанесении покрытия на поверхность сложной конфигурации (рис. 3.172, *а*) или на часть поверхности, которую нельзя однозначно определить (рис. 3.172, *б*), их обводят штрихпунктирной утолщенной линией на расстоянии 0,8...1 мм от контурной, обозначают одной буквой и проставляют размеры, определяющие положение этих поверхностей. Запись в этом случае делают типа «Покрытие поверхности *А*...». Размеры, определяющие положение поверхности, на которую должно быть нанесено по-

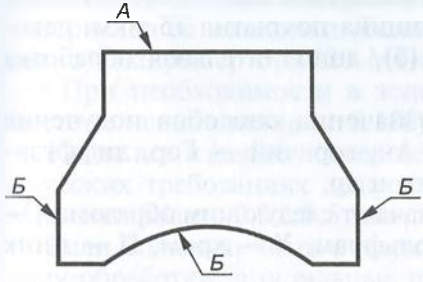


Рис. 3.170

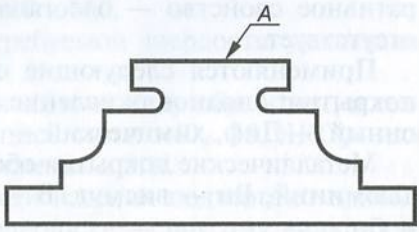


Рис. 3.171

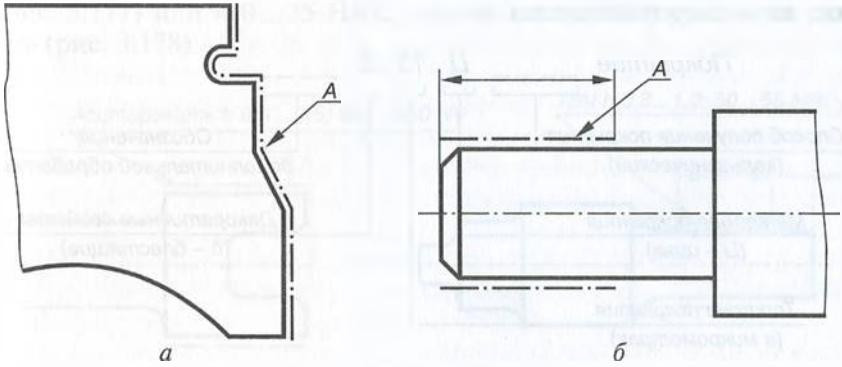


Рис. 3.172

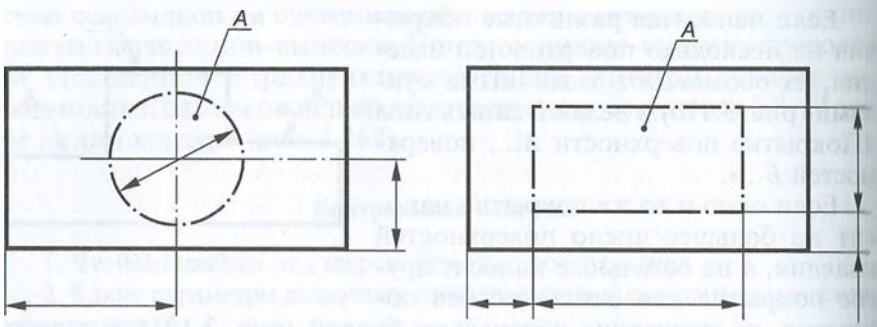


Рис. 3.173

крытие, допускается не проставлять, если они ясны из чертежа (см. рис. 3.172, *а*).

Участки поверхности, подлежащие покрытию, отмечают, как показано на рис. 3.173, с указанием размеров, определяющих положение этих участков.

Обозначение металлических и неметаллических покрытий. При чтении чертежей необходимо знать структуру обозначения покрытия (рис. 3.174). Так, запись «Покрытие Ц.15.б» означает, что способ получения покрытия гальванический (не имеет обозначения), материал покрытия цинк (Ц), толщина покрытия 15 мкм, декоративное свойство — блестящее (б), дополнительная обработка отсутствует.

Применяются следующие обозначения способов получения покрытия: анодное окисление — Ан, горячий — Гор, диффузионный — Диф, химический — Хим и др.

Металлические покрытия обозначают следующим образом: А — алюминий, Ви — висмут, В — вольфрам, Х — хром, Ц — цинк и т.д.

Декоративные свойства покрытия обозначают строчными буквами: зк — зеркальное, б — блестящее, м — матовое, гл — гладкое, ш — шероховатое и т.д.

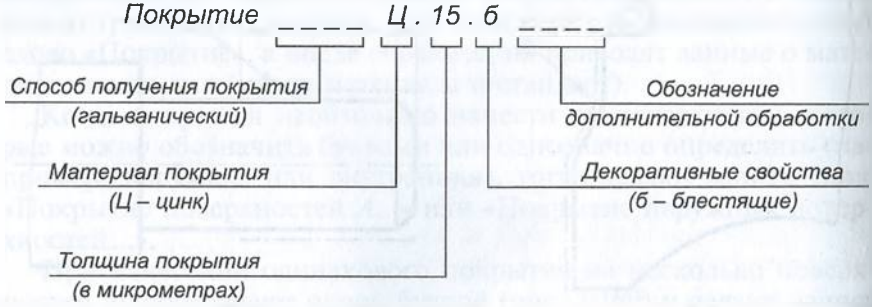


Рис. 3.174

Дополнительная обработка обозначается следующим образом: окс — оксидирование, т — тонирование, фос — фосфатирование, хр — хромирование и т.д.

Нанесение показателей свойств материалов. На чертежах изделий, подвергаемых термической и другим видам обработки, указывают показатели свойств материалов, полученных в результате такой обработки, например твердость (HRCэ, HRB, HRA, HB, HV), предел прочности ($\sigma_в$), предел упругости ($\sigma_у$), ударную вязкость ($a_к$) и т.п.

Глубину обработки обозначают буквой *h*, и так же, как твердость материалов, на чертежах указывают предельными значениями, например *h* 0,3...0,5; 40...45HRC$_э$. В технически обоснованных случаях допускается указывать номинальные значения этих величин с предельными отклонениями, например *h*0,5±0,1; 45±0,2HRC$_э$.

Допускается указывать на чертежах виды обработки, результаты которых не подвергаются контролю, например отжиг, а также виды обработки, если они являются единственными, гарантирующими требуемые свойства материала и долговечность изделия. В этих случаях пишут название обработки или ее условное обозначение, принятое в научно-технической литературе (рис. 3.175). Допускается указывать значения показателей свойств материалов со знаками ≥ (больше или равно) или ≤ (меньше или равно), например $\sigma_в \geq 520$ МПа, HB ≥ 800.

При необходимости в зоне требуемой твердости указывают место ее испытания (рис. 3.176).

Когда все изделие подвергается одному виду обработки, в технических требованиях делают запись типа: «40...45 HRC$_э$» или «Цементировать 0,3...0,5 мм», «Отжечь» и т.п.

Если большую часть поверхности изделия подвергают одному виду обработки, а остальные поверхности — другому виду обработки или предохраняют от нее, то в технических требованиях делают запись типа: «40...45 HRC$_э$, кроме поверхности *А*» (рис. 3.177) или «30...35 HRC$_э$, кроме места, обозначенного особо» (рис. 3.178).

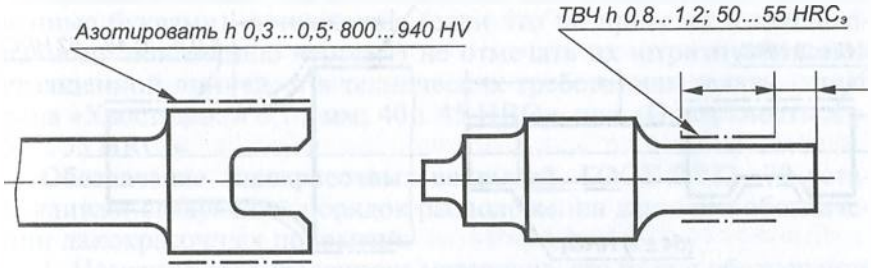


Рис. 3.175

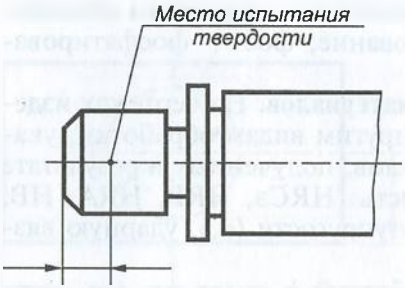


Рис. 3.176

Когда обработке подвергаются отдельные участки изделия, показатели свойств материалов (и при необходимости и способ получения этих свойств) указывают на полках линий-выносок, а участки изделия, которые должны быть обработаны, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией, проводимой на расстоянии 0,8...1 мм от контуров этих участков, с указанием размеров, их определяющих (рис. 3.179). Размеры, определяющие поверхности, подвергаемые обработке, допускается не проставлять, если они ясны из чертежа (рис. 3.180).

Поверхности изделия, подвергаемые обработке, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией на той проекции, на которой они ясно определены (рис. 3.181). Допускается отмечать эти поверхности и на других проекциях, но при этом надпись с показателями свойств материала, относящуюся к одной и той же поверхности, делают один раз (рис. 3.182).

Все симметричные участки или поверхности изделия, подвергаемые одинаковой обработке, отмечают штрихпунктирной утол-

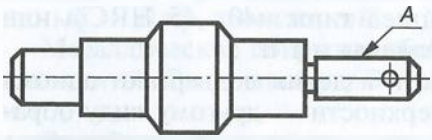


Рис. 3.177

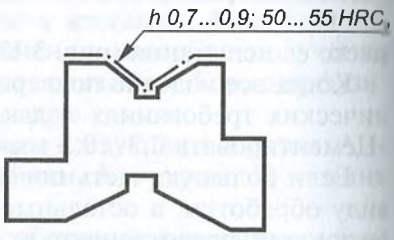


Рис. 3.178

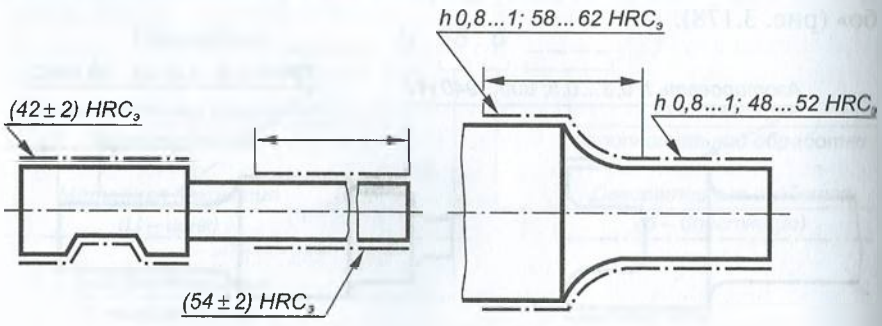


Рис. 3.179

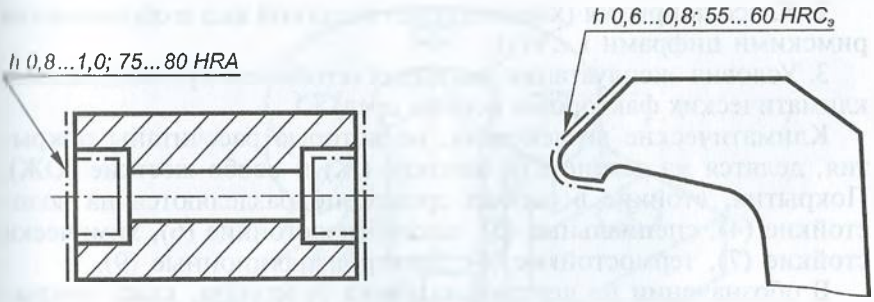


Рис. 3.180

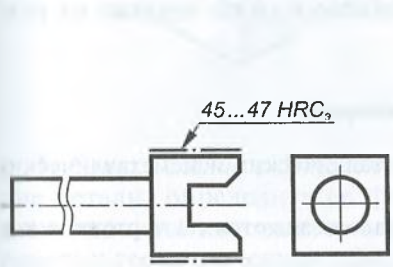


Рис. 3.181

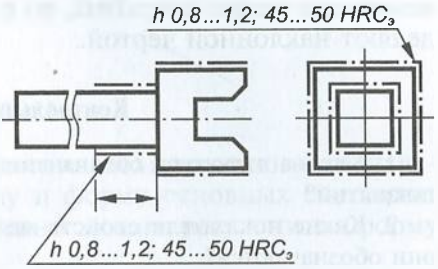


Рис. 3.182

щенной линией, а показатели свойств материала указывают один раз (см. рис. 3.178).

При наличии в изделии участков поверхностей с различными требованиями к свойствам материала эти требования указывают отдельно для каждого участка (см. рис. 3.179).

Если надписи, указывающие свойства материала и размеры, определяющие поверхности, подвергаемые обработке, затрудняют чтение чертежа, допускается приводить их на дополнительном упрощенном изображении, выполненном в уменьшенном масштабе.

При указании обработки поверхностей или участков изделия, определяемых каким-либо термином или техническим понятием (например, рабочая часть или хвостовик режущего инструмента, поверхности зубьев зубчатого колеса или поверхности, обозначенные буквами), допускается (если это не приведет к неоднозначному пониманию чертежа) не отмечать их штрихпунктирной утолщенной линией, а в технических требованиях делать запись типа «Хвостовик h 0,7 1 мм; 40...45 HRC$_э$» или «Поверхность A — 50...55 HRC$_э$».

Обозначение лакокрасочных покрытий. ГОСТ 9.032—79 устанавливает следующий порядок расположения данных в обозначении лакокрасочных покрытий:

1. Название лакокрасочного материала, его цвет и обозначение стандарта или технических условий;

2. Класс покрытия (характеризует внешний вид и обозначается римскими цифрами I...VII);

3. Условия эксплуатации покрытия (стойкость при воздействии климатических факторов и особых сред).

Климатические воздействия, на которые рассчитаны покрытия, делятся на легкие (Л), жесткие (Ж) и особо жесткие (ОЖ). Покрытия, стойкие в особых средах, подразделяются на водостойкие (4), специальные (5), маслобензостойкие (6), химически стойкие (7), термостойкие (8), электроизоляционные (9).

В обозначении на чертеже название материала, класс покрытия и условия эксплуатации изделия разделяются точками. Если перед лакокрасочным покрытием наносится металлическое или неметаллическое покрытие, то в обозначении на чертеже их разделяют наклонной чертой.

Контрольные вопросы

1. Какова структура обозначения металлических и неметаллических покрытий?
2. Какие показатели свойств материалов задаются на чертеже и как они обозначаются?
3. Какие данные и в каком порядке приводят в обозначении лакокрасочных покрытий?
4. В каком месте чертежа приводят данные о покрытии?

3.6. Эскиз детали и технический рисунок

Определение и основные требования к эскизу. *Эскизом называется чертеж, выполненный от руки без помощи чертежных инструментов по правилам прямоугольного проецирования в глазомерном масштабе с приблизительным соблюдением пропорций элементов деталей.*

Эскизы можно выполнять на любой бумаге стандартного формата, но на писчей бумаге в клетку легче проводить параллельные и перпендикулярные линии, а также соблюдать пропорциональность элементов детали. Эскизы выполняются в соответствии с ЕСКД на чертежи, а все надписи на них делают чертежным шрифтом.

Поскольку эскиз является документом при изготовлении детали или служит для выполнения по нему рабочего чертежа, он должен содержать все необходимые сведения (форму, размеры, материал, шероховатость поверхности, термообработку и т.д.).

Эскиз каждой детали выполняется на отдельном формате без указания масштаба мягким карандашом (М или 2М).

Порядок выполнения эскиза. Эскизирование с натуры рекомендуется выполнять в определенной последовательности, которую рассмотрим на примере детали, приведенной на рис. 3.183.

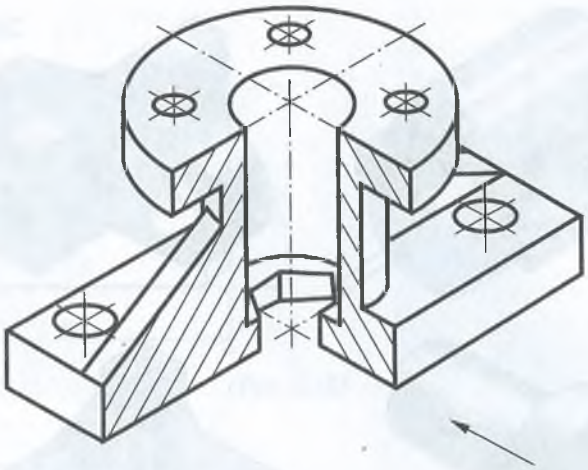


Рис. 3.183

1. *Ознакомление с деталью.* Выяснив, если возможно, назначение детали, определить ее форму и форму основных составных элементов, на которые ее мысленно можно расчленить (форму простых геометрических тел).

Деталь, показанная на рисунке, состоит из площадки прямоугольной формы с четырьмя отверстиями, на которой размещен цилиндр, заканчивающийся цилиндрическим фланцем также с четырьмя отверстиями. Для придания жесткости конструкции служат два наклонных ребра с прямоугольным сечением (элементы типа тонкой стенки). Внутри детали имеются цилиндрическое отверстие и отверстие в виде шестиугольной призмы.

По возможности необходимо составить общее представление о материале детали, требуемых обработке, шероховатости отдельных поверхностей, покрытии и т.п.

2. *Выбор главного вида и его расположения.* Главный вид должен давать наибольшее представление о форме и размерах детали, а также облегчать пользование эскизом при ее изготовлении (рис. 3.184, вид по стрелкам).

Обычно детали изображают на главном виде в рабочем положении, т.е. в том положении, которое деталь занимает в изделии при эксплуатации. Такие детали как валы, оси, шкивы, болты и другие, содержащие цилиндрические и конические поверхности вращения и обрабатываемые на токарных станках в горизонтальном положении, изображают на главном виде с горизонтально расположенной осью (рис. 3.185, 3.186).

Для детали, изображенной на рис. 3.183, направление взгляда при выборе главного вида показано стрелкой. Этот вид дает наибольшее представление о форме и габаритных размерах детали с учетом разреза, который на нем будет выполняться.

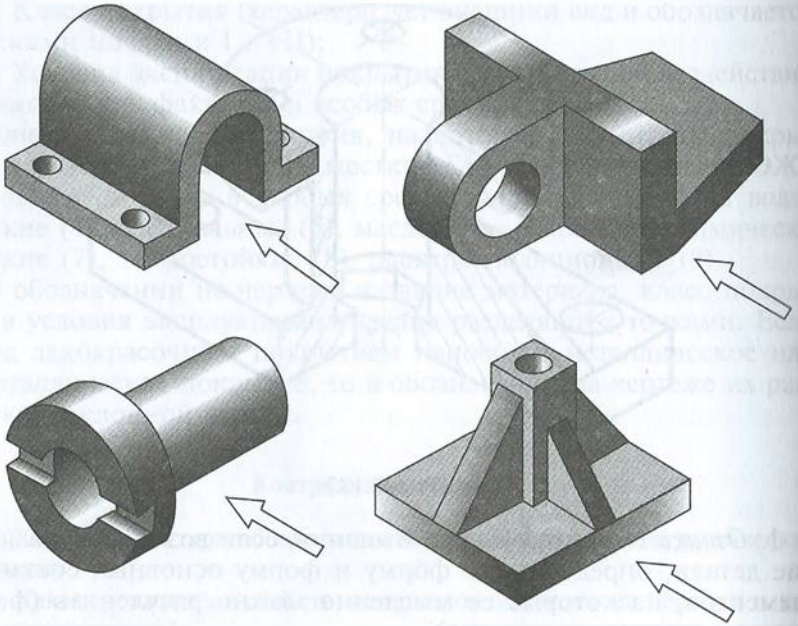


Рис. 3.184

3. *Определение необходимого числа изображений* (*видов, разрезов, сечений*). Число изображений должно быть минимальным, но достаточным, чтобы полностью выявить все формы предмета и нанести их размеры. Поскольку по возможности на чертеже следует избегать нанесения линий невидимого контура, то для выявления внутренних поверхностей детали следует кроме видов применять разрезы и сечения.

На рис. 3.185, 3.186 изображены детали, для выявления форм которых достаточно одного вида. Цилиндрические и квадратные формы элементов этих деталей определены значками диаметра (∅) и квадрата (□) перед размерными числами, что исключает надобность вида слева.

Для выявления форм детали, изображенной на рис. 3.187, кроме главного вида используются два вынесенных сечения, местный вид и местный разрез.

Для выявления формы деталей, изображенных на рис. 3.188, необходимо иметь два вида (главный и вид слева). Вид слева выявляет форму и расположение пазов на рис. 3.188, *а* и форму призмы на рис. 3.188, *б*. Вместо вида слева иногда по условиям компоновки чертежа таких деталей используют их сечения по цилиндру с пазами и шестиугольной призме, которые размещают под главным видом.

Для детали, показанной на рис. 3.183, необходимы три вида (главный, сверху, слева), совмещенные с разрезами; местный

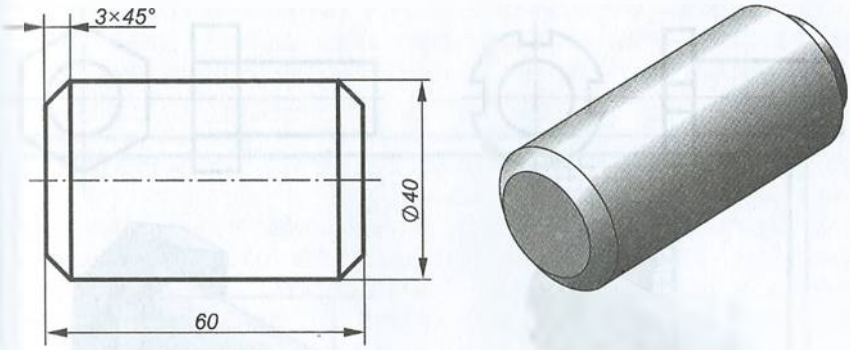


Рис. 3.185

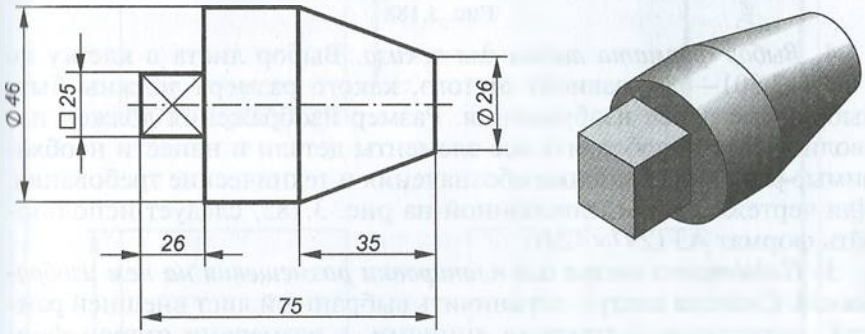


Рис. 3.186

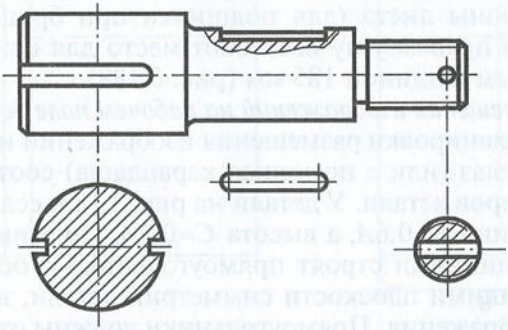


Рис. 3.187

разрез, выявляющий отверстия на прямоугольной площадке, и вынесенное сечение по ребру, дающее представление о форме ребра. Разрез на главном виде выявляет внутренние невидимые элементы детали, разрез на виде сверху показывает форму перехода от боковой плоскости ребра к цилиндру, а разрез на виде слева позволяет выявить отверстие на круглом фланце выкатыванием его в секущую плоскость.

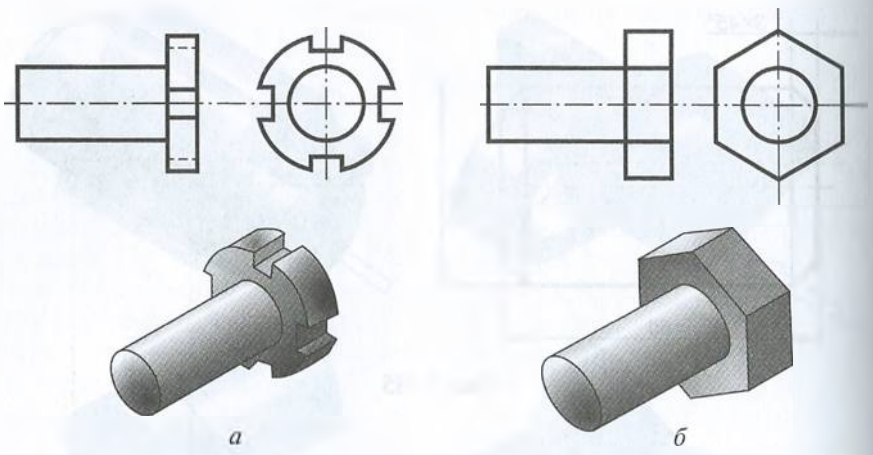


Рис. 3.188

4. *Выбор формата листа для эскиза.* Выбор листа в клетку по ГОСТ 2.301—68* зависит от того, какого размера должны быть выбранные ранее изображения. Размер изображения должен позволить четко изобразить все элементы детали и нанести необходимые размеры, условные обозначения и технические требования. Для чертежа детали, показанной на рис. 3.183, следует использовать формат А3 (297×420).

5. *Подготовка листа для планировки размещения на нем изображений.* Сначала следует ограничить выбранный лист внешней рамкой, выполняемой тонкими линиями, с размерами сторон формата (297×420), а затем нанести внутреннюю рамку основными линиями. Расстояние между рамками с трех сторон должно быть 5 мм, а с левой стороны листа (для подшивки при брошюровке) — 20 мм. Внизу в правом углу выделяют место для основной надписи высотой 55 мм и длиной 185 мм (рис. 3.189).

6. *Планировка размещения изображений на рабочем поле чертежа* (см. рис. 3.189). Для планировки размещения изображений необходимо определить на глаз (или с помощью карандаша) соотношение габаритных размеров детали. У детали на рис. 3.183, если принять длину за A, ширина $B \approx 0{,}6A$, а высота $C \approx 0{,}5A$. По этим соотношениям тонкими линиями строят прямоугольники с осевыми линиями, отображающими плоскости симметрии детали, в которые затем вносят изображения. Прямоугольники должны отстоять друг от друга, от рамки и основной надписи чертежа на расстояния, достаточные для нанесения размерных линий, различных условных знаков и записи технических требований.

Процесс планировки можно облегчить, используя прямоугольники, вырезанные из бумаги или картона, со сторонами, равными габаритным размерам детали. Перемещая их по полю чертежа, выбирают наиболее удачное расположение изображений.

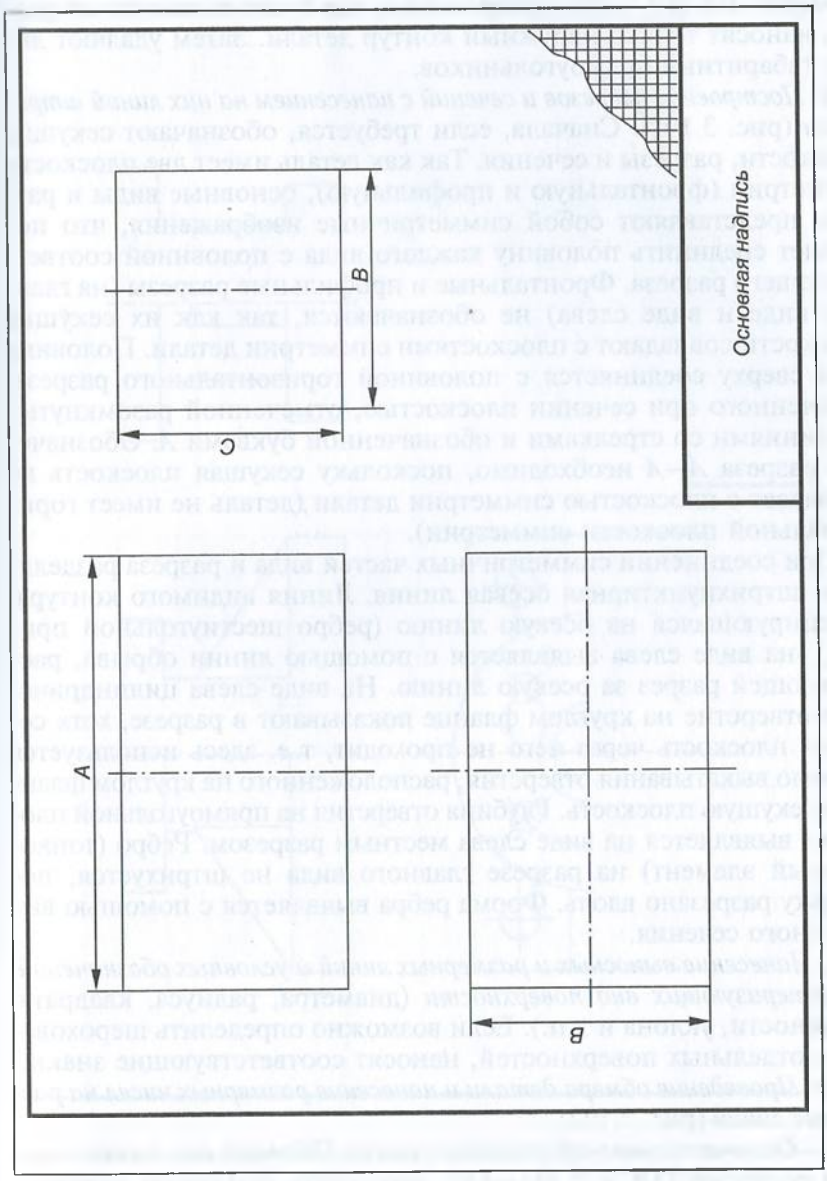


Рис. 3.189

7. *Выполнение видов деталей.* Внутри габаритных прямоугольников тонкими линиями выполняют виды деталей, начиная с их левой или верхней стороны (рис. 3.190). При этом следует соблюдать пропорции элементов детали и проекционную связь всех изображений. На той части изображения, где будет выполняться разрез, наносят только наружный контур детали. Затем удаляют линии габаритных прямоугольников.

8. *Построение разрезов и сечений с нанесением на них линий штриховки* (рис. 3.191). Сначала, если требуется, обозначают секущие плоскости, разрезы и сечения. Так как деталь имеет две плоскости симметрии (фронтальную и профильную), основные виды и разрезы представляют собой симметричные изображения, что позволяет соединить половину каждого вида с половиной соответствующего разреза. Фронтальные и профильные разрезы (на главном виде и виде слева) не обозначаются, так как их секущие плоскости совпадают с плоскостями симметрии детали. Половина вида сверху соединяется с половиной горизонтального разреза, полученного при сечении плоскостью, отмеченной разомкнутыми линиями со стрелками и обозначенной буквами *А*. Обозначение разреза *А—А* необходимо, поскольку секущая плоскость не совпадает с плоскостью симметрии детали (деталь не имеет горизонтальной плоскости симметрии).

При соединении симметричных частей вида и разреза разделяет их штрихпунктирная осевая линия. Линия видимого контура, проецирующаяся на осевую линию (ребро шестиугольной призмы), на виде слева выявляется с помощью линии обрыва, расширяющей разрез за осевую линию. На виде слева цилиндрическое отверстие на круглом фланце показывают в разрезе, хотя секущая плоскость через него не проходит, т.е. здесь используется правило выкатывания отверстия, расположенного на круглом фланце, в секущую плоскость. Глубина отверстия на прямоугольной площадке выявляется на виде слева местным разрезом. Ребро (тонкостенный элемент) на разрезе главного вида не штрихуется, поскольку разрезано вдоль. Форма ребра выявляется с помощью вынесенного сечения.

9. *Нанесение выносных и размерных линий и условных обозначений, характеризующих вид поверхности* (диаметра, радиуса, квадрата, конусности, уклона и т.п.). Если возможно определить шероховатость отдельных поверхностей, наносят соответствующие знаки.

10. *Проведение обмера детали и нанесение размерных чисел на размерные линии* (рис. 3.192).

11. *Окончательное оформление эскиза.* Обвести все линии чертежа согласно ГОСТ 2.303—68*. Заполнить основную надпись. При необходимости привести сведения о предельных отклонениях размеров, формы и расположения поверхностей, записать технические требования и т.п.

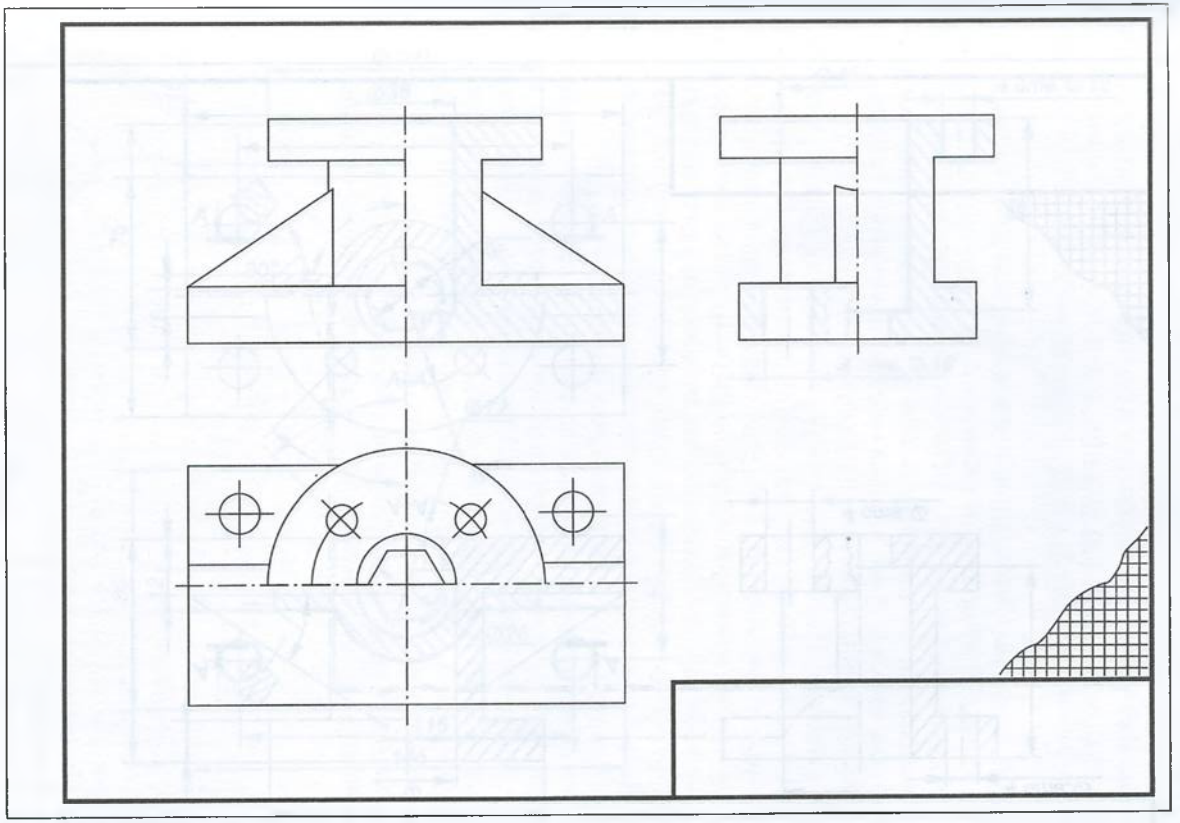


Рис. 3.190

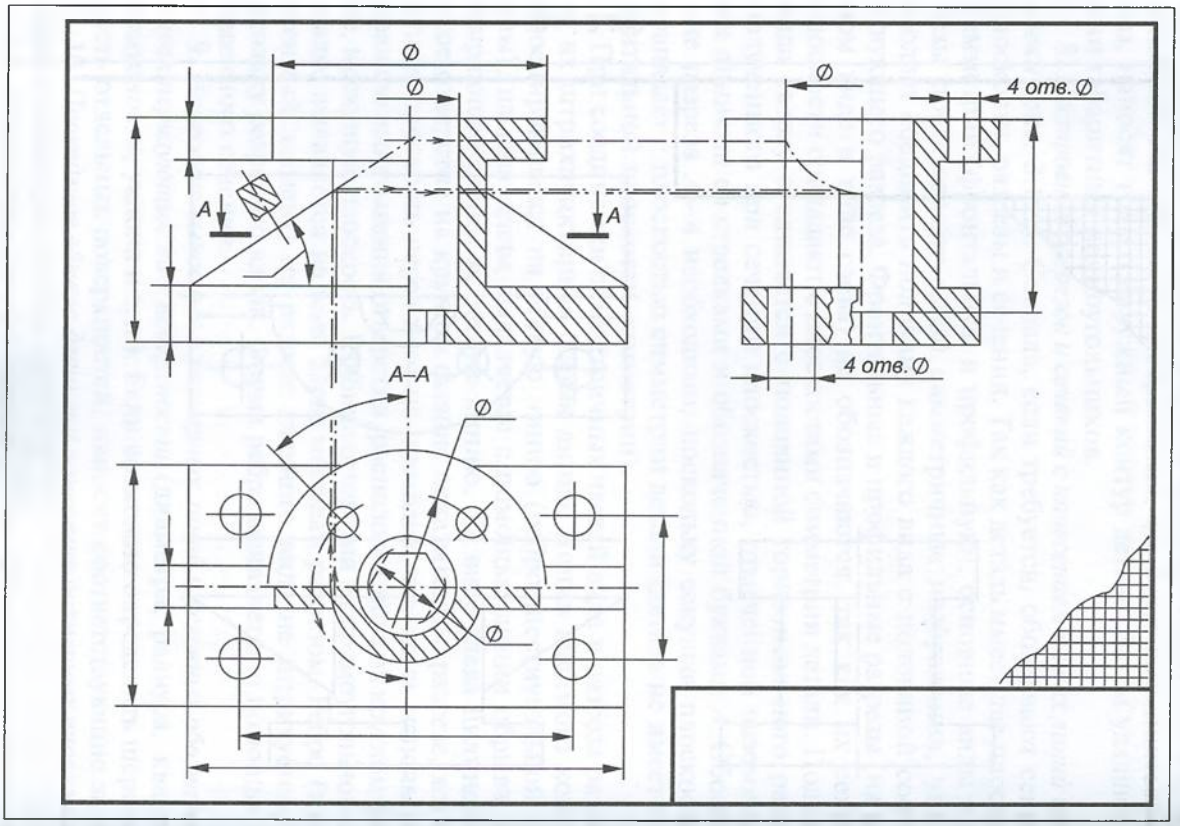


Рис. 3.191

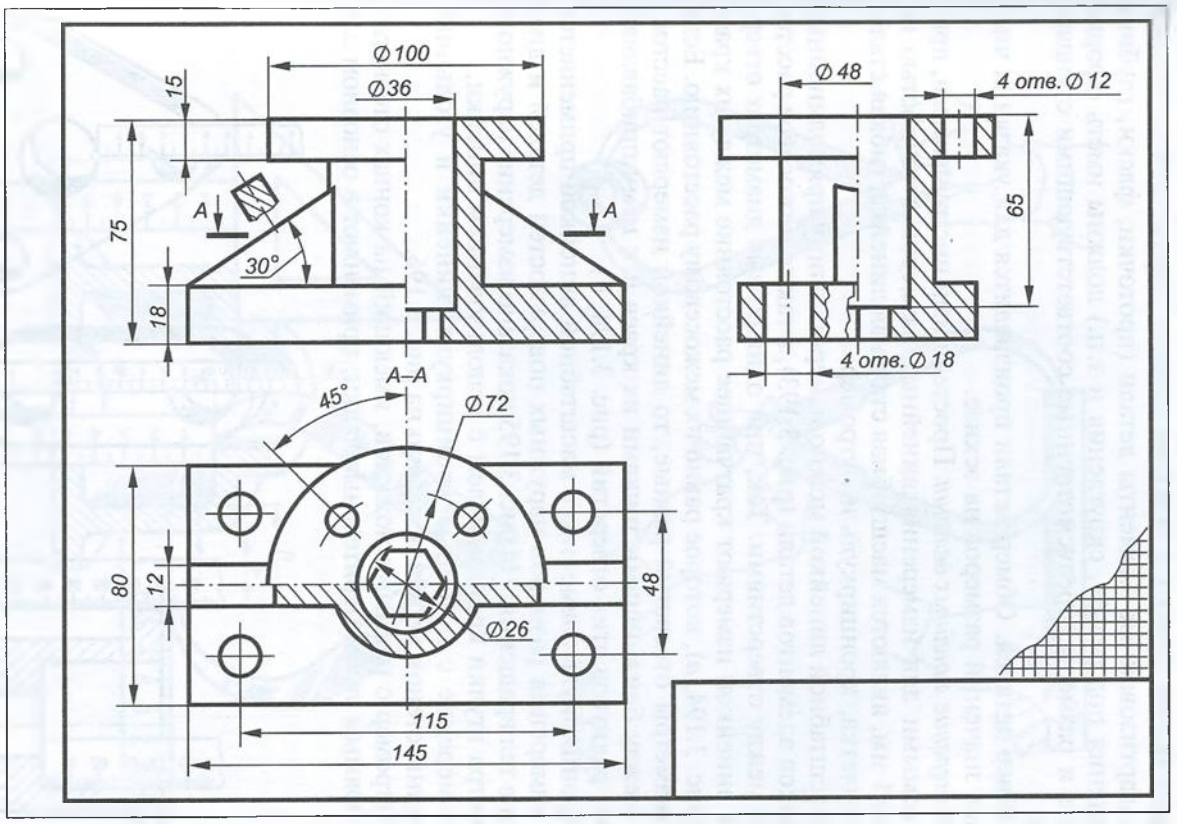


Рис. 3.192

Выполняя эскиз детали с натуры, следует критически относиться к форме и расположению отдельных ее элементов. Так, например, дефекты литья (неравномерность толщины стенок, смещение центра отверстия, неровность краев, раковины, асимметрия частей детали и т.п.) не должны отражаться на эскизе. Стандартизованные элементы детали (проточки, фаски, глубина сверления под резьбу, скругления и т.п.) должны иметь оформление и размеры, предусмотренные соответствующими стандартами.

Обмер деталей. Обмер детали производится для указания числовых значений размеров на эскизе.

Измерение линейных величин. Простейшими инструментами, применяемыми для измерения линейных размеров с точностью не более 1 мм, являются масштабная стальная линейка, гибкая стальная рулетка, кронциркуль и нутромер.

Масштабной линейкой можно измерять длину прямолинейных отрезков элементов детали (рис. 3.193), а также межосевое расстояние между отверстиями. Так, при одинаковых диаметрах отверстий линейкой измеряют кратчайшее расстояние между их краями (рис. 3.194, *а*), которое равно их межосевому расстоянию. Если же диаметры отверстий разные, то линейкой измеряют расстояние между ближайшими точками их краев и к нему прибавляют сумму радиусов этих отверстий (рис. 3.194, *б*).

Кронциркуль совместно с масштабной линейкой применяется для измерения размеров наружных поверхностей деталей и диаметров тел вращения. На рис. 3.195 показано измерение наружного диаметра втулки кронциркулем с использованием линейки.

Измерение с помощью кронциркуля, линейки и угольника толщины стенок детали показано на рис. 3.196.

Нутромер с прямыми ножками, имеющий на концах отогнутые под прямым углом мерительные лапки, применяют в основном для

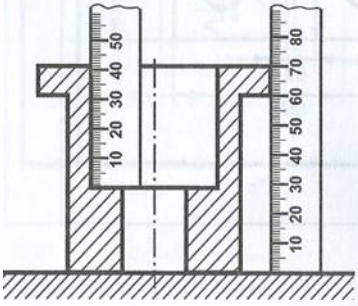
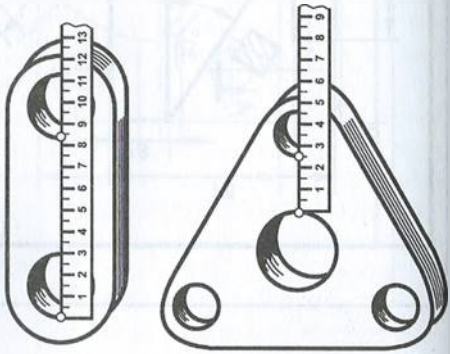


Рис. 3.193



а *б*

Рис. 3.194

измерения диаметров внутренних поверхностей деталей (рис. 3.197), размерные числа которых затем определяют по линейке.

Измерения линейкой, кронциркулем и нутромером имеют низкую точность и используются в основном в учебном процессе. На производстве измерение линейных размеров производится

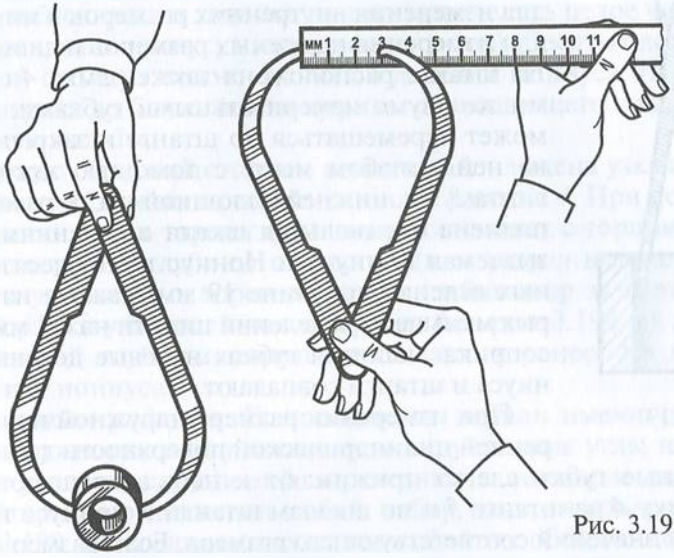


Рис. 3.195

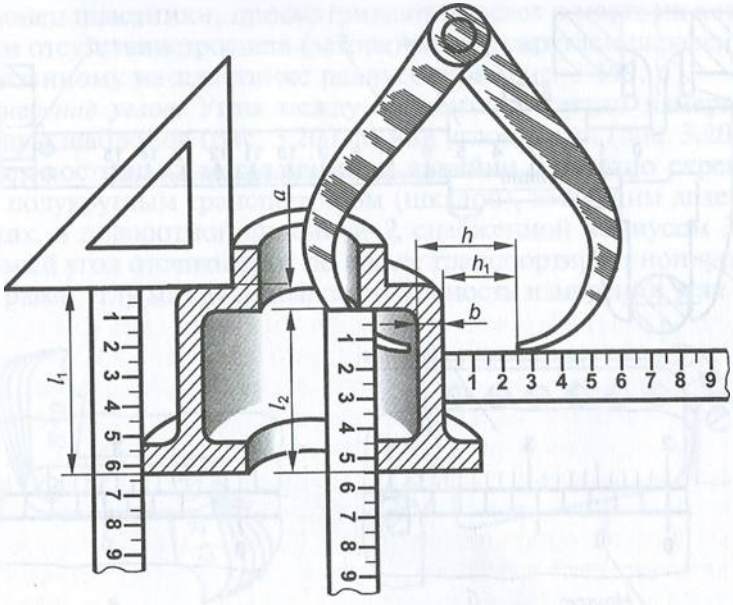


Рис. 3.196



Рис. 3.197

универсальным штангенциркулем, обеспечивающим бо́льшую точность (от 0,1 до 0,05 мм).

Штангенциркуль состоит из линейки (штанги) *5* с миллиметровыми делениями (рис. 3.198, *а*). На конце штанги под прямым углом к ней размещаются две измерительные губки: верхняя *2* для измерения внутренних размеров и нижняя *1* для измерения наружных размеров и диаметров. На штанге расположена также рамка *4* с такими же двумя измерительными губками. Рамка может перемещаться по штанге и закрепляться на ней в любом месте с помощью зажимного винта *3*. На нижней сплошной части рамки выполнена специальная шкала с делениями, называемая нониусом. Нониус имеет десять равных делений на длине 19 мм, каждое из которых меньше двух делений штанги на 0,1 мм. При соприкасающихся губках нулевые деления нониуса и штанги совпадают.

При измерении размера наружной или внутренней цилиндрической поверхности детали измерительные губки слегка прижимают к ней, закрепляют винтом *3* рамку *4* на штанге *5* и по шкалам штанги и нониуса проводят отсчет значений соответствующего размера. Если размер 20 мм,

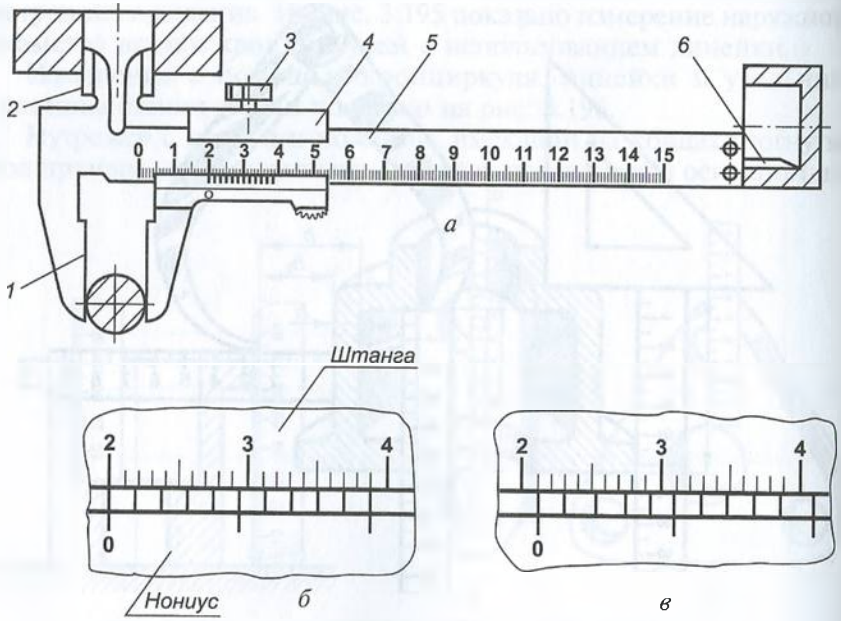


Рис. 3.198

то нулевое деление нониуса точно совпадает с двадцатым делением штанги (рис. 3.198, *б*). Если размер равен 21,1 мм, то нулевое деление нониуса будет сдвинуто вправо от двадцать первого деления штанги на 0,1 мм, а следовательно, первое деление нониуса совпадет с двадцать третьим делением штанги (рис. 3.198, *в*).

Следовательно, для определения значения измеряемого размера необходимо по линейке штанги определить целое число миллиметров, а по нониусу число десятых долей. Десятых долей будет столько, сколько можно отсчитать делений нониуса от его нулевого штриха до ближайшего штриха, совпадающего с каким-либо штрихом штанги.

В пазу с обратной стороны штанги расположена узкая линейка глубиномера *6*, жестко соединенного с рамкой *4*. При сомкнутом положении губок торец глубиномера совпадает с торцом штанги. При измерении глубины отверстия (или уступа в детали) торец штанги упирается в торец детали, а глубиномер за счет перемещения рамки упирают в дно отверстия (см. рис. 3.198, *а*). Значение измеренной глубины определяется, как и ранее, по делениям штанги и нониуса.

Измерение радиусов. Если элементы детали имеют очертания дуги окружности или у детали есть скругленные углы или галтели, то радиусы скруглений определяют с помощью радиусомера, который представляет собой набор пластинчатых шаблонов (рис. 3.199, *а*), соединенных между собой и с обоймой шарниром. Прикладывая к месту скругления детали тот или иной скругленный конец пластинки, просматривают просвет в месте их контакта. При отсутствии просвета (зазора) радиус скругления равен числу, указанному на пластинке радиусомера (рис. 3.199, *б*).

Измерение углов. Углы между элементами детали измеряют с помощью шаблонов (рис. 3.200, *а*) или угломерами (рис. 3.200, *б*). Угломер состоит из металлической линейки *1*, жестко скрепленной с полукруглым транспортиром (шкалой), имеющим деления в градусах, и поворотной линейкой *2*, снабженной нониусом *3*. Измеряемый угол отсчитывают по шкале транспортира и нониусу. Он будет равен углу между линейками. Точность измерения угла — *2'*.

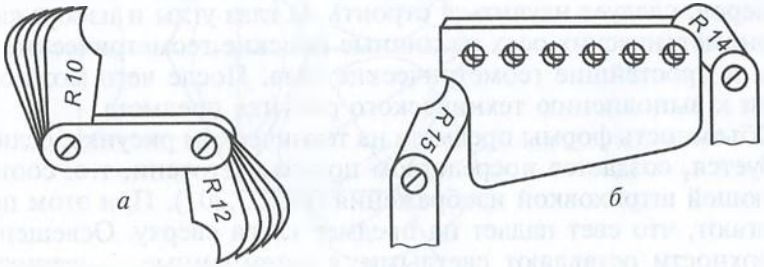
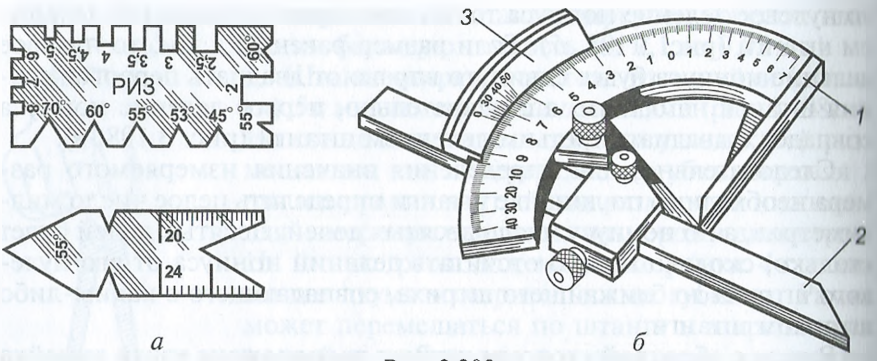


Рис. 3.199



а *б*

Рис. 3.200

Технический рисунок. Техническим рисунком называется наглядное изображение предмета, выполненное от руки в одном из видов аксонометрических проекций (с соблюдением глазомерной пропорции без использования чертежного инструмента). При этом для показа внутреннего устройства предмета применяют разрезы, выделяя сечения штриховкой по правилам аксонометрических проекций и используя те же правила, что и при построении аксонометрических изображений (под теми же углами располагают оси, размеры откладывают вдоль осей или параллельно им).

Технический рисунок может выполняться с натуры или по ортогональному чертежу. Рисование с натуры развивает глазомер, учит правильно ориентировать предмет относительно плоскостей координат, выбирать вид аксонометрических проекций, выполнять разрезы. Для выполнения рисунка по ортогональному чертежу требуется уметь правильно читать форму изображаемого предмета по нему.

При выполнении технического рисунка чаще всего используют прямоугольные изометрическую и диаметрическую аксонометрические проекции, поскольку они обладают наибольшей наглядностью.

Умение и навыки технического рисования достигаются тренировкой. При этом начинать следует с проведения линий различных расположения и толщины, а также с деления отрезков прямых, дуг и углов на равные части. Затем, используя соотношения размеров, следует научиться строить на глаз углы и изображать в аксонометрических осях различные плоские геометрические фигуры и простейшие геометрические тела. После чего можно перейти к выполнению технического рисунка предмета.

Объемность формы предмета на техническом рисунке, если это требуется, создается посредством показа светотени, т.е. соответствующей штриховкой изображения (рис. 3.201). При этом предполагают, что свет падает на предмет слева сверху. Освещенные поверхности оставляют светлыми, а затемненные — штрихуют, тем чаще, чем темнее поверхность предмета.

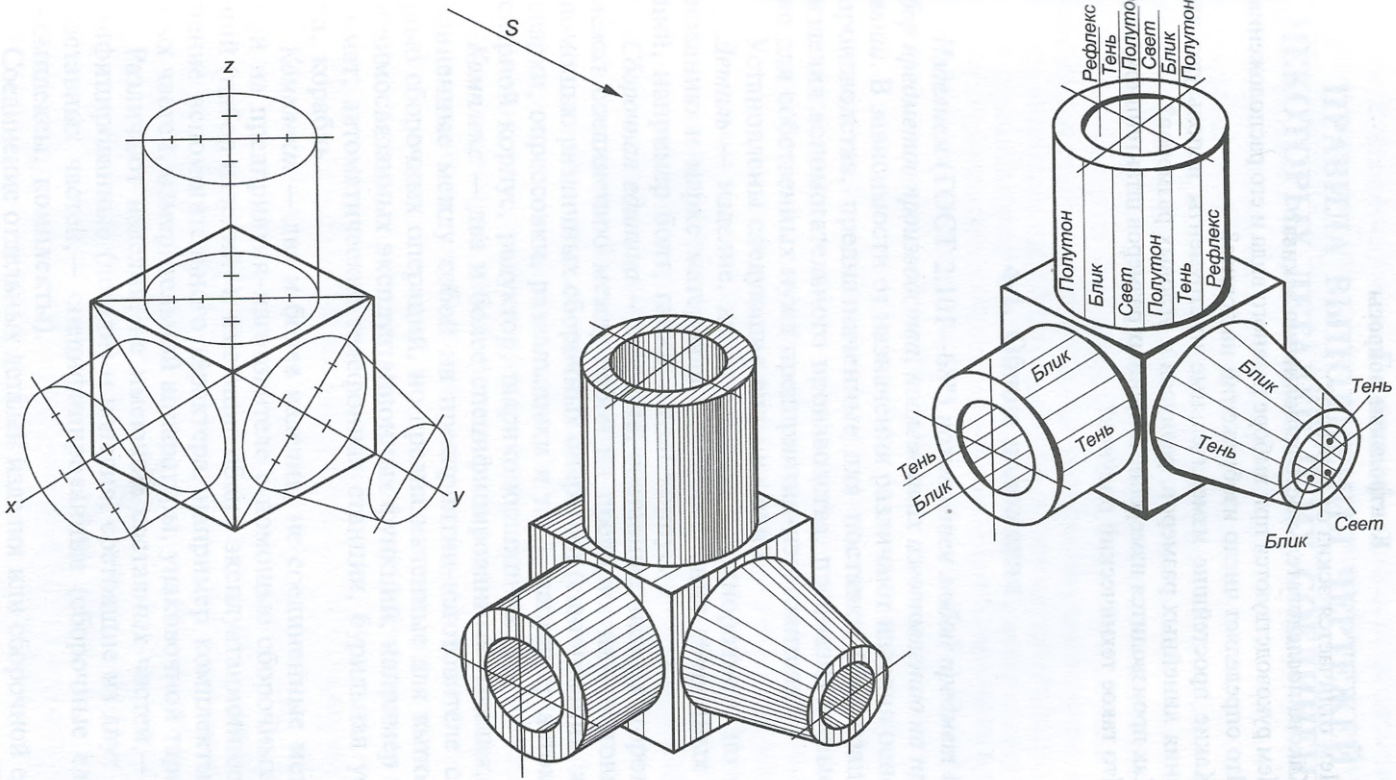

S
z
x
y
Рефлекс
Тень
Полутон
Свет
Блик
Полутон
Полутон
Блик
Свет
Полутон
Тень
Рефлекс
Блик
Тень
Блик
Тень
Блик
Тень
Тень
Блик
Свет

Рис. 3.201

Контрольные вопросы

1. Чем отличается эскиз от чертежа?
2. Какова последовательность выполнения эскиза?
3. Чем руководствуются при выборе главного вида и его расположения?
4. Что определяет число изображений на эскизе?
5. Какие простейшие измерительные инструменты используют для измерения линейных размеров, радиусов и угловых размеров?
6. Как производится измерение линейных размеров штангенциркулем?
7. Что такое технический рисунок?

Глава 4
ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ НЕКОТОРЫХ ДЕТАЛЕЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

4.1. Общие положения

Изделием (ГОСТ 2.101—68*) *называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.* В зависимости от назначения различают изделия основного производства, предназначенные для поставки (реализации), и изделия вспомогательного производства, предназначенные только для собственных нужд предприятия-изготовителя.

Установлены следующие виды изделий.

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, например болт, гайка, литой корпус.

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе с помощью различных сборочных операций (свинчивания, клепки, сварки, опрессовки, развальцовки и т. п.), например автомобиль, сварной корпус, редуктор, шарикоподшипник.

Комплекс — два и более специфицированных изделия, не соединенные между собой на предприятии-изготовителе с помощью сборочных операций, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например цех-автомат, автоматическая телефонная станция, бурильная установка, корабль.

Комплект — два и более изделия, не соединенные между собой на предприятии-изготовителе с помощью сборочных операций (набор изделий) и имеющие общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например комплекты запасных частей, измерительной аппаратуры, упаковочной тары и т. п.

Различают изделия, не имеющие составных частей,— неспецифицированные (детали) и изделия, состоящие из двух и более составных частей,— специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты).

Соединение отдельных деталей изделия или сборочной единицы между собой может быть подвижным или неподвижным. При под-

вижном соединении в процессе работы машины относительное перемещение деталей возможно, а при неподвижном — невозможно.

В зависимости от технологических и эксплуатационных требований различают соединения неразъемные и разъемные. Неразъемные соединения нельзя разобрать без повреждения соединяемых деталей. Это сварные и заклепочные соединения, соединения пайкой и склеиванием, развальцовкой, а также соединения с натягом, в которых до сборки размер вала больше размера отверстия и неподвижность обеспечивается за счет упругопластической деформации деталей.

Разъемные соединения можно многократно собирать и разбирать без повреждения соединяемых деталей. Это резьбовые, шпоночные, шлицевые, штифтовые и клиновые соединения.

4.2. Резьбы

В машиностроении широко применяют детали, имеющие резьбу. В основе образования резьбы лежит принцип получения винтовой линии. Под резьбой понимают поверхность, образованную при винтовом движении плоской фигуры по винтовой линии.

Винтовая линия — это пространственная кривая линия, которую можно представить как траекторию точки, одновременно участвующей в двух движениях: равномерно-поступательном по образующей какой-либо поверхности вращения и равномерно-вращательном вокруг оси заданной поверхности. В технике наибольшее распространение получила цилиндрическая винтовая линия.

Винтовую линию можно получить на токарном станке, закрепив в центрах цилиндрический стержень. Если этому стержню придать равномерно-вращательное движение, а резцу — равномерно-поступательное, то острие резца начертит на поверхности стержня винтовую линию (рис. 4.1), а при углублении его в стержень — нарежет резьбу (рис. 4.2).

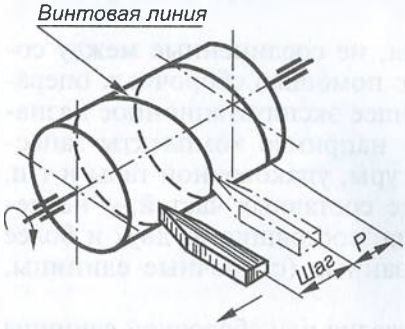


Рис. 4.1

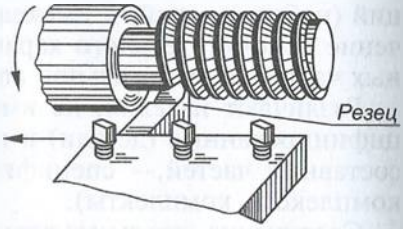
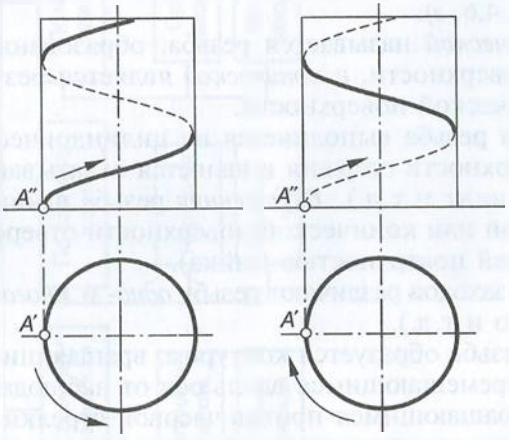


Рис. 4.2

Винтовые линии могут быть правого и левого направления. Если точка, образующая винтовую линию, вращается по часовой стрелке, удаляясь вдоль оси от наблюдателя, то ее называют *правой винтовой линией* (рис. 4.3, *а*), а если против часовой стрелки — *левой винтовой линией* (рис. 4.3, *б*).

Подобно тому, как при винтовом движении точки образуется цилиндрическая винтовая линия, можно при винтовом движении отрезка получить винтовую поверхность. Если же в качестве производящей использовать плоскую фигуру (треугольник, трапецию, полукруг, квадрат) и заставить ее двигаться по поверхности цилиндра так, чтобы вершины этой фигуры перемещались по винтовым линиям, а плоскость самой фигуры проходила бы через ось цилиндра, получим винтовое тело (рис. 4.4). При этом производящие фигуры выполняют на цилиндрической поверхности винтовые выступы, витки резьбы.



а *б*

Рис. 4.3

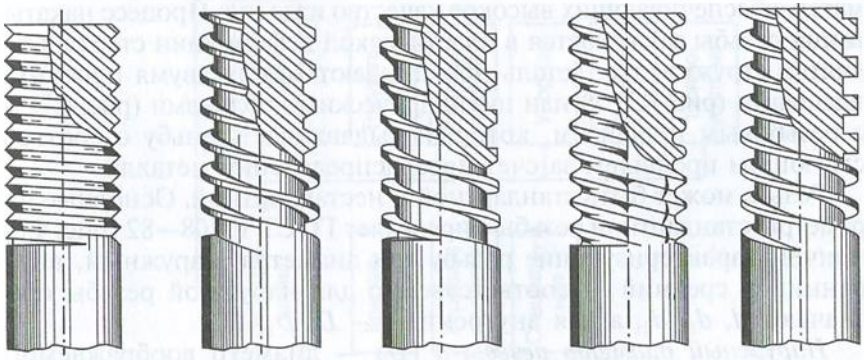


Рис. 4.4

Назначение, основные параметры и элементы резьбы

Резьбой называют поверхность, образованную при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

Классификация резьбы по различным признакам приведена на рис. 4.5.

Крепежная резьба применяется в соединительных деталях машин, механизмов и приборов, т.е. болтах, винтах, шпильках, гайках.

Ходовая и грузовая резьбы применяются в подъемных винтах винтовых прессов, домкратов и станках для преобразования вращательного движения в поступательное.

Специальная резьба используется в инструментах для нарезания резьбы в отверстии — метчиках (рис. 4.6, *а*) и на стержне — плашках (рис. 4.6, *б*), а также в инструментах для выполнения отверстий — сверлах (рис. 4.6, *в*) и обработки плоскостей, канавок и пазов — фрезах (рис. 4.6, *г*).

Цилиндрической называется резьба, образованная на цилиндрической поверхности, а *конической* является резьба, образованная на конической поверхности.

Наружная резьба выполняется на цилиндрической или конической поверхности стержня и является охватываемой поверхностью (болт, винт и т.д.). *Внутренняя* резьба выполняется на цилиндрической или конической поверхности отверстия и является охватывающей поверхностью (гайка).

По числу заходов различают резьбу *одно-* и *многозаходную* (двух-, трехзаходную и т.д.).

Правая резьба образуется контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси от наблюдателя, а *левая* — контуром, вращающимся против часовой стрелки.

В настоящее время основным промышленным способом нарезания резьбы на метизных изделиях (болтах, шпильках, винтах) является их накатка на высокопроизводительных резьбонакатных автоматах, обеспечивающих высокое качество изделия. Процесс накатывания резьбы заключается в пластической деформации стержня без снятия стружки, т.е. деталь прокатывают между двумя плоскими плашками (рис. 4.7, *а*) или цилиндрическими роликами (рис. 4.7, *б*) с резьбовым профилем, который выдавливает резьбу с соответствующим профилем за счет перераспределения металла.

Резьба может быть стандартной и нестандартной. Основные параметры стандартной резьбы определяет ГОСТ 11708—82 (рис. 4.8), причем характеризующие резьбу три диаметра: наружный, внутренний и средний — соответственно для наружной резьбы обозначают d, d_1, d_2, а для внутренней — D, D_1, D_2.

Наружный диаметр резьбы d (D) — диаметр воображаемого прямого кругового цилиндра, описанного вокруг вершин наруж-

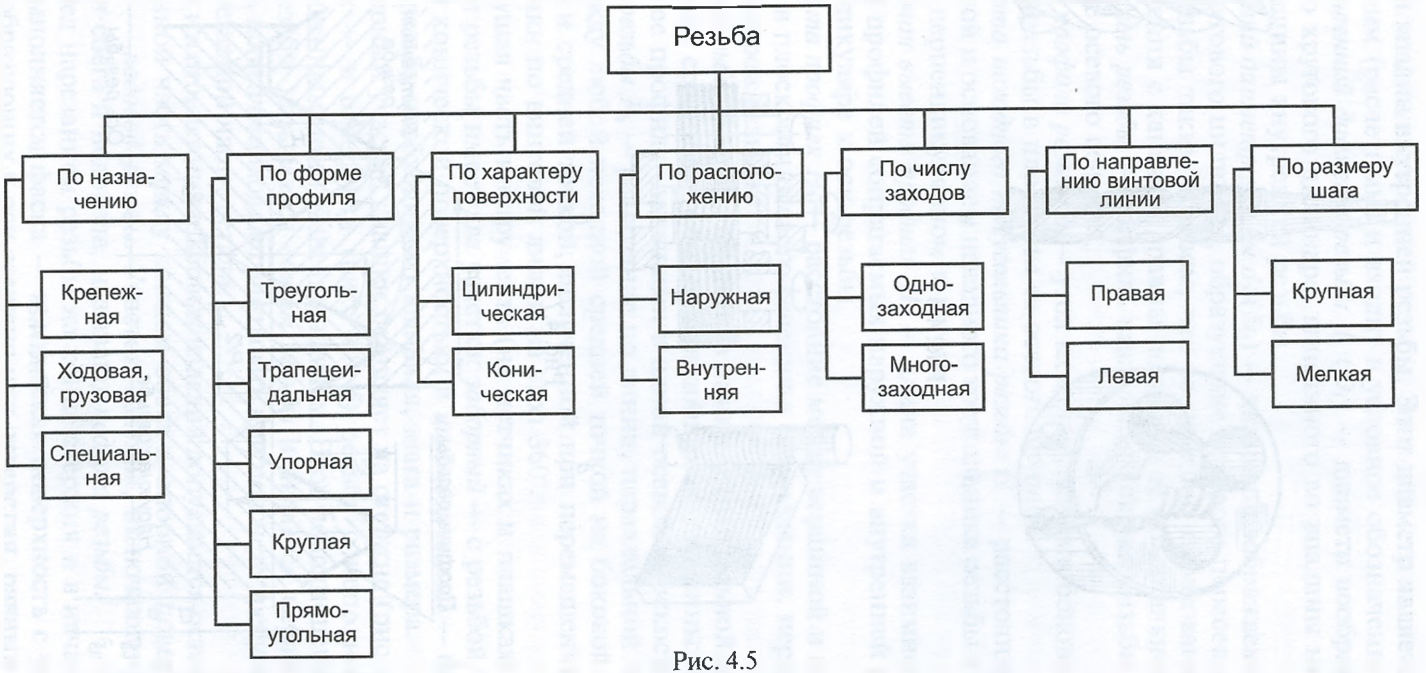
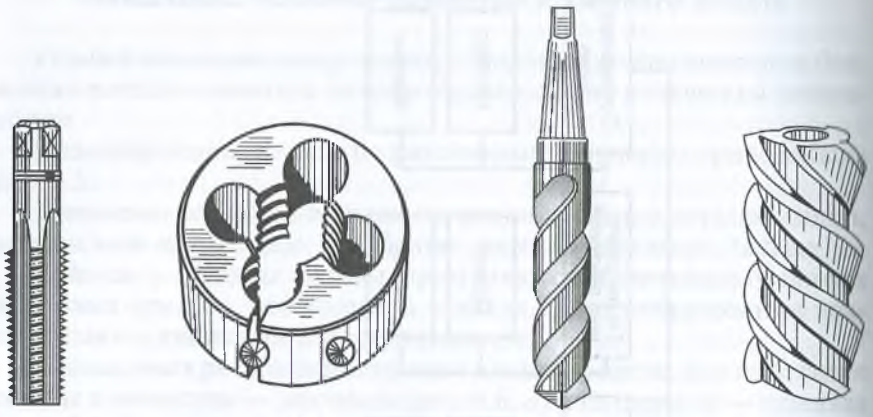
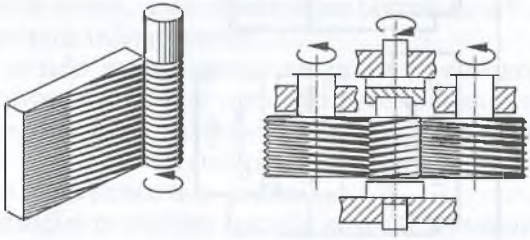

Резьба
По назначению
Крепежная
Ходовая, грузовая
Специальная
По форме профиля
Треугольная
Трапецеидальная
Упорная
Круглая
Прямоугольная
По характеру поверхности
Цилиндрическая
Коническая
По расположению
Наружная
Внутренняя
По числу заходов
Однозаходная
Многозаходная
По направлению винтовой линии
Правая
Левая
По размеру шага
Крупная
Мелкая

Рис. 4.5



а *б* *в* *г*

Рис. 4.6



а *б*

Рис. 4.7

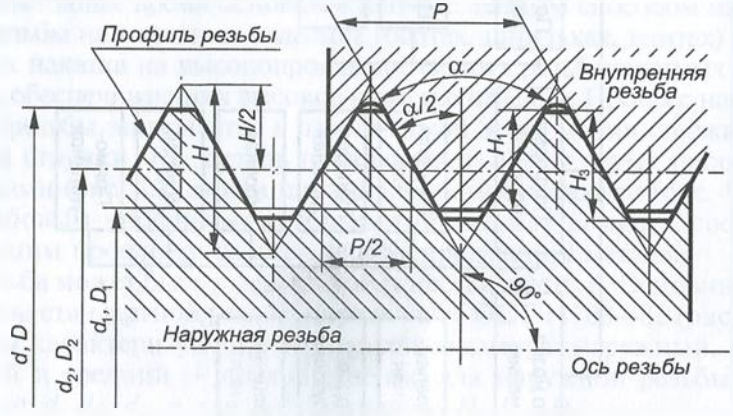


Рис. 4.8

ной или впадин внутренней резьбы. Этот диаметр является определяющим (расчетным) и входит в условное обозначение резьб.

Внутренний диаметр резьбы d_1 (D_1) — диаметр воображаемого прямого кругового цилиндра, вписанного во впадины наружной или вершины внутренней резьбы.

Средний диаметр резьбы d_2 (D_2) — диаметр воображаемого прямого кругового цилиндра, образующие которого пересекают профиль резьбы таким образом, что ее отрезки, образованные при пересечении с канавкой, равны половине ее номинального шага.

Профиль резьбы — профиль выступа и канавки резьбы в плоскости ее осевого сечения.

Угол профиля резьбы α — угол между смежными боковыми сторонами резьбы в плоскости ее осевого сечения.

Высота исходного треугольника резьбы H — расстояние между вершиной и основанием исходного треугольника резьбы в направлении, перпендикулярном к ее оси.

Рабочая высота профиля H_1 — длина участка взаимного перекрытия профилей сопрягаемых наружной и внутренней резьб на перпендикуляре к оси резьбы.

Высота профиля H_3 — расстояние между вершиной и впадиной резьбы в плоскости осевого сечения в направлении, перпендикулярном к оси резьбы.

Шаг резьбы P — расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между средними точками ближайших одноименных боковых сторон ее профиля, лежащими в одной осевой плоскости.

Ход резьбы P_h — расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между любой исходной средней точкой на боковой стороне резьбы и средней точкой, полученной при перемещении исходной точки по винтовой линии на угол 360°.

Режущая часть инструмента (на метчиках и плашках) для нарезания резьбы имеет два участка: *заборный* — с резьбой, ограниченной конической поверхностью, и *цилиндрический* — формирующий резьбу необходимого профиля, шага и размера.

Заборный участок плашки оставляет на стержне (рис. 4.9, *а*), а метчик — в отверстии (рис. 4.9, *б*) резьбу с неполноценным (уменьшенным по глубине) профилем. Этот неполноценный участок резьбы называется *сбегом резьбы* и является нерабочей его частью, но его необходимо учитывать при подсчете требуемой длины нарезаемой части детали.

При изготовлении резьбовых изделий допускается оставлять ненарезанной часть между концом сбега и опорной поверхностью детали — *недовод резьбы*. Участок изделия, включающий в себя участки сбега и недовода, называют *недорез резьбы*.

Перед нарезанием резьбы на конце стержня и в начале отверстия выполняется фаска — коническая поверхность с углом наклона образующих к оси стержня или отверстия, равным 45°. На-

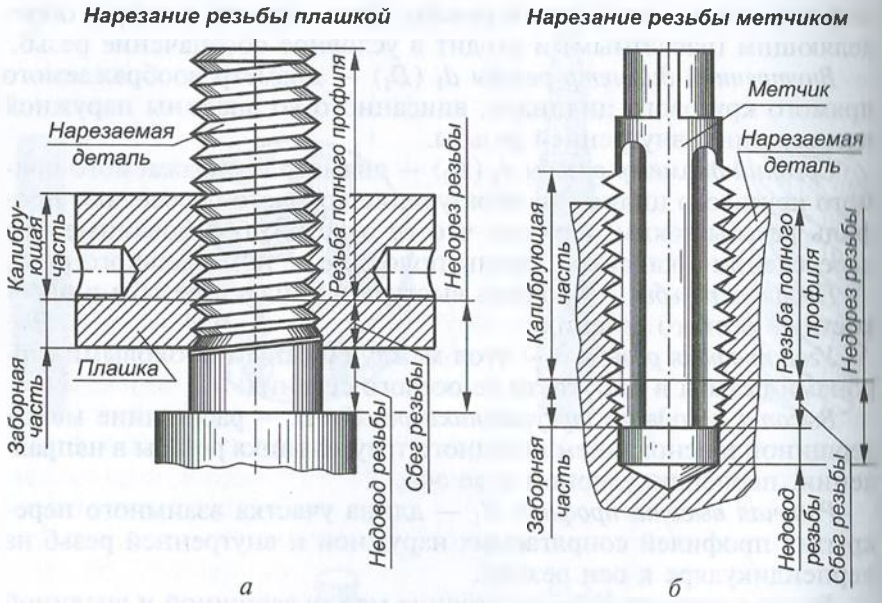


Рис. 4.9

личие фаски упрощает процесс нарезания резьбы в начальный период, а также облегчает соединение между собой резьбовых деталей.

Размеры сбегов, недорезов, проточек и фасок установлены ГОСТ 10549—80* и зависят от типа резьбы, ее диаметра и шага.

Если по конструктивным соображениям необходимо получить резьбу полного профиля на всей нарезаемой части детали, то в конце резьбы выполняют специальные проточки, предназначенные для выхода резьбонарезающего инструмента. На стержне (рис. 4.10, *а*) проточку выполняют с диаметром, несколько меньшим, чем внутренний диаметр резьбы, а в отверстии — с диаметром несколько большим, чем ее наружный диаметр

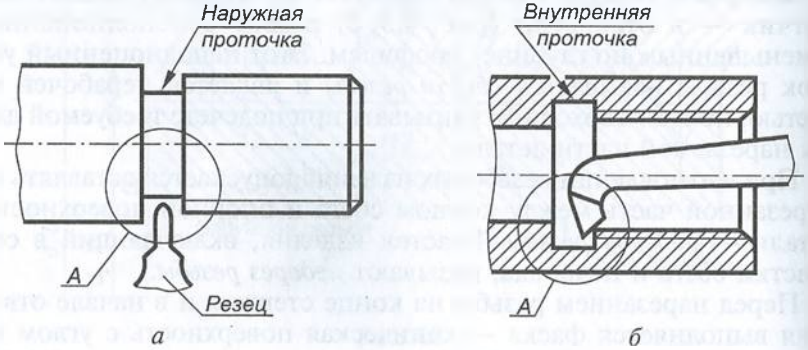


Рис. 4.10

(рис. 4.10, *б*). Все конструктивные размеры проточек обычно проставляются на выносных элементах.

Изображение резьб на чертеже

Вычерчивание резьбы в виде винтовой поверхности — трудоемкая работа, поэтому на чертежах резьбу, независимо от профиля и назначения, изображают условно по ГОСТ 2.311—68*.

Наружная резьба изображается сплошными толстыми основными линиями по наружному диаметру d и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру D_1. На плоскости, параллельной оси резьбы, сплошную тонкую линию проводят на всю длину ее полного профиля, включая фаску (рис. 4.11, *а*). Линию, определяющую границу резьбы, обозначают в конце ее полного профиля сплошной толстой основной линией, если резьба видима, или штриховой, если она невидима (рис. 4.12, *а*). Сбег резьбы при необходимости изображают сплошной тонкой линией, выходящей за пределы ее границы (рис. 4.12, *б*, *в*).

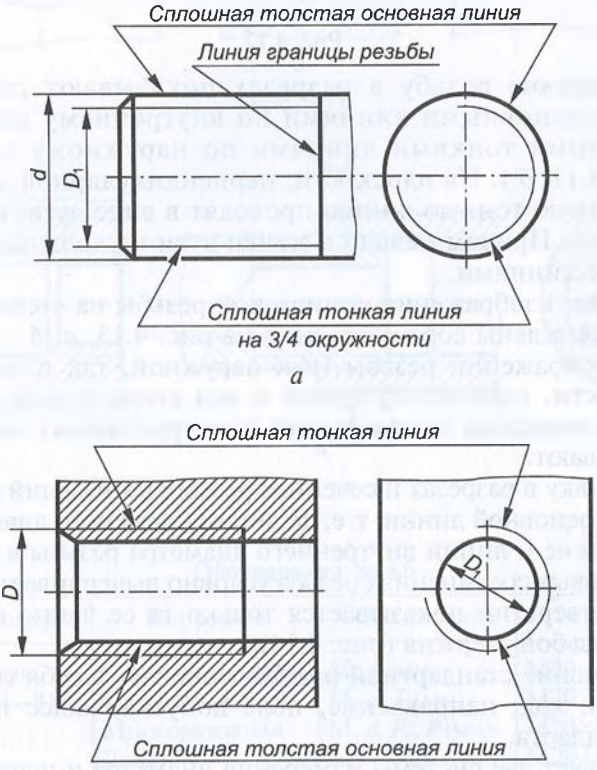


Рис. 4.11

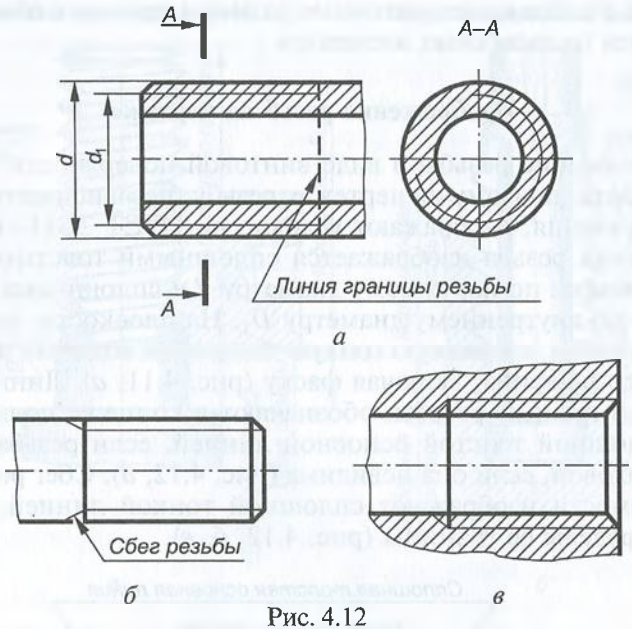


Рис. 4.12

Внутреннюю резьбу в разрезах показывают сплошными толстыми основными линиями по внутреннему диаметру D_1 и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру d (см. рис. 4.11, *б*). На плоскости, перпендикулярной к оси резьбы, сплошную тонкую линию проводят в виде дуги, равной 3/4 окружности. Причем начало и конец дуги не должны совпадать с осевыми линиями.

Условные изображения конической резьбы на стержне и в отверстии приведены соответственно на рис. 4.13, *а*, *б*.

При изображении резьбы (как наружной, так и внутренней) на плоскости, перпендикулярной к оси стержня или отверстия, фаски, не имеющие специального конструктивного назначения, не показывают.

Штриховку в разрезах и сечениях резьбовых изделий наносят до сплошной основной линии, т. е. до линии наружного диаметра резьбы на стержне и линии внутреннего диаметра резьбы в отверстии.

В резьбовых соединениях резьба условно вычерчивается на стержне, а в отверстии показывается только та ее часть, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 4.14).

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

Существует две системы измерения диаметра и шага треугольной резьбы: метрическая (единица измерения — миллиметр) и дюймовая (единица измерения — дюйм).

В табл. 4.1 приведены обозначения стандартных резьб: метрической, дюймовой, трубной, конической, трапецеидальной, упорной и круглой.

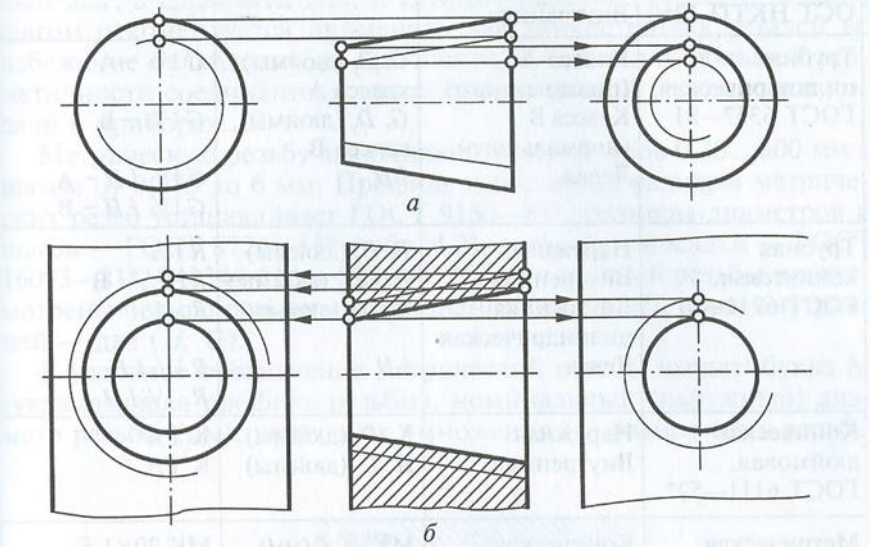


Рис. 4.13

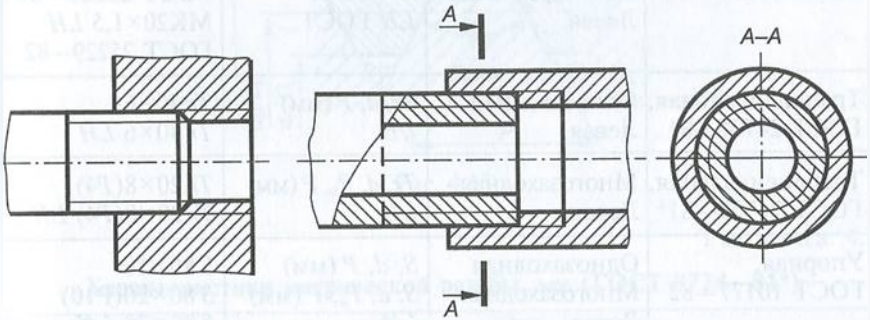


Рис. 4.14

Таблица 4.1

Обозначения резьб

Резьба, стандарт	Вид резьбы	Обозначение	Пример
Метрическая, ГОСТ 8724—81*	С крупным шагом С мелким шагом Многозаходная Левая	М, d (мм) М, d, P (мм) М, d, P_h, P (мм) LH	М20 М20×1,5 М20×3(P1) М20LH, М20×1,5LH, М20×3(P1)LH

Окончание табл. 4.1

Резьба, стандарт	Вид резьбы	Обозначение	Пример
Дюймовая, ОСТ НКТП 1260	Наружная Внутренняя	— —	½″ ½″
Трубная цилиндрическая, ГОСТ 6357—81	Класса А (повышенного) Класса В (нормального) Левая	G, D_y (дюймы), класса А G, D_y (дюймы), класса В *LH*	G 1½ – А G 1½ – В G 1½ *LH* – А, G 1½ *LH* – В
Трубная коническая, ГОСТ 6211—81	Наружная Внутренняя Внутренняя цилиндрическая Левая	R, D_y (дюймы) R_c, D_y (дюймы) R_p, D_y (дюймы) *LH*	R 1½ R_c 1½ – В R_p 1½ R 1½ *LH*, R_c 1½ *LH*
Коническая дюймовая, ГОСТ 6111—52*	Наружная Внутренняя	К, D_y (дюймы) К, D_y (дюймы)	К 1½″ К 1½″
Метрическая коническая, ГОСТ 25229—82	Коническая Внутренняя цилиндрическая Левая	МК, d, P (мм) М, d, P (мм) *LH* ГОСТ...	МК 20×1,5 М20×1,5 ГОСТ 25229—82 МК20×1,5 *LH* ГОСТ 25229—82
Трапецеидальная, ГОСТ 24738—81	Однозаходная Левая	*Tr*, d, P (мм) *LH*	*Tr* 40×6 *Tr* 40×6 *LH*
Трапецеидальная, ГОСТ 24739—81*	Многозаходная Левая	*Tr*, d, P_h, P (мм) *LH*	*Tr* 20×8(*P*4) *Tr* 20×8(*P*4) *LH*
Упорная, ГОСТ 10177—82	Однозаходная Многозаходная Левая	S, d, P (мм) S, d, P_h, P (мм) *LH*	S 80×10 S 80×20(P10) S 80×20 *LH*, S 80×20(P10) *LH*
Круглая, ГОСТ 13536—68	Правая	Кр, d, P (мм) ГОСТ...	Кр 12×2,54 ГОСТ 13536—68

Метрическая резьба

Метрическая резьба является основной крепежной резьбой. Эта резьба однозаходная, преимущественно правая. Ее производящей фигурой является равносторонний треугольник, у которого вершина профиля срезана, а впадины срезаны или закруглены

(рис. 4.15). Каждому номинальному диаметру этой резьбы соответствует один крупный (основной) и несколько мелких шагов. Метрические резьбы подобны по профилю, но имеют различный шаг, а следовательно, и глубину нарезки. Резьбу с мелким шагом рекомендуется применять для тонкостенных деталей во избежание ослабления их прочности, а также для большей герметичности соединения и возможности точной регулировки подачи в приборах.

Метрическую резьбу выполняют для диаметров 0,25...600 мм с шагом от 0,075 до 6 мм. Профиль и основные размеры метрических резьб устанавливает ГОСТ 9150—81*, размеры диаметров и шагов — ГОСТ 8724—81* (табл. 4.2), допуски и посадки — ГОСТ 16093—81*, 24834—81* и 4608—81*. Для наружной резьбы предусмотрены четыре основных отклонения (*h*, *g*, *e*, *d*), а для внутренней — два (*H*, *G*).

В условное обозначение метрической резьбы входят: буква М (указывающая профиль резьбы), номинальный (наружный) диаметр резьбы (мм), через знак умножения (×) размер шага резьбы

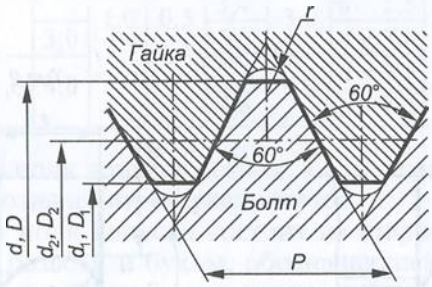
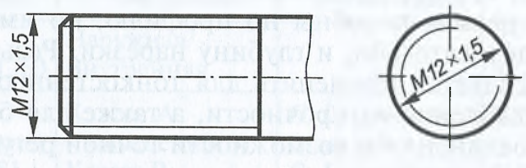


Рис. 4.15

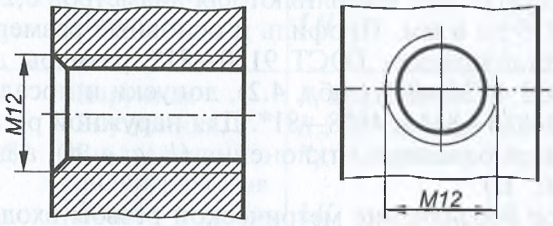
Таблица 4.2

Характеристики метрической резьбы, мм (ГОСТ 8724—81*)

Диаметр			Шаг							
Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	крупный	мелкий						
				0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	3
5	—	—	0,8	0,5	—	—	—	—	—	—
6	—	7	1	0,5	0,75	—	—	—	—	—
8	—	9	1,25	0,5	0,75	1	—	—	—	—
10	—	—	1,5	0,5	0,75	1	1,25	—	—	—
12	—	—	1,75	0,5	0,75	1	1,25	1,5	—	—
16	14	—	2	0,5	0,75	1	1,25	1,5	—	—
20	18, 22	—	2,5	0,5	0,75	1	—	1,5	2	—
24	27	—	3	—	0,75	1	—	1,5	2	—
30	33	—	3,5	—	—	1	—	1,5	2	3
36	39	—	4	—	—	1	—	1,5	2	3

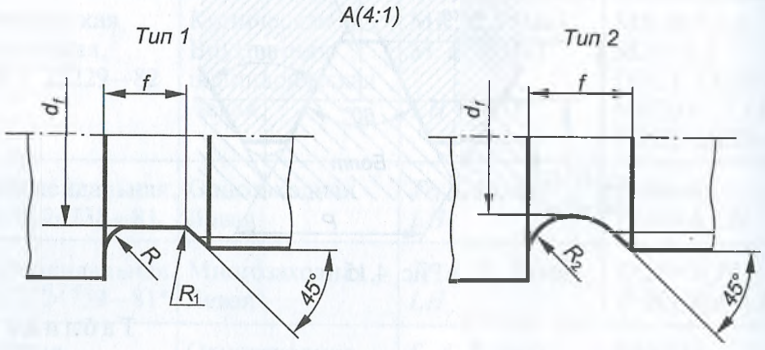


а

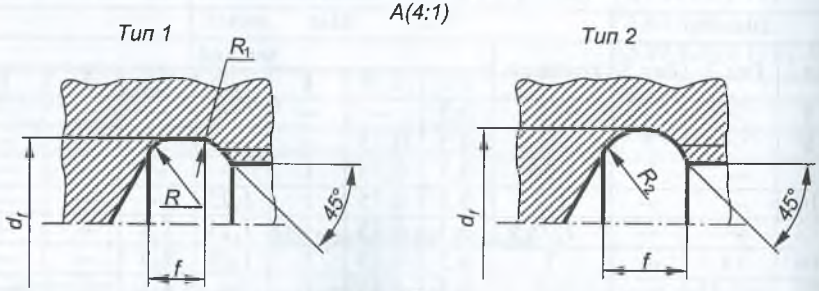


б

Рис. 4.16



а



б

Рис. 4.17

Таблица 4.3

Размеры проточек для наружной метрической резьбы, мм

Шаг резьбы P	Проточка									Фаска	
	тип 1						тип 2		d_f	при сопряжении с внутренней резьбой с проточкой типа 2	для всех других случаев
	нормальная			узкая							
	f	R	R_1	f	R	R_1	f	R_2			
0,5	1,6	0,5	0,3	1,0	0,3	0,2	—	—	$d-0,8$	—	0,5
0,6									$d-0,9$		
0,7	2,0			1,6	0,5	0,3			$d-1,0$		
0,75									$d-1,2$		1,0
0,8	3,0	1,0	0,5								
1				2,0			3,6	2,0	$d-1,5$	2,0	
1,25	4,0			2,5	1,0	0,5	4,4	2,5	$d-1,8$	2,5	1,6
1,5							4,6		$d-2,2$	3,0	
1,75							5,4	3,0	$d-2,5$	3,5	
2	5,0	1,6	1,0	3,0			5,6		$d-3,0$		2,0
2,5	6,0			4,0			7,3	4,0	$d-3,5$	5,0	2,5
3							7,6		$d-4,5$	6,5	

(мм) и указание поля допуска резьбы. Если резьба имеет крупный шаг, то он в обозначении не указывается.

Обозначение поля допуска состоит из цифры, показывающей класс точности резьбы, и буквы, обозначающей основное отклонение. Для наружной резьбы установлены 4, 6 и 8 классы точности, для внутренней резьбы — 4, 5, 6, 7, 8. Для наружной резьбы установлены основные отклонения *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, для внутренней — *E*, *F*, *G*, *H*.

Например, надпись М12 × 1,5—6*g* (рис. 4.16, *а*) означает, что резьба метрическая с наружным диаметром 12 мм, мелким шагом 1,5 мм и полем допуска 6*g* (6 — класс точности, *g* — основное отклонение резьбы болтов), а надпись М12—6*H* (рис. 4.16, *б*), что та же резьба, но с крупным шагом, выполнена в отверстии (6 — класс точности, *H* — основное отклонение резьбы гайки).

При обозначении резьбы в соединении двух деталей в числителе указывается поле допуска внутренней резьбы, а в знаменателе — наружной: М20×1,5—6*H*/6*g*; М20—6*H*/6*g*.

Форма проточек для наружной метрической резьбы (рис. 4.17, *а*) может быть типа 1 (нормальная и узкая) и типа 2, размеры проточек должны соответствовать данным табл. 4.3.

Форма и размеры проточек для внутренней метрической резьбы (рис. 4.17, *б*) должны соответствовать данным табл. 4.4.

Таблица 4.4

Размеры проточек для внутренней метрической резьбы, мм

Шаг резьбы P	Проточка									Фаска	
	тип 1						тип 2		d_f	при сопряжении с наружной резьбой с проточкой	для всех других случаев
	нормальная			узкая							
	f	R	R_1	f	R	R_1	f	R_2			
0,5	2,0	0,5	0,3	1,0*	0,3	0,2	—	—	$d + 0,3$	—	0,5
0,6	—	—	—	—	—	—			—		
0,7											
0,75	3,0	1,0	0,5	1,6	0,5	0,3			$d + 0,4$		1,0
0,8	—	—	—	—	—	—			—		
1	4,0	1,0	0,5	2,0	0,5	0,3	3,6	2,0	$d + 0,5$	2,0	
1,25	5,0	1,6		3,0	1,0	0,5	4,5	2,5		2,5	1,6
1,5	6,0						5,4	3,0	$d + 0,7$		
1,75	7,0			4,0			6,2	3,5		3,0	
2	8,0	2,0	1,0				6,5		$d + 1,0$		2,0
2,5	10	3,0		5,0	1,6		8,9	5,0		4,0	2,5
3				6,0		1,0	11,4	6,9	$d + 1,2$		

Дюймовая резьба

В настоящее время в России применение дюймовой резьбы при проектировании новых машин запрещено. Ее используют только при ремонте оборудования, поступающего из-за границы, а также по каким-либо техническим причинам.

Производящей фигурой дюймовой резьбы является равнобедренный треугольник с углом при вершине 55° (рис. 4.18). Нарезается она на диаметрах $^3/_{16}$...4″ и определяется наружным диаметром, выраженным в дюймах (1″≈ 25,4 мм). Вместо шага для каждого размера дюймовой резьбы устанавливается число витков (ниток) на длине в один дюйм, а в условных обозначениях указывается число дюймов ее наружного диаметра (рис. 4.19).

Основные параметры дюймовой резьбы приведены в табл. 4.5.

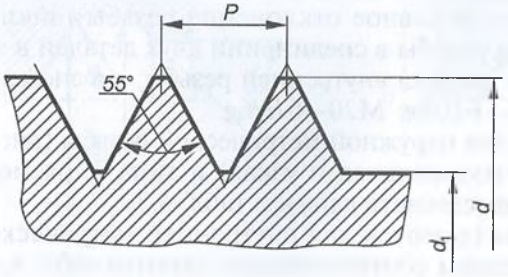


Рис. 4.18

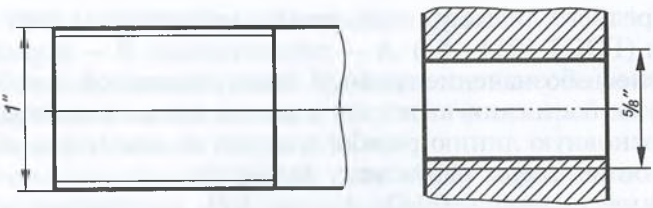


Рис. 4.19

Таблица 4.5

Основные параметры дюймовой резьбы (ОСТ НКТП 1260)

Размер, дюймы	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
Наружный диаметр d, мм	6,350	9,525	12,700	19,050	25,400	31,750	38,100	50,800
Внутренний диаметр d_1, мм	4,724	7,492	9,989	15,798	21,334	27,104	32,679	43,572
Число витков на одном дюйме	20	16	12	10	8	7	6	4,5
Шаг s, мм	1,270	1,588	2,117	2,540	3,175	3,629	4,233	5,644

Трубная цилиндрическая резьба

Трубную цилиндрическую резьбу применяют для соединения водопроводных и газовых труб (на трубах, муфтах, тройниках, контргайках и др.). Производящей фигурой такой резьбы является равнобедренный треугольник с углом при вершине 55° (рис. 4.20). Профиль и основные ее размеры установлены ГОСТ 6357—81. Вершины и впадины резьбы срезаны и закруглены, что обеспечивает большую герметичность соединения. Выполняется трубная резьба на диаметрах 1/8...6" с числом ниток (шагов) на один дюйм от 11 до 28.

Трубная резьба характеризуется числом шагов на длине в один дюйм вдоль ее оси. Обозначают ее буквой G с указанием диаметра проходного отверстия трубы в дюймах (не соответствующего действительному наружному диаметру резьбы, т.е. наружный диаметр в обозначение резьбы не входит) и класса точности среднего диаметра. Допус-

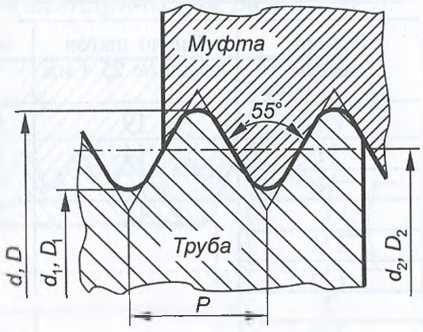


Рис. 4.20

ки для среднего диаметра этой резьбы установлены двух классов точности (ГОСТ 6211—81): А — повышенный, В — нормальный.

Условное обозначение трубной цилиндрической резьбы наносится на полке линии-выноски, стрелка которой должна указывать на основную линию резьбы (так как ее диаметр в обозначении не соответствует наружному диаметру).

Например, надпись *G* 1/2—А (рис. 4.21, *а*) означает, что резьба наружная трубная цилиндрическая с внутренним диаметром трубы (диаметром проходного отверстия) ½" и классом точности А. При этом наружный диаметр трубы равен 20,955 мм.

При выполнении внутренней трубной цилиндрической резьбы (рис. 4.21, *б*) в обозначении указывается диаметр проходного отверстия той трубы, которая будет ввинчена в данную деталь. Внутренняя резьба нарезается не на трубах, а на деталях, соединяющих трубы: муфтах, угольниках и т. д. В табл. 4.6 приведены основные параметры некоторых трубных цилиндрических резьб.

При соединении двух деталей в обозначении резьбы посадку обозначают дробью: в числителе указывают класс точности внутренней резьбы, а в знаменателе — класс точности наружной резьбы, например *G* 1½—А/А.

Размеры проточек для наружной (см. рис. 4.17, *а*) и внутренней (см. рис. 4.17, *б*) трубной цилиндрической резьбы определяет ГОСТ 10549—80*.

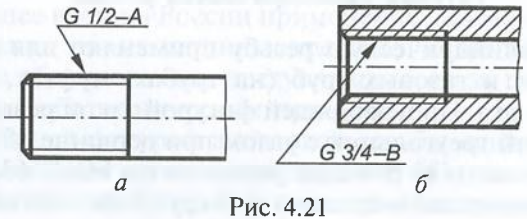


Рис. 4.21

Таблица 4.6

Основные параметры трубной цилиндрической резьбы (ГОСТ 6357—81)

Размер, дюймы	Число шагов на длине 25,4 мм	Шаг *P*, мм	Диаметр, мм	
			наружный *d*	внутренний D_1
3/8	19	1,337	16,662	14,950
1/2	14	1,814	20,955	18,631
3/4			26,441	24,117
1	11	2,309	33,249	30,291
1 1/4			41,910	38,952
1 1/2			47,803	44,845
2			59,614	56,656
2 1/2			75,184	72,226
3			87,884	84,926

Трубная коническая резьба

Трубная коническая резьба применяется для соединения труб в трубопроводах высокого давления, т.е. когда требуются повышенные герметичность и надежность.

Трубную коническую резьбу (рис. 4.22) выполняют на конических поверхностях, образующие которых наклонены к оси конуса под углом $\varphi = 1°47'24''$ (конусность 1:16). Профиль этой резьбы аналогичен профилю трубной цилиндрической резьбы, а биссектриса угла при вершине профиля, равного 55°, перпендикулярна к оси конуса.

На чертеже указывают условный диаметр трубной резьбы в основной плоскости (в дюймах) с соответствующим буквенным обозначением: R — для наружной конической резьбы, R_c — для внутренней конической резьбы (в дюймах условного диаметра резьбы в основной плоскости); R_p — для внутренней трубной цилиндрической резьбы, $d_т$ — внутренний диаметр резьбы у торца трубы.

Основная плоскость конической резьбы — это плоскость, в которой задаются номинальные размеры наружного, среднего и внутреннего ее диаметров. У отверстий основная плоскость совпадает с торцом со стороны большего диаметра. Наружный и внутренний диаметры конической резьбы в основной плоскости соответственно приблизительно равны наружному и внутреннему диаметрам трубной цилиндрической резьбы.

Обозначение конической резьбы на чертеже наносится на горизонтальной полке линии-выноски, стрелка которой должна указывать на ее наружный диаметр (рис. 4.23).

В трубных соединениях коническую резьбу можно применять в сочетании с трубной цилиндрической резьбой, т.е. коническую резьбу трубы с цилиндрической резьбой муфты.

Примеры обозначения трубной резьбы:

R 1½″ — наружная трубная коническая резьба 1½″;

R_c 1½″ — внутренняя трубная коническая резьба 1½″;

R_p 1½″ — внутренняя трубная цилиндрическая резьба 1½″.

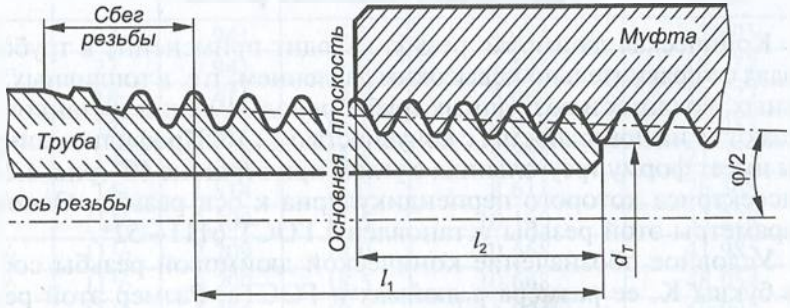


Рис. 4.22

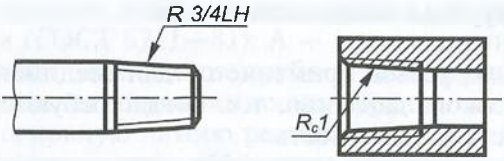


Рис. 4.23

Таблица 4.7

Основные параметры трубной конической резьбы (ГОСТ 6211—81)

Размер, дюймы	Число шагов на длине 25,4 мм	Шаг P, мм	Наружный диаметр d, мм	Длина, мм	
				l_1	l_2
1/16	28	0,907	7,723	6,5	4,0
1/8			9,728	6,5	4,0
1/4	19	1,337	13,157	9,7	6,0
3/8			16,662	10,1	6,4
1/2	14	1,814	20,955	13,2	8,2
3/4			26,441	14,5	9,5
1	11	2,309	33,249	16,8	10,4
1 1/4			41,910	19,1	12,7
1 1/2			47,803	19,1	12,7
2			59,614	23,4	15,9
2 1/2			75,184	26,7	17,5
3			87,884	29,8	20,6

Обозначение резьбового соединения содержит дробь, в числителе которой указывается обозначение внутренней резьбы, а в знаменателе — наружной, и размер резьбы: $\frac{R_c}{R}$ 1½.

В табл. 4.7 приведены основные параметры некоторых трубных конических резьб.

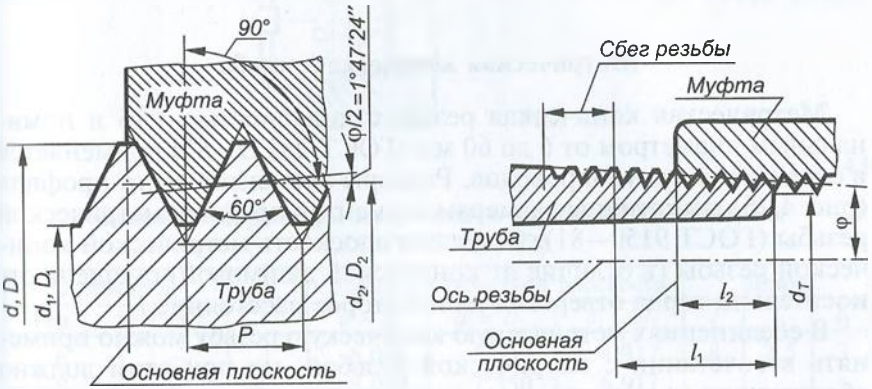
Размеры проточек для наружной (см. рис. 4.17, *а*) и внутренней (см. рис. 4.17, *б*) трубной конической резьбы определяет ГОСТ 10549—80*.

Коническая дюймовая резьба

Коническая дюймовая резьба находит применение в трубопроводах со сравнительно невысоким давлением, т. е. в топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводах машин и станков. Нарезают ее на поверхностях с конусностью 1 : 16. Профиль такой резьбы имеет форму треугольника с углом при вершине 60° (рис. 4.24, *а*), биссектриса которого перпендикулярна к оси резьбы. Основные параметры этой резьбы установлены ГОСТ 6111—52*.

Условное обозначение конической дюймовой резьбы состоит из буквы К, ее размера в дюймах и ГОСТа. Размер этой резьбы измеряется в основной плоскости и приблизительно равен на-

ружному или внутреннему диаметру трубной цилиндрической резьбы (рис. 4.24, *б*). Обозначение на чертеже наносится на горизонтальной полке линии-выноски, проведенной от основной линии резьбы (рис. 4.25).



а *б*

Рис. 4.24

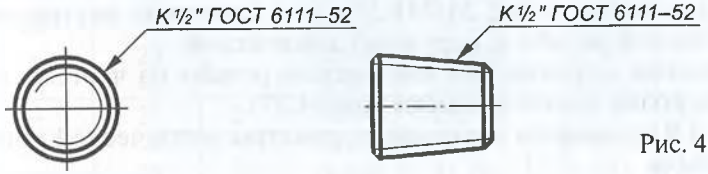


Рис. 4.25

Таблица 4.8

Основные параметры конической дюймовой резьбы (ГОСТ 6111—52*)

Размер, дюймы	Число ниток *n* на 1"	Шаг *P*, мм	Длина, мм		Наружный диаметр в основной плоскости *d*, мм
			рабочая l_1	от торца трубы до основной плоскости l_2	
1/16	27	0,941	6,5	4,064	7,895
1/8	27	0,941	7,0	4,572	10,272
1/4	18	1,411	9,5	5,080	13,572
3/8	18	1,411	10,5	6,096	17,055
1/2	14	1,814	13,5	8,128	21,223
3/4	14	1,814	14,0	8,611	26,568
1	11 1/2	2,209	17,5	10,160	33,228
1 1/4	11 1/2	2,209	18,0	10,668	41,985
1 1/2	11 1/2	2,209	18,5	10,668	48,054
2	11 1/2	2,209	19,0	11,074	60,092

Основные параметры конической дюймовой резьбы приведены в табл. 4.8.

Размеры проточек для наружной (см. рис. 4.17, *а*) и внутренней (см. рис. 4.17, *б*) конической дюймовой резьбы определяет ГОСТ 10549—80*.

Метрическая коническая резьба

Метрическая коническая резьба с конусностью 1:16 и номинальным диаметром от 6 до 60 мм (ГОСТ 25229—82) применяется в соединениях трубопроводов. Размеры элементов этого профиля (рис. 4.26) аналогичны размерам элементов профиля метрической резьбы (ГОСТ 9150—81). Основная плоскость метрической конической резьбы (в отличие от конической дюймовой) смещена относительно торца отверстия на некоторое расстояние l_2.

В соединениях метрическую коническую резьбу можно применять в сочетании с метрической резьбой, но при этом должно обеспечиваться ввинчивание конической резьбы на расстояние не менее $0{,}8l$.

Обозначение метрической конической резьбы состоит из букв МК, ее наружного диаметра в основной плоскости и шага. Например, МК30 × 2 — метрическая коническая резьба с диаметром 30 мм и шагом 2 мм; М/МК30 × 2 — сочетание внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической.

Обозначение метрической конической резьбы на чертеже наносится на полке линии-выноски (рис. 4.27).

В табл. 4.9 приведены основные параметры метрической конической резьбы.

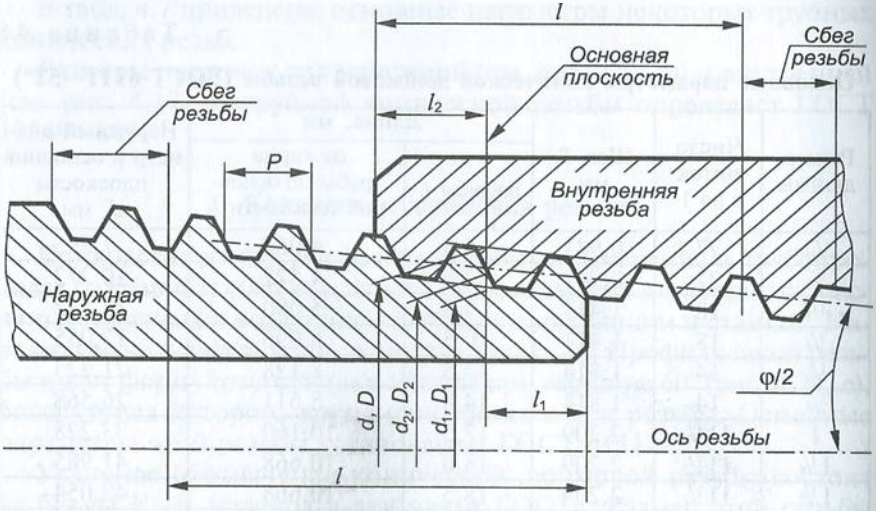


Рис. 4.26

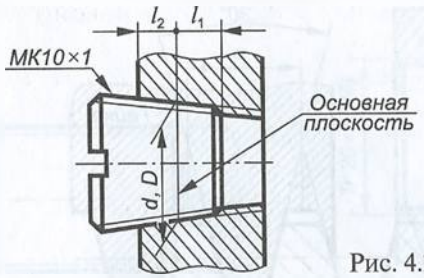


Рис. 4.27

Таблица 4.9

Основные параметры метрической конической резьбы, мм (ГОСТ 25229—82)

Диаметр d		Шаг P	Диаметр в основной плоскости			Длина		
Ряд 1	Ряд 2		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	l	l_1	l_2
6	—	1	6,000	5,350	4,917	8	2,5	3
8	—		8,000	7,350	6,917			
10	—		10,000	9,350	8,917			
12	—	1,5	12,000	11,026	10,376	11	3,5	4
—	14		14,000	13,026	12,376			
16	—		16,000	15,026	14,376			
—	18		18,000	17,026	16,376			
20	—		20,000	19,026	18,376			
—	22		22,000	21,026	20,376			
24	—		24,000	23,026	22,376			
—	27	2	27,000	25,701	24,835	16	5	6
30	—		30,000	28,701	27,835			
—	33		33,000	31,701	30,835			
36	—		36,000	34,701	33,835			

Трапецеидальная резьба

Трапецеидальная резьба предназначена главным образом для передачи возвратно-поступательного движения и осевых усилий. Она может быть однозаходной (ГОСТ 24738—81) и многозаходной (ГОСТ 24739—81*). Производящей фигурой этой резьбы является равнобокая трапеция (рис. 4.28) с углом профиля 30°.

Профиль и основные размеры трапецеидальных резьб устанавливает ГОСТ 9484—81, диаметры (от 8 до 640 мм) и шаги — ГОСТ 24738—81 (табл. 4.10), допуски и посадки — ГОСТ 9562—81. Важной характеристикой многозаходной трапецеидальной резьбы является ее ход ($P_h = P \times n$).

Условное обозначение однозаходной трапецеидальной резьбы (рис. 4.29, *а*) состоит из букв *Tr*, ее номинального диаметра и шага, например, *Tr* 20 × 2, а многозаходной (рис. 4.29, *б*) — из

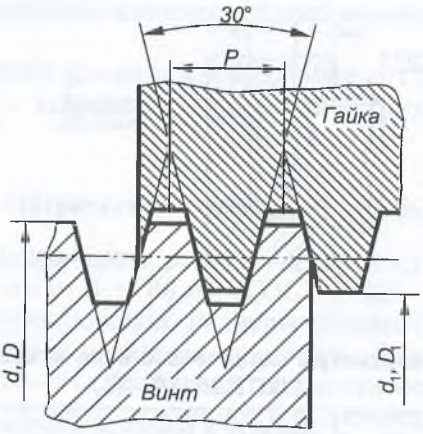


Рис. 4.28

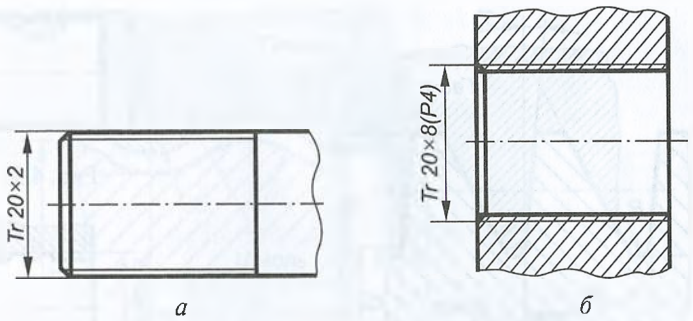
Таблица 4.10

Основные параметры трапецеидальной резьбы, мм (ГОСТ 24738—81)

Номинальный диаметр d		Шаг		
Ряд 1	Ряд 2	P	P*	P**
8	—	—	1,5	2
—	9	1,5	2	—
10	—	1,5	2	—
—	11	3	2	—
12	—	2	3	—
—	14	2	3	—
16	—	2	4	—
—	18	2	4	—
20	—	2	4	—
—	22	3; 8	5	2
24	—	3; 8	5	2
—	26	3; 8	5	2
28	—	3; 8	5	2
—	30	3; 10	6	—
32	—	3; 10	6	—
—	34	3; 10	6	—
36	—	3; 10	6	—
—	38	3; 10	7	6

* Шаги, предпочтительные при разработке новых конструкций.

** Шаги, которые не рекомендуется применять при разработке новых конструкций.



а *б*

Рис. 4.29

букв *Tr*, номинального диаметра, хода и в скобках размера шага с буквой *P*, например $Tr\,20\times8(P4)$.

В производственных чертежах в обозначение резьбы входит также обозначение поля допуска, состоящее из цифры (степень точности среднего диаметра резьбы) и латинской буквы (основное отклонение размера среднего диаметра резьбы), например $Tr\,20\times4(P2)$ — LH — $8H/8e$ (здесь LH — левая резьба; $8H$ — степень точности и основное отклонение резьбы винта; $8e$ — степень точности и основное отклонение резьбы гайки).

Размеры проточек для наружной (см. рис. 4.17, *а*) и внутренней (см. рис. 4.17, *б*) трапецеидальной резьбы определяет ГОСТ 10549—80*.

Резьба упорная

Упорная резьба применяется в конструкциях, где винт передает значительные усилия в одном направлении, например в тисках, домкратах, прессах и т.д. Производящей фигурой этой резьбы (рис. 4.30) является неравнобокая трапеция с углами наклона к высоте боковой стороны, передающей усилие, — 3° и другой стороны — 30°. Дно впадин такой резьбы закруглено, а вершины плоско срезаны.

Основные параметры упорной резьбы определяет ГОСТ 10177—82 (табл. 4.11).

Условное обозначение упорной резьбы состоит из буквы *S*, значений номинального диаметра и шага, например $S\,80\times10$. На рабочем чертеже упорной резьбы изображают элемент профиля, указывающий расположение ее опорной поверхности с углом наклона 3° (рис. 4.31).

Производящей фигурой упорной усиленной резьбы (ГОСТ 13535—87) является неравнобокая трапеция с углами наклона боковых сторон к высоте соответственно 3° и 45° (рис. 4.32). Обозначение такой резьбы включает в себя букву *S*, угол 45°, наружный диаметр, ход, шаг и направление, например $S\,45°\;200\times24\;(P12)LH$.

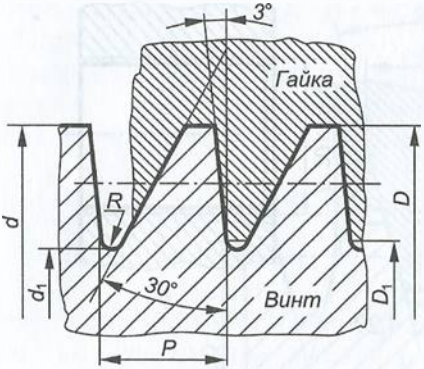


Рис. 4.30

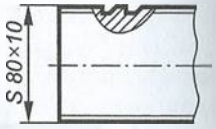


Рис. 4.31

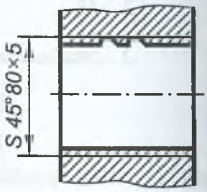


Рис. 4.32

Таблица 4.11

Основные параметры упорной резьбы, мм (ГОСТ 10177—82)

Номинальный диаметр d		Шаг		
Ряд 1	Ряд 2	P	P*	P**
10	—	—	2	—
12	—	2	3	—
—	14	2	3	—
16	—	2	4	—
—	18	2	4	—
20	—	2	4	—
—	22	3; 8	5	2
24	—	3; 8	5	2
—	26	3; 8	5	2
28	—	3; 8	5	2
—	30	3; 10	6	—
32	—	3; 10	6	—
—	34	3; 10	6	—
36	—	3; 10	6	—
—	38	3; 10	7	6

* Шаг, являющийся предпочтительным при разработке новых конструкций.
** Шаг, который не следует применять при разработке новых конструкций.

Резьба круглая

Круглая резьба применяется в основном в санитарно-технической арматуре и деталях пожарной и гидравлической арматуры (шпинделях вентилей смесителей и туалетных кранов), а также в тонкостенных деталях (электролампах, противогазах и т.д.).

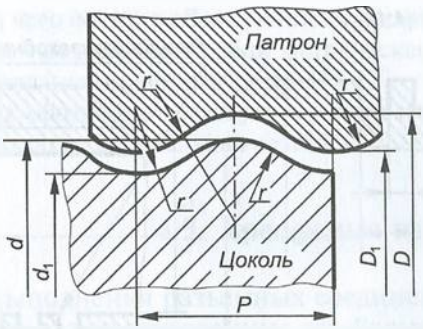


Рис. 4.33

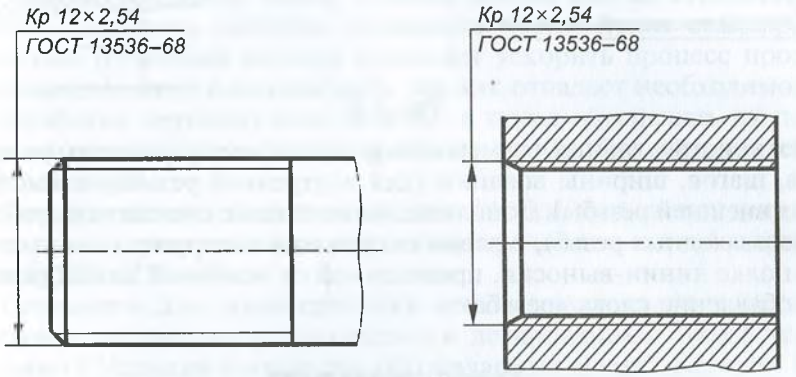


Рис. 4.34

Профиль, основные размеры и допуски круглой резьбы (рис. 4.33) определяет ГОСТ 13536—68. Условное обозначение круглой резьбы состоит из букв Кр, номинального диаметра, шага и стандарта, например Кр12 × 2,54 ГОСТ 13536—68 (рис. 4.34).

Резьба прямоугольная

Прямоугольную резьбу применяют для передачи осевых усилий в грузовых винтах (домкратах, прессах) и движения в ходовых винтах (металлообрабатывающих станков) и натяжных винтах (транспортеров). Профилем такой резьбы (рис. 4.35) является квадрат или прямоугольник.

Прямоугольная резьба не стандартизована. На чертеже (рис. 4.36) она задается с помощью местного разреза или выноски с указанием

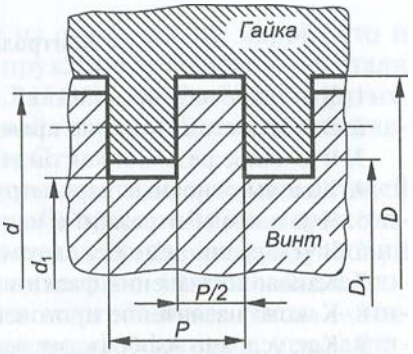


Рис. 4.35

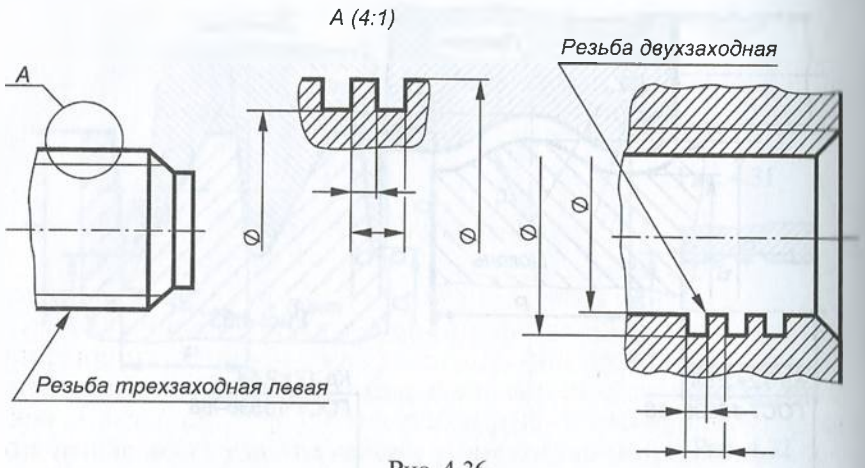


Рис. 4.36

всех конструктивных размеров: наружного и внутреннего диаметров, шагов, ширины впадины (для внутренней резьбы) и выступа (для внешней резьбы). Дополнительные данные о числе заходов (для многозаходных резьб), о левом направлении и другие указываются на полке линии-выноски, проведенной от основной линии резьбы с добавление слова «резьба».

Резьба специальная

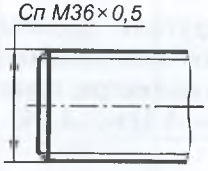


Рис. 4.37

Специальная резьба — это резьба со стандартным профилем, но с отличающимися от стандартных диаметром или шагом.

Условное обозначение такой резьбы (рис. 4.37) состоит из букв Сп и указания профиля резьбы. Например, специальная метрическая резьба с диаметром 36 мм и нестандартным для данного диаметра шагом 0,5 мм обозначается Сп М36 × 0,5.

Контрольные вопросы

1. Что такое винтовая линия?
2. В чем состоит отличие правой винтовой линии от левой?
3. Что такое резьба и как она образуется?
4. Каковы основные параметры и элементы резьбы?
5. Что такое сбег резьбы и как он образуется?
6. В чем разница между шагом и ходом резьбы?
7. Каково назначение фаски на стержне и в отверстии?
8. Каково назначение проточек на стержне и в отверстии?
9. Как условно изображают резьбу на стержне и в отверстии?
10. Как изображают на чертеже резьбу с нестандартным профилем?

11. Из чего состоит обозначение стандартной резьбы?

12. Что представляют собой метрическая, трубная, цилиндрическая, трапецеидальная и упорная резьбы?

13. Как обозначают резьбу с крупным и мелким шагами?

14. Что такое специальная резьба?

4.3. Крепежные изделия

Для выполнения разъемных соединений деталей применяются различные стандартизованные резьбовые крепежные изделия: болты, винты, шпильки, гайки, а также детали для их стопорения: шайбы, шплинты, штифты, проволока. Применение стандартизованных резьбовых деталей позволяет ускорить процесс проектирования машин и механизмов, так как отпадает необходимость в разработке чертежей этих деталей, а также обеспечить их полную взаимозаменяемость при ремонте машин без дополнительной подгонки.

Форму, размеры и другие характеристики крепежных деталей (материал, характер покрытия, класс прочности и т.д.) определяет ГОСТ 1759—70.

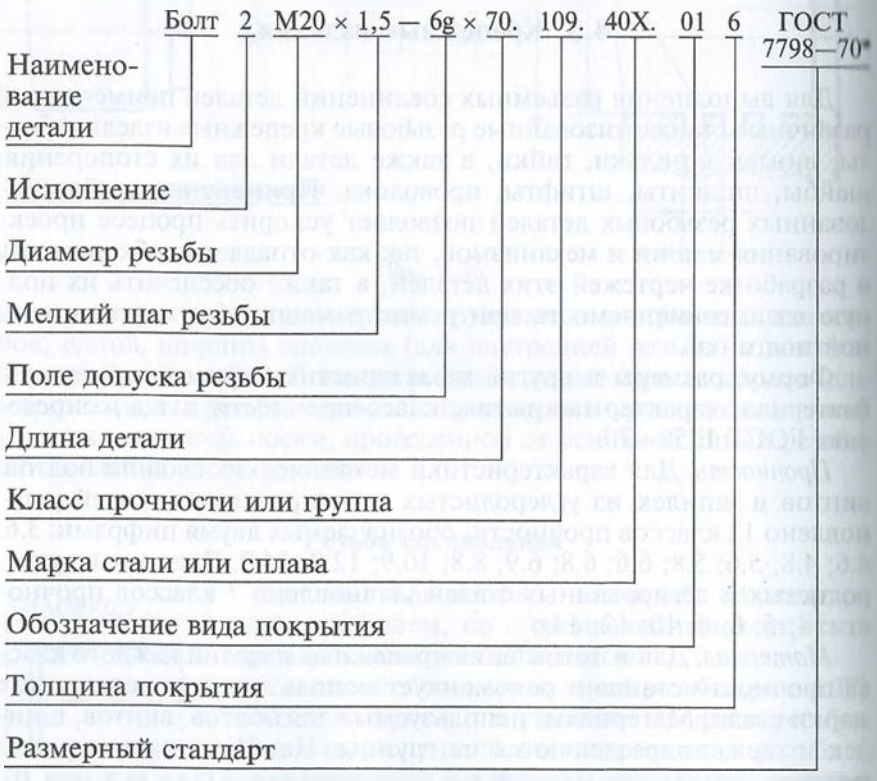
Прочность. Для характеристики механических свойств болтов, винтов и шпилек из углеродистых и легированных сталей установлено 12 классов прочности, обозначаемых двумя цифрами: 3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 6.9; 8.8; 10.9; 12.9; 14.9. Для гаек из углеродистых и легированных сталей установлено 7 классов прочности: 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14.

Материал. Для изготовления крепежных изделий каждого класса прочности стандарт рекомендует использовать определенные марки стали. Материалы, используемые для болтов, винтов, шпилек и гаек, подразделяются на группы. Наиболее часто применяются следующие материалы: углеродистые стали (группа 0), легированные стали (группа 1), коррозионно-стойкие стали (группа 2).

Обычные шайбы изготавливают из стали тех же марок, что и болты, винты, шпильки и гайки, а пружинные шайбы — из стали 65Г (ГОСТ 1050—88*), стали 30Х13 (ГОСТ 5632—72*) и других, обладающих высокими упругими свойствами. Шплинты изготавливают из мягких сталей типа Ст1 и Ст2.

Покрытия. Для повышения долговечности крепежных деталей используют различные виды покрытий, применение которых определяется условиями работы этих деталей: для легких условий работы применяются цинковое и никелевое многослойные покрытия, для средних — кадмиевое и многослойное (медь — никель — хром), для тяжелых — оксидное, фосфатное с промасливанием и др. Минимальная толщина покрытия 3; 6; 9 мкм.

Структуру условного обозначения крепежных деталей рассмотрим на примере болта. Обозначение болта исполнения 2, с метрической резьбой диаметром 20 мм, мелким шагом 1,5 мм, полем допуска резьбы 6*g*, длиной 70 мм, класса прочности 109, из стали 40Х, с цинковым хроматированным покрытием 01 и толщиной покрытия 6 мкм имеет следующий вид:



Болты

Болт (рис. 4.38) представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой для навинчивания гайки на другом.

Существуют различные типы болтов, отличающиеся по форме и размерам головки, форме стержня, точности изготовления, характеру исполнения и шагу резьбы. Головка болта может иметь шестигранную, квадратную, прямоугольную, полукруглую и коническую с квадратным подголовком или «усом» и другую форму, а резьба — метрическая с крупным или мелким шагом. Выбор головки болта определяется технологическими особенностями соединения. Размер и форма головки рассчитаны на использова-

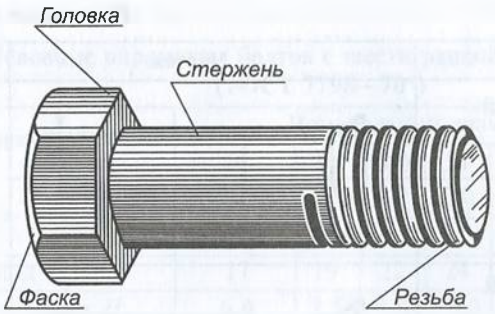


Рис. 4.38

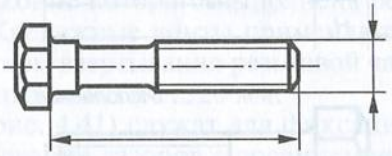
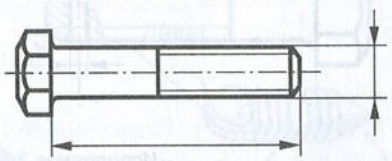
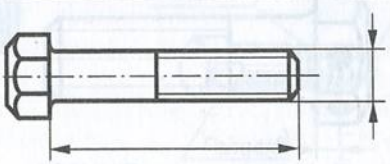
ние для завинчивания болта стандартного гаечного ключа. В табл. 4.12 приведены некоторые типы болтов.

Наибольшее распространение в машиностроении получили болты с шестигранной головкой, которые могут быть нормальной (ГОСТ 7798—70*), повышенной (ГОСТ 7805—70*) и грубой (ГОСТ 15589—70*) точности, а также иметь уменьшенную головку.

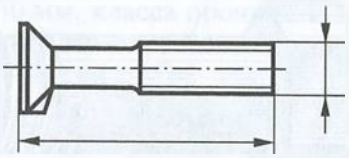
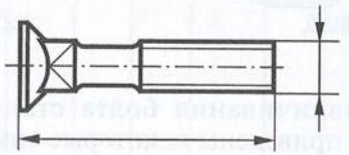
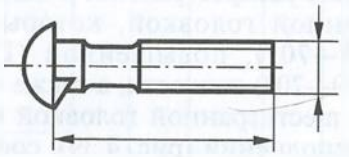
Болты с шестигранной головкой нормальной точности могут быть трех исполнений (рис. 4.39): соответственно без отверстия в головке и стержне, с отверстием в стержне для стопорения шплинтом и двумя отверстиями в головке для стопорения группы болтов с помощью проволоки.

Таблица 4.12

Типы болтов нормальной точности

Тип болта	Чертеж	ГОСТ
С шестигранной уменьшенной головкой и направляющим подголовком		7795—70
С шестигранной уменьшенной головкой		7796—70
С шестигранной головкой		7798—70*

Окончание табл. 4.17

Тип болта	Чертеж	ГОСТ
С потайной головкой и усом		7785—81
С потайной головкой и квадратным подголовником		7786—81
С полукруглой головкой, подголовком и усом		7783—81

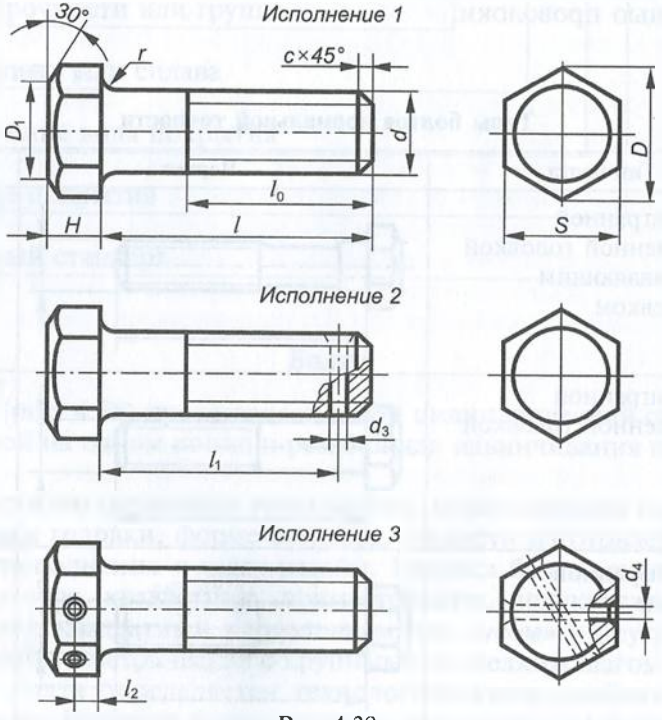


Рис. 4.39

Таблица 4.13

Основные параметры болтов с шестигранной головкой, мм (ГОСТ 7798—70*)

Параметр		Номинальный диаметр резьбы d							
		10	12	(14)	16	(18)	20	22	24
Шаг резьбы P	крупный	1,5	1,75	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0
	мелкий	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
Размер под ключ S		17	19	22	24	27	30	32	36
Высота головки H		6,4	7,5	8,8	10,0	12,0	12,5	14,0	15,0
Диаметр описанной окружности D, не менее		18,7	20,9	24,0	26,2	29,6	33,0	35,0	39,6
Длина резьбы l_0		26	30	34	38	42	46	50	54
D_1, около		0,95 S							
Радиус под головкой болта r		0,4...1,1	0,6...1,6				0,8...2,2		

Стандартные болты изготавливаются диаметром 6...48 мм и длиной 14...300 мм. В табл. 4.13 приведены основные размеры болтов с шестигранной головкой.

Винты

По назначению винты подразделяются на крепежные и установочные.

Крепежный винт (рис. 4.40) представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого выполнена резьба, а на другом имеется головка. Крепежные винты применяются для соединения деталей посредством ввертывания резьбовой части в одну из них. Диаметры крепежных винтов 1...20 мм.

Установочные винты (рис. 4.41) служат для фиксации деталей при сборке и для регулирования зазоров в соединениях. От кре-

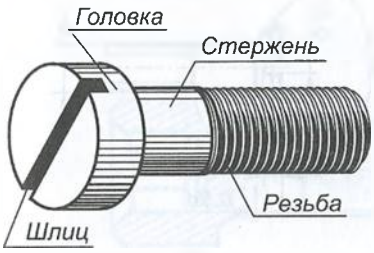


Рис. 4.40



Рис. 4.41

пежных винтов они отличаются тем, что их стержни имеют нажимной конец, контактирующий с деталью. Установочные винты выполняются как без головки (см. рис. 4.41, *а*), так и с головкой (см. рис. 4.41, *б*). Винты без головки имеют резьбу на всей длине стержня.

Винты, применяемые для соединения деталей из дерева, называются шурупами (рис. 4.42).

Форма и размеры винтов стандартизованы. По форме головки винты (рис. 4.43, *а*... *е*) соответственно подразделяются на шестигранные (ГОСТ 1481—84*), квадратные (ГОСТ 1482—84*), цилин-

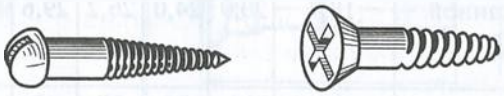


Рис. 4.42

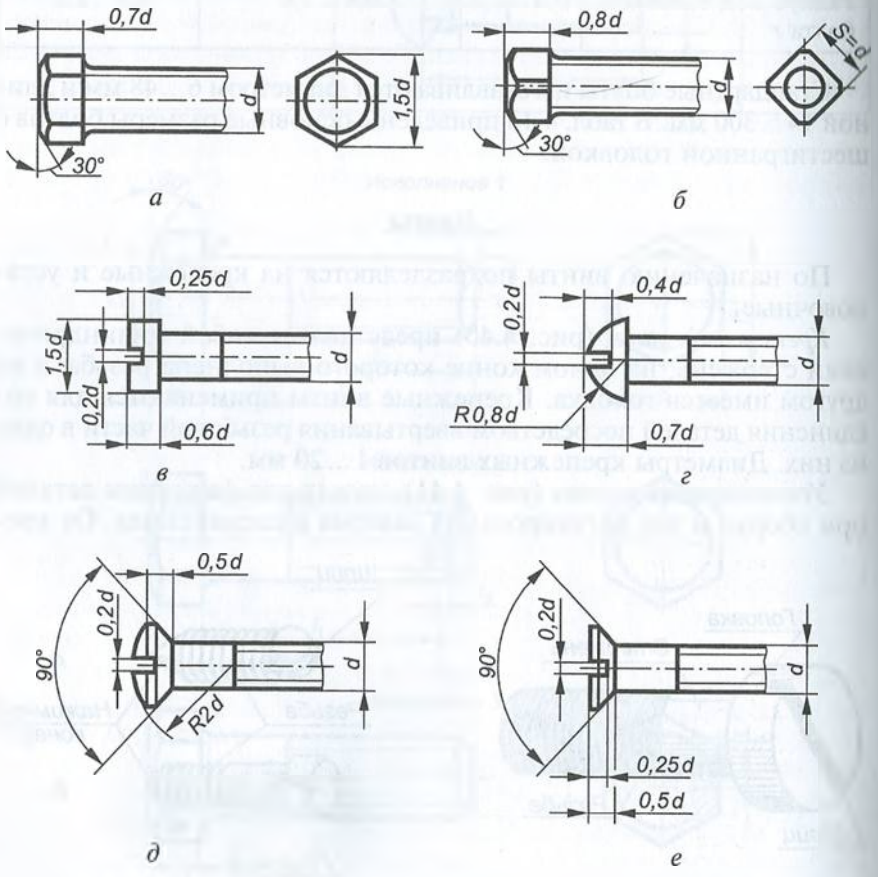


Рис. 4.43

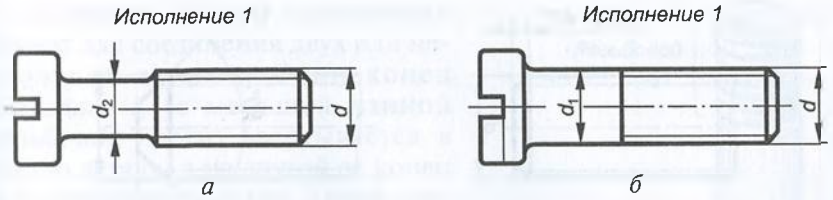


Рис. 4.44

дрические (ГОСТ 1491—80*), полукруглые (ГОСТ 17473—80*), полупотайные (ГОСТ 17474—80*) и потайные (ГОСТ 17475—80*).

Стержень винтов может быть двух исполнений: с диаметром ненарезанной части d_2 меньше номинального диаметра резьбы (рис. 4.44, *а*) и с одинаковым диаметром по всей длине стержня (рис. 4.44, *б*).

Шлиц головки винта может быть прямой в виде прорези (см. рис. 4.44), крестообразный (рис. 4.45, *а*) и с квадратным или шестигранным углублением (рис. 4.45, *б*, *в*).

Нажимной конец установочных винтов (рис. 4.46, *а*...*г*) может быть соответственно плоским (ГОСТ 1477—93), коническим (ГОСТ 1476—93), цилиндрическим (ГОСТ 1478—93) и засверленным (ГОСТ 1479—93).

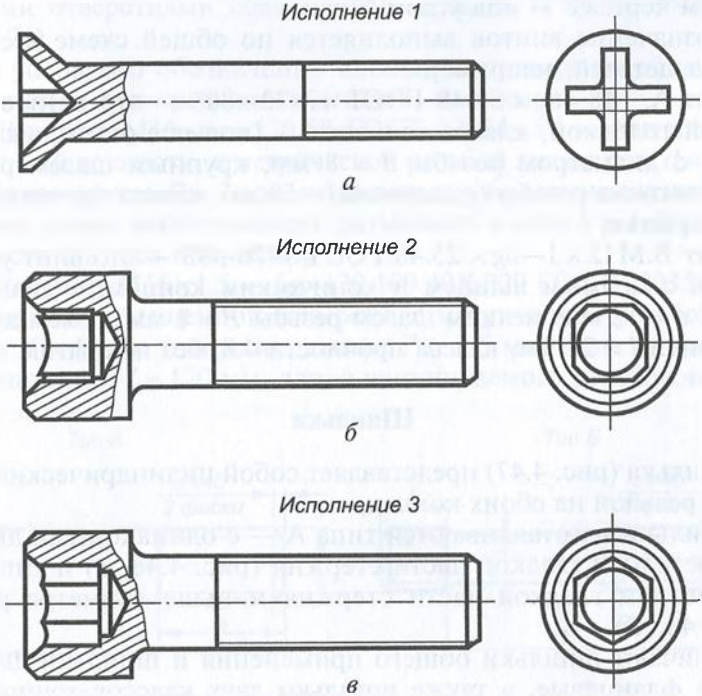


Рис. 4.45

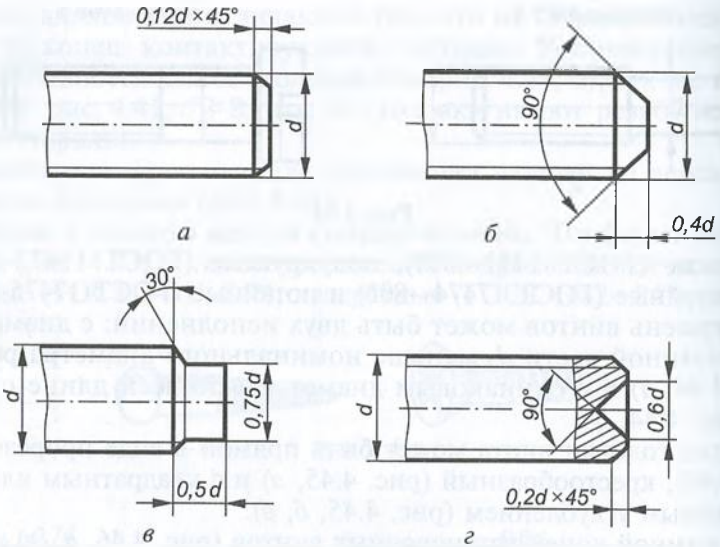


Рис. 4.46

На сборочных чертежах в проекции, перпендикулярной оси винта, шлиц изображается под углом 45° к рамке чертежа, а на рабочем чертеже — под углом 0°.

Обозначение винтов выполняется по общей схеме всех крепежных деталей, например:

Винт А. М8—6*g*× 50.48 ГОСТ 17473—80* — это винт с полукруглой головкой, класса точности А (повышенного), исполнения 1, с диаметром резьбы d = 8 мм, крупным шагом резьбы, полем допуска резьбы 6*g*, длиной l = 50 мм, класса прочности 4.8, без покрытия;

Винт В.М12 × 1—6*g*× 25.48 ГОСТ 1476—93 — это винт установочный с прямым шлицем и коническим концом, с диаметром резьбы d = 12 мм, мелким шагом резьбы P = 1 мм, полем допуска 6*g*, длиной l = 25 мм, класса прочности 4.8, без покрытия.

Шпильки

Шпилька (рис. 4.47) представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах.

Шпильки изготавливаются типа А — с одинаковыми диаметрами резьбы и гладкой части стержня (рис. 4.48, *а*) и типа Б — с диаметром гладкой части стержня меньше диаметра резьбы (рис. 4.48, *б*).

Различают шпильки общего применения и шпильки двухсторонние фланцевые, а также шпильки двух классов точности: А (повышенной) и В (нормальной).

Шпильки общего применения служат для соединения двух или нескольких деталей. Один конец шпильки l_1 (с меньшей длиной резьбовой части) ввертывается в гнездо детали, а на другой ее конец l_0 навинчивается гайка. Длина конца шпильки l_1 зависит от материала детали, в которую она ввертывается, т.е. для более мягких металлов используют шпильки с l_1 больше, чем для более прочных.

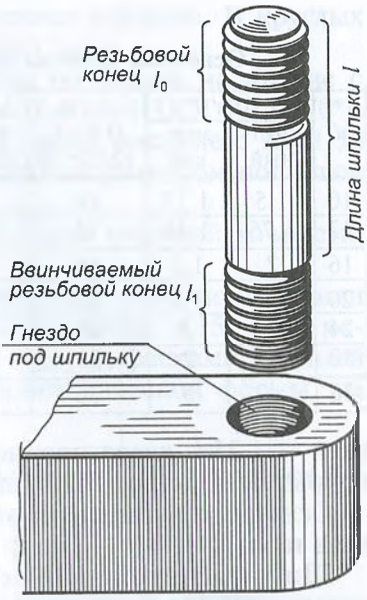


Рис. 4.47

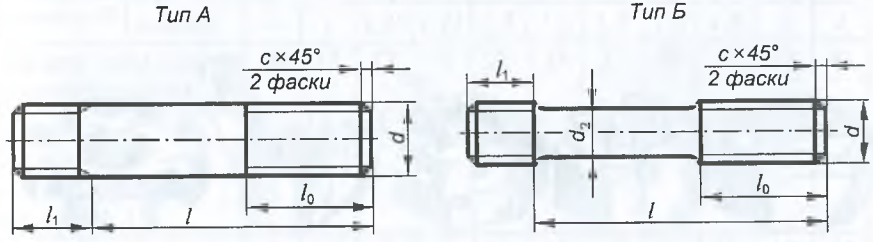
Длина резьбового конца, предназначенного для гайки, должна быть примерно следующая: $l_0 = 2d + 6$ при $l \le 150$ мм и $l_0 = 2d + 12$ при $l \ge 160$ мм, где l — длина стержня шпильки без длины ввинчиваемого конца l_1.

Шпильки общего применения используются как для деталей с резьбовым гнездом, так и для деталей с гладкими отверстиями соединяемых деталей (ГОСТ 22042—76*, 22043—76).

Для условного обозначения шпилек используется общая схема, принятая для крепежных деталей, например:

1. Шпилька М16—6g×120.58 ГОСТ 22034—76 — это шпилька нормальной точности, с метрической резьбой диаметром $d = 16$ мм и крупным шагом $P = 2$ мм, поле допуска 6g, длина шпильки $l = 120$ мм, длина ввинчиваемого резьбового конца $l_1 = 1{,}25d$, класс прочности 5.8, без покрытия;

2. Шпилька М16×1,5 — 6g×120.109.40Х.029 ГОСТ 22035—76 — это шпилька повышенной точности, с метрической резьбой диаметром $d = 16$ мм и мелким шагом $P = 1{,}5$ мм, поле допуска 6g, длина шпильки $l = 120$ мм, длина ввинчиваемого резьбового кон-



а *б*

Рис. 4.48

Таблица 4.14

Основные 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_0
	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

ца $l_1 = 1{,}25d$, класс прочности 10.9, изготовлена из стали 40Х, покрытие 02 толщиной 9 мкм.

Основные размеры некоторых типоразмеров шпилек приведены в табл. 4.14.

Шпильки двухсторонние (ГОСТ 9066—76) типа А, Б, В, Г, Д применяют для фланцевых соединений трубопроводов, корпусов паровых котлов, газовых турбин, арматуры приборов и аппаратов при температуре металла от 0 до 650°С.

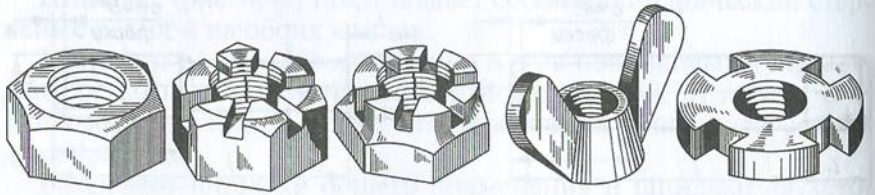
Гайки

Гайка представляет собой изделие с резьбовым отверстием для навинчивания на болт, винт, шпильку или другую деталь, имеющую аналогичную резьбу.

Гайки различают по форме, характеру исполнения, точности исполнения и шагу резьбы.

По форме гайки (рис. 4.49, *а*...*д*) подразделяются соответственно на шестигранные, прорезные, корончатые, гайки-барашки, круглые и др.

Прорезные и корончатые гайки применяют в соединениях деталей, работающих с вибрацией. Во избежание самоотвинчивания в их прорези вставляют шплинты. Гайки-барашки применяют в



а *б* *в* *г* *д*

Рис. 4.49

случаях, когда навинчивание производится вручную. В круглых гайках выполняются шлицы под гаечный ключ.

Шестигранные гайки подразделяются по высоте на низкие с $H = 0{,}6d$ (ГОСТ 5916—70*), нормальные с $H = 0{,}8d$ (ГОСТ 5915—70*), высокие с $H = 1{,}2d$ (ГОСТ 15523—70*), особо высокие с $H = 1{,}5d$ (ГОСТ 15525—70*) и низкие с уменьшенным размером под ключ (ГОСТ 15521—70*).

Стандартные гайки изготавливаются трех степеней точности: повышенной, нормальной и грубой.

Наибольшее распространение в промышленности получили гайки шестигранные нормальной высоты (табл. 4.15) трех исполнений (рис. 4.50): соответственно с двумя фасками; с одной фаской; без фасок, но с выступом цилиндрической формы на одном торце (ГОСТ 5915—70*).



Рис. 4.50

Таблица 4.15

Основные параметры шестигранных гаек нормальной высоты, мм

Параметр		Номинальный диаметр резьбы d										
		6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)
Шаг резьбы P	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3
	мелкий	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2
Размер «под ключ» (номинальный) S		10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41
Диаметр описанной окружности D, не менее		10,9	14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,9	33,3	35,0	39,6	45,2
Высота (номинальная) H		5	6,5	8	10	11	13	15	16	18	19	22

Для условного обозначения гаек используется стандартная схема, принятая для крепежных деталей, например:

1. Гайка 2М16 × 1,25.6*H*.109.35Х.016 ГОСТ 5915—70* — это гайка шестигранная (нормальной точности) исполнения 2 (с одной фаской), диаметр резьбы $d = 16$ мм, с мелким шагом $P = 1{,}25$ мм, поле допуска 6*H*, класс прочности 10.9, изготовлена из стали 35Х, с покрытием 01 (цинковое с хроматированием) толщиной 6 мкм (ГОСТ 5915—70*);

2. Гайка М12—6*H*.5 ГОСТ 5915—70* — это гайка шестигранная (нормальной точности) исполнения 1, диаметр резьбы $d = 12$ мм, с крупным шагом $P = 2$ мм, поле допуска 6*H*, класс прочности 5, без покрытия (ГОСТ 5915—70*).

Шайбы

Шайба (рис. 4.51) представляет собой цельную или разрезанную пластину с круглым отверстием, служащую для установки под гайку, головку болта или винта.

Назначение шайбы — предохранять поверхность детали от смятия и задиров, равномерно распределять усилие на соединяемые детали, а также исключать возможность самоотвинчивания крепежной детали.

Стандартные шайбы (рис. 4.52, *а*...*в*) по назначению подразделяются соответственно на обычные двух исполнений (ГОСТ 11371—78*), пружинные (ГОСТ 6402—70*) и стопорные с лапкой (ГОСТ 13463—77*); также они могут быть стопорными многолапчатыми (ГОСТ 11872—89), косыми квадратными (ГОСТ 10906—78*) и др.

Диаметр отверстия в шайбе должен быть немного больше диаметра стержня крепежной детали, но в условном обозначении шайбы указывается диаметр крепежной детали (болта, шпильки и т.д.). В табл. 4.16 приведены размеры некоторых обычных (круглых) шайб.

Пружинная шайба представляет собой разрезанное стальное кольцо с разведенными в разные стороны концами, выполненное из упругой закаленной стали. При завинчивании шайба сжимается, врезаясь в торцы, например гайки и соединяемой детали, что препятствует самоотвинчиванию крепежной детали. Пружинные шайбы могут быть следующих типов: Л — легкие, Н — нормальные, Т — тяжелые, ОТ — особо тяжелые.

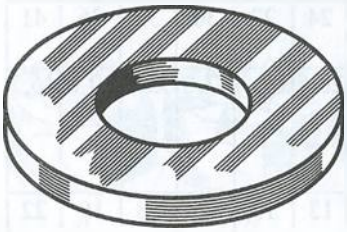


Рис. 4.51

В условном обозначении шайбы указывают: наименование изделия, вид исполнения, диаметр крепежной

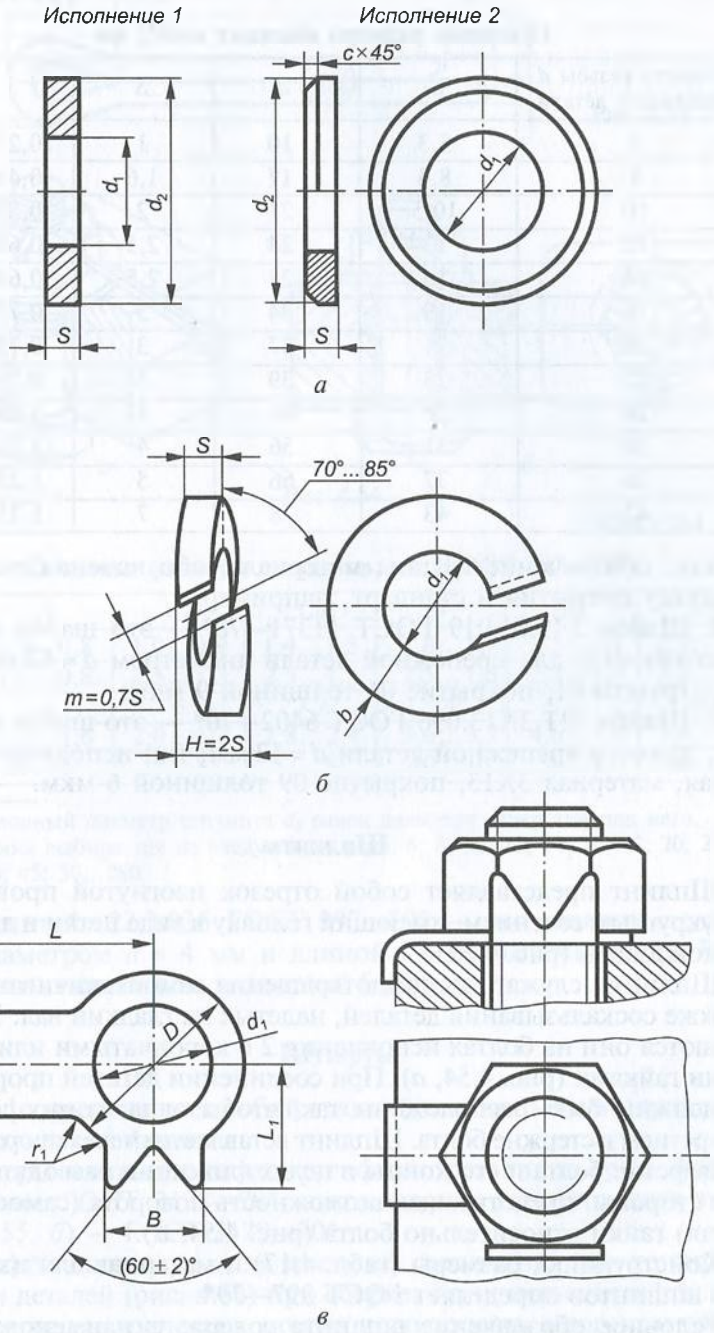

Исполнение 1
Исполнение 2
c×45°
d1
d2
S
а
70°...85°
m=0,7S
H=2S
б
L
B1
D
d1
S
r1
L1
B
(60±2)°
в

Рис. 4.52

Таблица 4.16

Основные размеры обычных шайб, мм

Диаметр резьбы d крепежной детали	d_1	d_2	S	c
5	5,3	10	1	0,25...0,50
8	8,4	17	1,6	0,40...0,80
10	10,5	21	2	0,50...1,00
12	13	24	2,5	0,60...1,25
14	15	28	2,5	0,60...1,25
18	19	34	3	0,75...1,50
20	21	37	3	0,75...1,50
22	23	39	3	0,75...1,50
24	25	44	4	1,00...2,00
30	31	56	4	1,00...2,00
36	37	66	5	1,25...2,50
42	43	78	7	1,75...3,50

детали, обозначение группы материала, обозначение покрытия, толщину покрытия и стандарт, например:

1. Шайба 2.12.01.019 ГОСТ 11371—78* — это шайба обычная исполнения 2, для крепежной детали диаметром $d = 12$ мм, материал группы 01, покрытие 01 толщиной 9 мкм;

2. Шайба 12Т.3Х13.096 ГОСТ 6402—70* — это шайба пружинная, диаметр крепежной детали $d = 12$ мм, тип исполнения — тяжелая, материал 3Х13, покрытие 09 толщиной 6 мкм.

Шплинты

Шплинт представляет собой отрезок изогнутой проволоки с полукруглым сечением, имеющий головку в виде петли и два конца разной длины (рис. 4.53).

Шплинты служат для предотвращения самоотвинчивания гаек, а также соскальзывания деталей, надетых на гладкий вал. Устанавливаются они на болтах исполнения 2 с корончатыми или прорезными гайками (рис. 4.54, *а*). При соединении деталей прорези гайки должны быть расположены так, чтобы одна из них совпала с отверстием в стержне болта. Шплинт вставляется через прорезь гайки в отверстие болта и его концы в целях фиксации разводятся в разные стороны, предотвращая возможность поворота (самоотвинчивания) гайки относительно болта (рис. 4.54, *б*).

Конструкцию, размеры (табл. 4.17) и материал для изготовления шплинтов определяет ГОСТ 397—79*.

Условное обозначение шплинта содержит: наименование изделия, его условный диаметр d, длину l, обозначение материала, обозначение покрытия, его толщину, стандарт, например:

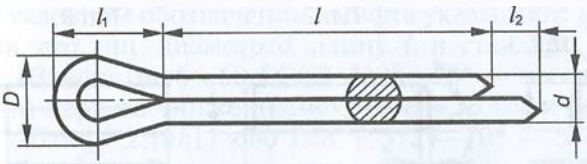


Рис. 4.53

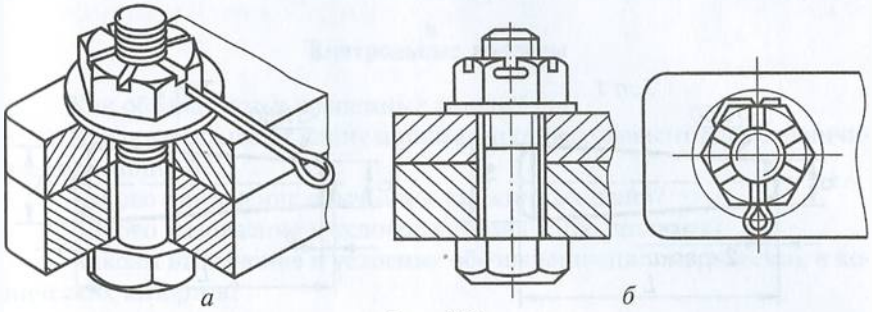


Рис. 4.54

Таблица 4.17

Основные размеры шплинтов, мм (ГОСТ 397—79*)

d_0*	1	1,2	1,6	2	2,5	3,2
d	0,9...0,8	1,0...0,9	1,4...1,3	1,8...1,7	2,3...2,1	2,9...2,7
l_2	1,6...0,8	2,5...1,3	2,5...1,3	2,5...1,3	2,5...1,3	3,2...1,6
l_1	3	3	3,2	4	5	6,4
D	1,8...1,6	2,0...1,7	2,8...2,4	3,6...3,2	4,6...4,0	5,8...5,1
l**	20...6	25...8	32...8	40...10	50...12	63...14

* Условный диаметр шплинта d_0 равен диаметру отверстия под него.

** Длина выбирается из следующего ряда: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50...280.

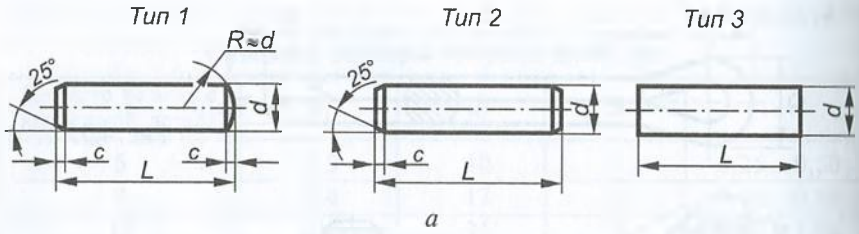
Шплинт 4×22.3.036 ГОСТ 397—79* — это шплинт с условным диаметром d = 4 мм и длиной l = 22 мм, из латуни Л63 с никелевым покрытием толщиной 6 мкм.

Штифты

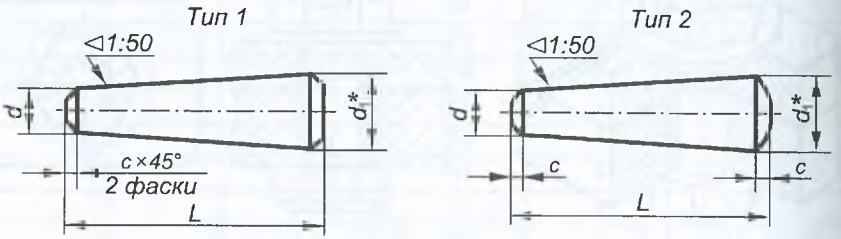
Штифт представляет собой гладкий стержень цилиндрической или конической формы.

Размеры цилиндрических штифтов трех типов (рис. 4.55, *а*) определяет ГОСТ 3128—70*, а конических штифтов двух типов (рис. 4.55, *б*) — ГОСТ 3129—70*.

Штифты используют для жесткого соединения или точной установки деталей (рис. 4.56) при сборке. Конические штифты в отличие от цилиндрических можно использовать многократно. Отверстия под штифты в соединяемых деталях сверлят в сборе, а затем обрабатывают одновременно с помощью развертки.



а



$d_1 = d + L/50$

б

Рис. 4.55

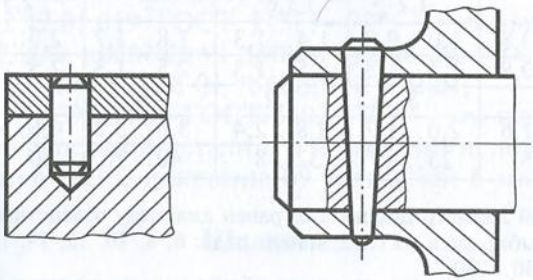


Рис. 4.56

Таблица 4.18

Основные размеры штифтов, мм

Номинальный диаметр штифта d	Фаска $c \times 45°$	Длина штифта L	
		цилиндрического	конического
1,6	0,3	3...30	6...25
2		4...40	8...36
2,5	0,5	5...50	10...45
3		6...50	12...55

В табл. 4.18 приведены основные размеры штифтов. Предельные отклонения диаметра d цилиндрических штифтов должны соответствовать: типа 1 — $m6$, типа 2 — $h8$, типа 3 — $h11$, а предельные отклонения диаметра d конических штифтов: типа 1 — $h10$, типа 2 — $h11$.

В условном обозначении штифта указывают: наименование изделия, его тип, диаметр d, длину L и стандарт, например:

1. Штифт $10m6 \times 60$ ГОСТ 3128—70* — это штифт цилиндрический первого типа с диаметром $d = 10$ мм и длиной $L = 60$ мм.

2. Штифт $2.10h11 \times 60$ ГОСТ 3129—70* — это штифт конический второго типа с диаметром $d = 10$ мм и длиной $L = 60$ мм.

Контрольные вопросы

1. Как обозначаются крепежные детали?
2. Как подсчитывают длину шпильки и от чего зависит длина ввинчиваемого конца l_1?
3. Каково назначение обычных и пружинных шайб?
4. Каково назначение и условное обозначение шплинта?
5. Каковы назначение и условные обозначения цилиндрических и конических штифтов?

4.4. Резьбовые соединения

Широкое распространение получили резьбовые соединения, удельная масса применения которых превышает 60 %, вследствие их универсальности, высокой надежности, способности выдерживать большие нагрузки, а также удобства сборки-разборки и относительной простоты изготовления.

Под резьбовым соединением понимают разъемное соединение, выполняемое с помощью резьбовых крепежных деталей — винтов, болтов, шпилек, гаек или резьбы, нанесенной непосредственно на соединяемые детали.

В зависимости от характера работы соединяемых деталей резьбовые соединения разделяют на *неподвижные* и *подвижные*. В неподвижных резьбовых соединениях, выполняемых, как правило,

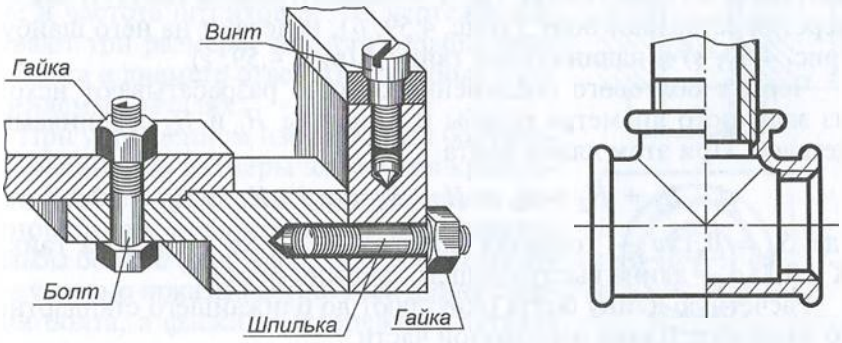


Рис. 4.57

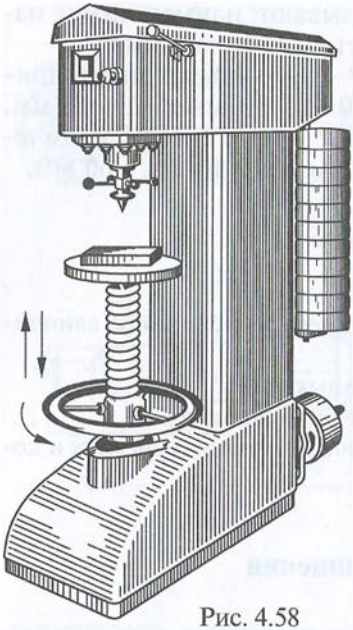


Рис. 4.58

с помощью крепежных резьб, соединяемые детали в процессе работы остаются неподвижными друг относительно друга. К ним относятся болтовое, шпилечное, трубное и другие соединения (рис. 4.57). В подвижных резьбовых соединениях, выполняемых в основном с помощью ходовых резьб, соединяемые детали в процессе работы перемещаются друг относительно друга. К ним относятся соединения винт-гайка в тисках и домкратах, винт-суппорт в токарных станках, шпиндель и крышка в кранах и вентилях и другие соединения (рис. 4.58).

Различают *конструктивное*, *упрощенное* и *условное* изображения крепежных деталей и их соединений. При конструктивном изображении размеры деталей и их элементов точно соответствуют стандартным. При упрощенном изображении размеры крепежных деталей определяют по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы и упрощенно вычерчивают такие элементы, как фаски, шлицы, резьбу в глухих отверстиях и т. п. Условное изображение используется в случае, если диаметр стержня крепежных деталей равен или меньше 2 мм.

Болтовые соединения

Болтовое соединение, состоящее из болта, гайки, шайбы и соединяемых деталей, выполняется следующим образом. В соединяемых деталях *1* и *2* (рис. 4.59, *а*) сверлят сквозные отверстия диаметром $d_0 = (1{,}05 \ldots 1{,}10)d$, где d — диаметр резьбы болта. В эти отверстия вставляют болт *3* (рис. 4.59, *б*), надевают на него шайбу *4* (рис. 4.59, *в*) и навинчивают гайку *5* (рис. 4.59, *г*).

Чертеж болтового соединения обычно разрабатывают исходя из заданного диаметра резьбы и толщины H_1 и H_2 соединяемых деталей. При этом длина болта

$$l = H_1 + H_2 + S_ш + H + K, \text{ или } l \approx H_1 + H_2 + 1{,}3d,$$

где $S_ш = 0{,}15d$ — толщина шайбы; $H = 0{,}8d$ — высота гайки; $K = 0{,}35d$ — длина выступающего стержня болта.

Расчетную длину болта округляют до ближайшего стандартного значения. Длина нарезанной части

$$l_0 \geq l - (H_1 + H_2) - 5$$

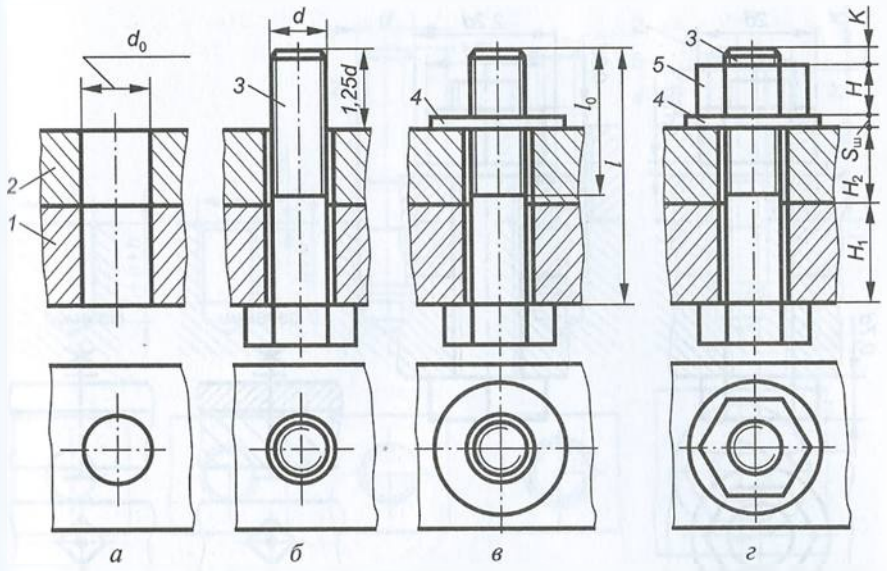


Рис. 4.59

также определяется в соответствии со стандартом. На чертеже болтового соединения (рис. 4.60) выполняют не менее двух изображений: на плоскости проекций, параллельной оси болта, и на плоскости проекций, перпендикулярной его оси (со стороны гайки). При изображении болтового соединения в разрезе стандартные детали (болт, гайку, шайбу) показывают неразрезанными. Головку болта и гайки на главном виде принято изображать тремя гранями. Штриховка смежных деталей выполняется под углом 45° к горизонтальным линиям чертежа в разные стороны, при этом для каждой детали сохраняются одинаковые направление и частота штриховки. На чертеже указывают три размера: диаметр резьбы, длину болта и диаметр отверстия под болт в соединяемых деталях.

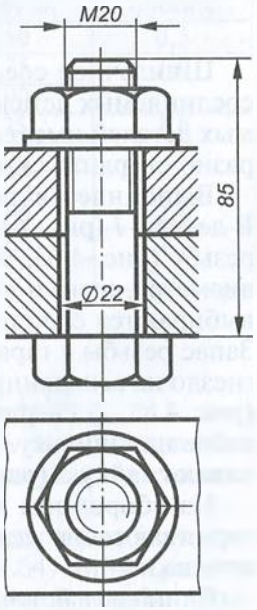


Рис. 4.60

При упрощенном изображении болтового соединения размеры элементов крепежных деталей определяют по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы болта *d* (рис. 4.61). Резьбу в этом случае условно показывают по всей длине стержня болта, а фаски на крепежных деталях и зазор между отверстием и стержнем болта не изображают.

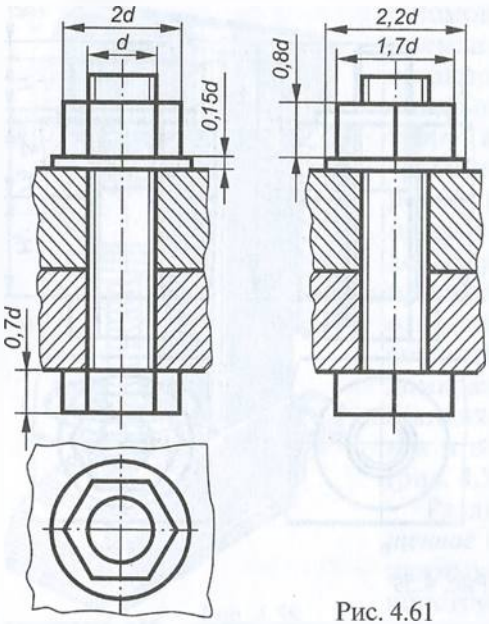


Рис. 4.61

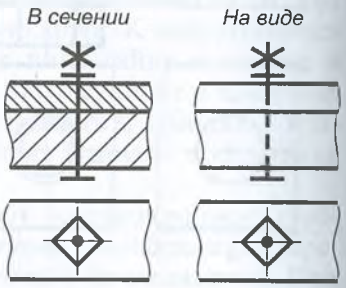


Рис. 4.62

В случаях, когда номинальный диаметр резьбы равен или меньше 2 мм, ГОСТ 2.315—68* допускает условное изображение болтового соединения (рис. 4.62).

Шпилечные соединения

Шпилечное соединение состоит из шпильки, гайки, шайбы и соединяемых деталей. Применяется оно, когда одна из соединяемых деталей имеет значительную толщину, т.е. когда нецелесообразно сверлить сквозное отверстие для болта большой длины.

Выполняется шпилечное соединение следующим образом. В детали *1* (рис. 4.63, *а*) сверлят гнездо диаметром D_1 и нарезают резьбу (рис. 4.63, *б*). Размеры резьбового отверстия D зависят от диаметра, шага и длины резьбы ввинчиваемого конца шпильки и выбираются с учетом запаса резьбы h и ее недореза a (табл. 4.19). Запас резьбы с гарантией обеспечивает ввинчивание шпильки *2* в гнездо на всю длину ее резьбового конца l_1 (рис. 4.63, *в*). В детали *3* (рис. 4.63, *г*) сверлят отверстие диаметром $(1{,}05...1{,}1)d$ и надевают ее на шпильку. Затем на шпильку надевают шайбу *4* и навинчивают гайку *5* (рис. 4.63, *д*).

На сборочном чертеже детали шпилечного соединения вычерчиваются в условном соотношении с диаметром резьбы d шпильки.

Длина резьбового конца l_1 шпильки зависит от материала детали, в которую она ввинчивается (см. табл. 4.14).

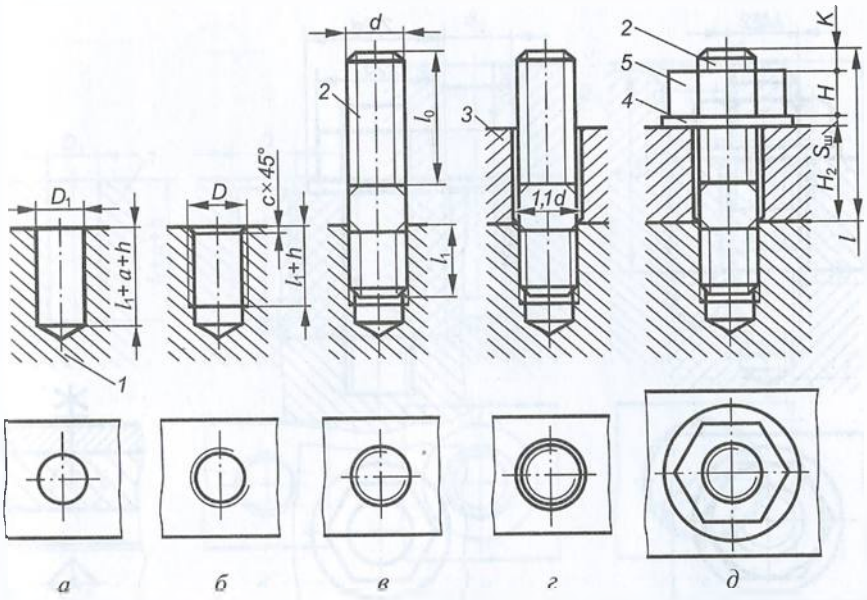


Рис. 4.63

Таблица 4.19

Параметры резьбового отверстия, мм

Шаг резьбы P	Запас резьбы h	Недорез резьбы a, не более	Диаметр гнезда под резьбу D_1	Размер фаски c
0,5	1,0	3,5	$d-0,50$	0,5
0,75	1,5	4,0	$d-0,75$	1,0
1,0	2,0	5,0	$d-1,00$	
1,25	2,5	5,0	$d-1,25$	1,6
1,5	3,0	6,0	$d-1,50$	
1,75	3,5	7,0	$d-1,75$	
2,0	4,0	8,0	$d-2,00$	2,0
2,5	5,0	10,0	$d-2,60$	2,5
3,0	6,0	15,0	$d-3,10$	

Длина шпильки

$$l = H_2 + S_ш + H + K \text{ или } l = H_2 + 1{,}3d,$$

где H_2 — толщина присоединяемой детали; $S_ш$ — толщина шайбы; $H = 0{,}8d$ — высота гайки; $K = 0{,}35d$ — длина выступающего конца шпильки над гайкой.

Расчетную длину шпильки округляют до стандартного значения.

На чертеже шпилечного соединения (рис. 4.64) линия раздела соединяемых деталей должна совпадать с границей резьбы ввинчиваемого конца шпильки. Нарезать резьбу до конца гнезда невоз-

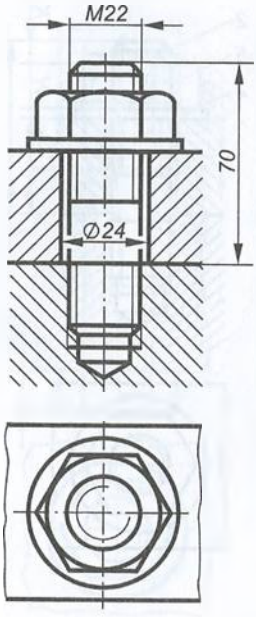


Рис. 4.64

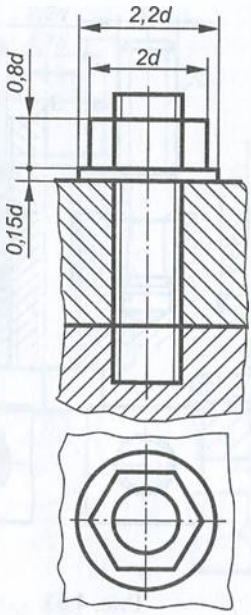


Рис. 4.65



Рис. 4.66

можно, но на сборочных чертежах допускается изображать ее на всей его глубине. Штриховка в разрезе доводится до основной линии резьбы на шпильке и в гнезде. На чертеже указываются три размера: диаметр резьбы, длина шпильки и диаметр отверстия в присоединяемой детали.

На упрощенном изображении шпилечного соединения (рис. 4.65) резьбу условно показывают на всей длине шпильки. При этом на крепежных деталях конец резьбового отверстия, включая запас и недорез резьбы, а также зазор между отверстием присоединяемой детали и шпилькой не изображают. Размеры крепежных деталей зависят от диаметра резьбы болта *d*.

Если номинальный диаметр резьбы равен или меньше 2 мм, допускается условное изображение шпилечного соединения (рис. 4.66).

Винтовые соединения

Винтовое соединение состоит из винта с шайбой и соединяемых деталей. Применяется оно главным образом для крепления деталей, испытывающих небольшие нагрузки (крышек, кожухов и др.).

Выполняется винтовое соединение следующим образом. В детали *1* сверлят гнездо (рис. 4.67, *а*), в котором затем нарезают резьбу (рис. 4.67, *б*). В присоединяемой детали *2* выполняют сквозное отверстие диаметром (1,05...1,10)*d*. Если применяют винт с потай-

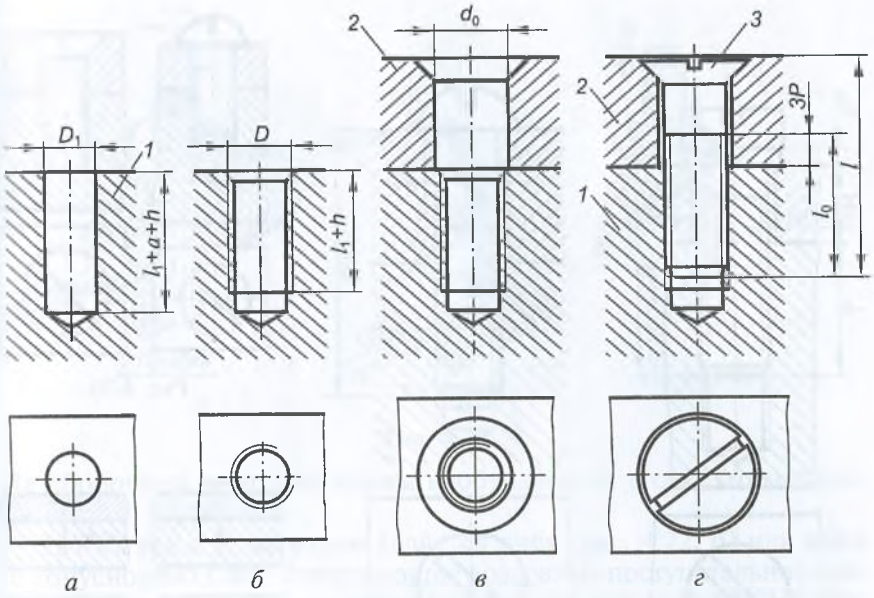


Рис. 4.67

ной или полупотайной головкой, то соответствующая сторона детали должна иметь зенковку 90° под нее (рис. 4.67, *в*). Винт *3* должен свободно входить в отверстие детали *2* и ввинчиваться в деталь *1* (рис. 4.67, *г*).

Длина винта *l* определяется в зависимости от формы головки, например длина винта с цилиндрической головкой (рис. 4.68)

$$l = H + S_{ш} + l_1,$$

где H — толщина присоединяемой детали; $S_{ш}$ — толщина шайбы; l_1 — длина ввинчиваемого резьбового конца винта, зависящая от материала детали.

Расчетная длина винта округляется до стандартного значения.

Изображение винтового соединения на чертеже выполняется подобно изображению болтового соединения по относительным размерам. В винтовом соединении (см. рис. 4.67, *г*) линия раздела соединяемых деталей должна быть ниже границы резьбы винта примерно на три шага резьбы. Если диаметр головки винта меньше 12 мм, то шлиц рекомендуется изображать одной утолщенной линией. На виде сверху в винтовом соединении шлиц изображается повернутым на 45°.

На чертеже винтового соединения (рис. 4.69) наносят три размера: диаметр резьбы, длину винта и диаметр отверстия присоединяемой детали.

При упрощенном изображении винтового соединения (рис. 4.70) резьбу условно показывают на всей длине стержня винта; конец

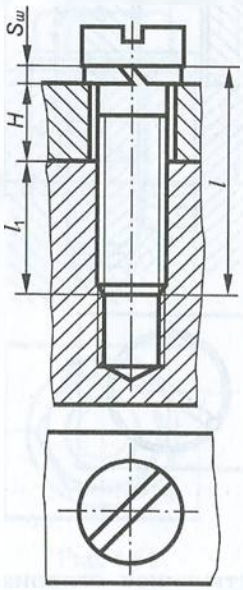


Рис. 4.68

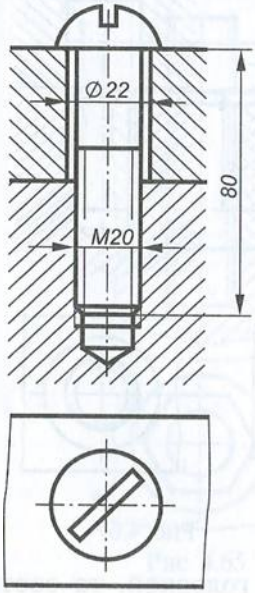


Рис. 4.69

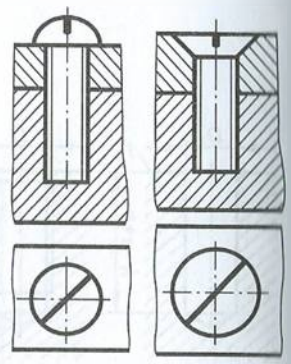


Рис. 4.70

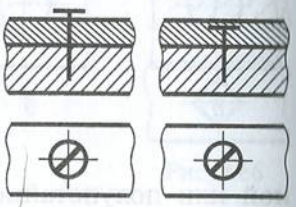


Рис. 4.71

резьбового отверстия, включая запас и недорез резьбы, а также зазор между отверстием в присоединяемой детали и винтом не изображают.

Если номинальный диаметр резьбы равен или меньше 2 мм, допускается условное изображение винтового соединения (рис. 4.71).

Трубные соединения

Трубные соединения широко распространены в арматурах систем отопления, вентиляции, водо- и газоснабжения, смазки машин и др.

Арматурой называются различные устройства, с помощью которых осуществляется изменение площади прохода трубопровода, а также направления движущейся в нем среды (жидкости, газа, пара). Изменение площади прохода достигается перемещением затвора в корпусе арматуры.

В зависимости от характера движения затвора различают следующие основные типы трубопроводной арматуры:

кран — затвором является пробка с конусностью 1:7, совершающая вращательное движение вокруг своей оси по поверхности конуса (рис. 4.72, *а*). Положение крана (открыт или закрыт) определяется по риске, нанесенной на торце хвостовика пробки.

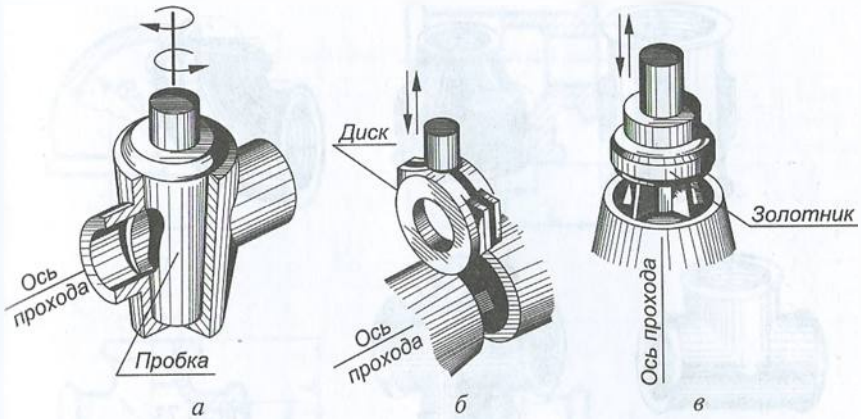


Рис. 4.72

На сборочных чертежах краны изображаются в открытом положении;

задвижка — затвором является диск (рис. 4.72, *б*) или клин (с конусностью 1:20), совершающие возвратно-поступательное движение в направлении, перпендикулярном к оси прохода. На сборочных чертежах задвижки изображаются в закрытом положении;

вентиль — затвором является золотник (рис. 4.72, *в*), совершающий возвратно-поступательное движение вдоль оси прохода. На сборочных чертежах вентили изображаются в закрытом положении.

В резьбовых соединениях труб широко используются соединительные части (рис. 4.73) — фитинги (муфты, угольники, тройники, кресты и др.).

Трубы. В системах водо- и газоснабжения применяются стальные неоцинкованные или оцинкованные трубы (ГОСТ 3262—75*) с цилиндрической резьбой на концах (рис. 4.74). В зависимости от толщины стенок различают трубы обыкновенные, усиленные и облегченные.

Параметры трубы определяются диаметром условного прохода D_y (табл. 4.20), который приблизительно равен внутреннему диаметру трубы. По D_y (с помощью справочника) определяют размеры трубы и соединительных частей. Изготавливают трубы в основном из сталей марок Ст0, Ст1 и др.

В условном обозначении трубы указывают: наименование изделия, покрытие (Ц — оцинкованная), наличие резьбы (Р), диаметр условного прохода, толщину стенки, длину трубы (если она мерная), стандарт, например:

труба Ц—Р—20 × 2,8 × 4000 ГОСТ3262—75* — это труба оцинкованная с диаметром условного прохода 20 мм, толщиной стенки 2,8 мм, длиной 4000 мм.

Соединительные части. Эти детали имеют трубную цилиндрическую резьбу и выполняются из ковкого чугуна марок КЧ 30-6,

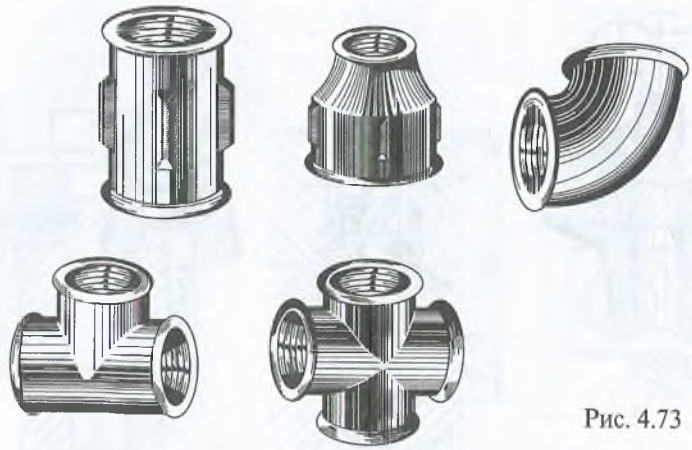


Рис. 4.73

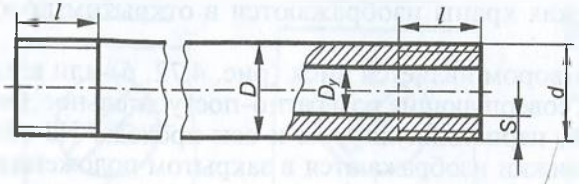


Рис. 4.74

Таблица 4.20

Параметры стальных водогазопроводных труб (ГОСТ 3262—75*)

Диаметр условного прохода D_y, мм	D, мм	Толщина стенки S, мм			Наружный диаметр резьбы d, дюймы	Длина резьбы l, мм
		легкой	обыкновенной	усиленной		
15	21,25	2,5	2,75	3,25	½	14
20	26,75	2,5	2,75	3,50	¾	16
25	33,50	2,8	3,25	4,00	1	18
32	42,25	2,8	3,25	4,00	1¼	20
40	48,00	3,0	3,50	4,00	1½	22
50	60,00	3,0	3,50	4,50	2	24

КЧ 35-10 и др. В зависимости от назначения различают соединительные части:

прямые (рис. 4.75, *а*...*г*) соответственно — угольник (ГОСТ 8946—75*), тройник (ГОСТ 8948—75*), крест (ГОСТ 8951—75*), муфты короткую (ГОСТ 8954—75*) и длинную (ГОСТ 8955—75*);

переходные (рис. 4.76, *а*...*в*) соответственно — крест (ГОСТ 8952—75*), тройник (ГОСТ 8949—75*) и муфту (ГОСТ 8957—75*).

Существуют также тройники (ГОСТ 8950—75*) и кресты (ГОСТ 8953—75*) с разными диаметрами условных проходов.

Основные размеры некоторых соединительных частей приведены в табл. 4.21 и 4.22.

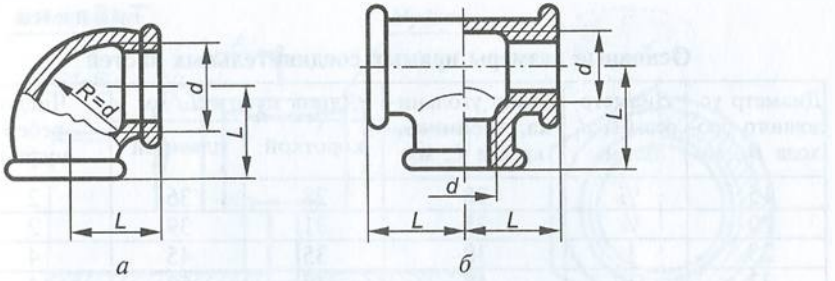


Рис. 4.75

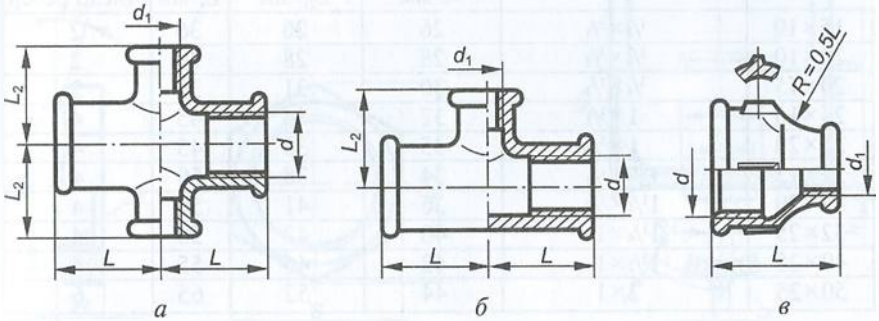


Рис. 4.76

В условном обозначении соединительных частей указывают: наименование детали, знак покрытия (Ц — оцинкованная); диаметр условного прохода, стандарт, например:

1. Муфта короткая Ц 25 ГОСТ 8954—75*;
2. Угольник 25 ГОСТ 8946—75*;
3. Тройник 25 ГОСТ 8948—75*;
4. Муфта 25×15 ГОСТ 8957—75*;
5. Крест Ц 25×15 ГОСТ 8952—75*;
6. Тройник 25×15 ГОСТ 8949—75*.

Наиболее простым является соединение двух труб с помощью муфты (рис. 4.77). В замыкающих звеньях трубопроводов трубы соединяют с помощью муфты и контргайки.

Трубное соединение на чертеже выполняется в двух изображениях: главный вид представляет собой сочетание половины вида с

Таблица 4.21

Основные размеры прямых соединительных частей

Диаметр условного прохода D_y, мм	Диаметр резьбы d, дюймы	Длина угольника, тройника, креста L, мм	Длина муфты L, мм		Число ребер муфты
			короткой	длинной	
15	1/2	28	28	36	2
20	3/4	33	31	39	2
25	1	38	35	45	4
32	1 1/4	45	39	50	4
40	1 1/2	50	43	55	4
50	2	58	47	65	6

Таблица 4.22

Основные размеры переходных соединительных частей

Диаметр условного прохода D_y, мм	Размер трубной резьбы $d \times d_1$, дюймы	Тройник переходной (ГОСТ 8949—75*); крест переходной (ГОСТ 8952—75*)		Муфта переходная	
		L, мм	L_2, мм	L, мм	Число ребер
15×10	1/2×3/8	26	26	36	2
20×10	3/4×3/8	28	28	39	2
20×15	3/4×1/2	30	31	39	2
25×15	1×1/2	32	34	45	4
25×20	1×3/4	35	36	45	4
32×15	1 1/4×1/2	34	38	50	4
32×20	1 1/4×3/4	36	41	50	4
32×25	1 1/4×1	40	42	50	4
40×25	1 1/2×1	42	46	55	4
50×25	2×1	44	52	65	6

частью фронтального разреза, а вид слева — сочетание половины вида с профильным разрезом. Перед вычерчиванием трубного соединения необходимо в соответствии с диаметром условного прохода подобрать по справочным таблицам размеры труб и соединительных частей. В соединении на конце одной из труб выполняется короткая резьба (на 1,5...2 витка меньше половины длины муфты) — сбег, за счет которого достигается герметичность. На конце другой трубы нарезают длинную резьбу — сгон. Длина сгона должна позволять разместить контргайку, муфту и при этом до начала сбега должно еще оставаться не менее двух витков. Герметичность соединения обеспечивается с помощью контргайки. Чертеж трубного соединения выполняется как конструктивный, без упрощения.

Размеры некоторых контргаек (рис. 4.78) и значения длины резьбы, выполняемой на концах труб, приведены в табл. 4.23, а размеры муфт (рис. 4.79) — в табл. 4.24.

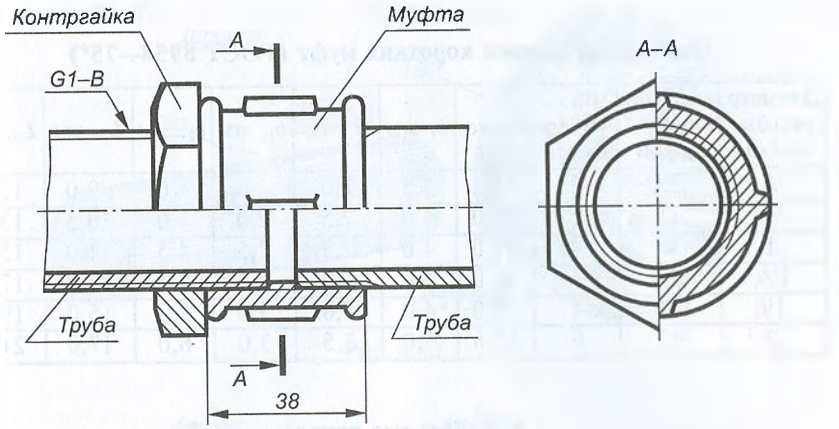


Рис. 4.77

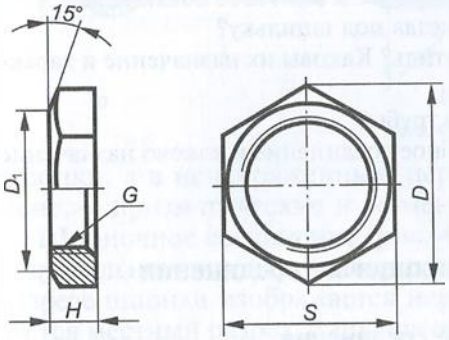


Рис. 4.78

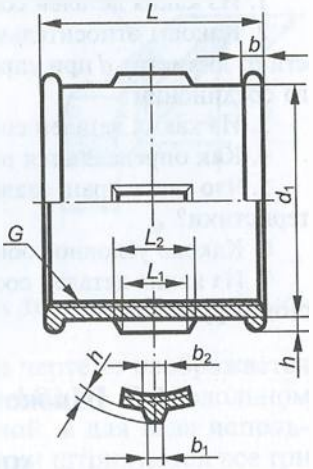


Рис. 4.79

Таблица 4.23

Параметры контргаек и значения длины резьбы, выполняемой на трубах (ГОСТ 8961—75* и ГОСТ 8944—75*)

Диаметр условного прохода D_y, мм	Диаметр резьбы d, дюймы	H, мм	S, мм	D, мм	D_1, мм	Длина резьбы трубы, мм	
						короткой	длинной
15	½	8	32	36,9	30	9	40
20	¾	9	36	41,6	33	10,5	45
25	1	10	46	53,1	43	11	50
32	1¼	11	55	63,5	52	13	53
40	1½	12	60	69,3	56	15	60
50	2	13	75	86,5	70	17	65

Таблица 4.24

Параметры прямых коротких муфт (ГОСТ 8954—75*)

Диаметр резьбы, дюймы	Длина муфты L, мм	Число ребер муфты	d_1, около, мм	b, мм	h, мм	b_1, мм	b_2, мм	L_1, мм	L_2, мм
1/2	28	2	24,2	3,5	2,0	2,0	4,0	9,0	12,0
3/4	31	2	30,0	4,0	2,5	2,0	4,0	10,5	13,5
1	35	4	37,0	4,0	2,5	2,5	4,5	11,0	15,0
1 1/4	39	4	46,0	4,0	3,0	2,5	5,0	13,0	17,0
1 1/2	43	4	53,0	4,0	3,0	3,0	5,0	15,0	19,0
2	47	6	65,6	5,0	3,5	3,0	6,0	17,0	21,0

Контрольные вопросы

1. Из каких деталей состоит болтовое соединение?
2. Каковы относительные размеры болта, гайки и шайбы в зависимости от диаметра d при упрощенном изображении болтового и шпилечного соединений?
3. Из каких деталей состоят шпилечное и винтовое соединения?
4. Как определяются размеры гнезда под шпильку?
5. Что такое кран, задвижка, вентиль? Каковы их назначение и характеристики?
6. Каково условное обозначение трубы?
7. Из каких деталей состоит трубное соединение и каково назначение сгона трубы?

4.5. Шпоночные и шлицевые соединения

Шпоночные соединения

Шпонка — это деталь, устанавливаемая в пазах двух соединяемых деталей для передачи крутящего момента.

Шпоночные соединения могут быть *неподвижными* или *подвижными* вдоль оси вала. При этом примерно на половину своей высоты шпонка входит в паз вала и на половину — в паз ступицы колеса. Боковые (рабочие) грани шпонки передают вращение от вала к ступице и обратно (рис. 4.80).

Форма и размеры шпонок стандартизованы и зависят от диаметра вала и условий работы соединяемых деталей.

По форме различают шпонки призматические (рис. 4.81, *а*), сегментные (рис. 4.81, *б*) и клиновые (рис. 4.81, *в*). Стандартами также определяются *напряженные* и *ненапряженные* шпоночные соединения. В напряженных соединениях, способных передавать крутящий момент и осевую нагрузку, применяются клиновые

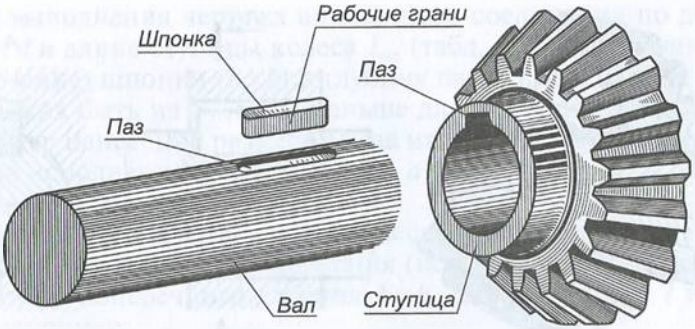


Рис. 4.80

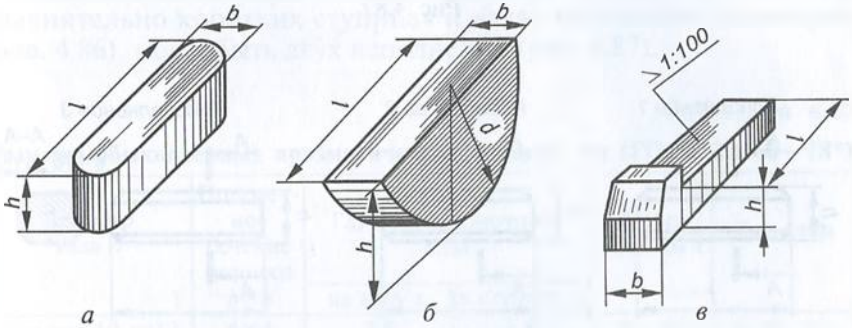


Рис. 4.81

шпонки, а в ненапряженных, передающих только крутящий момент, — призматические и сегментные.

Шпоночное соединение (рис. 4.82, *а*) на чертеже изображается в продольном и поперечном разрезах (рис. 4.82, *б*). В продольном разрезе шпонка изображается нерассеченной, а для вала используется местный разрез. В поперечном сечении штрихуются все три детали — вал, шпонка, ступица.

Изготавливают шпонки из специальной чистотянутой шпоночной стали (ГОСТ 8786—68).

Призматические шпонки разделяются на обыкновенные (ГОСТ 23360—78*) и направляющие (ГОСТ 8790—79). Последние крепят винтами к валу или ступице и применяют в случаях, когда колесо перемещается вдоль оси вала.

Наибольшее распространение получили шпонки обыкновенные, которые могут быть трех исполнений: со скруглением двух концов (рис. 4.83, *а*), без скругления концов (рис. 4.83, *б*) и со скруглением одного конца (рис. 4.83, *в*).

В шпоночном соединении (рис. 4.84, *а*) между пазом ступицы и верхней гранью шпонки должен быть зазор. Размеры шпонок, глубина пазов на валу и в ступице (рис. 4.84, *б*) определяются стандартом и зависят от диаметра вала.

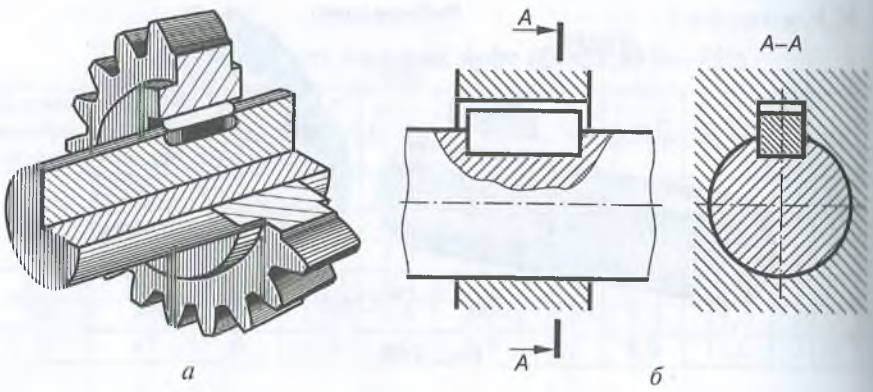


Рис. 4.82

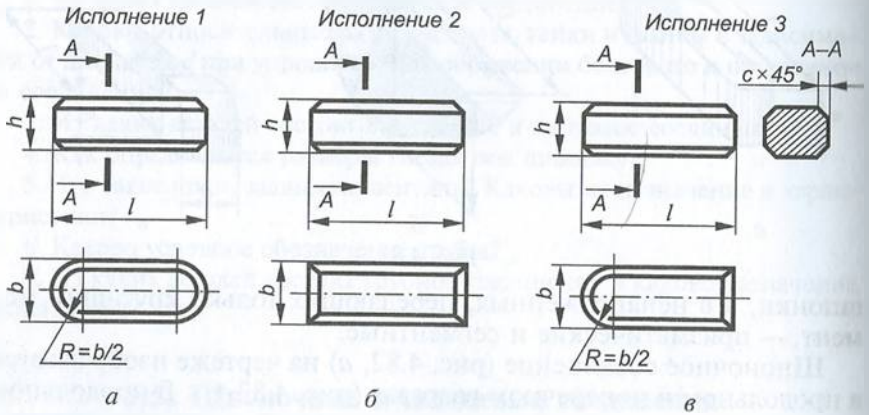


Рис. 4.83

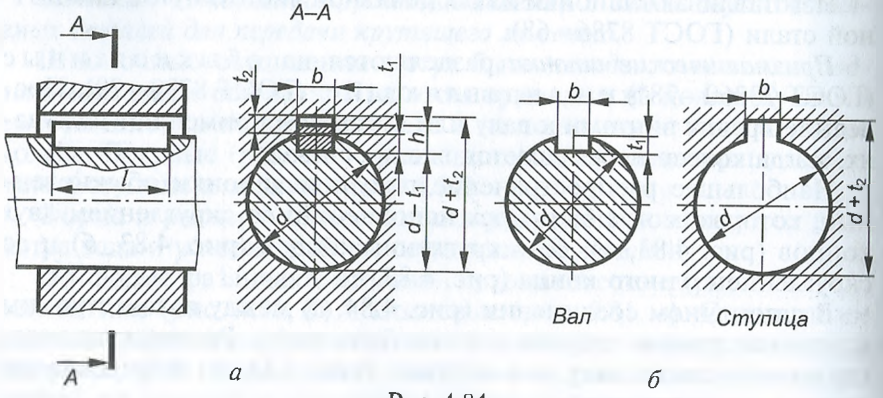


Рис. 4.84

Для выполнения чертежа шпоночного соединения по диаметру вала d и длине ступицы колеса $L_{ст}$ (табл. 4.25) определяют размер (сечение) шпонки ($b \times h$) и глубину пазов t_1 и t_2. Длина шпонки l должна быть на 5...6 мм меньше длины ступицы $L_{ст}$.

Пример нанесения размеров паза на валу для призматической шпонки исполнения 1 (см. рис. 4.83, *а*)показан на рис. 4.85, *а*, а в ступице — на рис. 4.85, *б*.

Условное обозначение призматической шпонки содержит: наименование изделия, вид исполнения (исполнение 1 не указывается), размер поперечного сечения $b \times h$, длину шпонки l и стандарт, например:

Шпонка 2—10 × 8 × 38 ГОСТ 23360—78*.

Сегментные шпонки (ГОСТ 24071—80*), применяемые на сравнительно коротких ступицах и валах небольших диаметров (рис. 4.86), могут быть двух исполнений (рис. 4.87).

Таблица 4.25

Размеры обыкновенных призматических шпонок, мм (ГОСТ 23360—78*)

Диаметр вала d	Поперечное сечение шпонки $b \times h$	Глубина шпоночного паза		Длина шпонки l	Ряд длин
		на валу t_1	в ступице t_2		
Свыше 10 до12	4×4	2,5	1,8	8...45	6, 8, 10,
Свыше 12 до17	5×5	3,0	2,3	10...56	12, 14, 16,
Свыше 17 до 22	6×6	3,5	2,8	14...70	18, 20, 22,
Свыше 22 до 30	8×7	4,0	3,3	18...90	25, 28, 32,
Свыше 30 до 38	10×8	5,0	3,3	22...110	50, 56, 63,
Свыше 38 до 44	12×8	5,0	3,3	28...140	70, 80, 90,
Свыше 44 до 50	14×9	5,0	3,3	36...160	100, 110,
Свыше 50 до 58	16×10	6,0	4,3	45...180	125, 140,
Свыше 58 до 65	18×11	7,0	4,4	50...200	160, 180
Свыше 65 до 75	20×12	7,5	4,9	56...220	200, 220

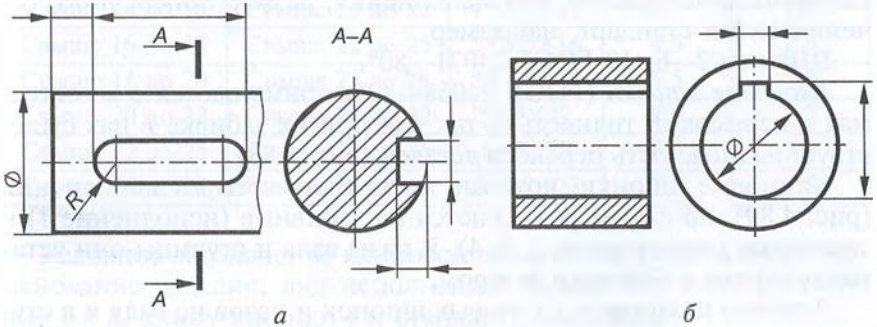


Рис. 4.85

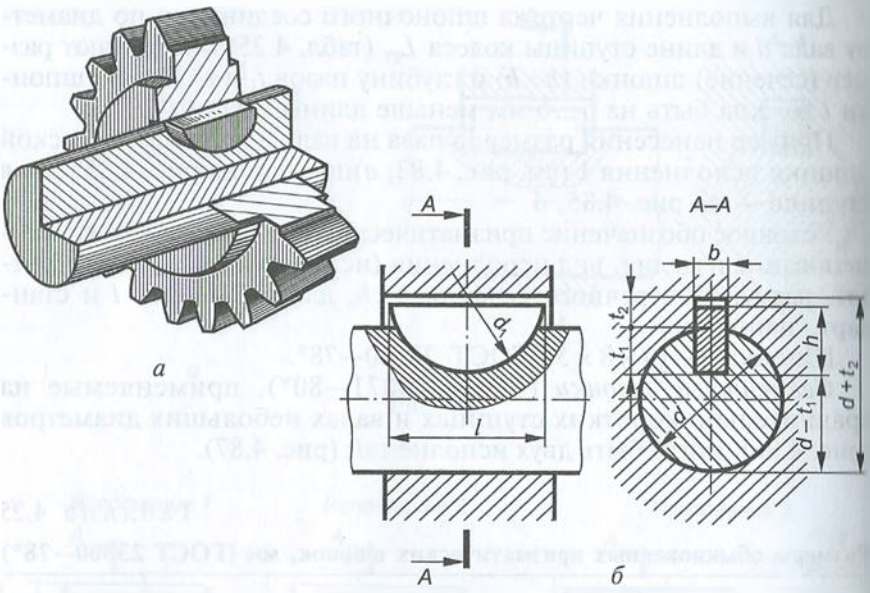


Рис. 4.86

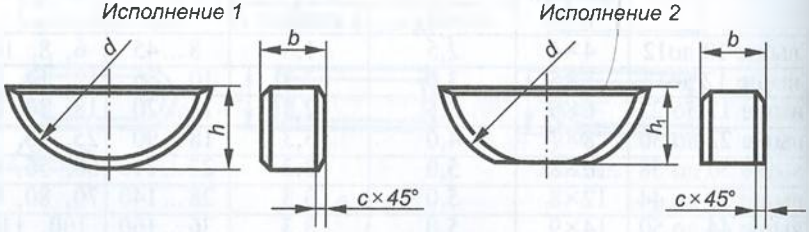


Рис. 4.87

Размеры некоторых сегментных шпонок и пазов на валу и в ступице в зависимости от диаметра вала приведены в табл. 4.26.

Условное обозначение сегментной шпонки включает в себя: наименование изделия, вид исполнения, размер поперечного сечения $b \times h$ и стандарт, например:

Шпонка 2—6×10 ГОСТ 24071—80*.

Клиновые шпонки (ГОСТ 24068—80*) применяются в механизмах с невысокой точностью, так как при их забивке в паз существует возможность перекоса деталей (рис. 4.88).

Клиновые шпонки, которые могут быть четырех исполнений (рис. 4.89), по форме разделяются на забивные (исполнение 1) и закладные (исполнения 2, 3, 4). В пазы вала и ступицы они устанавливаются с боковым зазором.

Размеры некоторых клиновых шпонок и пазов на валу и в ступице приведены в табл. 4.27.

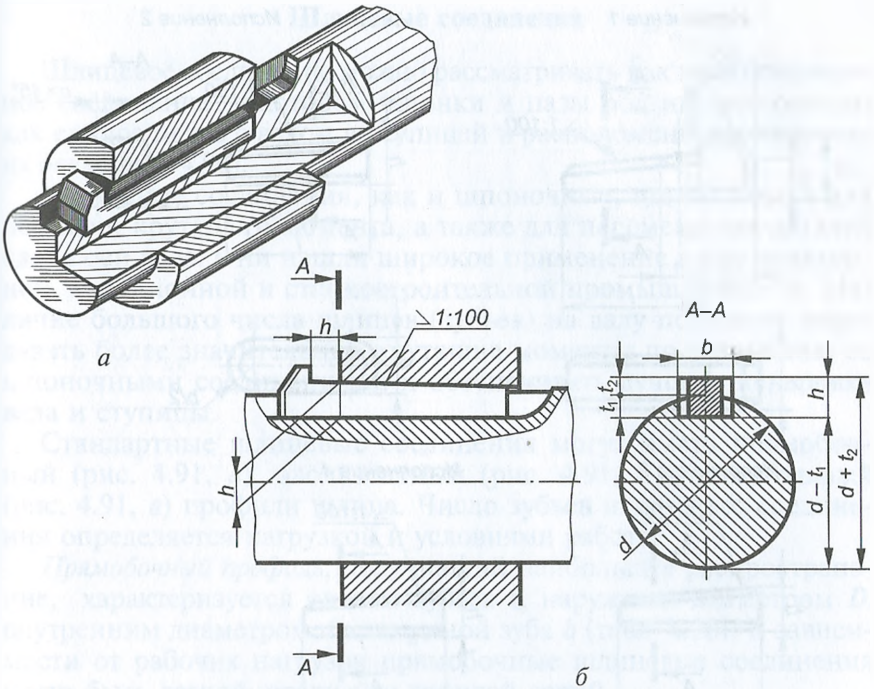


Рис. 4.88

Таблица 4.26

Размеры некоторых сегментных шпонок, мм (ГОСТ 24071—80*)

Диаметр вала d		Размеры шпонки $b \times h \times d$	Глубина шпоночного паза	
(шпонка предназначена для передачи крутящихся моментов)	(шпонка предназначена для фиксации элементов)		на валу t_1	в ступице t_2
Свыше 10 до12	Свыше 15 до 18	3×6,5×16	5,3	1,4
Свыше 12 до 14	Свыше 18 до 20	4×6,5×16	5,0	1,8
Свыше 14 до 16	Свыше 20 до 22	4×7,5×19	6,0	1,8
Свыше 16 до 18	Свыше 22 до 25	5×6,5×16	4,5	2,3
Свыше 18 до 20	Свыше 25 до 28	5×7,5×19	5,5	2,3
Свыше 20 до 22	Свыше 28 до 32	5×9×22	7,0	2,3
Свыше 22 до 25	Свыше 32 до 36	6×9×22	6,5	2,8
Свыше 25 до 28	Свыше 36 до 40	6×10×25	7,5	2,8

Условное обозначение клиновой шпонки включает в себя: наименование изделия, вид исполнения, размер поперечного сечения $b \times h$, длину шпонки l и стандарт, например:

Шпонка 2—18 × 11 × 100 ГОСТ 24068—80*.

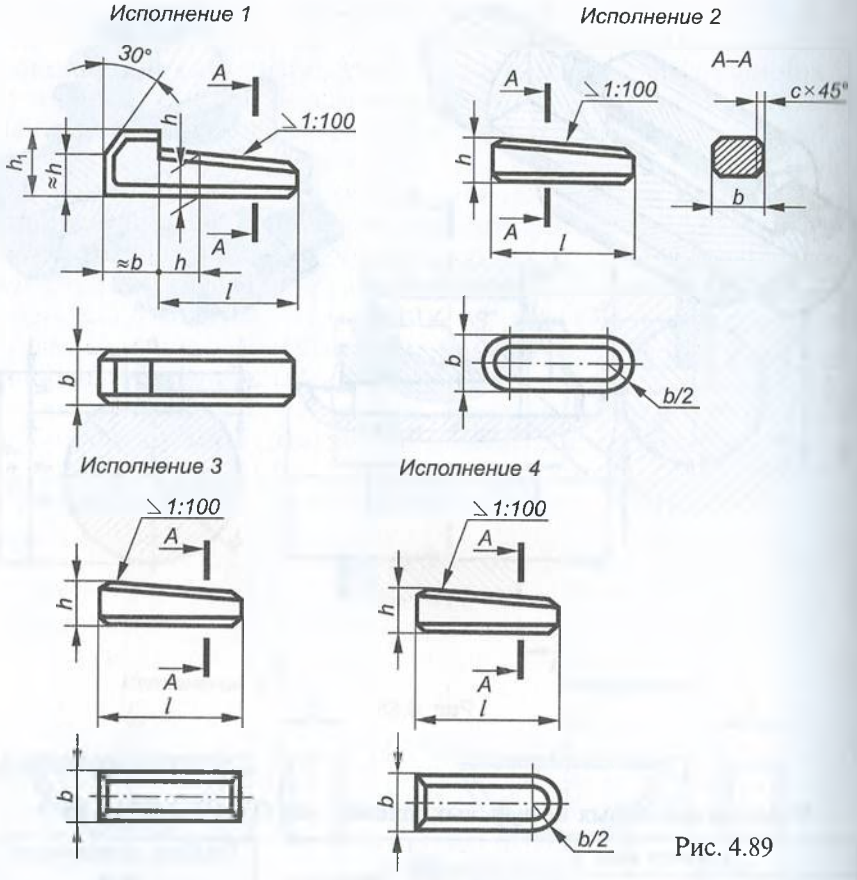


Рис. 4.89

Таблица 4.27

Размеры некоторых клиновых шпонок исполнения 1, мм (ГОСТ 24068—80*)

Диаметр вала d	Поперечное сечение шпонки $b \times h$	Глубина шпоночного паза		Длина шпонки l	Ширина шпоночного паза b
		на валу t_1	в ступице t_2		
Свыше 10 до 12	4×4	2,5	1,2	8...45	4
Свыше 12 до 17	5×5	3,0	1,7	10...56	5
Свыше 20 до 22	6×6	3,5	2,2	14...76	6
Свыше 22 до 30	8×7	4,0	2,4	18...90	8
Свыше 30 до 38	10×8	5,0	2,4	22...110	10
Свыше 38 до 44	12×8	5,0	2,4	28...140	12
Свыше 44 до 50	14×9	5,5	2,9	36...160	14
Свыше 50 до 58	16×10	6,0	3,4	45...180	16

Шлицевые соединения

Шлицевое соединение можно рассматривать как многошпоночное соединение, в котором шпонки и пазы под них выполнены как единое целое с валом и ступицей и расположены параллельно их осям (рис. 4.90).

Шлицевые соединения, как и шпоночные, используются для передачи крутящего момента, а также для перемещения деталей вдоль оси вала. Они нашли широкое применение в автотракторной, авиационной и станкостроительной промышленности. Наличие большого числа шлицев (зубьев) на валу позволяет передавать более значительные крутящие моменты по сравнению со шпоночными соединениями и обеспечивать лучшую центровку вала и ступицы.

Стандартные шлицевые соединения могут иметь прямобочный (рис. 4.91, *а*), эвольвентный (рис. 4.91, *б*) и треугольный (рис. 4.91, *в*) профили шлица. Число зубьев шлицевого соединения определяется нагрузкой и условиями работы.

Прямобочный профиль, получивший наибольшее распространение, характеризуется числом зубьев z, наружным диаметром D, внутренним диаметром d и шириной зуба b (табл. 4.28). В зависимости от рабочих нагрузок прямобочные шлицевые соединения могут быть легкой, средней и тяжелой серий.

Центрирование ступиц на шлицевом валу осуществляется при контакте следующими способами:

по наружному диаметру шлицев D (рис. 4.92, *а*). Это наиболее технологичный способ, при котором радиальный зазор образуется по внутреннему диаметру шлицев d;

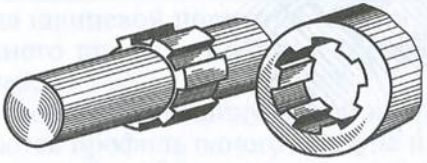


Рис. 4.90

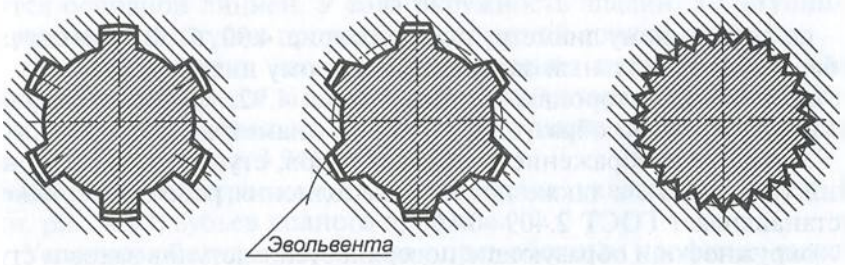


Рис. 4.91

Таблица 4.28

Параметры шлицевого соединения с прямобочным профилем, мм (ГОСТ 1139—80*)

Легкая серия				Средняя серия				Тяжелая серия			
z	*d*	*D*	*b*	*z*	*d*	*D*	*b*	*z*	*d*	*D*	*b*
6	23	26	6	6	21	25	5	10	21	26	3
	26	30			23	28	6		23	29	4
	28	32			26	32	6		26	32	4
					28	34	7		28	35	4
8	32	36	6	8	32	38	6	10	52	60	5
	36	40	7		36	42	7		56	65	5
	42	46	8		42	48	8		62	72	5
	46	50	9		46	54	9		72	82	5

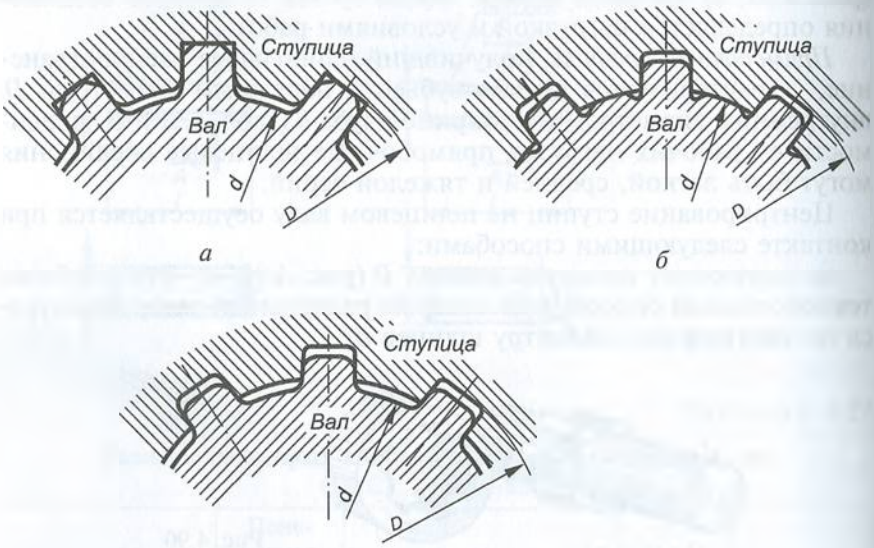


Рис. 4.92

по внутреннему диаметру шлицев *d* (рис. 4.92, *б*). В этом случае образуется радиальный зазор по наружному диаметру *D*;

по боковым сторонам шлицев *b* (рис. 4.92, *в*). В этом случае радиальный зазор образуется по обоим диаметрам *D* и *d*.

Условное изображение шлицевых валов, ступиц и их соединений (рис. 4.93), а также правила выполнения рабочих чертежей устанавливает ГОСТ 2.409—74*:

окружности и образующие поверхностей выступов валов и ступиц изображаются основной линией, а впадин — сплошной тонкой линией, пересекающей границу фаски;

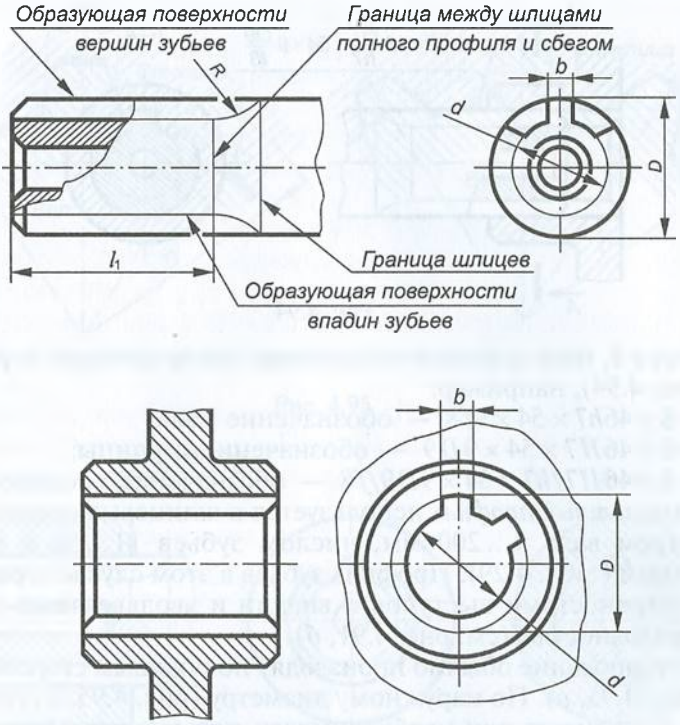


Рис. 4.93

в продольном разрезе образующие поверхностей выступов и впадин изображаются основной линией. В поперечном разрезе окружность впадин выполняется сплошной тонкой линией;

граница шлицевой поверхности, а также граница между шлицами полного профиля и сбегом изображаются сплошной тонкой линией;

на плоскости, перпендикулярной к оси вала или оси ступицы, изображаются профиль одного выступа и двух впадин. У вала окружность выступов (D), а у ступиц окружность впадин (d) проводятся основной линией. У вала окружность впадин, а у ступицы окружность выступов проводятся сплошной тонкой линией;

при изображении шлицевого соединения показывают только ту часть поверхности выступов ступицы, которая не закрыта валом, при этом радиальный зазор между выступами и впадинами не показывают (рис. 4.94);

на рабочих чертежах ступиц и валов указывают длину l_1 (см. рис. 4.93) зубьев полного профиля.

Условное обозначение шлица с прямобочным профилем включает в себя: букву, обозначающую поверхность центрирования, число зубьев z, внутренний диаметр d, наружный диаметр D, ши-

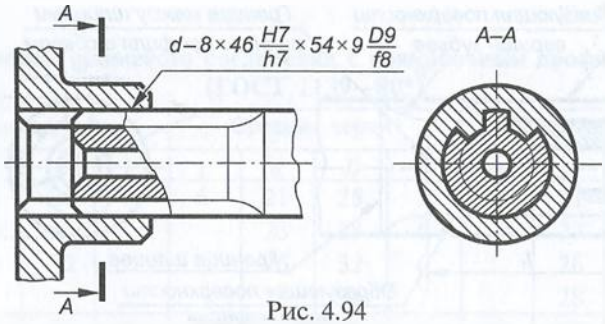


Рис. 4.94

рину зуба b, поле допусков по диаметру центрирования и размеру b (см. рис. 4.94), например:

$d-8\times46h7\times54\times9f8$ — обозначение вала;

$d-8\times46H7\times54\times9D9$ — обозначение ступицы;

$d-8\times46H7/h7\times54\times9D9/f8$ — обозначение соединения.

Эвольвентный профиль используется в шлицевых соединениях с диаметром вала 4...200 мм, числом зубьев 11...50 и модулем 0,5...10 мм (табл. 4.29). Профиль зубьев в этом случае ограничивается окружностями выступов и впадин и эвольвентами по боковым поверхностям (см. рис. 4.91, *б*).

Центрирование обычно производят по боковым сторонам шлицев (рис. 4.95, *а*). По наружному диаметру (рис. 4.95, *б*) центрирование выполняют при необходимости повышения точности вращения деталей. Центрирование по внутреннему диаметру практически не применяют.

На чертежах деталей с эвольвентным профилем дополнительно тонкой штрихпунктирной линией наносят образующие и окружности делительной поверхности (рис. 4.96).

Таблица 4.29

Параметры шлицевых соединений с эвольвентным профилем (ГОСТ 6033—80*)

Номинальный диаметр D, мм		Модуль m, мм									
		Ряд 1	—	1,25	—	2	—	3	—	—	5
		Ряд 2	1	—	1,5	—	2,5	—	3,5	4	—
Ряд 1	Ряд 2	Число зубьев									
15	—		13	10	8	6	—	—	—	—	—
—	18		16	13	10	7	—	—	—	—	—
20	—		18	14	12	8	6	—	—	—	—
—	22		20	16	13	9	7	6	—	—	—
25	—		24	18	15	11	8	7	—	—	—
—	28		26	21	17	12	10	8	—	—	—
30	—		28	22	18	13	10	8	—	—	—
35	—		34	26	22	16	12	10	—	7	—
40			38	36	25	18	14	12	—	8	6

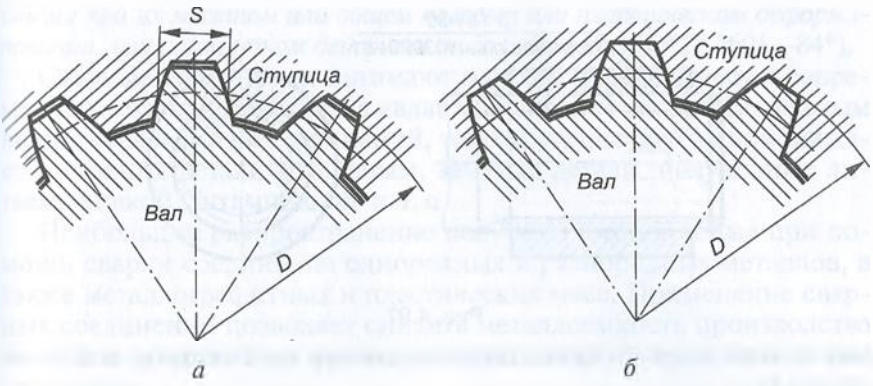


Рис. 4.95

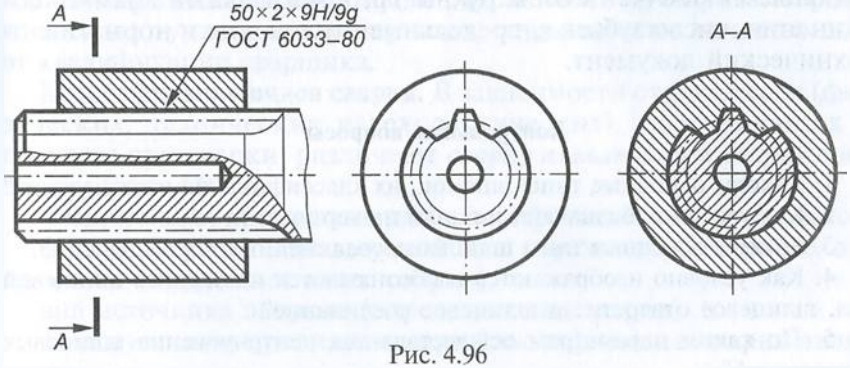


Рис. 4.96

Условное обозначение эвольвентного профиля включает в себя: номинальный диаметр соединения D; модуль m; обозначение посадки соединения (полей допусков вала и ступицы), помещаемое после размеров центрирующих элементов; стандарт. Например, при центрировании соединения по боковым сторонам:

$50 \times 2 \times 9g$ ГОСТ 6033—80* — обозначение вала;

$50 \times 2 \times 9H$ ГОСТ 6033—80* — обозначение ступицы;

$50 \times 2 \times 9H/g$ ГОСТ 6033—80* — обозначение соединения.

При центрировании соединения по наружному диаметру:

$50 \times g6 \times 2$ ГОСТ 6033—80* — обозначение вала;

$50 \times H7 \times 2$ ГОСТ 6033—80* — обозначение ступицы;

$50 \times H7/g6 \times 2$ ГОСТ 6033—80* — обозначение соединения.

Треугольный профиль применяют главным образом в неподвижных шлицевых соединениях деталей (рис. 4.97) для передачи небольших крутящих моментов в целях предотвращения прессовых соединительных посадок, а также в тонкостенных втулках. Основными параметрами соединений с треугольным профилем являются: номинальный диаметр $D = 5 \ldots 80$ мм; число зубьев $z = 20 \ldots 70$; модуль $m = 0{,}2 \ldots 1{,}5$ мм; угол профиля — 90, 72, 60°. Центрирова-

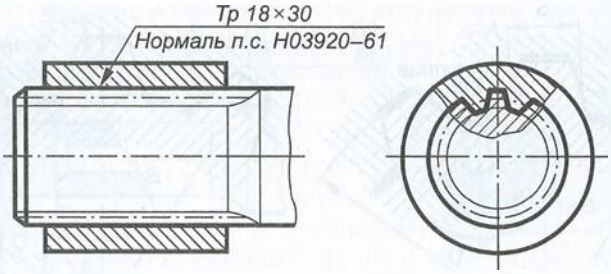


Рис. 4.97

ние в этом случае осуществляется только по боковым сторонам профиля.

Условное обозначение шлицевого соединения с треугольным профилем включает в себя: буквы Тр, номинальный диаметр соединения, число зубьев z, предельные отклонения и нормативно-технический документ.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные типы шпонок, их классификация и назначение?
2. Как условно обозначают шпонки на чертеже?
3. Каковы основные типы шлицевых соединений и их назначение?
4. Как условно изображаются и обозначаются на чертеже шлицевой вал, шлицевое отверстие и шлицевое соединение?
5. По каким параметрам осуществляется центрирование шлицевых соединений?

4.6. Неразъемные соединения

При неразъемном соединении детали нельзя разъединить без какого-либо разрушения, т.е. детали в таких конструкциях соединяются в единое целое. К неразъемным соединениям относятся сварка (ГОСТ 2.312—72*), клепка (ГОСТ 2.312—82), пайка (ГОСТ 2.312—82), склеивание (ГОСТ 2.312—82), сшивание (ГОСТ 2.312—82), развальцовка, обжатие, прессование.

Соединения, выполненные развальцовкой, обжатием и прессованием, условных стандартизованных обозначений не имеют и вычерчиваются с соблюдением только правил проекционного и машиностроительного черчения.

Сварные соединения

Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения посредством установления межатомных связей между свариваемыми ча-

стями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого (ГОСТ 2601—84*).

Сварные соединения занимают одно из ведущих мест в современных технологиях. Сварка является наиболее распространенным видом неразъемных соединений, так как лучше других приближает составные детали к цельным, заменяя детали, полученные литьем, ковкой, штамповкой и т.п.

Наибольшее распространение получили выполняемые при помощи сварки соединения однородных и разнородных металлов, а также металлографитных и пластических масс. Применение сварных соединений позволяет снизить металлоемкость производства до 40% и существенно уменьшить трудоемкость технологических процессов.

Недостатки сварных соединений обусловливаются возникновением термических деформаций, ограниченной свариваемостью деталей из тугоплавких материалов, зависимостью качества шва от квалификации сварщика.

Классификация видов сварки. В зависимости от процессов (физических, технических и технологических), происходящих в процессе при сварки, различают *сварку плавлением* и *сварку давлением* (рис. 4.98).

Физическими признаками для классификации сварки являются:

форма энергии, используемой для образования сварного соединения (определяет класс сварки);

вид источника энергии (определяет вид сварки).

Техническими признаками при классификации сварки являются:

способ защиты металла в зоне сварки (сварка в воздухе, вакууме и т.д.);

непрерывность процесса (сварка непрерывная, прерывистая);

степень механизации (сварка ручная, автоматизированная и т.д.).

Технологические признаки применяются для классификации сварки каждого вида, например для дуговой сварки — это вид электрода (плавящийся, металлический и т.д.), вид дуги (свободная, сжатая), применение присадочного материала и т.д.

Наибольшее распространение получили газовая, дуговая и контактная сварки.

При *газовой* сварке (рис. 4.99, *а*) нагрев кромок соединяемых частей производится в пламени газов (ацетилена, воздуха и др.), сжигаемых в струе кислорода на выходе горелки. Присадочный материал (в виде металлического прута) и частично материал свариваемых деталей плавятся под действием температуры и заполняют зазор между ними. Наплавленный металл затвердевает, образуя шов сварного соединения.

При *дуговой* сварке (рис. 4.99, *б*) нагрев кромок свариваемых деталей осуществляется электрической дугой, возникающей меж-

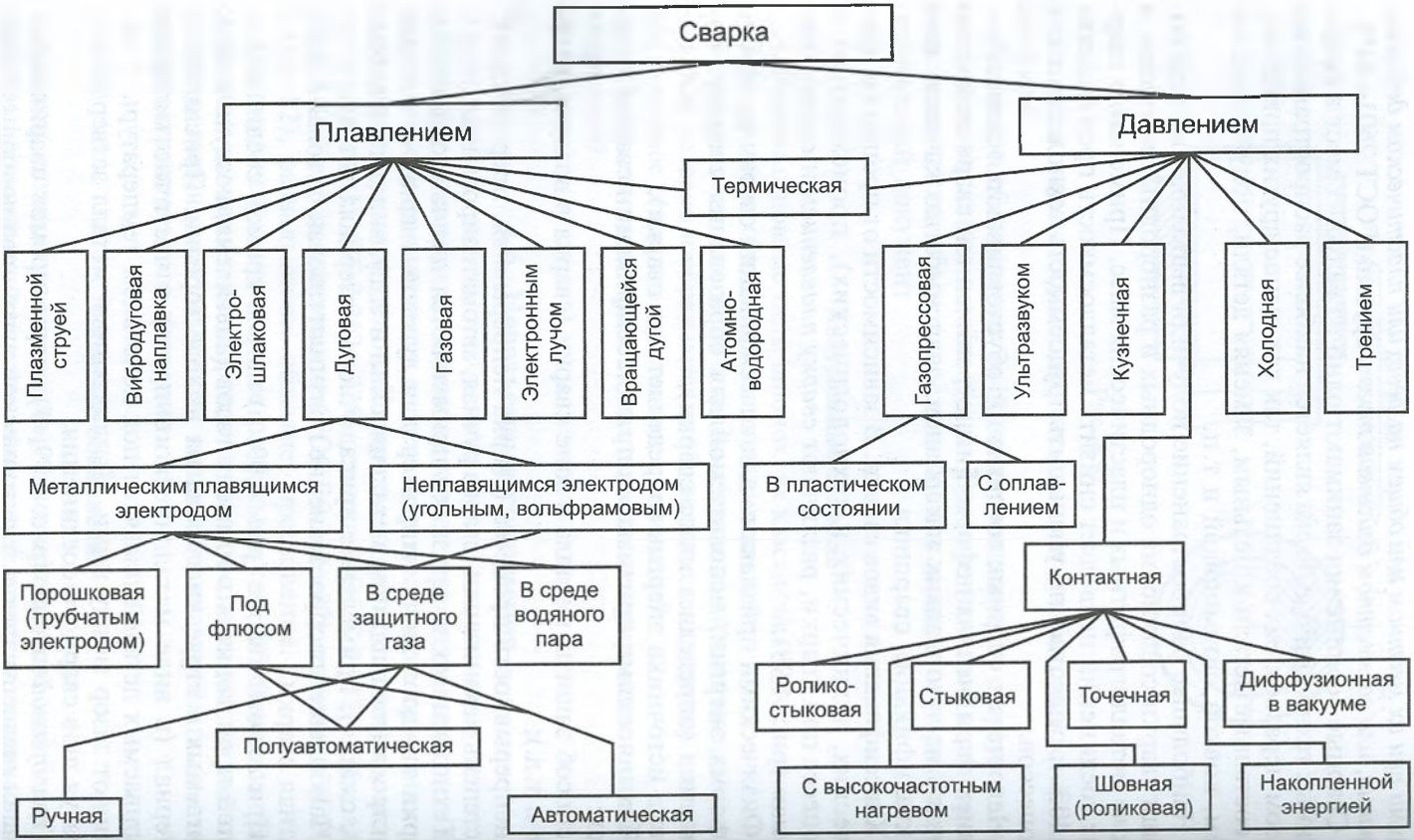

Сварка
Плавлением
Давлением
Термическая
Плазменной струей
Вибродуговая наплавка
Электро-шлаковая
Дуговая
Газовая
Электронным лучом
Вращающейся дугой
Атомно-водородная
Газопрессовая
Ультразвуком
Кузнечная
Холодная
Трением
Металлическим плавящимся электродом
Неплавящимся электродом (угольным, вольфрамовым)
В пластическом состоянии
С оплав-лением
Порошковая (трубчатым электродом)
Под флюсом
В среде защитного газа
В среде водяного пара
Контактная
Ролико-стыковая
Стыковая
Точечная
Диффузионная в вакууме
Полуавтоматическая
Ручная
Автоматическая
С высокочастотным нагревом
Шовная (роликовая)
Накопленной энергией

Рис. 4.98

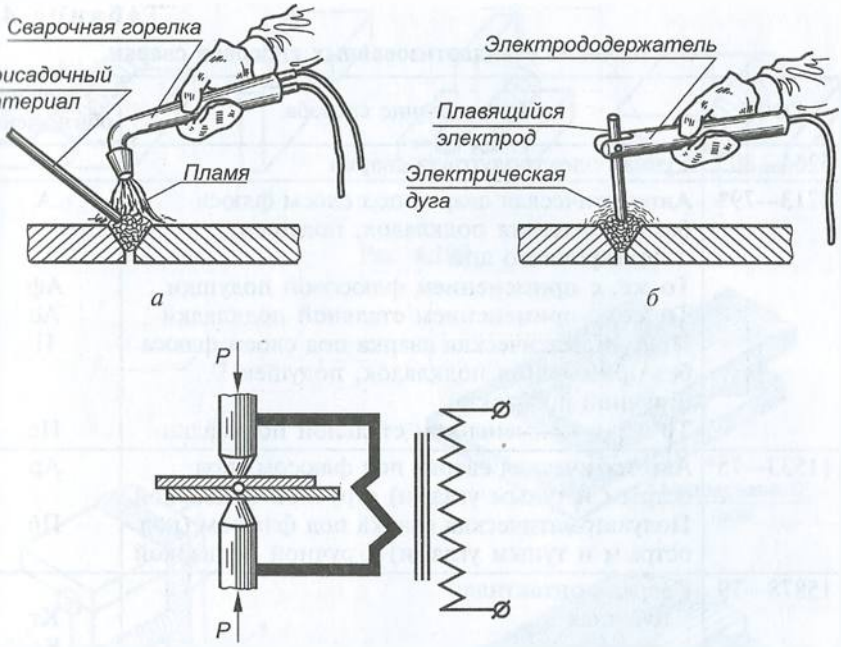


Рис. 4.99

ду ними и электродом. Сварной шов образуется в результате плавления самого электрода.

При *контактной* сварке (рис. 4.99, *в*) соединение осуществляется в результате действия внешней сжимающей силы и местного нагрева деталей за счет тепла, выделяемого при прохождении электрического тока через их находящиеся в контакте соединяемые части.

Классификация швов. Технология выполнения сварочных швов различна. Она зависит от формы обработки кромок свариваемых деталей, их взаимного расположения и условий, в которых расплавляются пруток и соединяемые детали. В сварочном производстве, как правило, применяются стандартные сварные швы, образующиеся при определенных способах сварки (табл. 4.30).

В зависимости от взаимного положения свариваемых деталей различают:

стыковое соединение (С) — свариваемые детали соединяются по своим торцевым поверхностям (рис. 4.100, *а*);

угловое соединение (У) — свариваемые детали расположены под углом и соединяются по кромкам (рис. 4.100, *б*);

тавровое соединение (Т) — торец одной детали соединяется с боковой поверхностью другой (рис. 4.100, *в*);

нахлесточное соединение (Н) — боковые поверхности соединяемых деталей частично перекрывают друг друга (рис. 4.100, *г*).

Таблица 4.30

Обозначение стандартизованных способов сварки

ГОСТ	Наименование способа	Условное обозначение
5264—80*	Ручная электродуговая сварка	Р
8713—79*	Автоматическая сварка под слоем флюса без применения подкладок, подушек и подварочного шва	А
	То же, с применением флюсовой подушки	Аф
	То же, с применением стальной подкладки	Ас
	Полуавтоматическая сварка под слоем флюса без применения подкладок, подушек и ручной подварки	П
	То же, с применением стальной подкладки	Пс
11533—75*	Автоматическая сварка под флюсом (под острым и тупым углами) с ручной подваркой	Ар
	Полуавтоматическая сварка под флюсом (под острым и тупым углами) с ручной подваркой	Пр
15878—79	Сварка контактная:	
	точечная	Кт
	роликовая	Кр
	рельефная	Кв
	стыковая	Кс
15164—78*	Электрошлаковая сварка проволочным электродом	Шэ
14771—76*	Электродуговая сварка в защитных газах:	
	в инертных газах неплавящимся электродом	ИН
	в углекислом газе плавящимся электродом	УП
14806—80*	Электродуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах	АИНп
16310—80*	Соединения сварные из полиэтилена, полипропилена и винипласта	Г, Э

Сварные швы подразделяются по положению в пространстве, протяженности, внешней форме, числу проходов, форме подготовки кромок, характеру выполнения.

По положению в пространстве (ГОСТ 11969—79*) сварочные швы (рис. 4.101) подразделяются на *нижние 1*, *вертикальные 2*, *горизонтальные 3*, *полупотолочные и потолочные 4* .

По протяженности различают швы (рис. 4.102) *непрерывные* (без разрывов) и *прерывистые* (с разрывами). Прерывистый шов характеризуется длиной свариваемых участков *l*, расположенных с определенным шагом *t*.

По внешней форме сварные швы подразделяются на *выпуклые* (рис. 4.103, *а*), *плоские* (рис. 4.103, *б*) и *вогнутые* (рис. 4.103, *в*). На

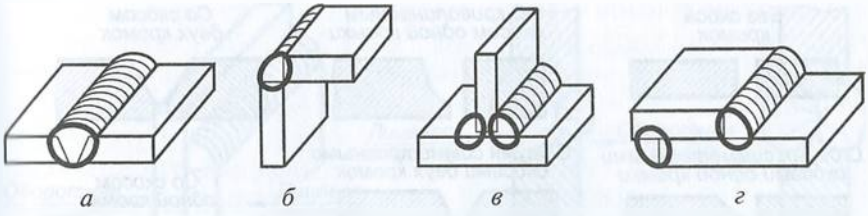


Рис. 4.100

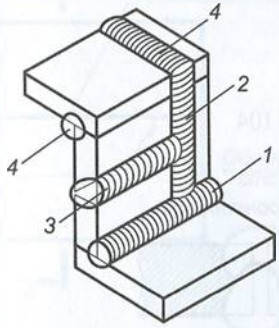


Рис. 4.101

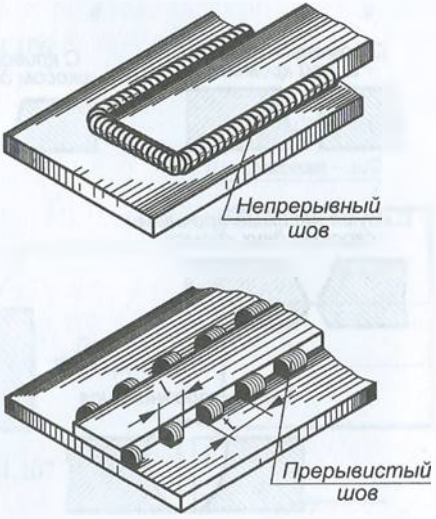


Рис. 4.102

рис. 4.103 обозначены: *а* — толщина углового шва; *q* — высота усиления; *К* — высота катета шва.

По числу проходов различают *однопроходные* и *многопроходные* сварочные швы.

Подразделение швов по форме подготовки кромок для последующей сварки показано на рис. 4.104.

По характеру выполнения различают швы *односторонние* и *двусторонние* (рис. 4.105).

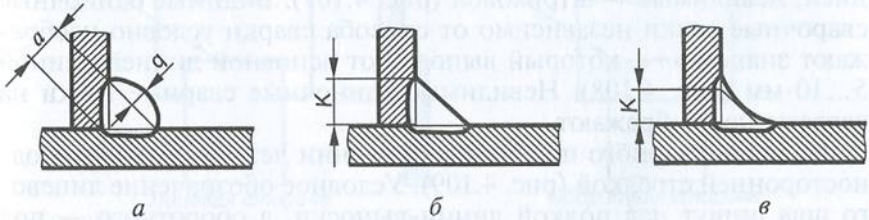


Рис. 4.103

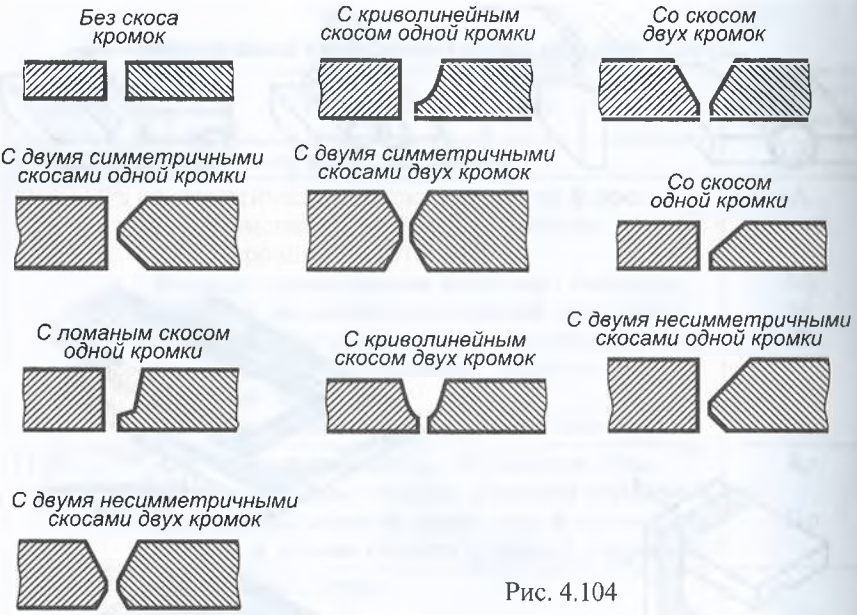


Рис. 4.104



Рис. 4.105

Изображение швов сварных соединений. На изображении сварного шва различают лицевую и оборотную стороны (рис. 4.106). Лицевой стороной одностороннего шва считают сторону, с которой производится сварка (см. рис. 4.106, *а*); двухстороннего шва с несимметричным скосом — сторону, с которой производится сварка основного шва (см. рис. 4.106, *б*); двухстороннего шва с симметричным скосом — любую сторону (см. рис. 4.106, *в*).

Видимые сварные швы на чертеже изображают основной линией, невидимые — штриховой (рис. 4.107). Видимые одиночные сварочные точки независимо от способа сварки условно изображают знаком «+», который выполняют основной линией длиной 5...10 мм (рис. 4.108). Невидимые одиночные сварные точки на чертеже не изображают.

Наличие сварного шва на изображении детали указывают односторонней стрелкой (рис. 4.109). Условное обозначение лицевого шва пишут над полкой линии-выноски, а оборотного — под полкой линии-выноски (рис. 4.110).

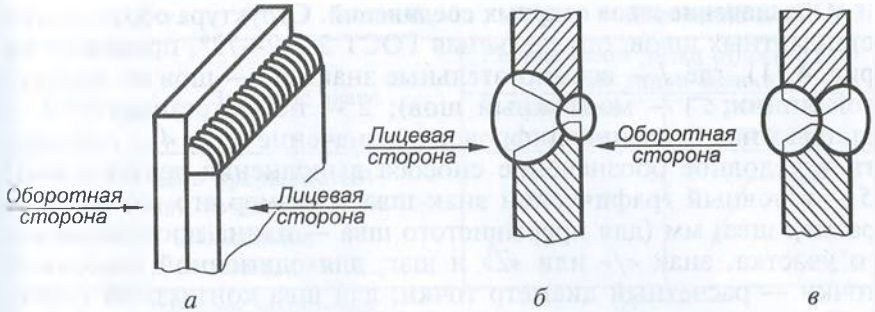


Рис. 4.106

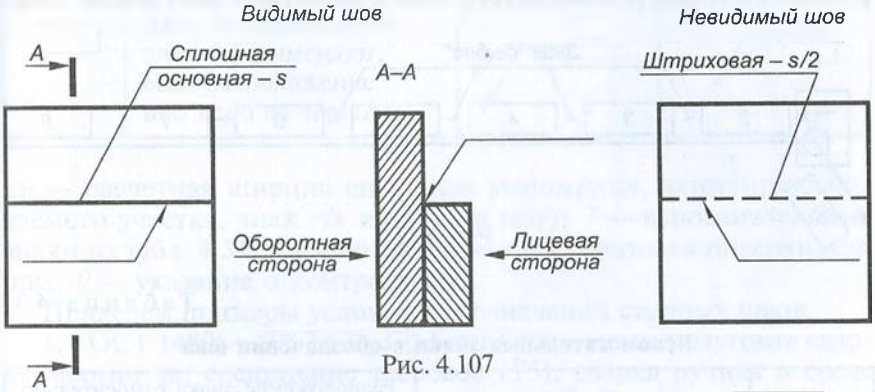


Рис. 4.107

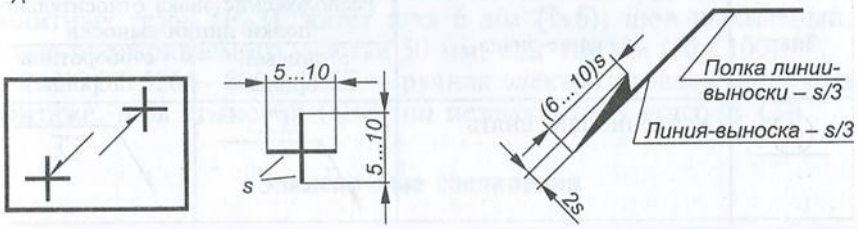


Рис. 4.108

Рис. 4.109

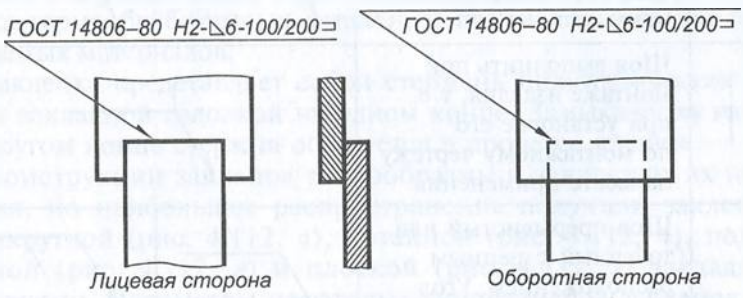


Рис. 4.110

Обозначение швов сварных соединений. Структура обозначения стандартных швов, определяемая ГОСТ 2.312—72*, приведена на рис. 4.111, где *1* — вспомогательные знаки (○ — шов по замкнутой линии; ⚐ — монтажный шов); *2* — номер стандарта; *3* — стандартное буквенно-цифровое обозначение шва; *4* — стандартное условное обозначение способа выполнения данного шва; *5* — условный графический знак шва и размер его катета; *6* — размер шва, мм (для прерывистого шва — длина провариваемого участка, знак «/» или «Z» и шаг; для одиночной сварочной точки — расчетный диаметр точки; для шва контактной точечной электросварки — расчетный диаметр точки, знак «/» или «Z» и шаг; для шва контактной роликовой сварки — расчетный размер шва; для прерывистого шва контактной роликовой свар-

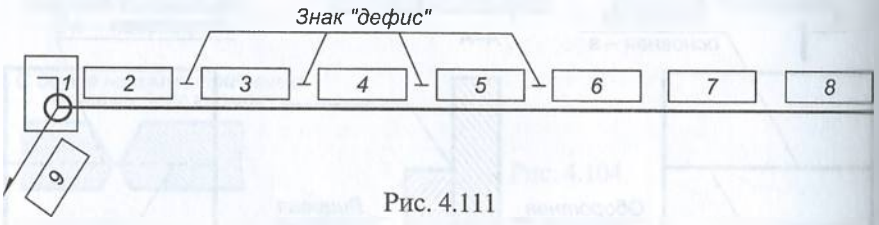
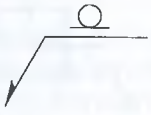
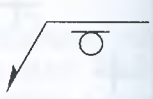
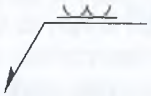
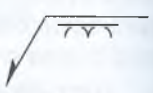
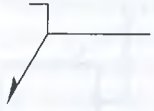
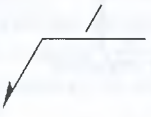
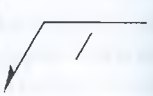


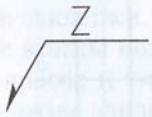
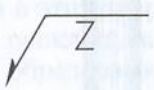
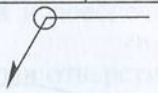
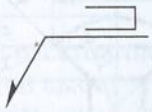
Рис. 4.111

Таблица 4.31

Вспомогательные знаки в обозначении шва

Знак	Значение знака	Расположение знака относительно полки линии-выноски	
		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°		

Окончание табл. 4.31

Знак	Значение знака	Расположение знака относительно полки линии-выноски	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
Z	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
○	Шов по замкнутой линии (диаметр знака 3...5 мм)		
⊐	Шов по незамкнутой линии (применяют, если расположение шва ясно из чертежа)		

ки — расчетная ширина шва, знак умножения, длина проваривaемого участка, знак «/» или «Z» и шаг); *7* — вспомогательные знаки из табл. 4.31; *8* — обозначение шероховатости поверхности шва; *9* — указание о контроле шва.

Приведем примеры условных обозначений сварных швов.

1. ГОСТ 14806—80* Т5 $Р_Н$3-△6-50 Z 100 — электродуговая сварка алюминия, соединение тавровое (Т5), сварка ручная в среде защитных газов ($Р_Н$3), катет шва 6 мм (△6), шов шахматный, длина провариваемого участка 50 мм, шаг 100 мм (50 Z 100);

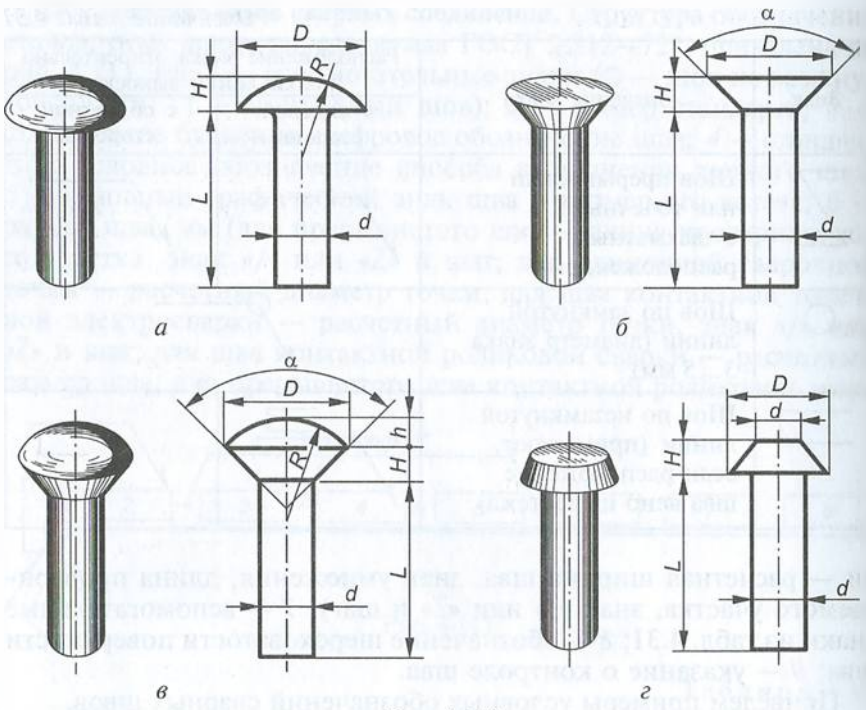
2. ГОСТ 5264—80* С18 ⊐ — ручная электродуговая сварка при монтаже, шов стыковой (С18) по незамкнутому контуру (⊐).

Заклепочные соединения

Заклепочные соединения применяют в конструкциях, работающих под действием значительных ударных и вибрационных нагрузок, в случаях, когда недопустима сварка из-за опасности отпуска термообработанных деталей, и при использовании несвариваемых материалов.

Заклепка представляет собой стержень цилиндрической формы с закладной головкой на одном конце. Замыкающая головка на другом конце стержня образуется в процессе клепки.

Конструкции заклепок разнообразны и зависят от их назначения, но наибольшее распространение получили заклепки с полукруглой (рис. 4.112, *а*), потайной (рис. 4.112, *б*), полупотайной (рис. 4.112, *в*) и плоской (рис. 4.112, *г*) закладными головками. Параметры некоторых типоразмеров заклепок приведены в табл. 4.32.



а *б* *в* *г*

Рис. 4.112

Таблица 4.32

Параметры заклепок нормальной точности, мм

d	Полукруглые (ГОСТ 10299—80*)			Потайные (ГОСТ 10300—80*)		Полупотайные (ГОСТ 10301—80*)					Плоские (ГОСТ 10303—80*)	
	D	*H*	*R*	*D*	*H*	*D*	*H*	*h*	*R*	α	*D*	*H*
2,0	3,5	1,2	1,9	3,9	1,0	6,0	1,2	0,5	9,1	120°	3,8	1,0
2,5	4,4	1,5	2,4	4,5	1,1	7,0	1,4	0,7	9,3	120°	4,8	1,2
3,0	5,3	1,8	2,9	5,2	1,2	8,0	1,6	0,8	10,4	120°	5,5	1,6
3,5	6,3	2,1	3,4	6,1	1,4	9,5	1,8	0,9	10,8	120°	6,5	1,8
4,0	7,1	2,4	3,8	7,0	1,6	10,4	2,0	1,0	13,0	120°	7,5	2,0
5,0	8,8	3,0	4,7	8,8	2,0	11,0	2,5	1,3	14,3	120°	9,5	2,5
6,0	11,0	3,6	6,0	10,3	2,4	11,0	3,0	1,5	14,9	90°	11,0	3,0
8,0	14,0	4,8	7,5	13,9	3,2	15,0	4,0	2,0	15,1	90°	14,0	4,0
10,0	16,0	6,0	8,3	17,0	4,8	17,0	4,8	2,5	15,7	90°	16,0	5,0

Примечание. Стандартный ряд длин (*L*) заклепок: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 32, 34, 36, мм.

Применяются также пустотелые заклепки (рис. 4.113, *а*), специальные (взрывные) заклепки (рис. 4.113, *б*) и др.

На рис. 4.114 показано соединение двух деталей при помощи заклепок с полукруглой головкой, которое выполняется следующим образом. В соединяемых деталях сверлят отверстия, диаметр которых несколько больше диаметра заклепки. Затем в эти отверстия вставляют заклепки, свободные концы которых расклепывают (вручную, пневмомолотком, на прессе и т. п.) до образования замыкающих головок. При этом стержни заклепок осаживаются, заполняя отверстия в соединяемых деталях и обеспечивая плотность соединения.

Заклепки диаметром до 12 мм вставляют в отверстия в холодном состоянии, а заклепки с диаметром свыше 12 мм — нагретые, что повышает их пластичность.

Требуемый диаметр d заклепок и расстояние между ними рассчитывают. Длина L стержня заклепки выбирается из стандартного ряда, так чтобы длина l его части, выступающей из детали, была достаточной для оформления замыкающей головки.

Классификация заклепочных швов. По назначению различают следующие заклепочные швы:

прочные, обеспечивающие необходимую прочность конструкций (рам, кронштейнов, подъемно-транспортных устройств);

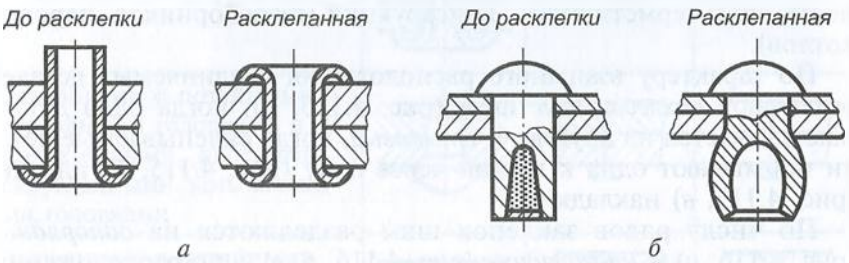


Рис. 4.113

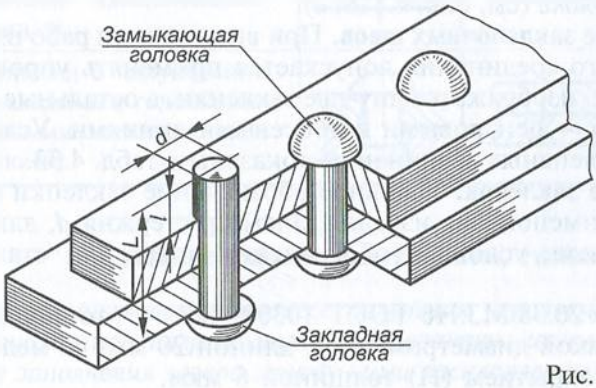


Рис. 4.114

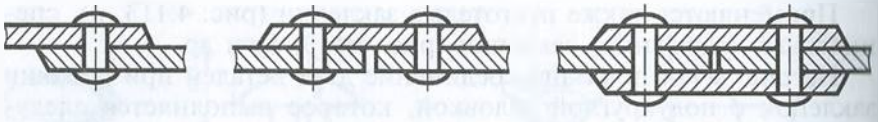


Рис. 4.115

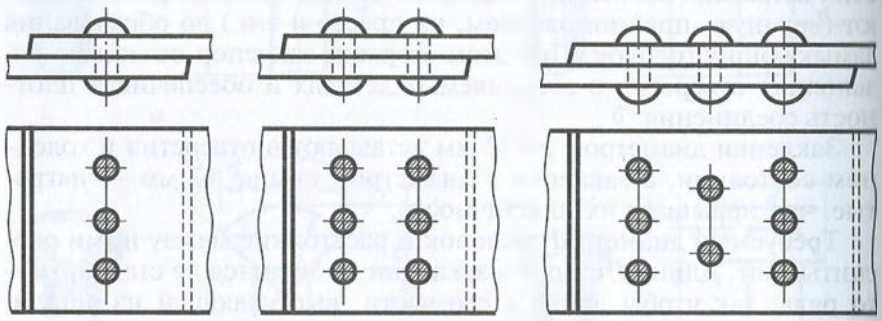


Рис. 4.116

плотные, обеспечивающие необходимую плотность и герметичность конструкций (резервуаров, баков для жидкостей и газов);

прочноплотные, обеспечивающие не только необходимую прочность, но и герметичность конструкций (газосборников, паровых котлов).

По характеру взаимного расположения соединяемых деталей различают *нахлесточные* швы (рис. 4.115, *а*), когда одна деталь накладывается на другую, и *стыковые*, когда склепываемые детали примыкают одна к другой через одну (рис. 4.115, *б*) или две (рис. 4.115, *в*) накладки.

По числу рядов заклепок швы разделяются на *однорядные* (рис. 4.116, *а*) и *многорядные* (рис. 4.116, *б*, *в*), а по расположению заклепок — на *параллельные* (см. рис. 4.116, *б*) и выполненные в *шахматном порядке* (см. рис. 4.116, *в*).

Изображение заклепочных швов. При выполнении рабочих чертежей клепаного соединения допускается применять упрощения (рис. 4.117), т.е. изображать одну-две заклепки, а остальные показывать условно — центровыми или осевыми линиями. Условные изображения клепаных соединений показаны в табл. 4.33.

Обозначение заклепок. Условное обозначение заклепки включает в себя: наименование изделия, диаметр стержня d, длину L, группу материала, условное обозначение покрытия, стандарт, например:

заклепка $8 \times 20.38.М3.Н6$ ГОСТ 10300—80* — это заклепка с потайной головкой диаметром 8 мм, длиной 20 мм, из меди М3, с никелевым покрытием (Н) толщиной 6 мкм.

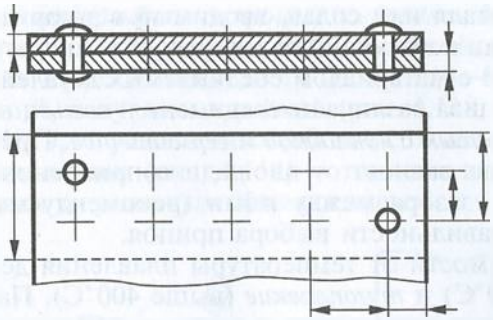
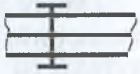
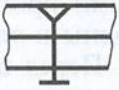
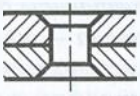


Рис. 4.117

Таблица 4.33

Условные изображения клепаных соединений (ГОСТ 2.313—82)

Вид соединения	Изображение	Условное изображение	
		в сечении	на виде
Заклепками с полукруглыми, плоскими, скругленными закладными головками и полукруглыми, плоскими, скругленными замыкающими головками			
Заклепками с потайными закладными головками и полукруглыми, плоскими, скругленными замыкающими головками			
Заклепками с потайными закладными головками и потайными замыкающими головками			
Заклепками с полупотайными закладными головками и потайными замыкающими головками			

Соединение пайкой, склеиванием, сшиванием

Пайкой называется процесс получения неразъемного соединения материалов при нагреве ниже температуры их плавления посредством заполнения зазора между ними расплавленным припоем.

Припой — это металл или сплав, вводимый в зазор между соединяемыми деталями и имеющий более низкую температуру плавления по сравнению с материалом соединяемых деталей.

По типу паяного шва различают соединения: *встык*, *внахлестку*, *с косым срезом*, *встык с накладкой* и *герметичное*. Прочность и качество паяного шва зависят от площади соприкосновения соединяемых деталей, зазора между ними (рекомендуемый зазор 0,05...0,15 мм) и правильности выбора припоя.

Припои в зависимости от температуры плавления делятся на *легкоплавкие* (до 400°С) и *тугоплавкие* (выше 400°С). Пайку легкоплавкими припоями применяют в случаях, когда нельзя нагревать основной материал до высокой температуры или при пониженных требованиях к прочности соединения. Наибольшее распространение получили оловянно-свинцовистые припои ПОС-90 (температура плавления 183...223°С), ПОС-40 (183...235°С), ПОС-30 (183...256°С). Для выполнения пайки легкоплавкими припоями обычно используют паяльники.

Пайку тугоплавкими припоями применяют для получения соединений, прочных при высоких температурах, вязких, стойких к усталости и коррозии. Наибольшее распространение получили медно-цинковые припои ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54 (температура плавления 800...900°С), серебряные припои ПСР-70, ПСР-45, ПСР-25 (600...900°С), а также чистая медь марок М1 и М2 (1083°С) и латуни Л62(805°С) и Л68 (835°С). Детали, спаянные тугоплавкими припоями, можно подвергать любому виду термообработки (нормализации, закалке и т. п.). Для выполнения пайки тугоплавкими припоями используют паяльные лампы, газовые горелки, горны и электрические печи.

Перед пайкой поверхности деталей должны быть очищены от грязи, жира и окисных пленок с помощью различных флюсов: хлористого цинка, нашатырного спирта, буры, борной кислоты и др.

Склеиванием называют соединение деталей с помощью тонкого слоя быстрозатвердевающего состава — клея. Применяют в случаях, когда нежелательно или невозможно механическое крепление деталей.

В машино- и приборостроении в основном применяются клеи на основе органических полимерных смол, например фенольные, полиуретановые, эпоксидные и полиэфирные. В радио-, электротехнике и приборостроении применяют резиновый клей (для соединения резины, кожи и ткани); клей № 88 (для соединения металлов с неметаллическими материалами); клеи БФ-2 и БФ-4 (для соединения пластмасс с древесиной, металлом и кожей); бакелитовый клей (для соединения тонкостенных деталей, бумаги, ткани и древесины); эпоксидный клей (для соединения и герметизации соединений из стали, алюминия и их сплавов, керамики, стекла и других материалов) и казеиновый клей (для соединения деталей из древесины).

Сшиванием называется процесс соединения деталей нитью. Изображение и обозначение соединений пайкой, склеиванием и сшиванием на чертеже определяет ГОСТ 2.313—82. На чертежах швы соединений, получаемых пайкой (рис. 4.118, *а*, *б*) и склеиванием (рис. 4.118, *в*, *г*), условно изображают сплошной линией толщиной $2s$, а сшитые швы (рис. 4.119) — тонкой сплошной линией и сопровождают их условным обозначением.

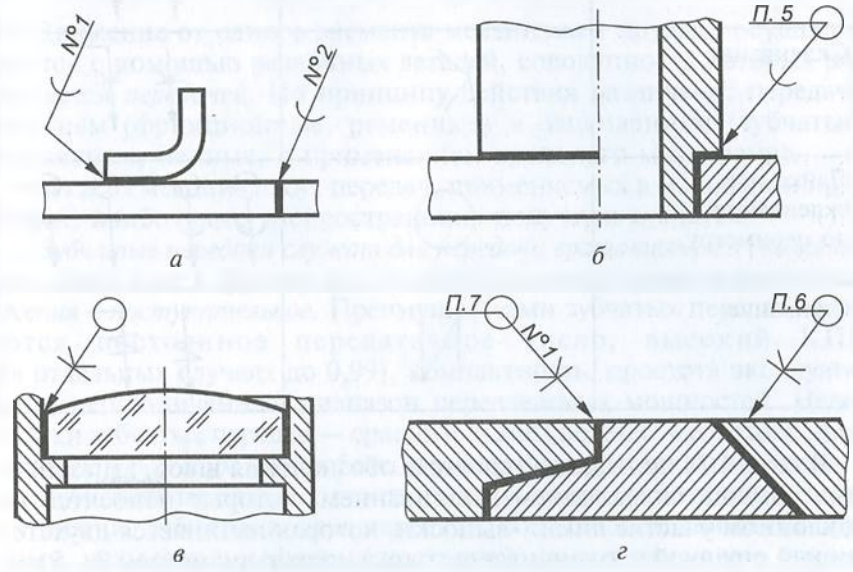


Рис. 4.118

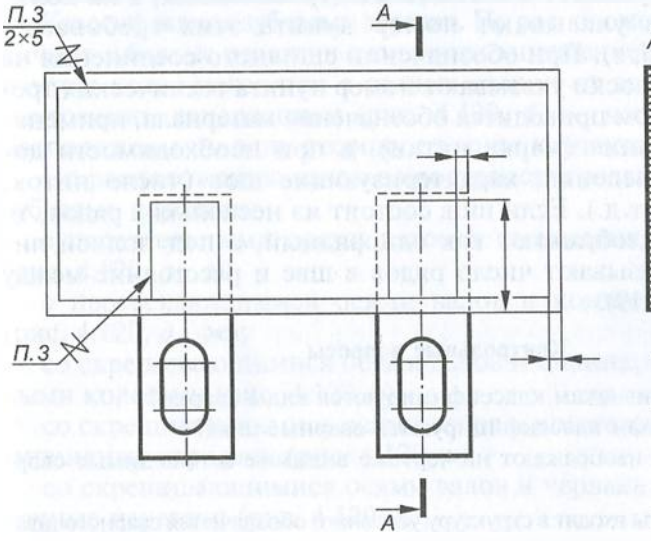
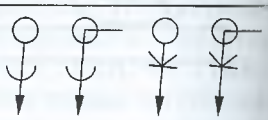


Рис. 4.119

Таблица 4.34

Условные обозначения швов, выполненных пайкой, склеиванием, сшиванием

Вид соединения	Условное обозначение шва	Обозначение на чертеже
Пайка		
Склеивание		
Пайка или склеивание по периметру		
Сшивание		

В табл. 4.34 приведены условные обозначения швов, выполняемых пайкой, склеиванием и сшиванием, которые наносятся на наклонном участке линии-выноски, которая начинается двухсторонней стрелкой и заканчивается окружностью диаметром 3...5 мм, если паяный и клееный швы выполняются по периметру.

Технологические и другие требования к качеству паяных и клееных швов приводят в технических требованиях, а на полке линии-выноски указывают номер пункта этих требований (см. рис. 4.118, *б*, *г*). При обозначении сшивного соединения на полке линии-выноски указывают номер пункта технических требований, в котором приводится обозначение материала, применяемого для сшивания (марка нитки), и при необходимости дополнительные сведения, характеризующие шов (число ниток, размер стежка и т.д.). Если шов состоит из нескольких рядов, то на чертеже его изображают как однорядный, а под полкой линии-выноски указывают число рядов в шве и расстояние между ними (см. рис. 4.119).

Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируются виды сварки?
2. По каким видам классифицируются сварные швы?
3. Как условно изображают на чертеже видимые и невидимые сварные швы?
4. Какие элементы входят в структуру условного обозначения сварного шва?

5. Каковы основные типы заклепок и их условные обозначения на чертеже?

6. По каким признакам классифицируются заклепочные швы?

7. Как условно на чертеже изображают пайку, склеивание и сшивание?

4.7. Зубчатые передачи

Движение от одного элемента механизма к другому осуществляется с помощью различных деталей, совокупность которых называется *передачей*. По принципу действия различают: передачи трением (фрикционные, ременные) и зацеплением (зубчатые, червячные, цепные, с применением храпового механизма).

Из всех механических передач, применяемых в машинах и приборах, наибольшее распространение получили зубчатые.

Зубчатые передачи служат для передачи вращательного движения от одного вала к другому или для преобразования вращательного движения в поступательное. Преимуществами зубчатых передач являются постоянное передаточное число, высокий КПД (в отдельных случаях до 0,99), компактность, простота эксплуатации, неограниченный диапазон передаваемых мощностей. Недостатки зубчатых передач — сравнительная сложность изготовления, повышенный шум при работе, необходимость точного монтажа.

Зубчатая передача состоит из двух колес, работающих в зацеплении. Зубчатое колесо передачи, сообщающее движение другому, называется *ведущим* (шестерней), а принимающее движение — *ведомым*. Зубья ведущих шестерен обозначают буквой z с нечетными индексами (z_1, z_3, z_5 и т.д.), а зубья ведомых колес — с четными индексами (z_2, z_4, z_6 и т.д.).

Классификация зубчатых передач. По расположению центров различают зубчатые передачи с внешним зацеплением (рис. 4.120, *а*) — центры колес находятся с разных сторон от зоны контакта, и с внутренним зацеплением (рис. 4.120, *б*) — когда центры колес расположены по одну сторону от зоны контакта.

По расположению валов в пространстве различают следующие зубчатые передачи:

с параллельными осями валов и цилиндрическими колесами (рис. 4.120, *а*...*г*);

с пересекающимися осями валов и коническими колесами (рис. 4.120, *д*...*ж*);

со скрещивающимися осями валов и цилиндрическими винтовыми колесами (рис. 4.120, *з*);

со скрещивающимися осями валов и коническими колесами — гипоидные передачи (рис. 4.120, *и*);

со скрещивающимися осями валов и червяка с винтом — червячные передачи (рис. 4.120, *к*);

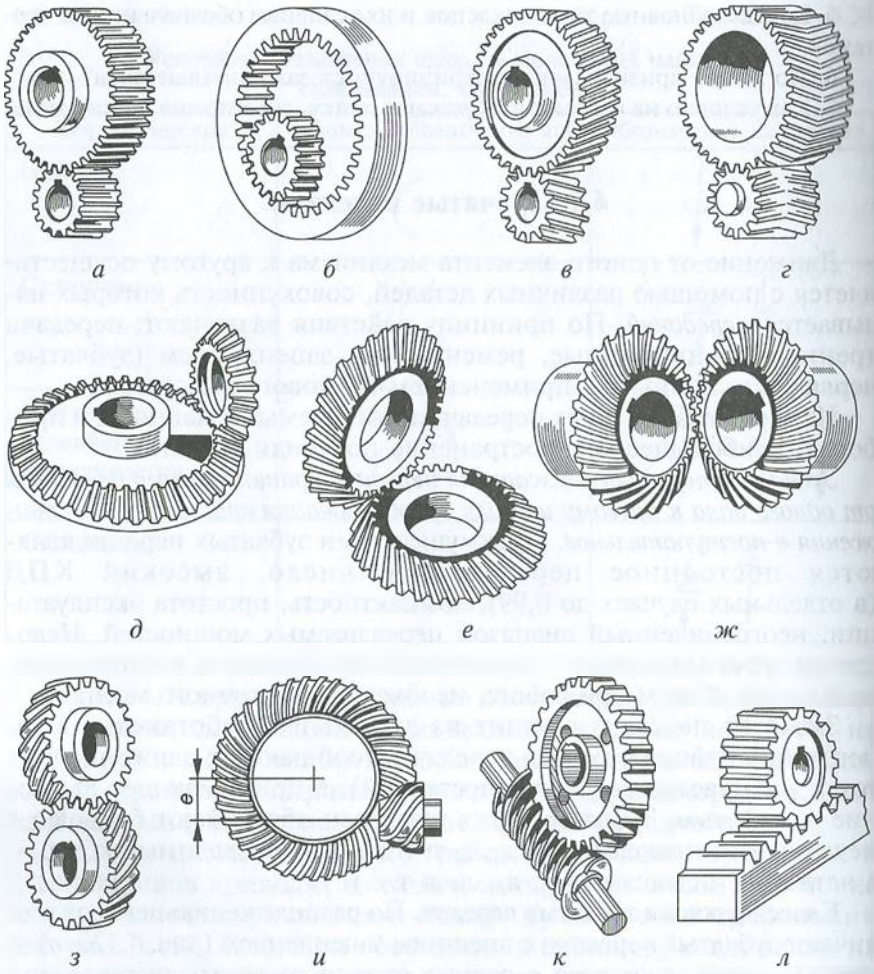


Рис. 4.120

обеспечивающие преобразование вращательного движения в поступательное (и наоборот) с помощью шестерни и рейки (рис. 4.120, *л*).

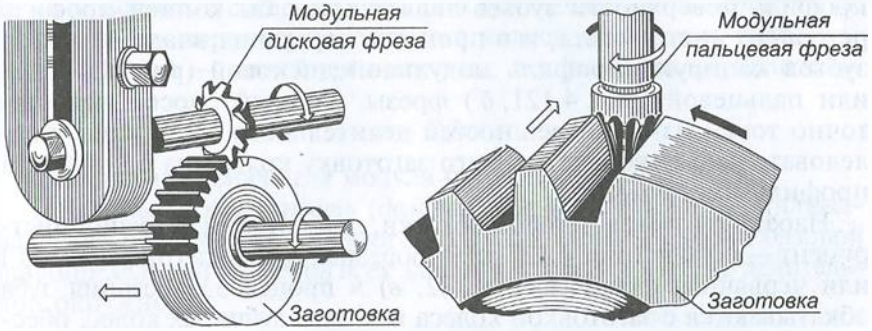
По наклону зубьев различают зубчатые передачи прямозубые (см. рис. 4.120, *а*, *б*), косозубые (см. рис. 4.120, *в*), шевронные (см. рис. 4.120, *г*) и винтовые (см. рис. 4.120, *ж*... *и*).

По форме профиля зубьев различают эвольвентные (профиль округлен по эвольвенте), циклоидные (профиль очерчен по циклоиде) и зубчатые передачи с зацеплением Новикова (профиль очерчен дугой окружности).

По значению окружной скорости зубчатые передачи подразделяют на тихоходные ($v < 3$ м/с), среднескоростные ($15 > v > 3$ м/с) и быстроходные ($v > 15$ м/с).

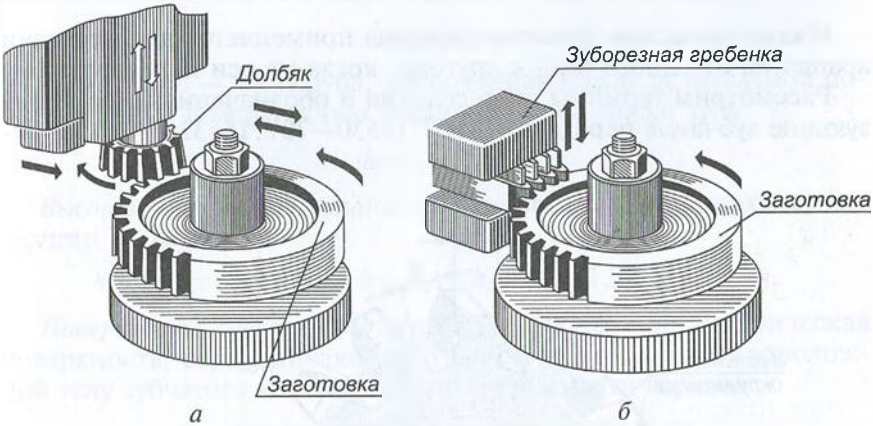
Конструктивно зубчатые передачи могут быть открытыми (без защитного кожуха) и закрытыми (с защитным кожухом).

Изготовление зубчатых колес. В зависимости от назначения зубчатые колеса изготавливают *копированием* и *обкаткой*. При копировании используют литье, штамповку и нарезание.

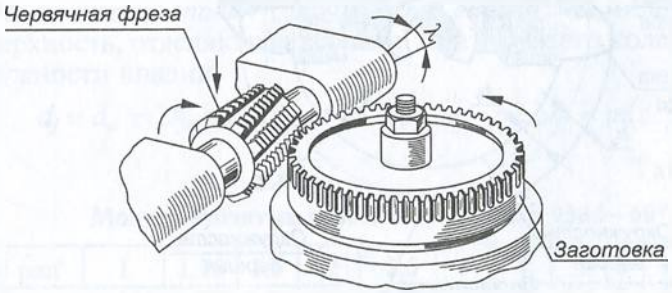


а *б*

Рис. 4.121



а *б*



в

Рис. 4.122

Литые зубчатые колеса применяют в тихоходных и относительно грубых механизмах (лебедках, сельскохозяйственных машинах). Для более точных механизмов колеса изготавливают нарезанием методом копирования на фрезерных или специальных зуборезных станках, а также обкаткой (при холодном или горячем состоянии заготовки). При копировании зубчатого колеса профиль поверхности зубьев является как бы копией профиля режущего инструмента, и в процессе нарезания впадины между зубьев копируют профиль модульной дисковой (рис. 4.121, *а*) или пальцевой (рис. 4.121, *б*) фрезы. Данный способ недостаточно точен из-за погрешностей делительного механизма, последовательно поворачивающего заготовку колеса на один зуб, и профиля инструмента.

Нарезание зубьев методом обкатки, при котором режущий инструмент — долбяк (рис. 4.122, *а*), зуборезная гребенка (рис. 4.122, *б*) или червячная фреза (рис. 4.122, *в*) в процессе нарезания зуба обкатываются с заготовкой колеса как пара зубчатых колес, обеспечивает получение более высокой степени точности зацепления.

Цилиндрические зубчатые передачи

Цилиндрическая зубчатая передача применяется для передачи вращения от одного вала к другому, когда их оси параллельны.

Рассмотрим термины, определения и обозначения, характеризующие зубчатые передачи (ГОСТ 16530—70 ... 16532—70). Основ-

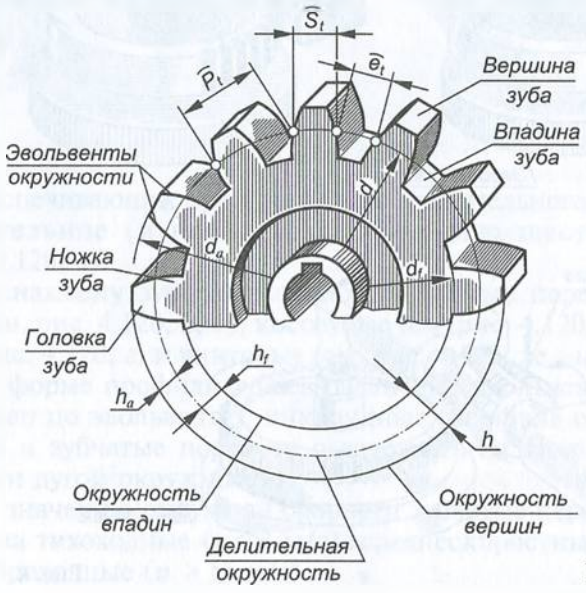


Рис. 4.123

ными рабочими элементами зубчатых колес (рис. 4.123) являются зубья.

Зубья — выступы на колесе, передающие движение посредством взаимодействия с соответствующими выступами другого колеса.

Окружной делительный шаг (P_t) — расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге делительной окружности.

Основным параметром зубчатого колеса является модуль.

Модуль (m) — линейная величина, в π раз меньше делительного шага, т.е.

$$m = P_t/\pi.$$

Стандартные значения модуля приведены в табл. 4.35.

Делительная поверхность (*делительная окружность*) — цилиндрическая поверхность зубчатого колеса, которая является базовой при определении размеров всех элементов зубьев. Диаметр делительной окружности

$$d = P_t\, z/\pi, \text{ или } d = mz.$$

Делительная поверхность отделяет головку от ножки зуба.

Головка зуба — часть зуба, заключенная между делительной поверхностью и поверхностью его вершин. Высота головки зуба

$$h_a = m.$$

Ножка зуба — часть зуба, заключенная между делительной поверхностью и поверхностью впадин. Высота ножки зуба

$$h_f = 1{,}25\ m.$$

Высота зуба — радиальное расстояние между поверхностями вершин и впадин

$$h = (d_a - d_f)/2, \text{ или } h = h_a + h_f = m + 1{,}25m = 2{,}25m.$$

Поверхность вершин (*окружность вершин*) — цилиндрическая поверхность, ограничивающая зубья со стороны, противоположной телу зубчатого колеса. Диаметр окружности вершин

$$d_a = d + 2m, \text{ или } d_a = mz + 2m = m(z + 2).$$

Поверхность впадин (*окружность впадин*) — цилиндрическая поверхность, отделяющая зубья от тела зубчатого колеса. Диаметр окружности впадин

$$d_f = d_a - 2h, \text{ или } d_f = d - 2h_f = mz - 2{,}5m = m(z - 2{,}5).$$

Таблица 4.35

Модули зубчатых передач, мм (ГОСТ 9563—60)**

1-й ряд	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
2-й ряд	1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11	14	18

Окружная толщина зуба — расстояние между профилями зуба по дуге делительной окружности

$$S_t = P_t/2 = 0{,}5\pi m.$$

Окружная ширина впадины — расстояние между соседними профилями зубьев по дуге делительной окружности

$$e_t = S_t.$$

Правила изображения цилиндрических зубчатых колес

Правила условного изображения зубчатых колес устанавливает ГОСТ 2.402—68.

1. Окружности и образующие поверхностей вершин зубьев изображаются основными линиями (рис. 4.124, *а*, *в*).

2. Окружности и образующие поверхностей впадин зубьев в разрезах и сечениях выполняются основными линиям. На видах их допускается показывать сплошными тонкими линиями (рис. 4.124, *б*).

3. Делительные окружности и образующие делительных поверхностей изображаются штрихпунктирными тонкими линиями (см. рис. 4.124, *а*...*в*).

4. На главном изображении зубчатые колеса выполняются почти всегда в разрезе. Если секущая плоскость проходит через ось зубчатого колеса, то зубья показывают нерассеченными независимо от угла их наклона.

5. Если необходимо показать направление зубьев, то вблизи оси колеса наносят три сплошные тонкие линии с соответствующим наклоном (рис. 4.125).

Правила выполнения рабочих чертежей цилиндрических зубчатых колес устанавливает ГОСТ 2.403—75*. В соответствии с этими правилами в правом верхнем углу чертежа приводят таблицу параметров зубчатого венца, состоящую из трех частей, отделяемых друг от друга основными линиями (рис. 4.126). Первая часть

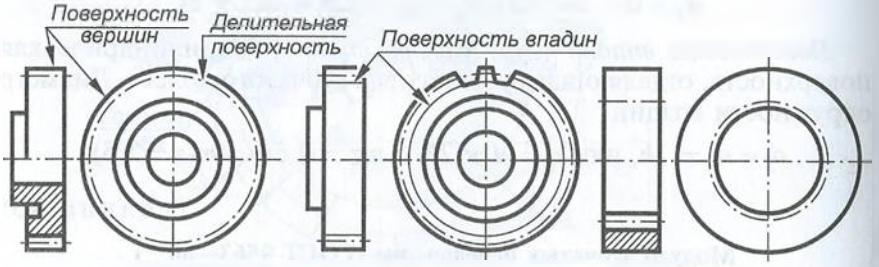


Рис. 4.124

таблицы содержит основные данные (для изготовления), вторая — данные для контроля, а третья — справочные данные.

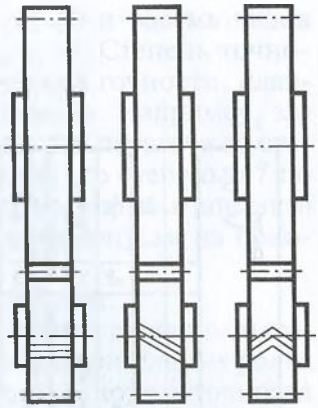


Рис. 4.125

Основные данные включают в себя:

1. Модуль (ГОСТ 9563—60**) для венца с прямыми зубьями — m, а для венца с косыми зубьями — нормальный модуль m_n или торцевой модуль m_s.

2. Число зубьев z.

3. Угол наклона зуба β_∂ для косых и шевронных зубьев.

4. Направление линии зуба (надписи «Правое» или «Левое» для косых зубьев и «Шевронное» для шевронных).

5. Исходный контур (стандартизованный определяется ссылкой на соответствующий стандарт; нестандартизованный — углом профиля α_∂, коэффициентом высоты головки f_0, коэффициентом радиального зазора c_0 и радиусом закругления r_i).

6. Коэффициент смещения исходного контура ξ в долях нормального модуля с соответствующим знаком.

7. Степень точности и вид сопряжения (ГОСТ 1643—81). Стандарт устанавливает 12 степеней точности (1...12), шесть видов

20

7min

Модуль	m	(1)
Число зубьев	z	(2)
Угол наклона зуба	β_∂	(3)
Направление линии зуба	—	(4)
Нормальный исходный контур	—	(5)
Коэффициент смещения	x	(6)
Степень точности	—	(7)
Данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев	—	(8)
Делительный диаметр	d	(9)
Прочие справочные данные	—	(10)

10 35

110

Рис. 4.126

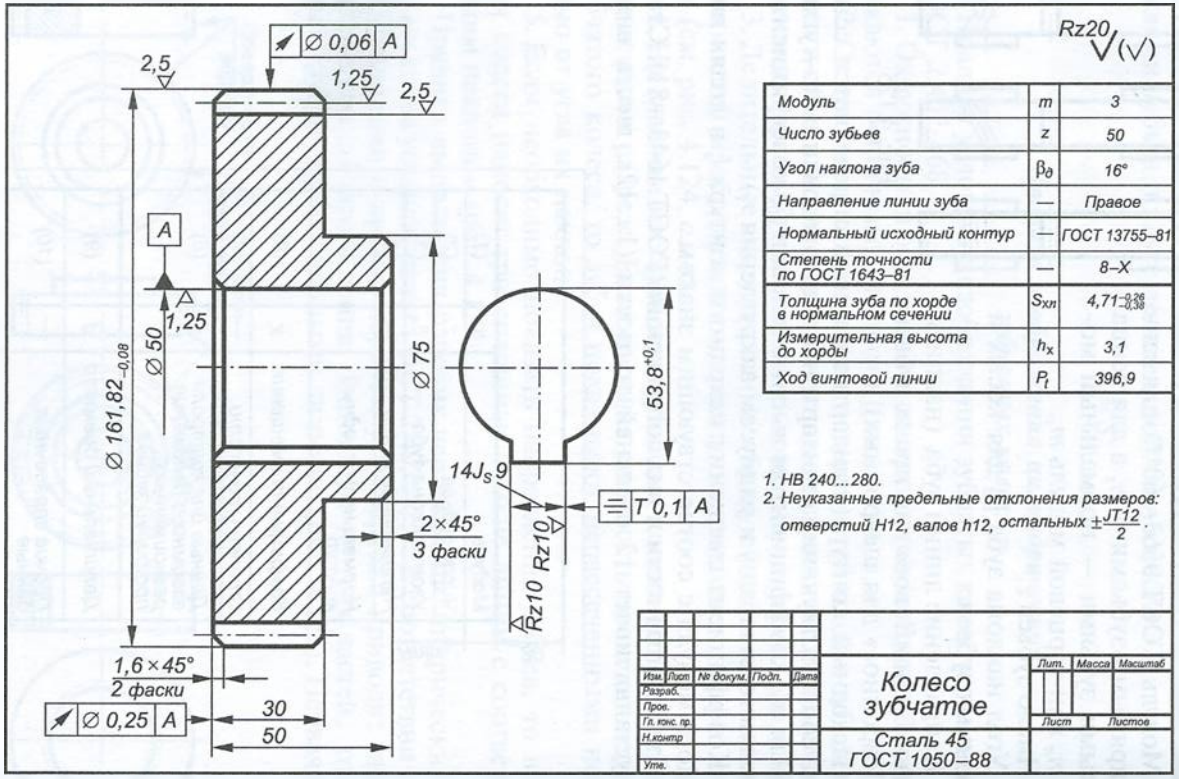

Rz20
∅ 0,06 A
2,5
1,25
2,5
A
1,25
∅ 50
∅ 161,82−0,08
∅ 75
53,8+0,1
14Js9
T 0,1 A
2×45°
3 фаски
Rz10
Rz10
1,6×45°
2 фаски
∅ 0,25 A
30
50
Модуль m 3
Число зубьев z 50
Угол наклона зуба βд 16°
Направление линии зуба — Правое
Нормальный исходный контур — ГОСТ 13755–81
Степень точности по ГОСТ 1643–81 — 8–X
Толщина зуба по хорде в нормальном сечении Sхн 4,71−0,26−0,38
Измерительная высота до хорды hx 3,1
Ход винтовой линии Pt 396,9
1. НВ 240...280.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H12, валов h12, остальных ±JT12/2.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Гл. конс. пр.
Н.контр
Утв.
Колесо зубчатое
Сталь 45 ГОСТ 1050–88
Лит. Масса Масштаб
Лист Листов

Рис. 4.127

сопряжений колес и передач (*A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *H*) и восемь видов допусков на боковой зазор (*h*, *d*, *c*, *b*, *a*, *z*, *y*, *x*). Степень точности устанавливается по нормам кинематической точности, плавности работы и контакту зубьев колес и передач. Например, запись «8-7-6-*Ba* ГОСТ 1643—81» означает, что это передача со степенью 8 по нормам кинематической точности, со степенью 7 по нормам плавности работы, со степенью 6 по нормам контакта зубьев, с видом сопряжений колес *B* и видом допуска на боковой зазор *a*.

Во второй части таблицы параметров приводят:

8. Данные для контроля толщины зуба соответствующим методом: по длине общей нормали *L*, размеру *M* измерительных роликов, толщине зуба по хорде S_x, а также данные нормы точности по соответствующему стандарту и т.д.

В третьей части таблицы параметров указывают:

9. Диаметр делительной окружности *d*.

10. Прочие справочные данные, например шаг зацепления, ход зуба и размеры элементов зуба для контроля.

Ниже таблицы параметров указывают технические требования.

Пример выполнения рабочего чертежа цилиндрического зубчатого колеса приведен на рис. 4.127. Главное изображение колеса представлено полным фронтальным разрезом, а на виде слева изображено отверстие в ступице колеса с пазом (шлицами). На рабочем чертеже указывают: диаметр окружности вершин d_a; ширину зубчатого венца *b*; размер фасок $c \times 45°$ и радиусы закруглений; шероховатость боковой поверхности зубьев $\sqrt{}$ и рабочий профиль зуба (при необходимости).

Порядок выполнения эскиза зубчатого колеса с натуры

1. Измерить диаметр окружности вершин d_a и подсчитать число зубьев *z*.

2. Определить приблизительно значение модуля по формуле

$$m = d_a/(z + 2).$$

Расчетное значение округлить (лучше в большую сторону) до ближайшего стандартного значения (см. табл. 4.35).

3. Рассчитать все параметры зубчатого колеса:

уточненный диаметр поверхности вершин зубьев $d_a = m(z + 2)$;

диаметр делительной окружности $d = mz$;

диаметр поверхности впадин зубьев $d_f = m(z - 2{,}5)$;

высоту зуба $h = 2{,}25m$;

высоту головки зуба $h_a = m$;

высоту ножки зуба $h_f = 1{,}25m$.

4. По полученным данным выполнить эскиз зубчатого колеса.

Порядок изображения на чертеже цилиндрической зубчатой передачи

Простейшая цилиндрическая прямозубая передача (рис. 4.128) состоит из шестерни *1* и колеса *4*, находящихся в зацеплении, двух валов *3* и *6*, расположенных параллельно, и двух шпонок *2* и *5*. Шестерня и колесо имеют одинаковый модуль и параметры зубьев.

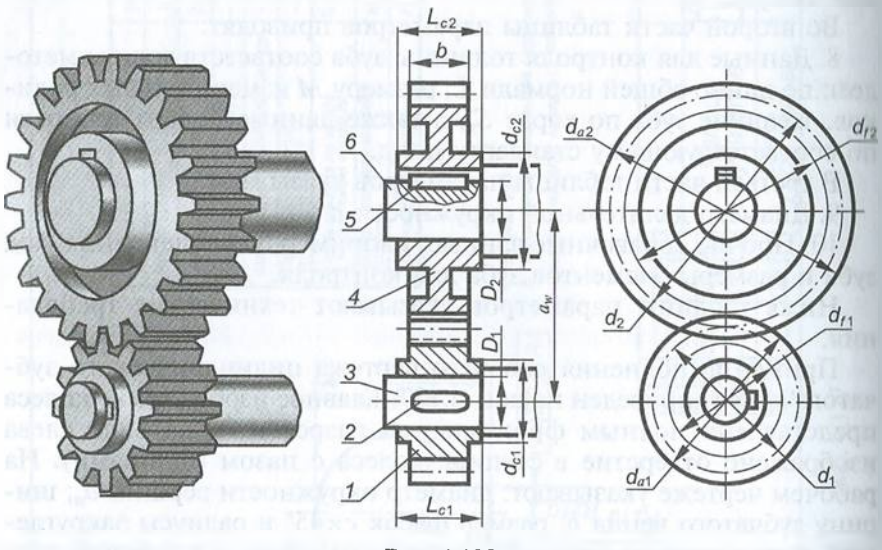


Рис. 4.128

Межосевое расстояние — кратчайшее расстояние между осями зубчатых колес по межосевой линии

$$a_w = (d_1 + d_2)/2.$$

Чтобы вычертить зубчатую передачу, необходимо выполнить не только геометрические расчеты зубьев колеса, но и конструктивные расчеты других его элементов: обода, диска, ступицы, шпоночного паза и т.д. Исходными данными для расчета зубчатой передачи являются: модуль зацепления m, число зубьев шестерни (z_1) и колеса (z_2), диаметр отверстия для валов на шестерне (D_1) и колесе (D_2).

В табл. 4.36 приведены формулы для расчета цилиндрической зубчатой передачи.

При выполнении чертежа зубчатой передачи необходимо соблюдать следующие требования ГОСТ 2.402—68:

1. Цилиндрическую передачу рекомендуется показывать в двух изображениях: продольном фронтальном разрезе на главном виде и виде слева.

Таблица 4.36

Формулы для расчета элементов цилиндрической зубчатой передачи

Параметр	Шестерня	Зубчатое колесо
Диаметр делительной окружности	$d_1 = mz_1$	$d_2 = mz_2$
Межосевое расстояние	$a_w = (d_1 + d_2)/2$	$a_w = (d_1 + d_2)/2$
Диаметр окружности вершин	$d_{a1} = m(z_1 + 2)$	$d_{a2} = m(z_2 + 2)$
Диаметр окружности впадин	$d_{f1} = m(z_1 - 2{,}5)$	$d_{f2} = m(z_2 - 2{,}5)$
Ширина зубчатого венца	$b = 8m$	$b = 8m$
Диаметр ступицы	$d_{c1} = 1{,}6D_1$	$d_{c2} = 1{,}6D_2$
Длина ступицы	$L_{c1} = 1{,}1b$	$L_{c2} = 1{,}1b$
Размеры шпонок и шпоночного паза	ГОСТ 23360—78*	ГОСТ 23360—78*

2. Делительные окружности ведущего и ведомого колес должны касаться друг друга в точке, лежащей на межосевой линии.

3. В зоне зацепления колес окружности вершин зубьев изображают основной линией.

4. На разрезе в зоне зацепления зуб шестерни условно располагают перед зубом ведомого колеса, при этом образующую поверхность вершин зубьев колеса показывают штриховой линией (как невидимый контур).

5. Радиальный зазор между вершинами и впадинами зубьев сцепляемых колес должен быть равным $0{,}25m$ (высота головки зуба меньше высоты ножки на $0{,}25m$).

6. Для изображения шпоночного соединения вала с колесом выполняют местный разрез.

Реечные передачи

Для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот применяется реечная передача (рис. 4.129, *а*), состоящая из цилиндрического зубчатого колеса *1*, находящегося в зацеплении с зубчатой рейкой *2*, и вала *3* со шпонкой *4*. При этом рейка может быть с прямыми и косыми зубьями. Зубчатую рейку можно рассматривать как развернутый в прямую зубчатый венец цилиндрического зубчатого колеса, т.е. основные правила изображения зубчатых колес действительны и для рейки.

Рабочий чертеж зубчатой рейки (ГОСТ 2.402—68 и 2.404—75*) должен содержать два изображения: главный вид с профилем двух крайних впадин и вид слева с профильным разрезом (рис. 4.130).

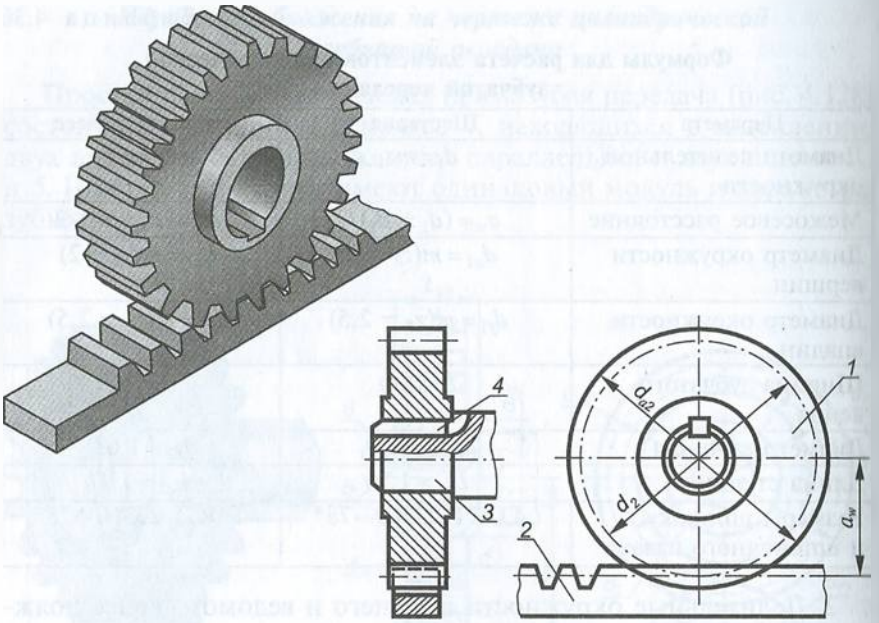


Рис. 4.129

Поверхности вершин зубьев вычерчивают основной линией, линии впадин — сплошной тонкой линией, линии делительной поверхности — штрихпунктирной тонкой линией. В разрезе зубья не заштриховывают, а на месте делительной поверхности проводят штрихпунктирную тонкую линию.

На изображении указывают: ширину и высоту рейки; длину нарезанной части; направление наклона и угол наклона зубьев (для косых зубьев); шероховатость боковой поверхности зубьев и поверхности выступов и впадин; размеры фасок. В правом верхнем углу чертежа так же, как при изображении цилиндрической зубчатой передачи, помещают таблицу параметров, состоящую из трех частей.

Все расчетные размеры зубьев рейки, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом (модуль, высота головки и ножки зуба), равны соответствующим размерам колеса.

Конические зубчатые передачи

Передачу между валами, оси которых пересекаются, осуществляют при помощи конических зубчатых колес. Если при этом межосевой угол равен 90°, передача называется ортогональной (рис. 4.131, *а*), а в противном случае — неортогональной (рис. 4.131, *б*, в).

Конические колеса могут быть с прямыми, тангенциальными, круговыми и криволинейными зубьями.

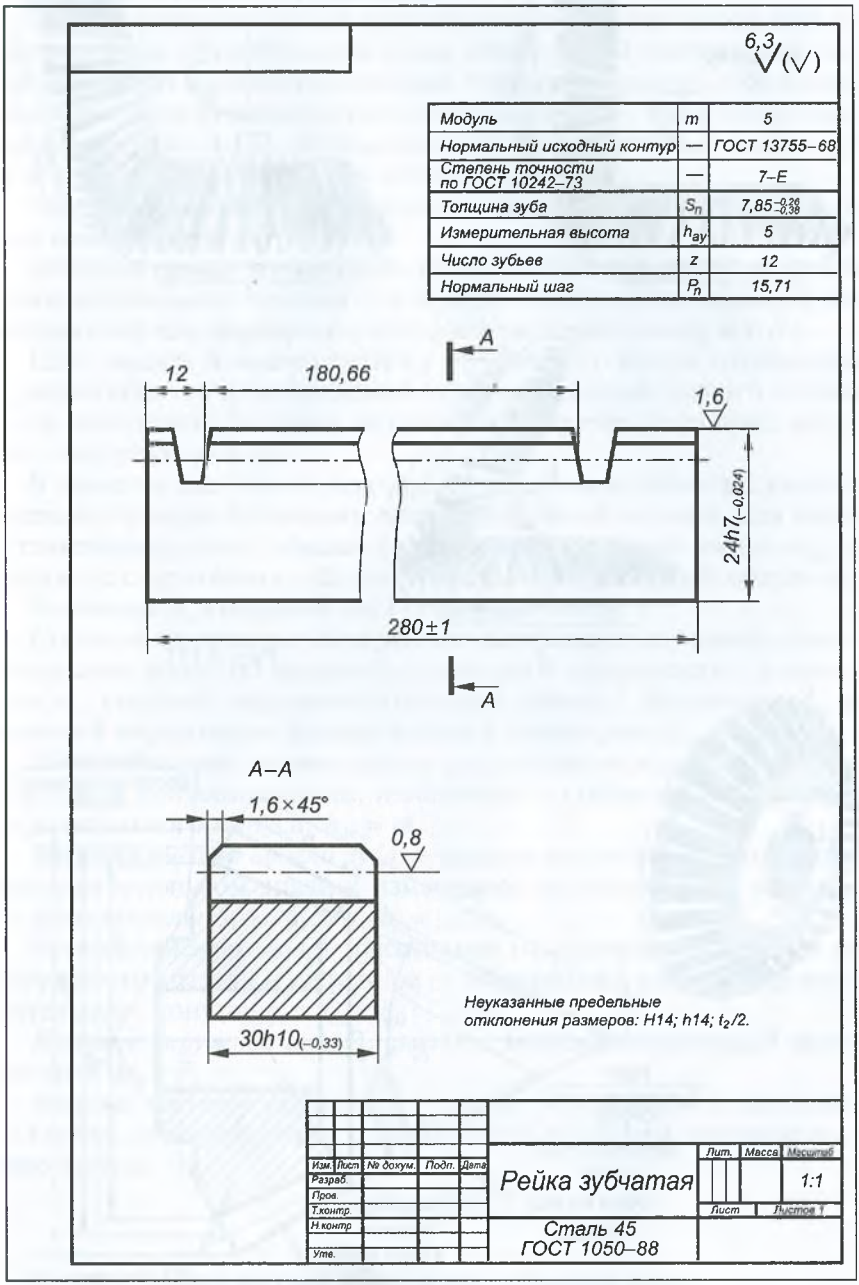
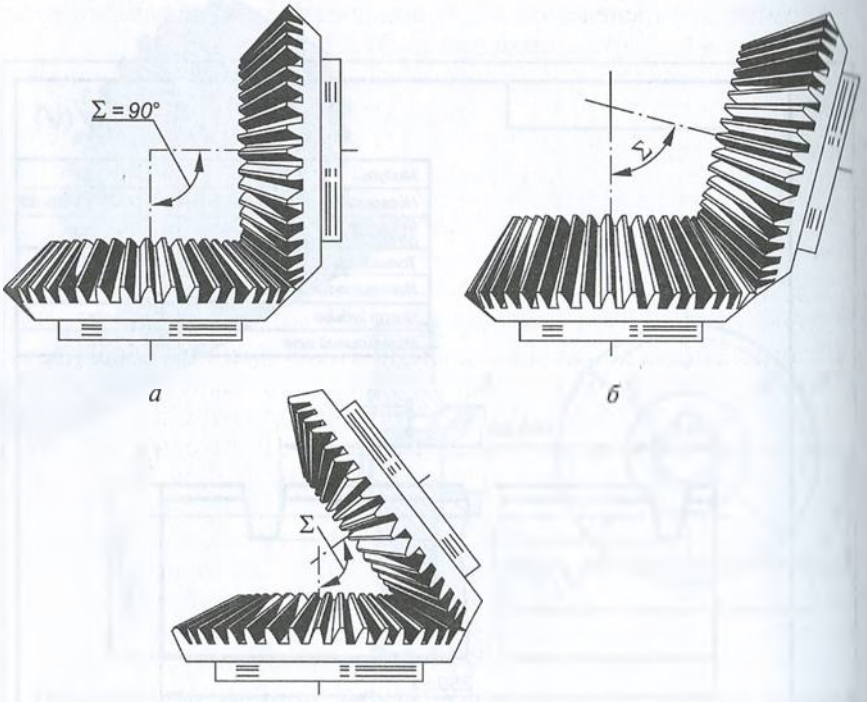
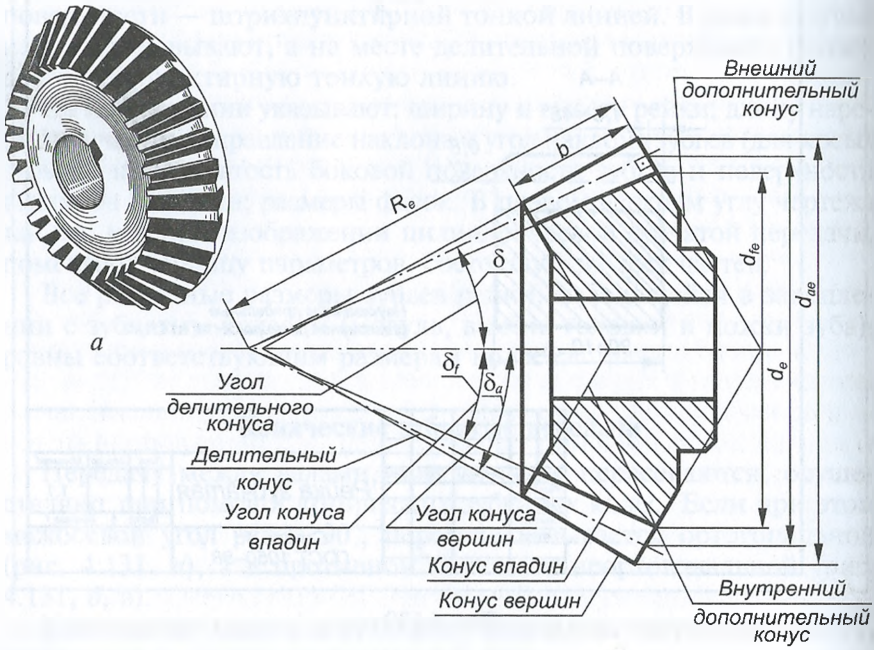

6,3
(√)
Модуль | m | 5
Нормальный исходный контур | — | ГОСТ 13755–68
Степень точности по ГОСТ 10242–73 | — | 7–E
Толщина зуба | S_n | $7{,}85^{-0{,}26}_{-0{,}38}$
Измерительная высота | h_{ay} | 5
Число зубьев | z | 12
Нормальный шаг | P_n | 15,71
A
12
180,66
1,6
$24h7_{(-0{,}024)}$
280±1
A
A–A
1,6×45°
0,8
$30h10_{(-0{,}33)}$
Неуказанные предельные отклонения размеров: H14; h14; $t_2/2$.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Рейка зубчатая
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист Листов 1
Сталь 45
ГОСТ 1050–88

Рис. 4.130



а *б* *в*

Рис. 4.131



а *б*

Рис. 4.132

Термины, определения и обозначения конических зубчатых колес (рис. 4.132, *а*) устанавливает ГОСТ 19325—73.

Зубья конических колес располагаются на конической поверхности. Если зуб направлен вдоль образующей конической поверхности, он называется прямым. Форму и размеры зуба конического колеса определяют следующие соосные конические поверхности (рис. 4.132, *б*): *делительный конус* с углом δ; *конус вершин* с углом δ_a; *конус впадин* с углом δ_f.

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 и внутренним, образующие которых перпендикулярны к образующим делительного конуса.

Шаг, модуль и высота зубьев у конического колеса переменны и увеличиваются в направлении от вершины делительного конуса к его основанию, поэтому различают параметры внешние, средние, внутренние и др.

В качестве расчетного модуля для конических зубчатых колес с прямыми зубьями принимают *внешний окружной модуль* m_e, для колес с тангенциальными зубьями — *внешний нормальный модуль* m_{ne}, а для колес с круговыми зубьями — средний нормальный модуль m_n.

Значения m_e выбирают по ГОСТ 9563—60**.

Соосные конические поверхности пересекают внешний дополнительный конус по внешней делительной окружности с диаметром d_e, внешней окружности вершин зубьев с диаметром d_{ae} и внешней окружности впадин зубьев с диаметром d_{fe}.

Внешняя высота головки зуба — расстояние между делительным конусом и конусом вершин, измеренное по образующей внешнего делительного конуса, $h_{ae} = m_e$.

Внешняя высота ножки зуба — расстояние между делительным конусом и конусом впадин, измеренное по образующей внешнего дополнительного конуса, $h_{fe} = 1{,}2m_e$.

Внешняя высота зуба — расстояние от окружности вершин до окружности впадин, измеренное по образующей внешнего дополнительного конуса, $h_e = h_{ae} + h_{fe} = 2{,}2m_e$.

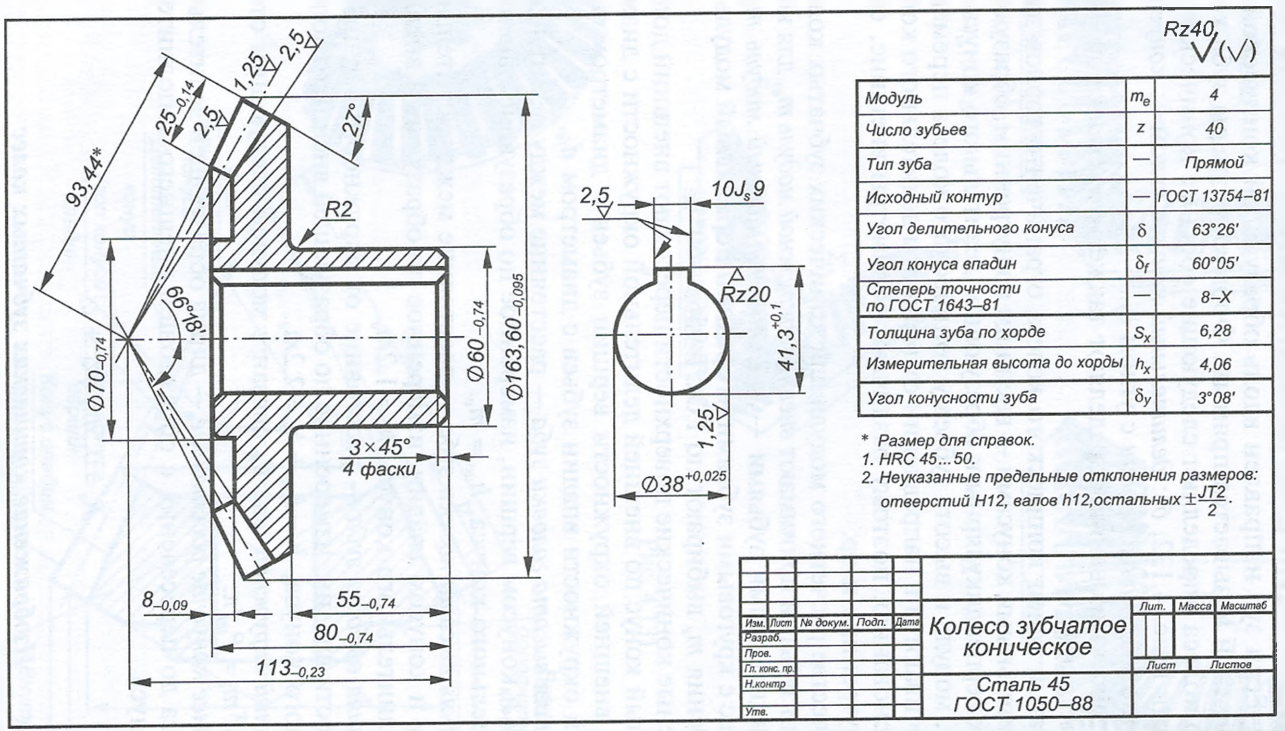
Внешний окружной шаг P_{te} связан с модулем следующим отношением: $m_e = P_{te}/\pi$.

Внешнее конусное расстояние — длина образующей делительного конуса до пересечения с образующей внешнего дополнительного конуса

$$R_e = 0{,}5m_e\sqrt{z_1^2 + z_2^2}\ .$$

Изображение конических зубчатых колес

Правила условного изображения конических зубчатых колес те же, что и для цилиндрических зубчатых колес (ГОСТ 2.402—68).



Модуль	m_e	4
Число зубьев	z	40
Тип зуба	—	Прямой
Исходный контур	—	ГОСТ 13754–81
Угол делительного конуса	δ	63°26′
Угол конуса впадин	δ_f	60°05′
Степень точности по ГОСТ 1643–81	—	8–X
Толщина зуба по хорде	S_x	6,28
Измерительная высота до хорды	h_x	4,06
Угол конусности зуба	δ_y	3°08′

* Размер для справок.

1. HRC 45...50.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H12, валов h12, остальных $\pm\frac{JT2}{2}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Колесо зубчатое коническое	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	
Гл. конс. пр.								
Н.контр					Сталь 45 ГОСТ 1050–88			
Утв.								

Рис. 4.133

Правила выполнения рабочих чертежей конических зубчатых колес устанавливает ГОСТ 2.405—7, в соответствии с которым часть размеров проставляют на изображениях, а часть — в таблице параметров. Пример выполнения рабочего чертежа конического зубчатого колеса приведен на рис. 4.133, где главным изображением является полный фронтальный разрез, а на виде слева показано отверстие в ступице колеса.

На рабочем чертеже конического зубчатого колеса проставляют: внешний диаметр вершин зубьев d_{ae}; расстояние от базовой плоскости (торца ступицы) до внешней окружности вершин зубьев; угол конуса вершин δ_a; угол внешнего делительного конуса; ширину зубчатого венца b; базовое расстояние (расстояние между вершиной конуса и базовой плоскостью); размеры фасок; радиусы скруглений; шероховатость поверхностей зубьев.

Порядок выполнения эскиза конического зубчатого колеса с натуры

1. Измерить внешний диаметр окружности вершин d_{ae}, ширину венца b и подсчитать число зубьев z.

2. С помощью угломера определить угол при вершине дополнительного конуса λ (рис. 4.134) и найти $\delta = 90° - \lambda$.

3. Определить внешний окружной модуль из треугольника ABD следующим образом:

$$m_e = h_{ae} = AB;$$

$$BD = (d_{ae} - d_e)/2, \text{ или}$$

$$BD = AB \cos\delta = m_e \cos\delta = (d_{ae} - d_e)/2.$$

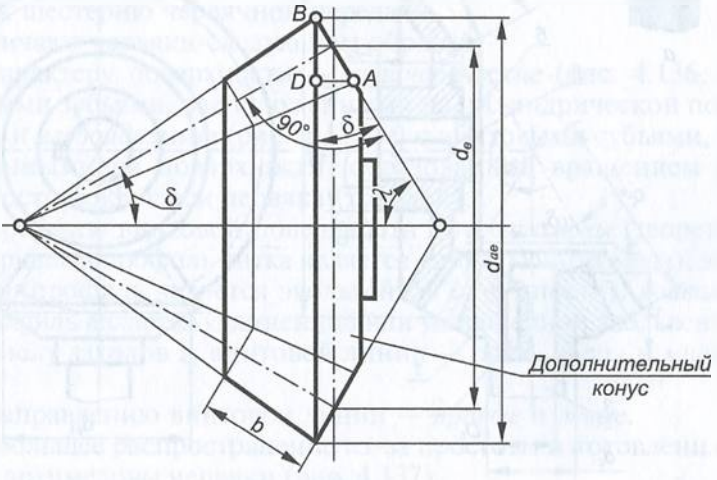


Рис. 4.134

Так как $d_e = m_e z$, то $m_e \cos\delta = (d_{ae} - m_e z)/2$, откуда $m_e = d_{ae}/(z + 2\cos\delta)$.

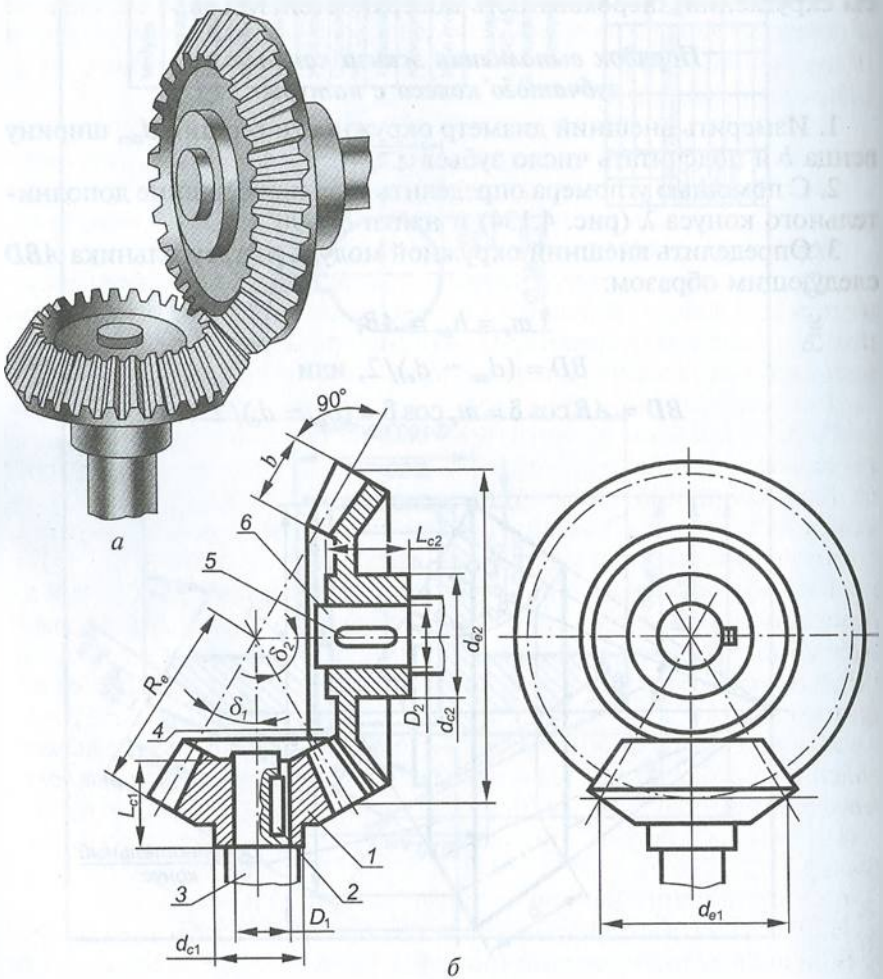
4. Округлив полученное значение m_e до ближайшего стандартного (ГОСТ 9563—60), определить $d_e = m_e z$.

5. По приведенным ранее формулам рассчитать остальные параметры зубчатого колеса.

Изображение на чертеже зубчатой конической передачи

Коническая зубчатая передача (рис. 4.135) состоит из шестерни *1*, колеса *4*, валов *3* и *6* и шпонок *2* и *5*.

Правила выполнения зацеплений в зубчатых передачах устанавливает ГОСТ 2.402—68. В табл. 4.37 приведены формулы для расчета элементов конической зубчатой передачи.



а *б*

Рис. 4.135

Таблица 4.37

Формулы для расчета элементов конической зубчатой передачи

Параметр	Шестерня	Колесо
Внешний делительный диаметр	$d_{e1} = m_e z_1$	$d_{e2} = m_e z_2$
Угол делительного конуса	$\operatorname{tg}\delta_1 = z_1/z_2$	$\operatorname{tg}\delta_2 = z_2/z_1$
Внешнее конусное расстояние	$R_e = 0,5m_e\sqrt{z_1^2 + z_2^2}$	$R_e = 0,5m_e\sqrt{z_1^2 + z_2^2}$
Ширина венца	$b \le 0,3R_e$	$b \le 0,3R_e$
Длина ступицы	$L_{c1} = 1,3D_1$	$L_{c2} = 1,3D_2$
Диаметр ступицы	$d_{c1} = 1,6D_1$	$d_{c2} = 1,6D_2$
Размер шпонок и шпоночного паза	ГОСТ 23360—78*	ГОСТ 23360—78*

Червячные передачи

Червячные передачи (рис. 4.136, *а*) предназначены для передачи вращения от ведущего вала (червяка) к ведомому валу (червячному колесу), когда их оси скрещиваются. Червячные передачи обеспечивают получение больших передаточных чисел, плавность и бесшумность работы механизма.

Элементы червяка

Червяк представляет собой винт, который можно рассматривать как шестерню червячной передачи.

Различают червяки следующим образом:

по характеру поверхности — *цилиндрические* (рис. 4.136, *б*) с винтовыми зубьями, расположенными на цилиндрической поверхности, и *глобоидальные* (рис. 4.136, *в*) с винтовыми зубьями, расположенными на поверхности, образованной вращением дуги окружности вокруг оси червяка (торовой);

по профилю винтовой поверхности — *архимедовы* (теоретический торцевый профиль витка является спиралью Архимеда), *эвольвентные* (профиль является эвольвентой окружности), *конволютные* (профиль является удлиненной или укороченной эвольвентой);

по числу заходов z_1 винтовой линии — *одно-*, *двух-* и *многозаходные*;

по направлению винтовой линии — *правые* и *левые*.

Наибольшее распространение из-за простоты изготовления получили архимедовы червяки (рис. 4.137).

Приведем основные параметры червяка (ГОСТ 18498—89).

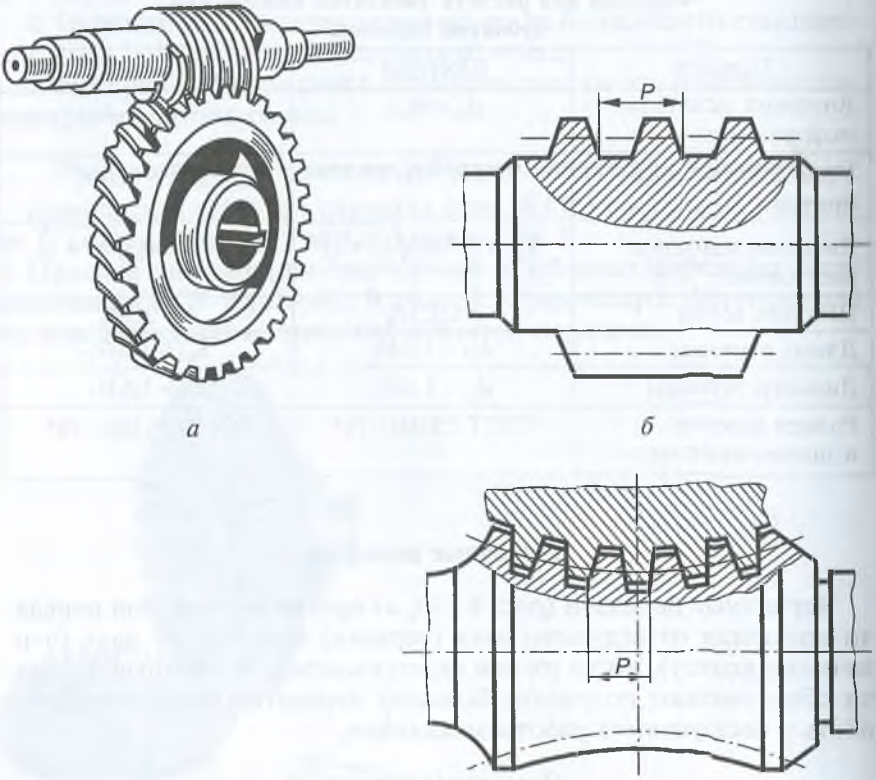


Рис. 4.136

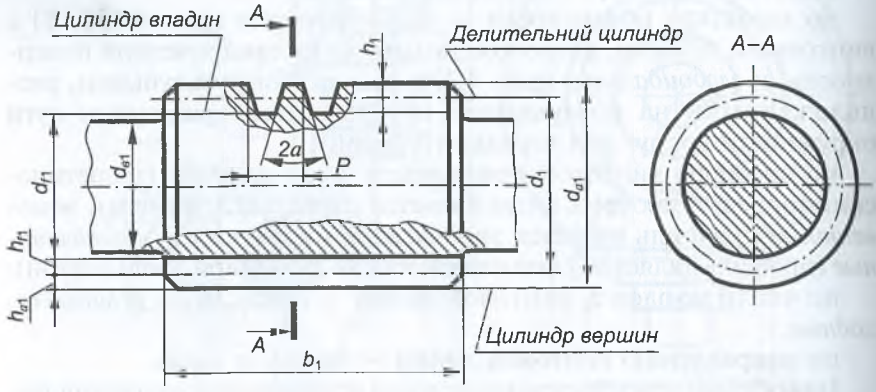


Рис. 4.137

Таблица 4.38

Коэффициент 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			8; 10; 12,5; 16

Шаг P — расстояние вдоль оси червяка между одноименными профильными линиями смежных витков по делительной окружности.

Ход витка P_{z1} — шаг винтовой линии для многозаходных червяков, $P_{z1} = Pz_1$.

Модуль m — линейная величина, в π раз меньше шага *P*, т.е. $m = P/\pi$.

Делительный цилиндр (*диаметр делительной окружности* d_1) — соосная цилиндрическая поверхность, базовая для определения элементов червяка и размеров,

$$d_1 = mq,$$

где *q* — коэффициент диаметра червяка, выбираемый в зависимости от модуля (табл. 4.38).

Высота головки витка червяка — расстояние между окружностью вершин и делительной окружностью $h_{a1} = m$.

Высота ножки витка червяка — расстояние между окружностью впадин и делительной окружностью $h_{f1} = 1{,}2m$.

Высота витка — расстояние между окружностями вершин и впадин $h_1 = h_{a1} + h_{f1} = 2{,}2m$.

Диаметр вершин витков $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = m(q + 2) = d_1 + 2m$.

Диаметр впадин витков $d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = m(q - 2{,}4) = d_1 - 2{,}4m$.

Длина нарезанной части червяка, зависящая от числа зубьев червячного колеса z_2,

$$b_1 = (11 + 0{,}06z_2)m + 25.$$

Делительный угол подъема — угол подъема винтовой линии витка на делительном цилиндре,

$$\operatorname{tg}\gamma = P/(\pi d_1) = z_1/q.$$

Элементы червячного колеса

Червячные колеса могут быть с прямыми и косыми зубьями. При этом форма выемки поверхности вершин зубьев колеса согласуется с формой поперечного сечения червяка.

Параметры зуба червячного колеса (рис. 4.138) определяются в сечении венца средней плоскостью (плоскостью симметрии зубчатого венца, перпендикулярной к оси колеса).

Диаметр делительной окружности колеса $d_2 = mz_2$.

Диаметр вершин зубьев $d_{a2} = m(z_2 + 2)$.

Диаметр впадин $d_{f2} = m(z_2 - 2{,}4)$.

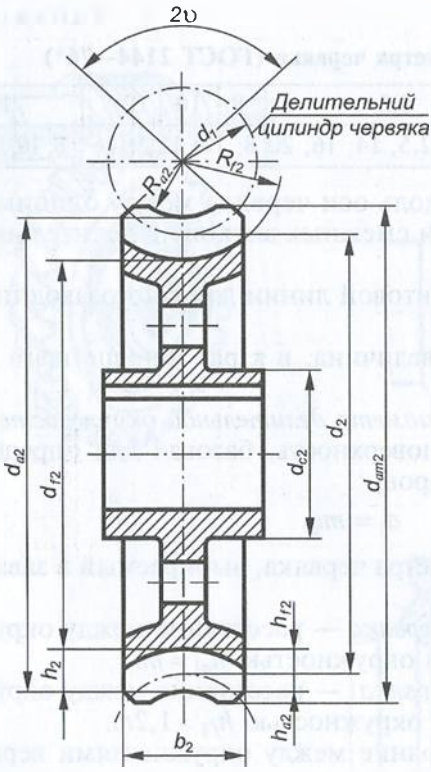


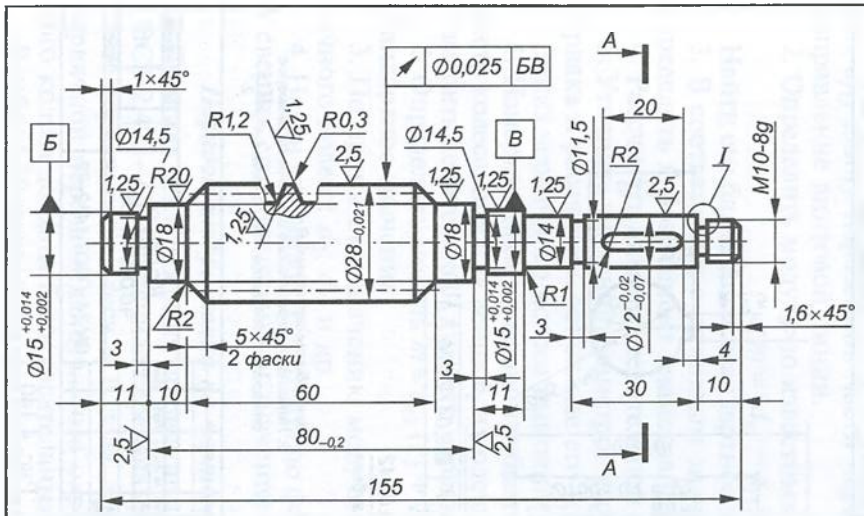
Рис. 4.138

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 колеса $P_2 = \pi m$.
Ширина венца $b_2 \le 0{,}75d_{a1}$ при $z_1 \le 3$; $b_2 \le 0{,}67d_{a1}$ при $z_1 = 4$.
Радиус выемки $R_{a2} = d_1/(2 - m)$.
Условный угол охвата 2υ — угол охвата червяка венцом колеса, $\sin\upsilon = b_2/(d_{a1} - 0{,}5m)$.

Изображение червяков и червячных колес

Правила условного изображения червяков и червячных колес те же, что и для цилиндрических зубчатых колес (ГОСТ 2.402—68). Червяк в зацеплении с червячным колесом считается шестерней, поэтому если секущая плоскость проходит через ось колеса или червяка, то виток червяка показывают расположенным перед зубом колеса.

Правила выполнения рабочих чертежей цилиндрических червяков и червячных колес устанавливает ГОСТ 2.406—76, в соответствии с которым в правом верхнем углу чертежа помещают таблицу параметров, состоящую из трех частей.



Модуль осевой		m	2
Число витков		z_1	2
Угол подъема витка		γ	9°27'44"
Направление витка		—	Правое
Тип червяка		—	ZA
Ход винтовой линии		P_{z1}	12,566
Параметры профиля витков	Угол профиля	α_x	20°
	Высота профиля	h_1	4,4
Толщина витка по хорде		$S\alpha_1$	$3{,}09^{-0{,}16}_{-0{,}21}$
Высота до хорды витка		$h\alpha_1$	2,00
Предельное отклонение осевого шага		$\Delta_в t$ $\Delta_н t$	±0,011
Предельная накопленная погрешность осевого шага		$\Delta_в t_\Sigma$ $\Delta_н t_\Sigma$	±0,02
Допуск на профиль червяка		δ_γ	0,017
Допуск на радиальное биение витков червяка		$\varepsilon_в$	0,018
Степень точности по ГОСТ 3675–56		—	7-и

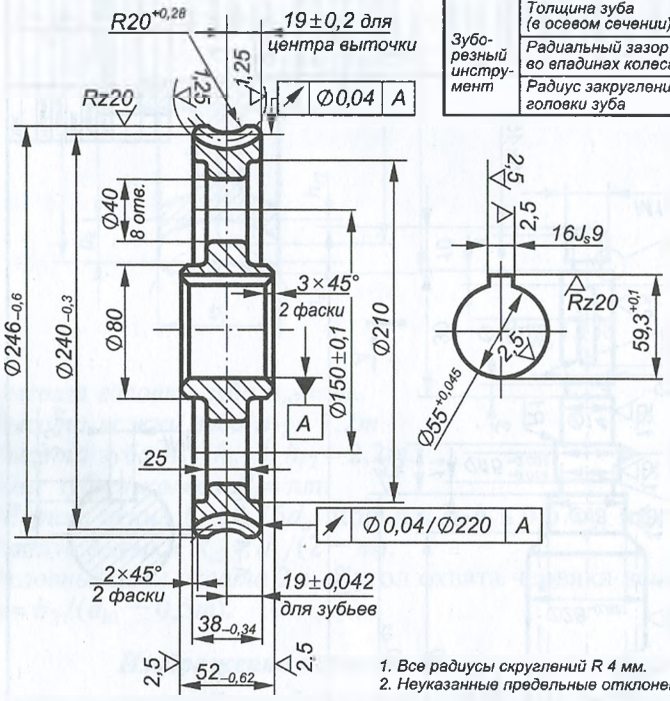
1. HRC 45..., 50.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных $\pm\frac{JT14}{2}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Червяк	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							0,480	1:1
Пров.						Лист		Листов
Т.контр.								
Н.контр.					Сталь 40Х ГОСТ 4543–71			
Утв.								

Рис. 4.139

Rz40 $\sqrt{}$ ($\sqrt{}$)

Модуль осевой		m_s	4
Число зубьев		z_2	56
Сопряженный червяк	Тип червяка	—	ZA
	Число витков	z_1	2
	Направление витка	—	Правое
Межосевое расстояние в обработке		a_w	144
Степень точности по ГОСТ 1643–81		—	Ст. 7-х
Зуборезный инструмент	Толщина зуба (в осевом сечении)	$s_и$	6,56
	Радиальный зазор во впадинах колеса	$c_к$	1
	Радиус закругления головки зуба	$r_{вн}$	1



1. Все радиусы скруглений R 4 мм.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных $\pm\frac{IT14}{2}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Колесо червячное	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								1:1
Пров.						Лист		Листов
Н.контр.					СЧ 24 ГОСТ 1412–79			
Утв.								

Рис. 4.140

На рис. 4.139 представлен рабочий чертеж архимедова цилиндрического червяка, на главном изображении которого выполнен местный разрез для показа профиля витка в осевом сечении и указаны: диаметр вершин витков d_{a1}, длина нарезанной части червяка b_1, радиус скруглений головок и ножек витка и другие конструктивные размеры элементов червяка, а также шероховатость поверхности витков.

На рис. 4.140 приведен рабочий чертеж червячного колеса, на котором указаны: диаметр вершин зубьев колеса d_{a2}, наибольший диаметр зубчатого венца, ширина зубчатого венца b_2, размеры внешнего контура венца (радиус выемки R_{a2}, размеры фасок, радиусы скруглений торцевых кромок и др.), шероховатость поверхностей зубьев и остальные конструктивные размеры.

Выполнение эскизов червяка и червячного колеса с натуры

Эскиз червяка выполняется в следующем порядке:

1. Измерить диаметр вершин витков червяка d_{a1}, диаметр впадин d_{f1}, длину нарезанной части червяка b_1, число заходов z_1 и направление винтовой линии.

2. Определить модуль по известным параметрам d_{a1} и d_{f1}:

$$m = (d_{a1} - d_{f1})/4{,}4.$$

Найти его ближайшее стандартное значение (ГОСТ 19672—74).

3. В соответствии с принятым значением модуля по табл. 4.38 определить коэффициент диаметра червяка q.

4. Рассчитать диаметр делительной окружности $d_1 = mq$.

5. Уточнить значения диаметров вершин d_{a1} и впадин d_{f1} витков червяка и рассчитать остальные его геометрические параметры.

Эскиз червячного колеса выполняется в следующем порядке:

1. Измерить диаметр вершин зубьев колеса d_{a2}, наибольший диаметр колеса, ширину венца b_2 и подсчитать число зубьев колеса z_2. Измерить делительный диаметр червяка d_1 и число заходов z_1.

2. Определить модуль $m = d_{a2}\,(z_2 + 2)$ и выбрать его ближайшее стандартное значение.

3. По принятому значению модуля рассчитать параметры червячного колеса: d_2, d_{f2} и др.

4. Найти условный угол охвата по формуле $\sin\upsilon = b_2/(d_{a1} - 0{,}5m)$ и сверить его с допустимым значением.

Порядок изображения на чертеже червячной передачи

Правила изображения червячной передачи устанавливает ГОСТ 2.402—68. Червячная передача (рис. 4.141) состоит из червяка *1*, червячного колеса *2* и вала *3* со шпонкой *4*. На чертеже червячной передачи делительные окружности червяка и червячного колеса должны быть касательными.

В табл. 4.39 приведены формулы для расчета элементов червячной передачи.

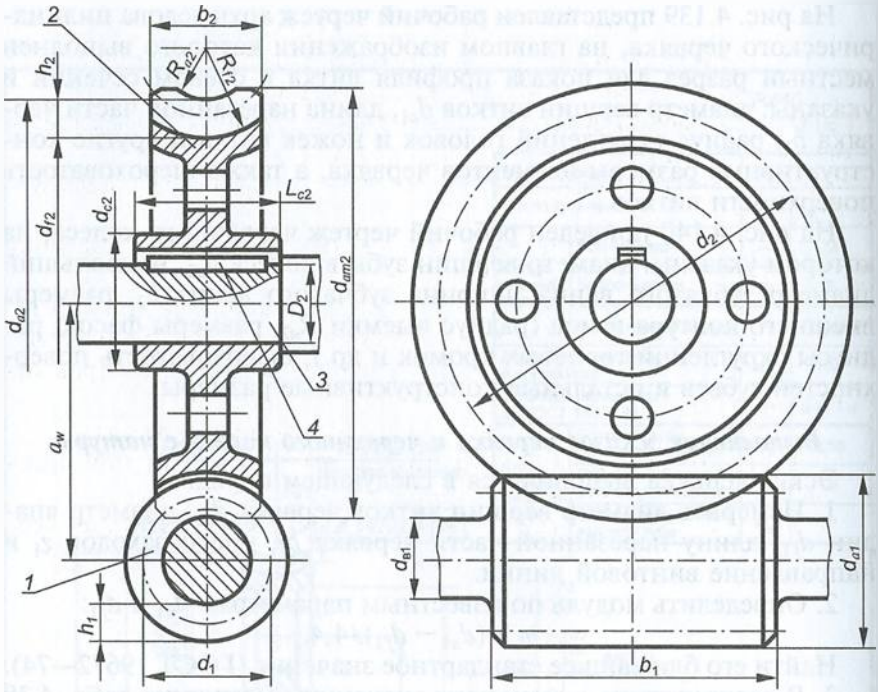


Рис. 4.141

Таблица 4.39

Формулы для расчета элементов червячной передачи

Параметр	Червяк	Червячное колесо
Диаметр делительной окружности	$d_1 = mq$	$d_2 = mz_2$
Межосевое расстояние	$a_w = (d_1 + d_2)/2$	$a_w = (d_1 + d_2)/2$
Диаметр вершин	$d_{a1} = d_1 + 2m$	$d_{a2} = m(z_2 + 2)$
Диаметр впадин	$d_{f1} = d_1 - 2{,}4m$	$d_{f2} = m(z_2 - 2{,}4)$
Диаметр вала и ступицы	$d_{в1} = d_{f1} - m$	$d_{c2} = 1{,}8D_2$
Длина червяка и ширина венца	$b_1 \geq (11 + 0{,}06z_2)m$ при $z_1 = 1$ и $z = 2$	$b_2 \leq 0{,}75d_{a1}$ при $z_1 = 1$ и $z = 2$
Высота витка зуба	$h_1 = 2{,}2m$	$h_2 = 2{,}2m$
Радиус выемки вершины и впадины зуба	—	$R_{f2} = d_1/2 + 1{,}2m$
Длина ступицы	—	$L_{c2} = 1{,}3b_2$
Наружный диаметр	—	$d_{am2} = d_{a2} + 2m$ при $z_1 = 1$; $d_{am2} = d_{a2} + 1{,}5m$ при $z_1 = 2$; $d_{am2} = d_{a2} + m$ при $z_1 = 4$
Размеры шпонок и шпоночного паза	—	ГОСТ 23360—78*

Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируются зубчатые передачи?
2. Каковы основные параметры цилиндрических зубчатых колес?
3. Что такое модуль зубчатого колеса, в каких единицах он выражается и как его определить?
4. С помощью каких основных окружностей условно изображается зубчатый венец?
5. Какие основные сведения о зубчатом колесе заносятся в таблицу параметров?
6. Каковы основные геометрические элементы конического колеса?
7. Каков порядок выполнения эскиза конического колеса с натуры?
8. Какой модуль используется при расчете основных параметров конических зубчатых колес?
9. Каковы основные параметры червяка и червячного колеса?
10. По каким формулам рассчитывают делительный диаметр червяка и червячного колеса, диаметр вершин и впадин?
11. Какой модуль используется при расчете основных параметров червячных передач?

4.8. Пружины

Пружины в машинах и механизмах выполняют роль упругих элементов — деталей, которые под воздействием нагрузки изменяют свою форму, а после ее снятия возвращаются в исходное состояние.

По назначению пружины подразделяются:

на *измерительные* — с упругим моментом, уравновешивающим измеряемый параметр, преобразованный в момент сил (в динамометрах, манометрах, термометрах и др.);

силовые — используемые как аккумуляторы энергии для силового замыкания кинематической цепи, создания силового натяга и т. п.;

упругие — предназначенные для замены ими жесткой связи между деталями, а также для поглощения ударных нагрузок, смягчения толчков и т. п.

По форме пружины подразделяются на *винтовые цилиндрические* (рис. 4.142, *а*...*г*), *винтовые конические* (рис. 4.142, *д*), *тарельчатые* (рис. 4.142, *е*), *пластинчатые* (рис. 4.142, *ж*) и *спиральные* (рис. 4.142, *з*).

По форме поперечного сечения витков пружины разделяют на *круглые* (см. рис. 4.142, *а*), *квадратные* (см. рис. 4.142, *г*) и *прямоугольные* (см. рис. 4.142, *ж*).

По виду деформации и условиям работы различают пружины: *сжатия* (см. рис. 4.142, *а*), *растяжения* (см. рис. 4.142, *б*), *кручения* (см. рис. 4.142, *в*, *з*) и *изгиба* (см. рис. 4.142, *ж*).

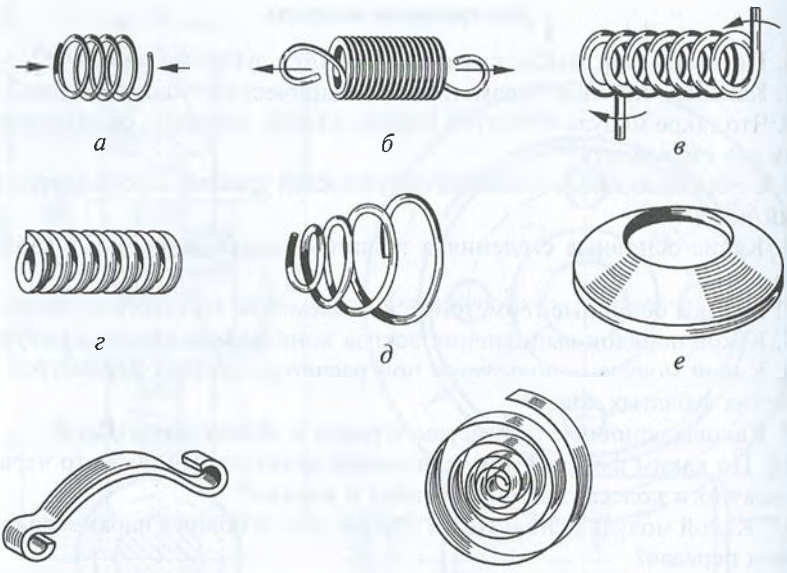


Рис. 4.142

В зависимости от конструктивного назначения используются пружины с *правой* и *левой навивкой.*

Материалы, из которых изготавливают пружины, должны иметь хорошие упругие свойства, однородную по химическому составу структуру, быть восприимчивыми к термической обработке и стойкими к коррозии. Выбор материала для пружин должен производиться с учетом их вида и условий эксплуатации.

В основном для их изготовления применяют проволоку I, II и III классов (ГОСТ 9389—75*) из качественных углеродистых сталей марок 65, 60Г, 65Г, кремнистых сталей 60С2А, 60С2ВА, хромомарганцевых сталей 50ХГ, 50ХФА и др.

Правила изображения пружин

На чертежах пружины изображают условно (ГОСТ 2.401—68):

витки винтовых пружин на виде и в разрезе выполняют прямыми линиями, соединяющими соответствующие участки их контуров (рис. 4.143, *а*, *б*);

при числе витков винтовой пружины более четырех показывают с каждого ее конца по одному-два витка, кроме опорных. Остальные витки не изображают, а проводят осевые линии через центры их сечений по всей длине пружины. При этом допускается уменьшенное ее изображение по длине;

при толщине сечения материала 2 мм и менее пружину изображают схематично линиями толщиной 0,6...1,5 мм (рис. 4.143, *в*).

Основные правила оформления рабочих чертежей пружин следующие (ГОСТ 2.401—68):

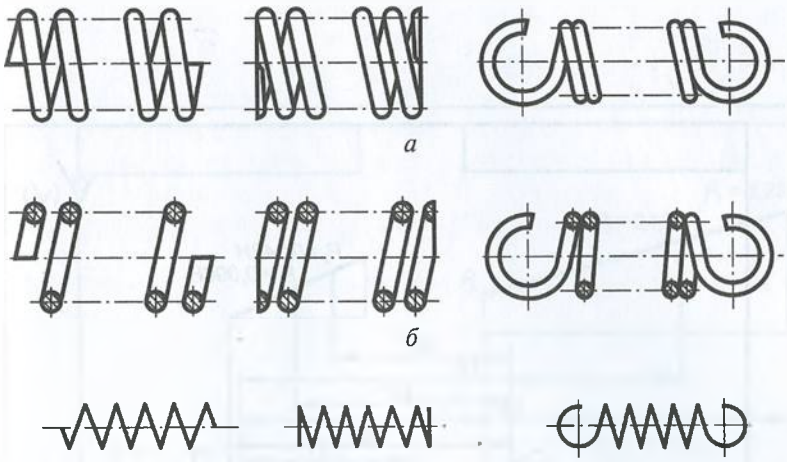


Рис. 4.143

пружины всегда изображают в свободном состоянии;

винтовые пружины всегда изображают горизонтально и только с правой навивкой. Действительное направление навивки указывают в технических требованиях;

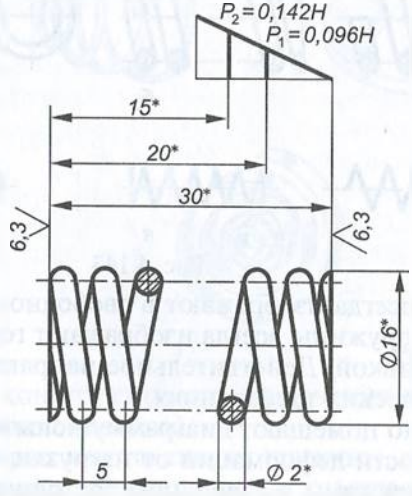
обязательно помещают диаграмму испытаний пружины — график зависимости деформации от нагрузки. На диаграмме указывают длину пружины в свободном состоянии H_0 и под действием предварительной нагрузки $P_1(H_1)$, наибольшей рабочей нагрузки $P_2(H_2)$ и максимальной нагрузки $P_3(H_3)$. Если для характеристики пружины достаточно задать только один исходный и один зависимый от него параметр, то диаграмму не строят, а эти значения указывают в технических требованиях;

основные технические требования включают в себя: модуль сдвига G; модуль упругости δ; твердость HRC; максимальное напряжение при изгибе σ_3; максимальное напряжение касательное при кручении τ_3; длину развернутой пружины L; число рабочих витков n; число витков полное n_1; направление навивки; диаметр контрольной гильзы $D_г$ или диаметр контрольного стержня $D_с$. Причем параметры G, δ, σ_3, τ_3 указывают только для нестандартизованных и ненормализованных пружин;

сортамент материала пружины, полностью определяющий размеры и предельные отклонения ее поперечного сечения, указывают в графе «Материал» основной надписи чертежа.

Пример выполнения рабочего чертежа пружины сжатия приведен на рис. 4.144, а пружины растяжения — на рис. 4.145.

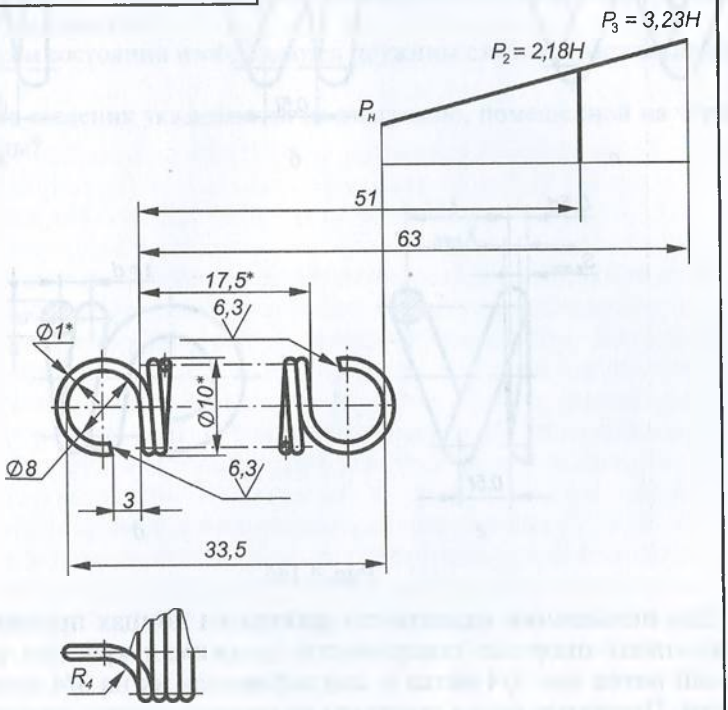
Винтовые пружины растяжения отличаются от пружин сжатия тем, что в свободном состоянии их витки плотно (без зазора λ) прилегают друг к другу (так, что их шаг t равен диаметру проволоки d).



1. Пружина № 468 ГОСТ 13771–68.
2. $n = 6$.
3. $n_1 = 7{,}5$.
4. Направление навивки – правое.
5. * Размеры для справок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пружина	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.							0,011	2:1
Пров.						Лист	Листов	
Т.контр.								
Н.контр.					Проволока 2-II ГОСТ 3282–74			
Утв.								

Рис. 4.144



1. Пружина № 376 ГОСТ 13771–68.
2. n =17,5.
3. Направление навивки – правое.
4. * Размеры для справок.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пружина	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.							0,004	2:1
Пров.						Лист	Листов	
Т.контр.								
Н.контр.					Проволока Л-1-II ГОСТ 3282 –74			
Утв.								

Рис. 4.145

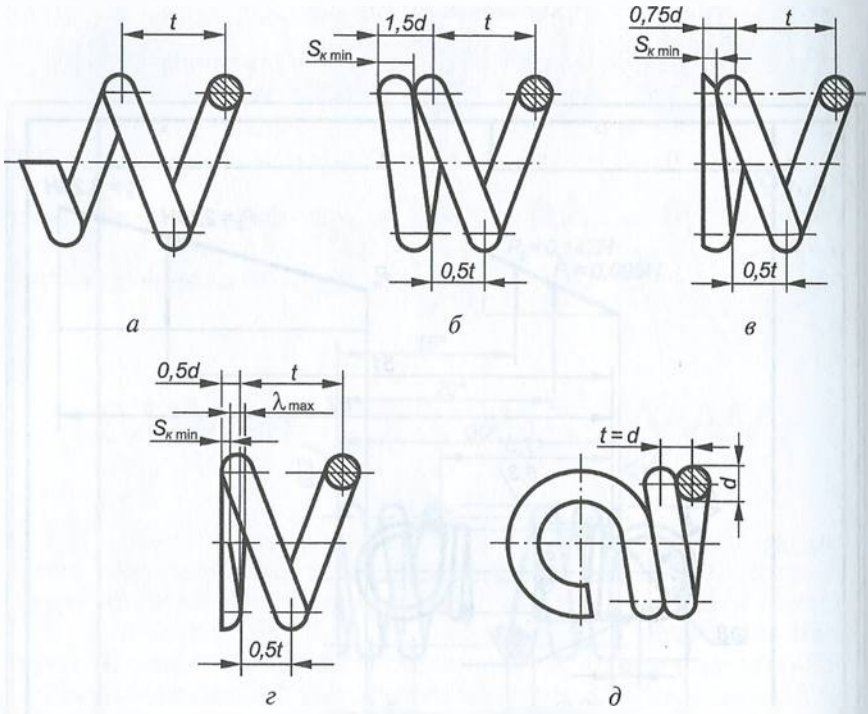


Рис. 4.146

Для повышения надежности работы на концах пружин сжатия выполняют опорные поверхности, поджимая крайние витки на целый виток или 3/4 витка и зашлифовывая их на 3/4 дуги окружности. Поджатые витки пружины не несут нагрузок, поэтому рабочее число витков пружины (n) меньше полного числа витков (n_1).

На рис. 4.146 приведены варианты оформления концов пружин:

крайние витки не поджаты и не зашлифованы (см. рис. 4.146, *а*), $n = n_1$, $H_0 = nt$;

поджат целый незашлифованный виток (см. рис. 4.146, *б*), $n = n_1 - 2$, $H_0 = nt + 3d$;

поджат целый виток и зашлифовано 3/4 дуги окружности (см. рис. 4.146, *в*), $n = n_1 - 2$, $H_0 = nt + 1{,}5d$;

поджато 3/4 витка и зашлифовано 3/4 дуги окружности (см. рис. 4.146, *г*), $n = n_1 - 1{,}5$, $H_0 = nt + d$;

пружины растяжения (см. рис. 4.146, *д*), $n = n_1$, $H_0 = d(n + 1)$.

Длина развернутой пружины (заготовки) сжатия

$$L \approx n_1 \sqrt{[\pi(D - d)]^2 + t^2},$$

а длина развернутой пружины растяжения

$$L \approx \pi(D - d)(n + 2).$$

Контрольные вопросы

1. Как подразделяются пружины по своему назначению?
2. Как выполняется рабочий чертеж пружин сжатия?
3. Как оформляются опорные поверхности концов пружин?
4. С каким направлением навивки изображаются пружины на чертеже и где оно указывается?
5. В каком состоянии изображаются пружины сжатия и растяжения на чертеже?
6. Какие сведения указываются на диаграмме, помещенной на чертеже пружины?

Глава 5
ЧЕРТЕЖИ ОБЩЕГО ВИДА И СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

5.1. Стадии разработки конструкторских документов

Изготовлению любого изделия в металле предшествует процесс проектирования, т.е. разработка различных конструкторских документов, в том числе чертежей. С целью обеспечения возможности планирования и контроля выполнения проекта процесс проектирования разбивается на стадии и этапы. Выполненные документы после согласования и утверждения их заказчиком являются основанием для перехода к каждой последующей стадии работы.

ГОСТ 2.103—68 определяет следующие стадии разработки конструкторской документации:

техническое предложение (П) — совокупность документов, содержащих техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки изделия;

эскизный проект (Э) — совокупность документов, содержащих принципиальные конструкторские решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также определяющих его назначение и основные параметры;

технический проект (Т) — совокупность документов, содержащих окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации;

рабочая конструкторская документация — совокупность документов, по которым можно изготовить и проконтролировать качество изделия.

Любые изделия изготавливаются только на основе определенных конструкторских документов, причем графические документы — чертежи составляют порядка 80...90 % общего объема документации.

ГОСТ 2.102—68 устанавливает более 25 видов конструкторских документов, подразделяющихся на *графические* и *текстовые*, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для

его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Графические документы, включающие в себя различные виды чертежей и схем, содержащих информацию об изделии, подразделяются следующим образом:

чертеж детали — содержит изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля;

сборочный чертеж (СБ) — содержит изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля;

чертеж общего вида (ВО) — определяет конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и принцип работы изделия;

теоретический чертеж (ТЧ) — определяет геометрическую форму (обводы) изделия и координаты расположения его составных частей;

габаритный чертеж (ГЧ) — содержит контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами;

электромонтажный (МЭ), *монтажный* (МЧ), *упаковочный* (УЧ) *чертежи* — содержат контурное изображение изделия, а также данные, позволяющие производить соответствующую операцию;

схема — определяет в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

К текстовым документам, которые могут быть представлены в виде таблиц, перечней и других записей, относятся: *спецификация*, определяющая состав сборочной единицы, комплекса или комплекта; *технические условия*, содержащие требования к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других документах, а также различные *ведомости, пояснительные записки, таблицы, расчеты, инструкции* и т.д.

Номенклатура некоторых конструкторских документов, разрабатываемых на изделие в зависимости от стадий разработки, приведена в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Номенклатура конструкторских документов

Шифр документа	Наименование документа	П	Э	Т	Рабочая документация			
					на детали	сборочные единицы	комплексы	комплекты
—	Чертеж детали	—	—	○	●	—	—	—
СБ	Сборочный чертеж	—	—	—	—	●	—	—

Окончание табл. 5.1

Шифр документа	Наименование документа	П	Э	Т	Рабочая документация			
					на детали	сборочные единицы	комплексы	комплекты
ВО	Чертеж общего вида	○	○	●	—	—	—	—
ТЧ	Теоретический чертеж	—	○	○	○	○	○	—
ГЧ	Габаритный чертеж	○	○	○	○	○	○	—
МЧ	Монтажный чертеж	—	—	—	—	○	○	○
По ГОСТ 2.701—76	Схема	○	○	○	—	○	○	○
—	Спецификация	—	—	—	—	●	●	●

● документ обязательный;
○ документ, разрабатываемый в зависимости от характера, назначения или условий производства изделия;
— документ не разрабатывается.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные стадии разработки конструкторских документов?
2. Что включают в себя графические документы?
3. Что относится к текстовым документам?
4. На какой стадии разработки выполняется чертеж общего вида?

5.2. Чертежи общего вида

Общие требования

Основные требования к чертежам устанавливает ГОСТ 2.109—73*. На стадиях технического предложения (ГОСТ 2.118—73*), эскизного проекта (ГОСТ 2.119—73*) и технического проекта (ГОСТ 2.120—73*) разрабатывается чертеж общего вида изделия, на основании которого затем выполняется рабочая документация: чертежи отдельных деталей, спецификация, сборочный чертеж, а при необходимости монтажный и габаритный чертежи.

Например, чертеж общего вида в эскизном проекте составляется на основании чертежа общего вида технического предложения после принятия того или иного варианта разрабатываемого

изделия. Основные конструкторские идеи, определяющие разработку всех чертежей деталей и сборочных единиц изделия, на чертеже общего вида эскизного проекта должны быть понятны без дополнительного разъяснения.

Чертежи общего вида должны содержать:

изображение изделия (виды, разрезы, сечения);

текстовые пояснения и надписи, необходимые для понимания устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы;

наименования и обозначения тех составных частей изделия, параметры которых (технические характеристики, число, указание о материале и др.) необходимо указать;

габаритные, присоединительные, установочные и другие размеры, помогающие уяснить форму элементов детали;

схему изделия (если она требуется);

технические требования к изделию и его технические характеристики, которые необходимо учитывать при последующей разработке рабочих чертежей.

Наименования и обозначения составных частей изделия указывают:

на полках линий-выносок, проведенных от деталей на чертеже общего вида;

в таблице на чертеже общего вида;

в таблице, выполняемой на отдельных листах формата А4, являющихся продолжением чертежа общего вида.

При наличии таблицы номера позиций составных частей изделия на полках линий-выносок указывают в соответствии с номерами из графы «Поз.». В общем случае таблица содержит графы «Поз.» (позиция), «Обозначение», «Кол.» (количество), «Доп. указания» (дополнительные указания), но может дополняться и другими необходимыми графами (рис. 5.1). Порядок записи составных частей изделия в таблице рекомендуется следующий: изделия заимствованные, покупные, вновь разрабатываемые. Схема оформления чертежа общего вида приведена на рис. 5.2.

Отличие чертежа общего вида от сборочного состоит в том, что он поясняет конструкцию всего изделия и каждой его составной части (детали), и поэтому содержит большее число изображений, в том числе дополнительные виды, разрезы, сечения с размерами, определяющими взаимное расположение деталей и уточняющими форму их элементов.

Для несложных по конструкции изделий выполняют лишь рабочую документацию, т. е. сборочные чертежи. В этом случае и рабочие чертежи деталей выполняют по сборочному чертежу.

Пример чертежа общего вида приведен на рис. 5.3, а таблица составных частей изделия к нему — на рис. 5.4.

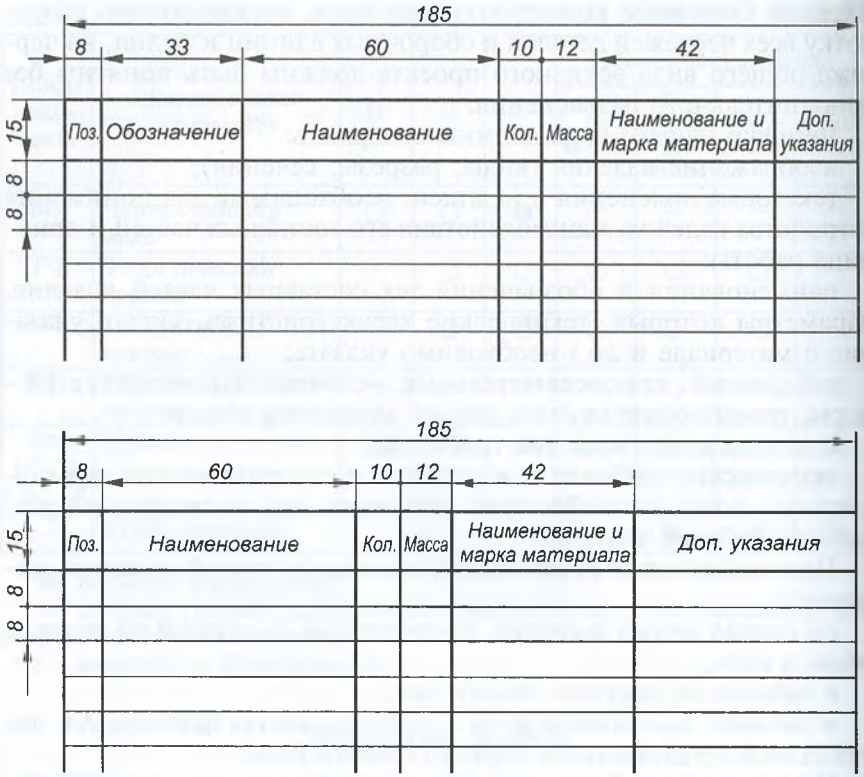

185
8
33
60
10
12
42
15
8
8
Поз.
Обозначение
Наименование
Кол.
Масса
Наименование и марка материала
Доп. указания
185
8
60
10
12
42
15
8
8
Поз.
Наименование
Кол.
Масса
Наименование и марка материала
Доп. указания

Рис. 5.1

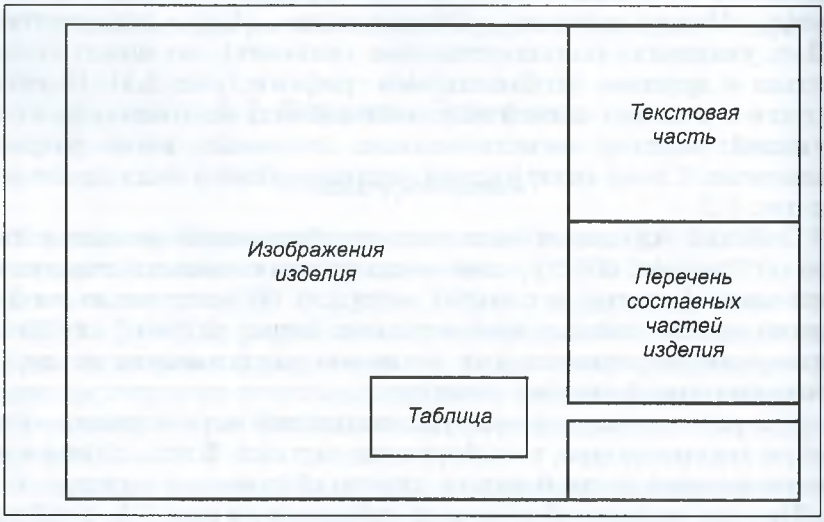
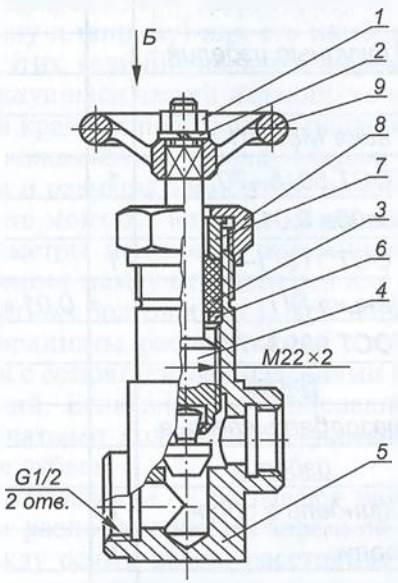
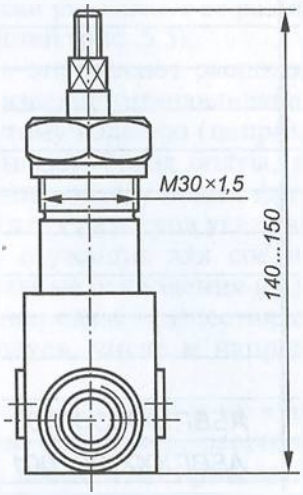

Текстовая часть
Изображения изделия
Перечень составных частей изделия
Таблица

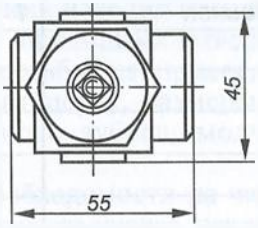
Рис. 5.2



Дет. поз. 1, 2, 9 не показаны



Дет. поз. 1, 2, 9 не показаны



Б
дет. поз. 9



					АБВГ.XXXXXX.000.ВО			
						Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пневмоаппарат клапанный			1:1
Разраб.						Лист	Листов 2	
Пров.								
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

Рис. 5.3

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Доп. указания
		Покупные изделия		
1		Гайка М8.5.019		
		ГОСТ 5915–70	1	
2		Шайба 8.01.019		
		ГОСТ 11371–74	1	
3		Пенька ПП		0,01 кг
		ГОСТ 9993–74		
		Вновь		
		разрабатываемые		
		изделия		
4	АБВГ.ХХХХХХ.100	Шпиндель в сборе	1	
5	АБВГ.ХХХХХХ.001	Корпус	1	
6	АБВГ.ХХХХХХ.002	Кольцо	1	
7	АБВГ.ХХХХХХ.003	Втулка	1	
8	АБВГ.ХХХХХХ.004	Гайка	1	
9	АБВГ.ХХХХХХ.005	Маховичок	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АБВГ.ХХХХХХ.000.ВО	Лист 2

Рис. 5.4

Размеры, проставляемые на чертежах

На чертеже общего вида изделия наносят следующие размеры:

габаритные — характеризуют три измерения изделия (высоту, длину и ширину) или его наибольший диаметр. Если какая-либо из этих величин является переменной вследствие перемещения движущихся частей изделия, то на чертеже указывают ее размеры при крайних положениях подвижных частей (рис. 5.5);

установочные и *присоединительные* — определяют расположение и размеры элементов, по которым изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию (например, диаметры центровых окружностей и отверстий под болты, расстояния между отверстиями для крепления, между осями фундаментных болтов и т. п.). При нанесении этих размеров указывают координаты расположения элементов, служащих для соединения с сопрягаемыми изделиями и предельные отклонения их значений. Если внешняя присоединительная связь осуществляется зубчатыми колесами, то указывают модуль, число и направление зубьев;

монтажные — указывают 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.). Эти размеры даются с предельными отклонениями;

эксплуатационные — указывают расчетную и конструкторскую характеристики изделия (например, диаметры проходных отверстий, размеры резьбы на присоединительных штуцерах, размеры «под ключ», число зубьев, модули и т. п.).

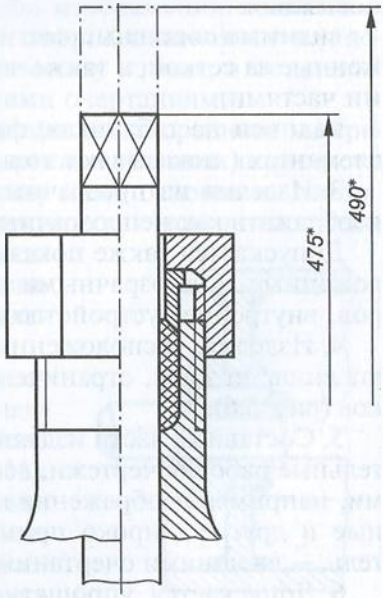


Рис. 5.5

При необходимости на чертеже изделия проставляются некоторые характерные конструктивные или расчетные размеры (например, чтобы обеспечить возможность сверить их с размерами, проставляемыми на чертеже детали). На чертежах общего вида также указывают размеры отверстий под крепежные изделия, если эти отверстия выполняются в процессе сборки.

Размеры габаритные, установочные, присоединительные, эксплуатационные и размеры, характери-

зующие положение движущихся частей изделия, относятся к справочным и помечаются звездочкой.

Условности и упрощения

Умение читать чертежи в известной мере определяется знанием всех тех условностей и упрощений, которые применяются при изображении как деталей, так и чертежей общего вида изделий. «Видеть» форму каждой детали изделия, ее контуры — задача не простая, поскольку на чертежах детали перекрывают друг друга.

Приведем допускаемые различными стандартами ЕСКД условности и упрощения изображений на чертежах, позволяющие сократить объем графических работ и облегчить чтение чертежа.

1. Условные изображения крепежных деталей определяет ГОСТ 2.315—68*, в соответствии с которым шестигранные гайки, головки болтов и других деталей предпочтительно показывать на главном изображении с тремя гранями.

2. ГОСТ 2.109—73* допускает не изображать на чертеже:

фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки и другие мелкие элементы;

зазоры между стержнем и отверстием (за исключением конструктивных);

крышки, щиты, кожухи и другие защитные элементы, если необходимо показать закрытые или составные части изделия. При этом над изображением делают надпись типа «Крышка поз. 3 не показана»;

видимые составные части изделий или их элементы, расположенные за сеткой, а также частично закрытые другими составными частями;

надписи на табличках, фирменных планках, шкалах и других элементах (показывают только их контур).

3. Изделия из прозрачных материалов (сетки, стекла) можно изображать как непрозрачные.

Допускается также показывать как видимые элементы, расположенные за прозрачными предметами (шкалы, стрелки приборов, внутреннее устройство ламп и т. п.).

4. Изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображают лишь до зоны, ограниченной осевыми линиями сечений витков (рис. 5.6).

5. Составные части изделий, на которые оформлены самостоятельные рабочие чертежи, допускается изображать нерассеченными, например изображение клапана (рис. 5.7), а типовые, покупные и другие широко применяемые изделия, например двигатель, — внешними очертаниями (рис. 5.8).

6. Допускается упрощать внешние очертания предметов, не изображая мелкие выступы, впадины и т. п.

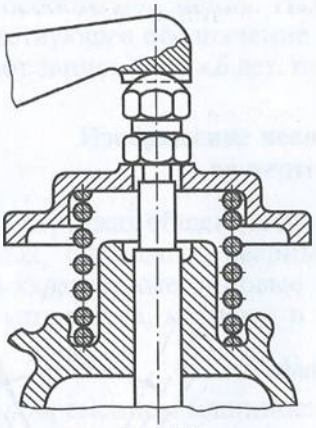


Рис. 5.6

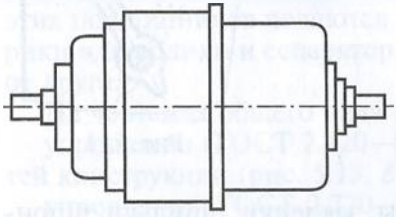


Рис. 5.8

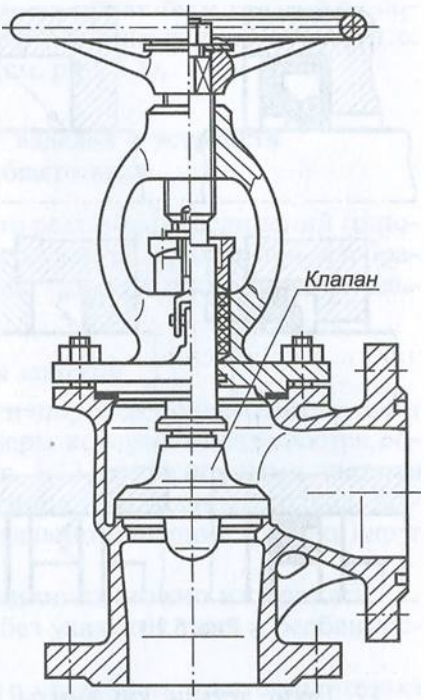


Рис. 5.7

7. На чертежах, включающих в себя изображения нескольких одинаковых составных частей (колес, опорных катков и т.п.), допускается выполнять полностью лишь одну из них, а остальные части показывать упрощенно внешними очертаниями.

8. Сварные, паяные, клееные и изделия из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют в одну сторону, изображая границы между ними основными линиями (рис. 5.9), т.е. изображают конструкцию как монолитное тело.

9. На чертежах общего вида допускается уплотнения изображать условно (рис. 5.10), указывая стрелкой направления их действия.

10. Крайнее положение детали, перемещающейся в процессе действия изделия, показывают штрихпунктирной тонкой линией с двумя точками (рис. 5.11).

11. Допускается изображать условно сплошной тонкой линией пограничные (соседние) изделия (обстановку) и размеры, определяющие их взаимное расположение (рис. 5.12).

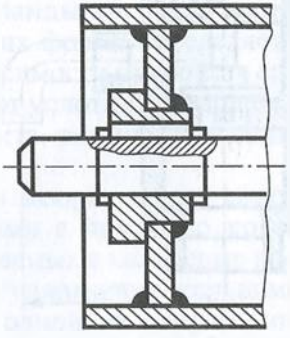


Рис. 5.9

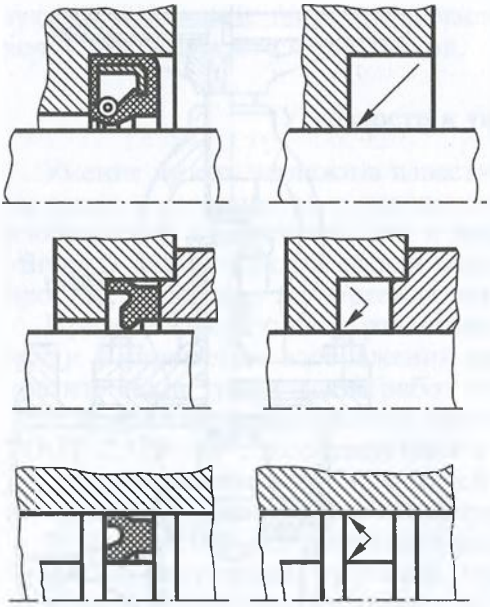


Рис. 5.10

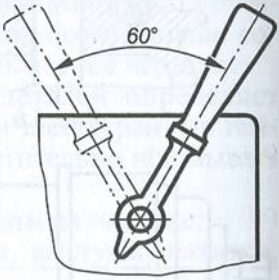


Рис. 5.11

12. Такие детали, как винты, болты, заклепки, шпильки, шпонки, оси, непустотелые валы и шпиндели, шатуны и рукоятки при продольном разрезе показывают нерассеченными, т.е. не заштриховывают (см. рис. 3.64). Шарики всегда, а гайки и шайбы, как правило, показывают нерассеченными.

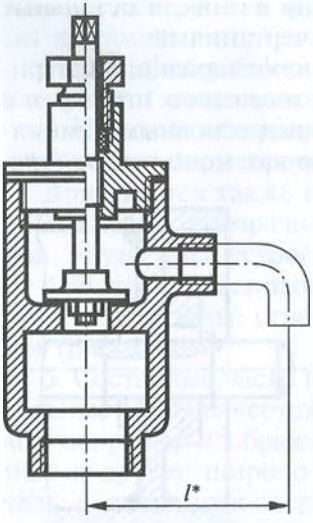


Рис. 5.12

Такие элементы деталей, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес и тонкие стенки типа ребер жесткости изображают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль их оси или длинной стороны. Спицы, не попадающие в секущую плоскость, показывают условно как попавшие в нее.

13. Линии пересечения поверхности допускается изображать упрощенно основной линией, а плавный переход от одной поверхности к другой — тонкой сплошной линией, не доходящей до места сопряжения поверхностей.

14. На отдельных изображениях (дополнительных видах, разрезах, сечениях) допускается показывать только ту часть изделия, конструкция которой тре-

бует особого пояснения. Над таким изображением указывают соответствующее обозначение и номер позиции данной детали, т.е. делают запись типа «*Б* дет. поз. 9» (см. рис. 5.3).

Изображение некоторых изделий и устройств на чертежах общего вида

На чертежах общего вида помимо различных соединений (шпоночных, шлицевых, сварных и т.п.) часто приходится изображать характерные типовые изделия: подшипники, уплотнительные устройства, клапаны и т.п.

Подшипники качения

В современном машиностроении широкое применение находят подшипники качения, тип и размеры которых определяются соответствующими стандартами (рис. 5.13, *а*). Основными частями этих подшипников являются наружное и внутреннее кольца, шарики или ролики и сепаратор, отделяющий шарики (ролики) друг от друга.

На чертежах общего вида подшипники можно изображать:

упрощенно (ГОСТ 2.420—69*) без указания типа и особенностей конструкции (рис. 5.13, *б*);

упрощенно (ГОСТ 2.770—68*) с указанием типа подшипника посредством его графического обозначения (рис. 5.13, *в*);

с изображением колец, шариков и роликов (рис. 5.13, *г*).

Уплотнительные устройства

Уплотнения различного вида служат для обеспечения герметичности в подвижных и неподвижных соединениях деталей, предотвращения утечки рабочей среды, защиты поверхностей от пыли, грязи и т.п.

Торцевые уплотнения выполняются в зазорах между торцевыми поверхностями деталей (фланцев, крышек и т.п.) с помощью прокладок. Вырубленные из листового материала прокладки (рис. 5.14) устанавливают под крышки, фланцы корпусов вентилей, двигателей и другие детали, причем их форма определяется формой уплотняемых поверхностей. В зависимости от свойств среды и условий работы устройства применяют уплотнительные прокладки из различных материалов: текстолита, резины, прессшпана, паронита, асбеста и др.

Радиальные уплотнения выполняются в зазорах между сопряженными цилиндрическими поверхностями с помощью колец, манжет и консистентных смазок, закладываемых в кольцевые проточки. Простейшим вариантом является уплотнение кольцами, закладываемыми в кольцевые проточки одной из сопрягаемых деталей (рис. 5.15). Причем кольца должны несколько выступать

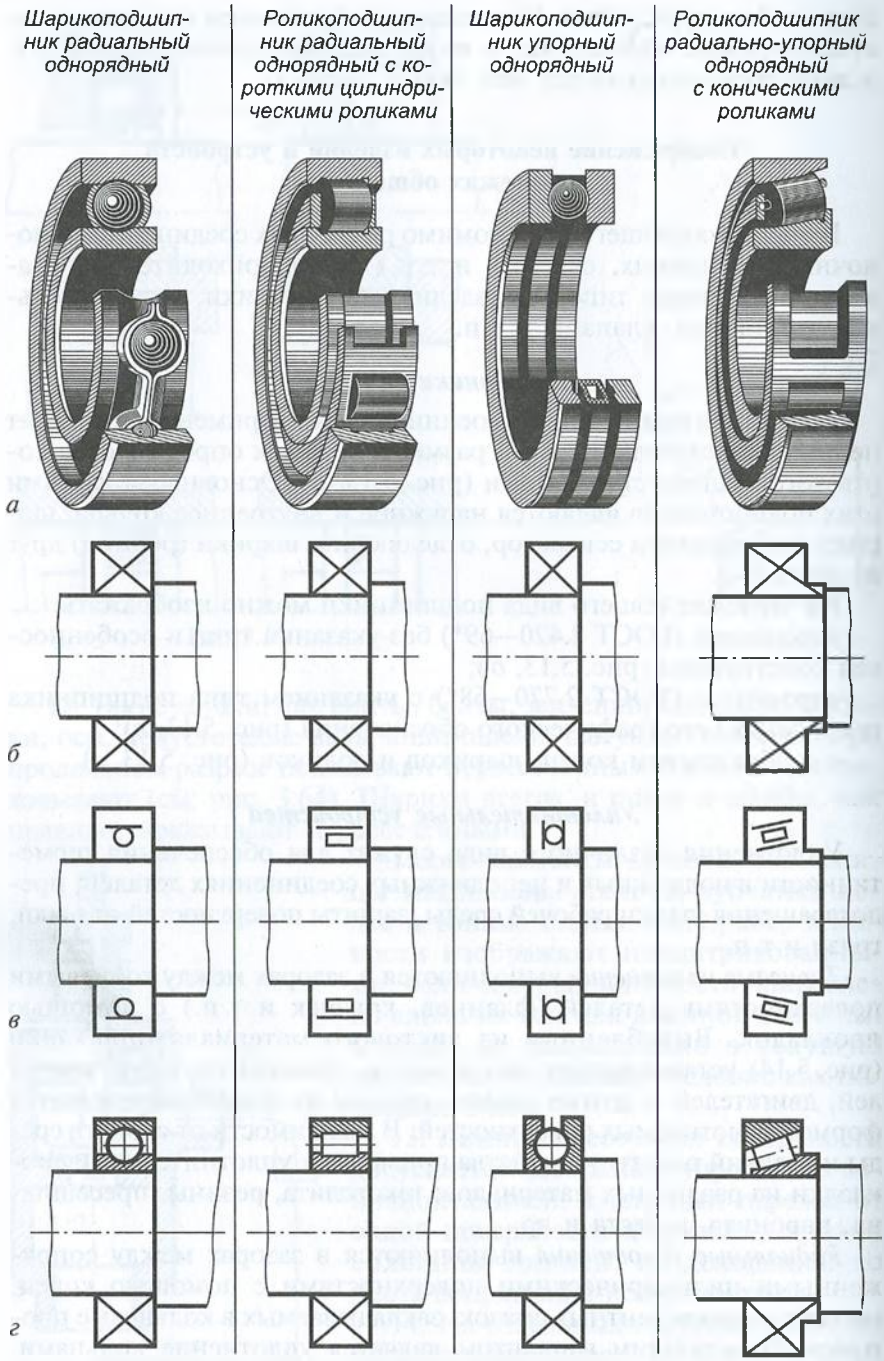

Шарикоподшипник радиальный однорядный
Роликоподшипник радиальный однорядный с короткими цилиндрическими роликами
Шарикоподшипник упорный однорядный
Роликоподшипник радиально-упорный однорядный с коническими роликами
а
б
в
г

Рис. 5.13

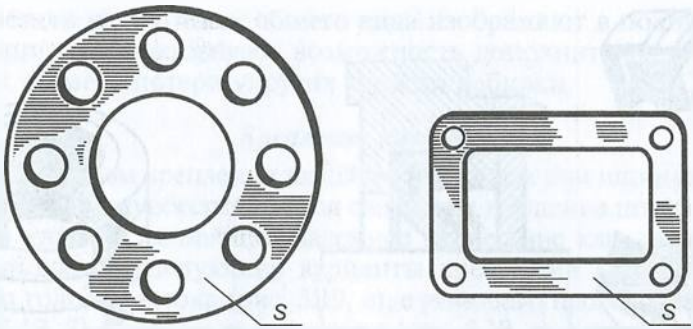


Рис. 5.14

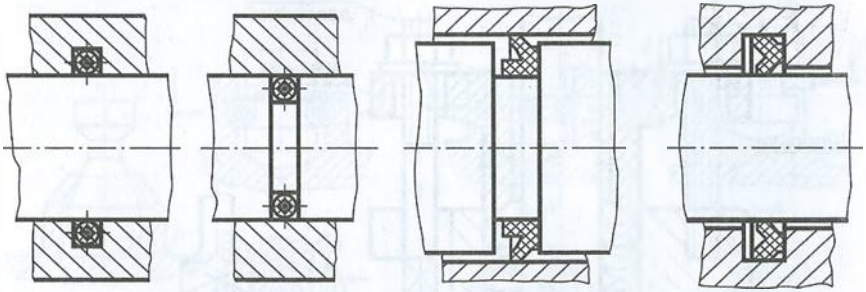


Рис. 5.15

из проточек, тогда, деформируясь в процессе сборки, они будут создавать соответствующее уплотнение. Уплотнительные кольца с различной формой поперечного сечения могут изготавливаться из различных материалов: технического войлока, технической резины, фетра, полимеров и др.

В пневматических и гидравлических системах широко применяются уплотнительные манжеты (рис. 5.16), изготовленные из кожи, маслостойкой технической резины, капрона, винипласта и других материалов, которые часто армируют металлическими кольцами. Используют также комплекты манжет в сочетании с распорным кольцом, которое своим торцом входит внутрь крайней манжеты (рис. 5.17).

Сальниковое уплотнение применяют для медленно или редко перемещающихся друг относительно друга цилиндрических поверхностей деталей арматуры. Такое уплотнение состоит из крышки сальника (нажимной гайки), втулки, набивки и крепежных деталей. Набивку, в качестве которой используют пеньковое или льняное волокно, набор колец из асбеста и другие материалы, закладывают в кольцевое пространство сальниковой камеры и прижимают крышкой сальника (рис. 5.18, *а*), нажимной гайкой через втулку (рис. 5.18, *б*) или резьбовой втулкой (рис. 5.18, *в*).

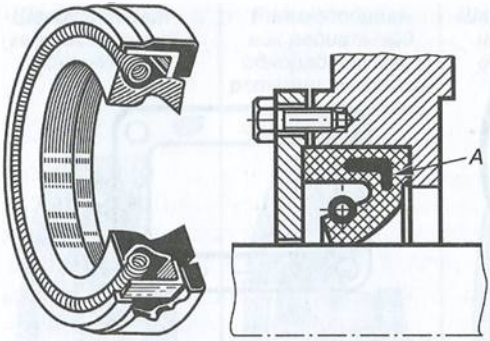
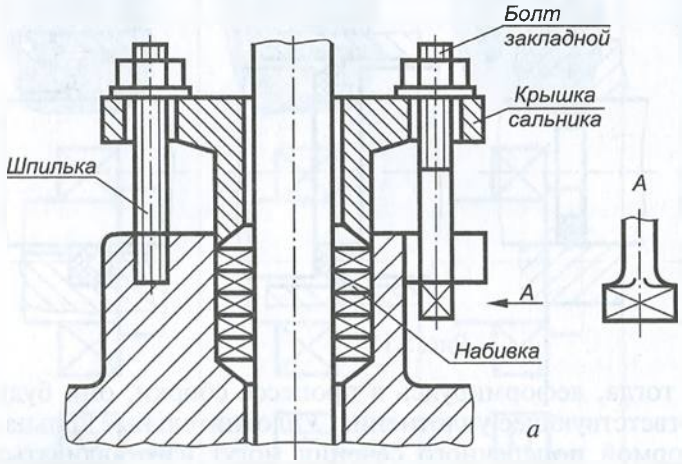


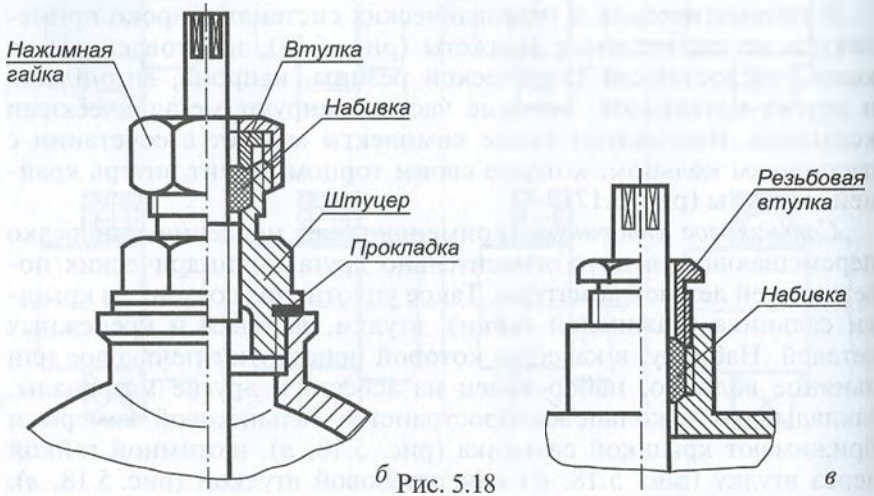
Рис. 5.16



Рис. 5.17



а



б *в*

Рис. 5.18

Эти детали на чертежах общего вида изображают в поднятом положении, т.е. показывают возможность дополнительного уплотнения по мере потери упругих свойств набивки.

Крепление клапанов

При типовом креплении клапанов на штоках или шпинделях должно обязательно обеспечиваться свободное вращение штока относительно клапана, создающее надежное прилегание клапана к гнезду. Используются следующие варианты крепления клапана: обжатие по головке штока (рис. 5.19, *а*), с помощью проволочной скобы (рис. 5.19, *б*), кольцом из проволоки (рис. 5.19, *в*), с помощью прорези в клапане (рис. 5.19, *г*), при помощи нажимной гайки (рис. 5.19, *д*), с помощью шариков (рис. 5.19, *е*) и др.

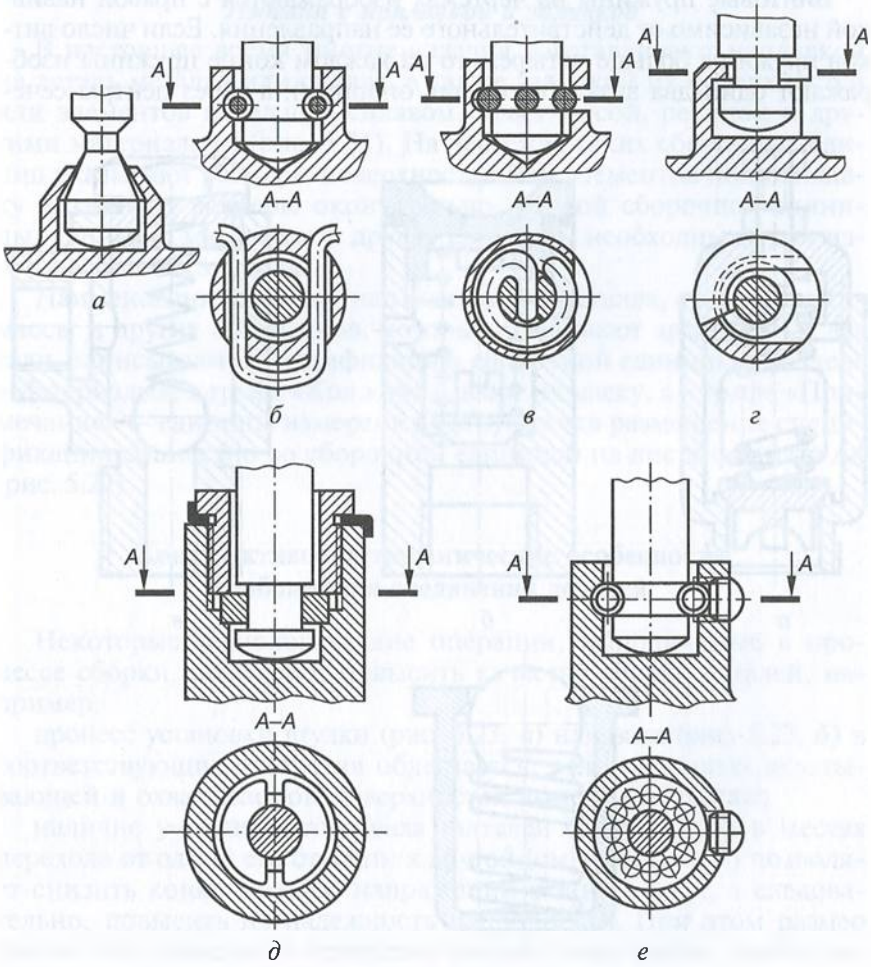


Рис. 5.19

Пружины

Пружины в зависимости от их технологического назначения в процессе сборки предварительно деформируются: сжимаются (пружины сжатия), растягиваются (пружины растяжения), скручиваются (пружины кручения), изгибаются (пружины изгиба). Регулировка этой деформации может осуществляться различными способами, например установочным винтом (рис. 5.20, *а*) или специальной гайкой (рис. 5.20, *б*, *в*).

При выполнении чертежа общего вида детали с пружинами следует учитывать их предварительные деформации, т.е. изображать с измененным шагом витков по сравнению с изображением на рабочем чертеже, где они показываются в свободном (не деформированном) состоянии.

Винтовые пружины на чертежах изображаются с правой навивкой независимо от действительного ее направления. Если число витков пружины больше четырех, то на каждом конце пружины изображают один-два витка (не считая опорных), а через центры сече-

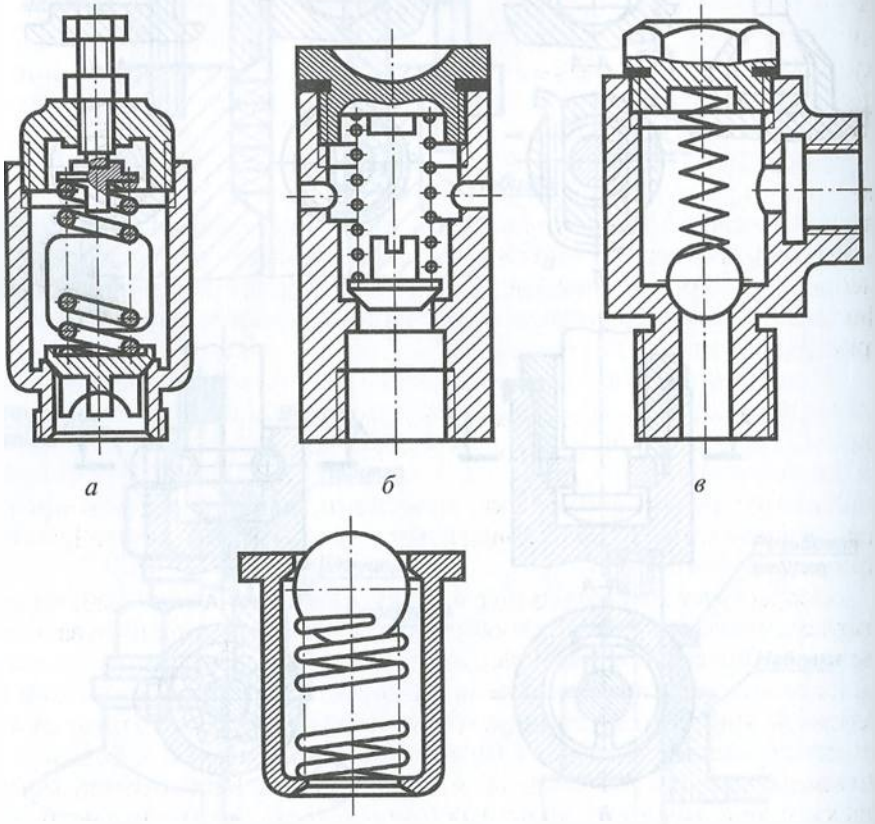


Рис. 5.20

ния витков проводят осевые линии по всей длине пружины (см. рис. 5.20, *а*). Пружины можно изображать нерассеченными (рис. 5.20, *г*), а рассеченные пружины допускается показывать только поперечными сечениями витков (см. рис. 5.20, *б*). В тех случаях, когда сечения витков не превышают 2 м^2, их зачерняют. Витки пружины с круглым сечением или каким-либо другим профилем сечения с площадью менее 2 м^2 допускается показывать наклонными к оси прямыми линиями толщиной 0,6...1,5 мм (см. рис. 5.20, *в*).

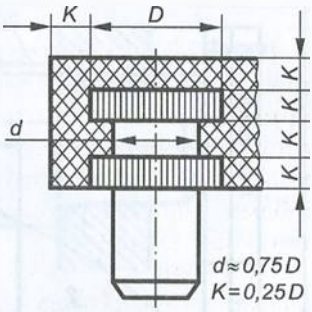


Рис. 5.21

Изделия с наплавкой и заливкой

В настоящее время многие изделия изготавливают наплавкой на деталь металла или сплава, а также заливкой их поверхностей или элементов металлом, сплавом, пластмассой, резиной и другими материалами (рис. 5.21). На чертежах таких сборочных единиц указывают размеры поверхностей или элементов под наплавку и заливку, размеры окончательно готовой сборочной единицы, данные о материале и другие сведения, необходимые для изготовления и контроля.

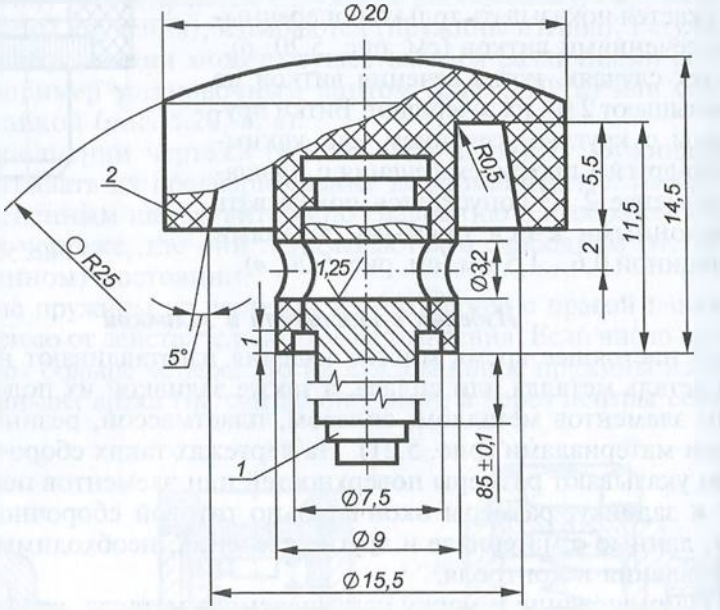
Наименование и марку наплавляемого металла, сплава, пластмассы и других материалов, которыми заливают армируемые детали, записывают в спецификацию сборочной единицы в разделе «Материалы», в графе «Кол.» указывают их массу, а в графе «Примечание» — единицы измерения. Допускается размещение спецификации совместно со сборочной единицей на листе формата А4 (рис. 5.22).

Конструктивно-технологические особенности изображения соединений деталей

Некоторые технологические операции, выполняемые в процессе сборки, позволяют повысить качество сборки деталей, например:

процесс установки втулки (рис. 5.23, *а*) или вала (рис. 5.23, *б*) в соответствующие отверстия облегчается, если на торцах охватывающей и охватываемой поверхностей выполнены фаски;

наличие у ступенчатого вала галтелей (скруглений) в местах перехода от одной его ступени к другой (см. рис. 5.23, *б*) позволяет снизить концентрацию напряжений в этих местах, а следовательно, повысить их надежность и прочность. При этом размер фаски охватывающего отверстия должен быть таким, чтобы поверхность галтели не касалась поверхности фаски;



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Детали		
A4		1		Стержень		
				Материалы		
		2		Фенопласт Э2/К-21-22 ГОСТ 5689–79		

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кнопка	Лит	Масса	Масштаб
	Разраб.							4:1
	Пров.					Лист		Листов
	Т.контр.							
	Н.контр.							
	Утв.							

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Рис. 5.22

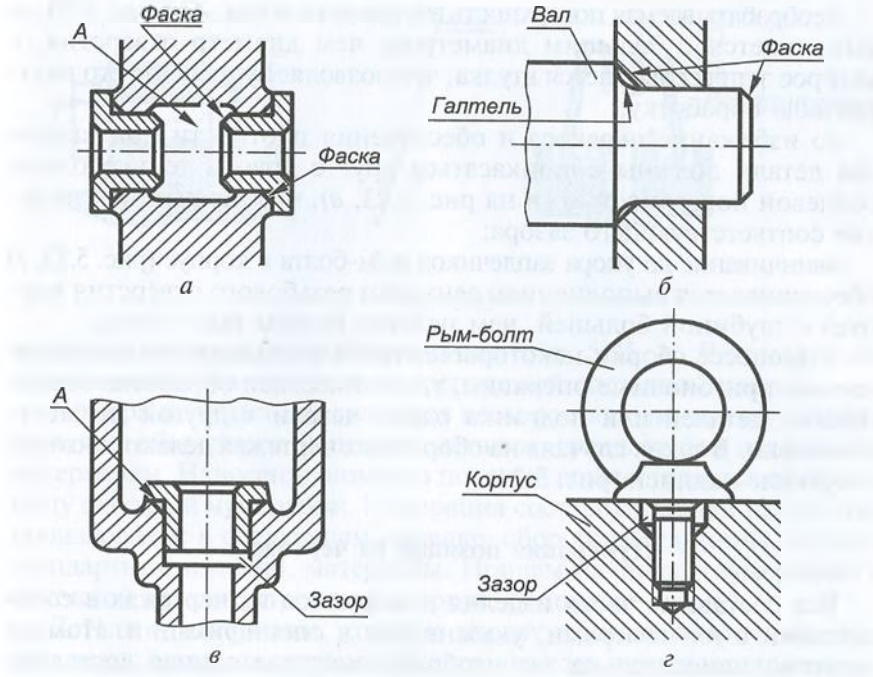


Рис. 5.23

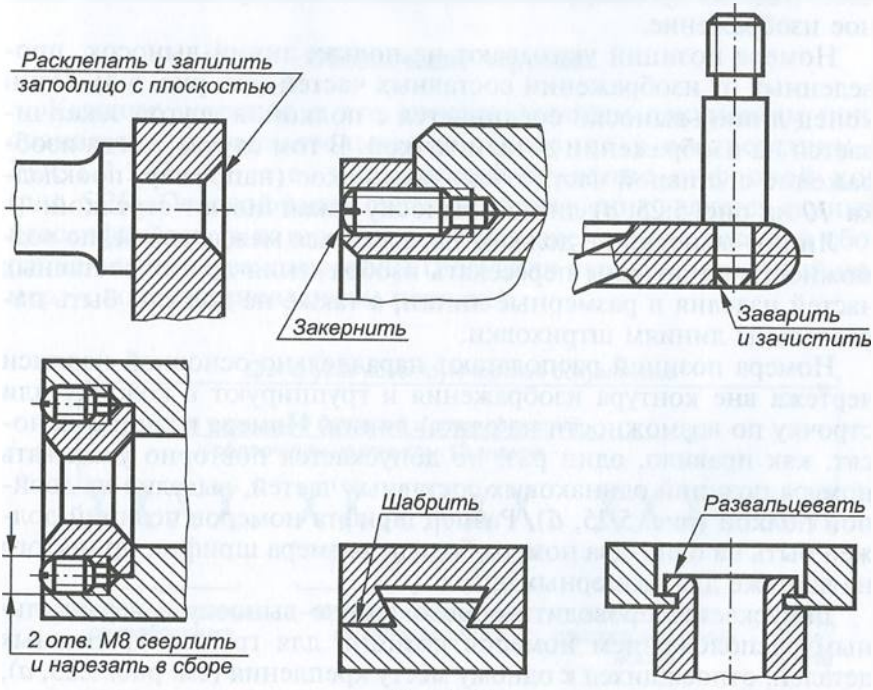


Рис. 5.24

необрабатываемая поверхность внутри детали (см. *А* на рис. 5.23, *а*) выполняется с бóльшим диаметром, чем диаметр отверстия, в которое запрессовывается втулка, что позволяет упростить его внутреннюю обработку;

во избежание перекоса и обеспечения плотности прилегания две детали должны соприкасаться друг с другом только одной торцевой поверхностью (*А* на рис. 5.23, *в*), что гарантирует наличие соответствующего зазора;

ввинчивание до упора заплечиков рым-болта в корпус (рис. 5.23, *г*) обеспечивается выполнением зенковки резьбового отверстия корпуса с глубиной большей, чем недорез резьбы рым-болта;

в процессе сборки некоторых деталей выполняются так называемые пригоночные операции, т.е. совместная обработка соединяемых деталей или подгонка одной детали к другой по месту установки. В таких случаях на сборочных чертежах делают соответствующие надписи (рис. 5.24).

Нумерация позиций на чертежах

Все составные части изделия нумеруются на чертежах в соответствии с их номерами, указанными в спецификации. Номера позиций наносятся на тех изображениях, где данная составная часть изделия проецируется как видимая. Как правило, это основное изображение.

Номера позиций указывают на полках линий-выносок, проведенных от изображений составных частей (см. рис. 5.3). Один конец линии-выноски соединяется с полкой, а другой заканчивается на изображении детали точкой. В том случае, когда изображение составной части очень маленькое (например, прокладка *10* на рис. 5.25, *а*) линию-выноску заканчивают стрелкой.

Линии-выноски не должны пересекаться между собой, по возможности не должны пересекать изображения других составных частей изделия и размерные линии, а также не должны быть параллельны линиям штриховки.

Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии. Номера позиций наносят, как правило, один раз, но допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей, выделив их двойной полкой (рис. 5.25, *б*). Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше размера шрифта, принятого на чертеже для размерных чисел.

Допускается проводить общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы крепежных деталей, относящихся к одному месту крепления (см. рис. 5.25, *а*), и для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью,

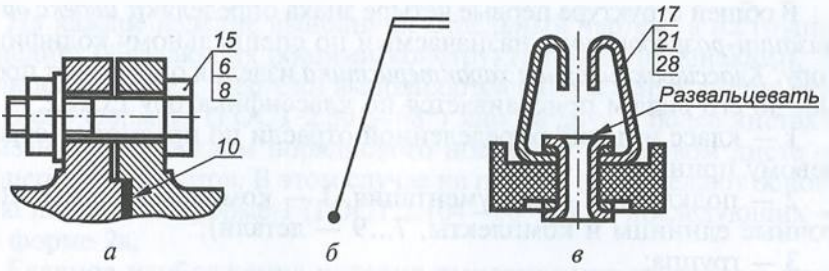


Рис. 5.25

исключающей различное понимание (рис. 5.25, *в*). В этом случае линию-выноску отводят от закрепляемой составной части.

Номера позиций присваивают всем составным частям устройства, т.е. сборочным единицам, деталям, стандартным изделиям и материалам. Нанесение номеров позиций осуществляется по принципу сквозной нумерации. Нумерация составных частей устройства производится в следующем порядке: сборочные единицы, детали, стандартные изделия, материалы. Причем начинают нумерацию с основной детали устройства (корпус, основание и т.д.).

Детали и материалы, которые входят в состав сборочных единиц устройства, на чертеже общего вида не нумеруются, их учитывают в соответствующих спецификациях.

Обозначение чертежа

Каждому изделию и его конструкторским документам присваивается самостоятельное обозначение в соответствии с ГОСТ 2.202—80, т.е. конкретный буквенно-цифровой код (рис. 5.26). Основой такой системы обозначения является единый классификатор, в котором каждое изделие, каждая деталь и сборочная единица закодированы (получили свой единственный номер — код в установленном порядке).

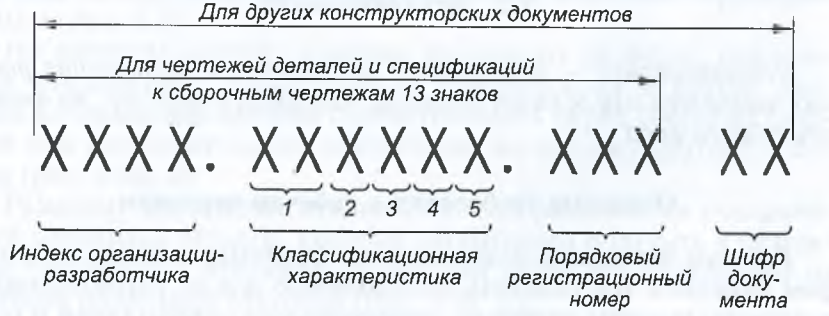


Рис. 5.26

В общей структуре первые четыре знака определяют *индекс организации-разработчика*, назначаемый по специальному кодификатору. *Классификационная характеристика* изделия определяет предмет до его вида и присваивается по классификатору ЕСКД:

1 — класс изделия определенной отрасли по предметно-отраслевому принципу;

2 — подкласс (0 — документация, 1 — комплекс, 2...6 — сборочные единицы и комплекты, 7...9 — детали);

3 — группа;

4 — подгруппа;

5 — вид изделия.

Порядковый регистрационный номер (от 001 до 999) проставляется предприятием-изготовителем для каждого конкретного изделия, модели, типоразмера.

Шифр указывает конструкторские документы (кроме чертежей деталей и спецификаций): СБ — сборочный чертеж, ВО — чертеж общего вида и т.д. Например:

АВГД.061341.021ВО — обозначение чертежа общего вида;

АВГД.061341.021 — обозначение спецификации.

Контрольные вопросы

1. Что в общем случае должен содержать чертеж общего вида и как указываются составные части изделия?
2. Какие размеры указываются на чертеже общего вида?
3. Какие условности и упрощения допускаются на чертеже общего вида?
4. Как указываются изделия, расположенные за винтовой пружиной?
5. Каковы основные требования при нанесении номеров позиций составных частей изделия?
6. Какова общая структура классификатора обозначения чертежа?
7. Как изображаются на чертеже движущиеся детали и контуры пограничных деталей?

5.3. Деталирование

Деталирование — это процесс разработки и выполнения рабочих чертежей или эскизов деталей, входящих в изделие, по чертежу общего вида.

Основные требования к рабочим чертежам

Рабочим чертежом называется изображение детали, на котором нанесены все размеры, необходимые для ее изготовления и контроля, указаны материал, шероховатости поверхностей и приведены технические требования.

На каждое изделие выполняют отдельный чертеж, а на группу изделий, обладающих общими конструктивными признаками, — групповой чертеж. Чертежи выполняются на отдельных листах различного формата (ГОСТ 2.301—68*) или на двух и более листах с указанием на каждом порядкового номера, а на первом листе — общего числа листов. В этом случае на первом листе делают основную надпись по форме 1 (ГОСТ 2.104—68*), а на последующих — по форме 2а.

Главное изображение изделия вычерчивают на первом листе и не подписывают, а на всех последующих листах над видами, разрезами, сечениями делают надписи типа «*Б—Б* лист 1» (ГОСТ 2.316—68*).

Наименование изделия в основной надписи и спецификации указывают в именительном падеже и единственном числе, начиная с существительного, например «Колесо зубчатое», «Планка прижимная» и др.

При разработке рабочих чертежей необходимо стремиться к тому, чтобы при их использовании требовался минимум дополнительных документов и ссылок на другие документы. Не допускается давать ссылки на отдельные пункты стандартов, технологических инструкций, технических условий и на документы, определяющие форму и размеры конструктивных элементов изделий (фасок, проточек, канавок и т.п.). Все эти данные должны быть приведены на чертеже.

В виде исключения допускается давать указания о применении определенных приемов и способов обработки и сборки, если они являются единственными, гарантирующими требуемое качество изделия, например: об одновременном изготовлении смежных и совместно работающих частей изделия посредством механической обработки общей заготовки с последующим разрезом ее на отдельные части; совместных развальцовке и гибке, т.е. выполнении одной детали по другой; совместных термической обработке, притирке или пропитке деталей и др. Во всех этих случаях на чертежах выполняют надписи, подобные приведенным на рис. 5.27.

На рабочем чертеже изделия указывают размеры, предельные отклонения, шероховатости поверхностей и другие данные, которым оно должно соответствовать перед сборкой, сваркой или дополнительной обработкой по чертежу другого изделия (рис. 5.28, *а*).

Размеры, предельные отклонения и шероховатости поверхностей элементов деталей, которые необходимо получить в результате обработки в процессе сборки или после нее, указывают на чертеже сборочной единицы (рис. 5.28, *б*).

Изделие, при изготовлении которого предусматривается припуск на последующую обработку отдельных элементов в процессе

сборки, на рабочем чертеже изображают с теми размерами, предельными отклонениями и другими данными, которым оно должно соответствовать после окончательной обработки. Причем размеры указывают в круглых скобках и в технических требованиях делают соответствующую запись (рис. 5.28, *в*).

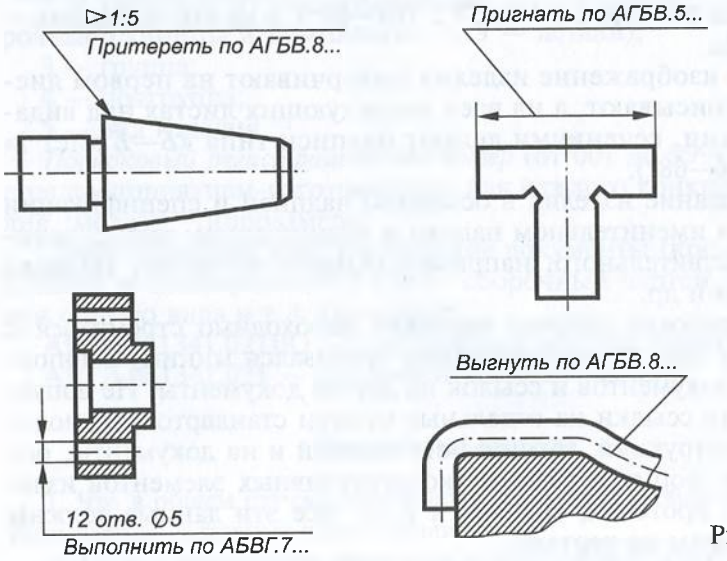


Рис. 5.27

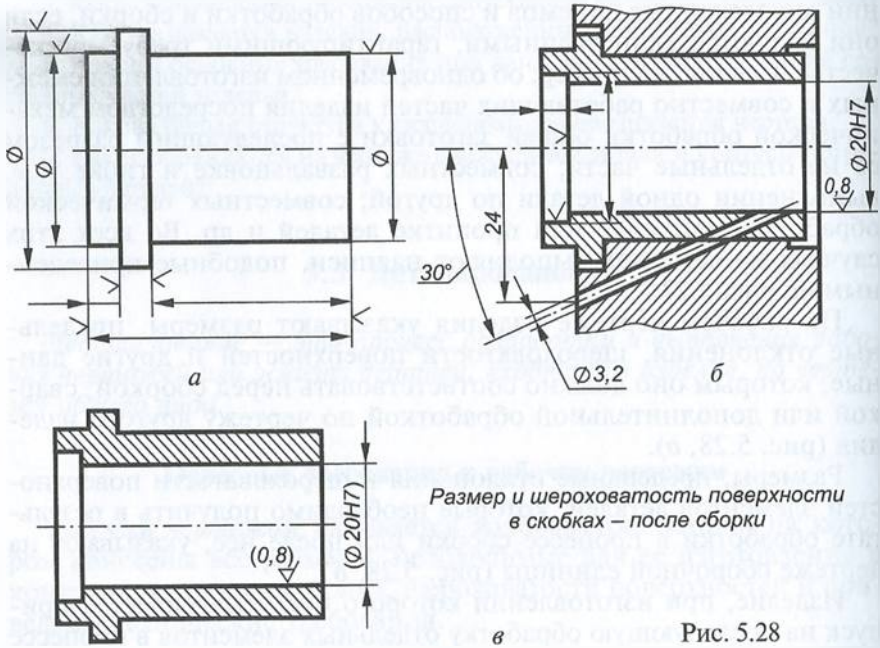


Рис. 5.28

На рабочих чертежах изделий, на которые будет наноситься покрытие, указывают размеры и шероховатость поверхности без покрытия. Допускается также указывать значения этих величин до и после нанесения покрытия. При этом размерные линии и знаки шероховатости поверхностей изделия до покрытия относят к контурной линии детали, а после покрытия — к штрихпунктирной утолщенной линии, обозначающей поверхности, подвергаемые покрытию (рис. 5.29, *а*).

Если требуется указать размеры и шероховатость поверхности только после покрытия, то эти значения помечают звездочкой и в технических требованиях чертежа делают соответствующую запись (рис. 5.29, *б*).

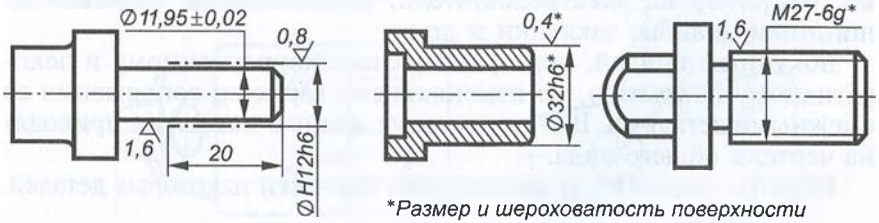
На чертежах деталей указывают необходимые данные, характеризующие свойства материала готовой детали и материала, из которого она изготавливается. Марки материалов обозначают в соответствии со стандартами.

В основной надписи чертежа детали указывают один материал. Если же для ее изготовления предусматривается использование заменителей, то их указывают в технических требованиях чертежа или технических условиях на изделие.

Материалы, применяемые для изготовления изделий и их составных частей, по характеру конструктивных требований подразделяются на материалы, сортамент которых не определяется конструкцией, и материалы, сортамент которых определяется конструкцией.

В первом случае в условном обозначении материала указывают: наименование материала, марку, если она для данного материала установлена, и стандарт или технические условия, например: Сталь 45 ГОСТ 1050—88*. Если в условное обозначение материала входит его сокращенное наименование (Ст, Бр, КЧ, СЧ и др.), то полное наименование (Сталь, Бронза, Ковкий чугун, Серый чугун и др.) не указывают, например пишут: КЧ 30-6 ГОСТ 1215—79.

Если деталь, исходя из конструктивных требований, изготавливается только из сортового материала определенного профиля



а *б*

Рис. 5.29

и размера (листа, проволоки, уголка и т. п.), то кроме его характеристик дополнительно указывают: название сортового материала; размерную характеристику (толщину, диаметр и др.); качественную характеристику (сорт, твердость и др.) и номер стандарта. Например:

$$\text{Полоса } \frac{10\times60 \text{ ГОСТ } 103—76^*}{\text{Ст3 ГОСТ } 535—88^*}$$

это полосовая сталь толщиной 10 мм, шириной 60 мм (ГОСТ 103—76*), марка стали Ст3 (ГОСТ 380—94*), поставляемая в соответствии с требованиями ГОСТ 535—88*.

Общие правила выполнения чертежей

Рабочие чертежи, как правило, разрабатывают на все детали, которые входят в состав изделия. Допускается не делать чертежи:

на детали, изготавливаемые из фасонного или сортового материала отрезкой под прямым углом и из листового материала резкой по окружности или периметру прямоугольника без последующей обработки;

деталей изделий с неразъемными соединениями (сварными, клепаными, паяными и т. п.), если конструкция их настолько проста, что для изготовления достаточно одного изображения на свободном поле чертежа или трех-четырех размеров на чертеже общего вида;

на одну из основных деталей изделия, соединенную с деталью менее сложной и меньших размеров запрессовкой, пайкой, сваркой и т. п. В этом случае все размеры и другие данные, необходимые для изготовления и контроля основной детали, помещают на чертеже общего вида, при этом допускается выпускать рабочие чертежи только на менее сложные детали;

деталей изделий единичного производства, у которых форма и размеры (длина, радиус сгиба и т. п.) устанавливаются по месту. Необходимые данные для их изготовления и контроля указывают на чертеже общего вида и в спецификации;

покупные детали, применяемые без дополнительной обработки, например на электродвигатели, электролампы, шарикоподшипники, шайбы, заклепки и др.;

покупных деталей, подвергаемых антикоррозионному и декоративному покрытию, не изменяющему характер сопряжения со смежными деталями. В этом случае указание о покрытии приводят на чертеже общего вида.

Отметим особенности выполнения чертежей некоторых деталей.

Детали, получаемые гибкой

Если изображение детали, изготовляемой гибкой, не дает представления о действительной форме и размерах отдельных ее

элементов, то на чертеже приводят частичную или полную ее развертку. Выполняют развертку основными линиями, толщина которых равна толщине линий видимого контура детали. На изображении при необходимости наносят линии сгибов штрихпунктирными тонкими линиями с двумя точками, а на полке линии-выноски делают надпись «Линия сгиба». Над изображением развертки помещают соответствующий знак (рис. 5.30) и указывают только те размеры, которые невозможно указать на изображении готовой детали. Если не нарушается ясность чтения чертежа, допускается совмещать изображение части развертки с видом детали. При этом знак развертки не наносят, а развертку изображают штрихпунктирными тонкими линиями с двумя точками (рис. 5.31).

Детали, меняющие первоначальную форму вследствие упругой деформации, в свободном состоянии изображают основными линиями, а после изменения ее первоначальной формы — штрихпунктирными тонкими линиями с двумя точками. Размеры элементов, которые необходимо измерить после изменения первоначальной формы детали, наносят на изображении, выполненном штрихпунктирными тонкими линиями (рис. 5.32).

Деталь, приобретающую в свободном состоянии произвольную, не устанавливаемую чертежом форму, изображают на чертеже в состоянии ее измерения с указанием размеров только для измерения (рис. 5.33). В этом случае в технических требованиях делают запись «Размеры указаны для измерения».

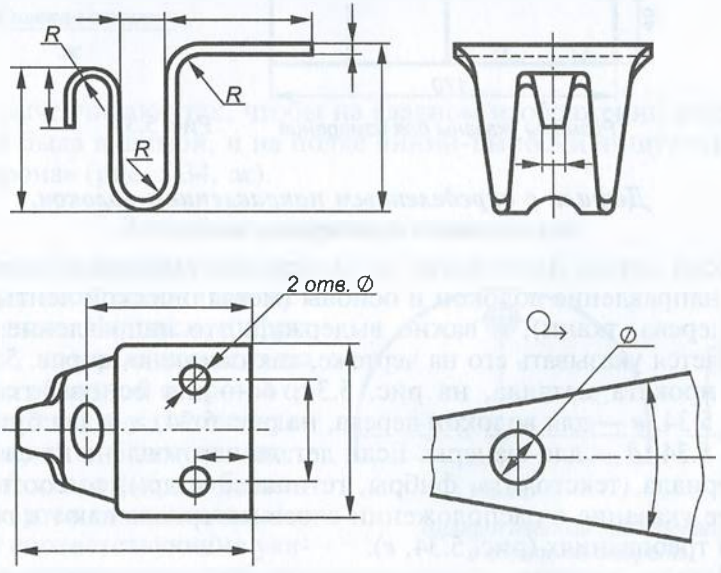


Рис. 5.30

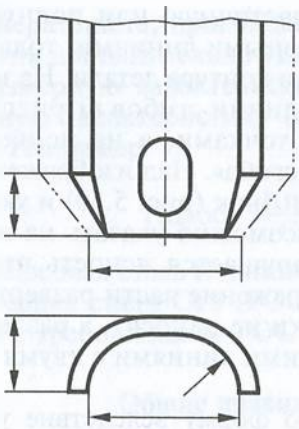


Рис. 5.31

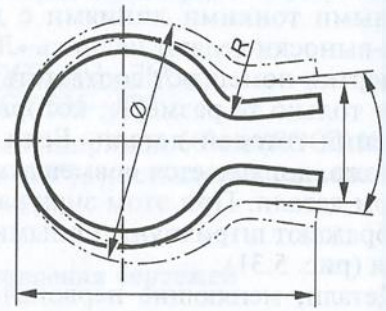
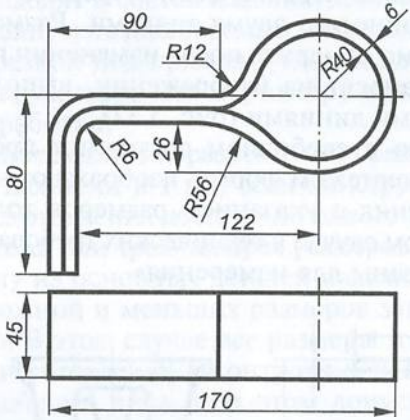


Рис. 5.32



Размеры указаны для измерения

Рис. 5.33

Детали с определенным направлением волокон, слоев и поверхностей

Если деталь изготовлена из материала, имеющего определенное направление волокон и основы (металлической ленты, бумаги, дерева, ткани), и важно выдержать это направление, то допускается указывать его на чертеже, как показано на рис. 5.34, *а* — для проката металла, на рис. 5.34, *б* — для основы ткани, на рис. 5.34, *в* — для волокон дерева, на рис. 5.34, *г* — для бумаги, на рис. 5.34, *д* — для фанеры. Если деталь изготовлена из слоистого материала (текстолита, фибры, гетинакса и др.), то соответствующее указание о расположении слоев материала дают в технических требованиях (рис. 5.34, *е*).

Детали, которые изготавливаются из материала, имеющего лицевую и оборотную стороны (кожа, пленки, рифленые стали

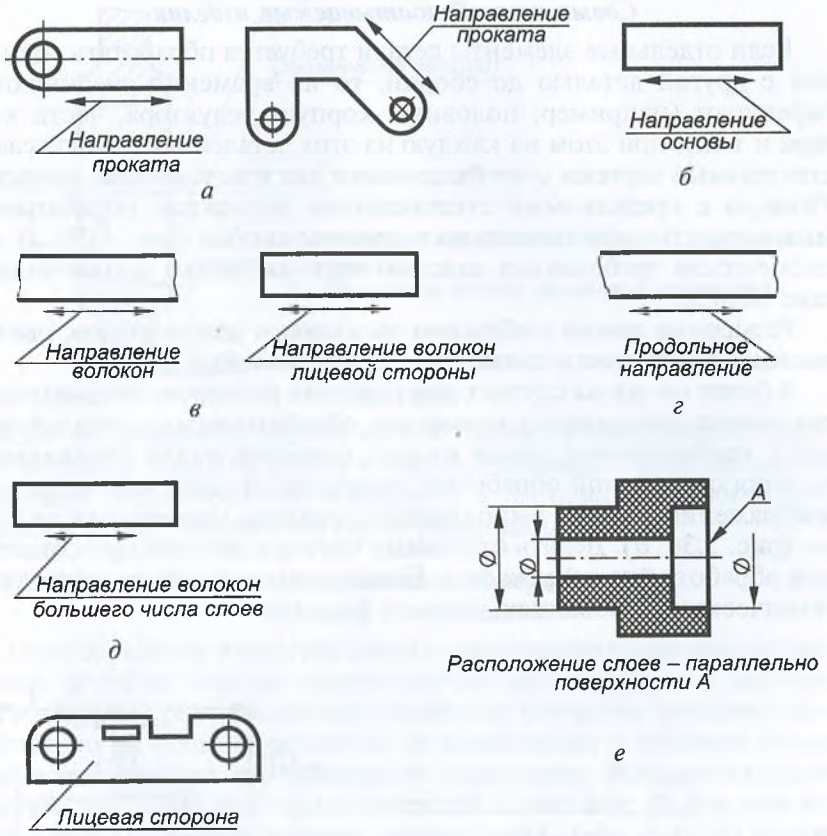


Рис. 5.34

и др.), вычерчивают так, чтобы на главном изображении лицевая сторона была видимой, и на полке линии-выноски пишут «Лицевая сторона» (рис. 5.34, *ж*).

Детали из прозрачных материалов

Детали из прозрачных материалов изображают как непрозрачные. Надписи, цифры и знаки, которые наносят на детали с обратной стороны от наблюдателя, а у готовой детали должны быть видны с лицевой стороны, изображают на чертеже как видимые и делают соответствующие указания в технических требованиях (рис. 5.35).

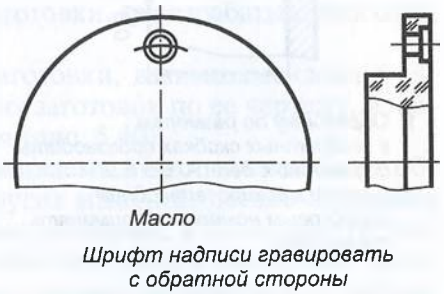


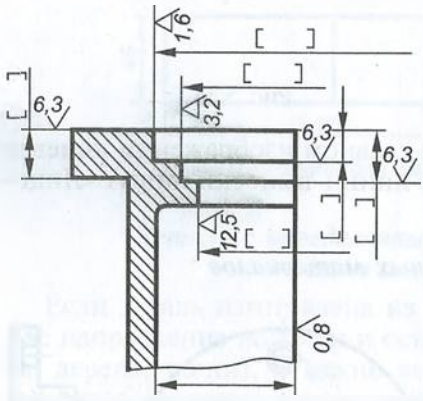
Рис. 5.35

Совместно обрабатываемые изделия

Если отдельные элементы детали требуется обработать совместно с другой деталью до сборки, то их временно соединяют и скрепляют (например, половины корпуса редуктора, части картера и т. п.), при этом на каждую из этих деталей выпускают самостоятельные чертежи с необходимыми для изготовления данными. Размеры с предельными отклонениями элементов, обрабатываемых совместно, заключают в квадратные скобки (рис. 5.36, *а*), а в технических требованиях каждого чертежа делают соответствующие записи.

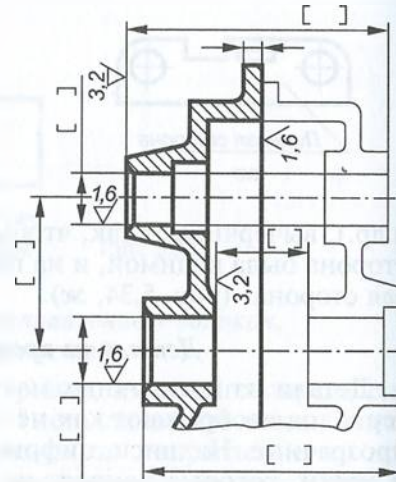
Размерные линии с обрывом выполняют для размеров, связывающих поверхности совместно обрабатываемых деталей.

В более сложных случаях для указания размеров, связывающих различные поверхности совместно обрабатываемых деталей, рядом с изображением одной из них, наиболее полно отражающей условия совместной обработки, помещают полное или частичное изображение другой, выполненное тонкими сплошными линиями (рис. 5.36, *б*). Делать отдельные чертежи деталей при совместной обработке не допускается. Необходимые указания приводят в технических требованиях.



1. *Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет. АГБВ.8...*
2. *Детали маркировать одним порядковым номером и применять совместно.*

а



1. *Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет. АГБВ.6...*
2. *Детали маркировать одним порядковым номером и применять совместно.*

б

Рис. 5.36



Рис. 5.37

Если отдельные элементы детали требуется обработать по другой детали и (или) пригнать к ней, то размеры таких элементов помечают звездочкой или буквами, а в технических требованиях чертежа делают соответствующие указания (рис. 5.37).

Изделия с дополнительной обработкой, доделкой и переделкой

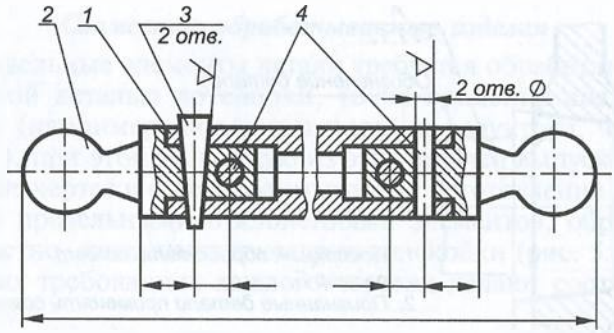
Если обработка отверстий детали под установочные винты, заклепки, штифты должна производиться при сборке ее с другими деталями без предварительной обработки отверстия меньшего диаметра, то на чертеже детали их не изображают и никаких указаний в технических требованиях не помещают. Все необходимые данные для обработки таких отверстий помещают на чертеже изделия (рис. 5.38, *а*), в которое данная деталь (рис. 5.38, *б*) входит составной частью.

На чертеже изделия с коническими штифтами указывают только шероховатость поверхности отверстия и под полкой линии-выноски с номером позиции штифта — число отверстий.

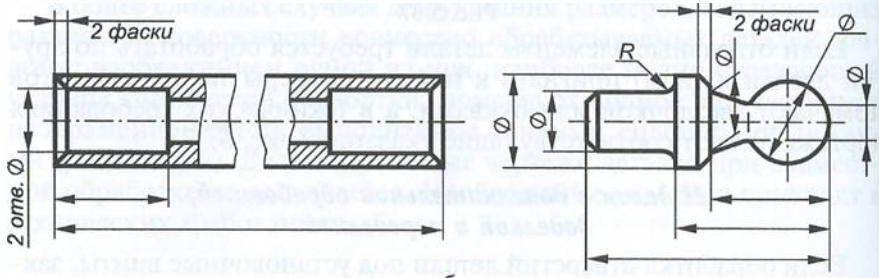
Если для двух и более изделий, полученных разрезкой одной заготовки, предусмотрено их совместное применение и ни одно из них не допускается заменять изделием, изготовленным по данному чертежу разрезкой другой заготовки, то разрабатывается один чертеж (рис. 5.39).

Если деталь, получаемая из заготовки, взаимозаменяема с деталями, изготовленными из других заготовок по ее чертежу, изображение заготовки не приводится (рис. 5.40).

На чертежах деталей, изготавливаемых с дополнительной обработкой или переделкой из других изделий, деталь-заготовку изображают сплошными тонкими линиями, а поверхности, получаемые дополнительной обработкой, вновь вводимые изделия и изделия, устанавливаемые взамен имеющихся,— основными. Детали, снимаемые при переделке изделия, на чертеже не



а



б

Рис. 5.38

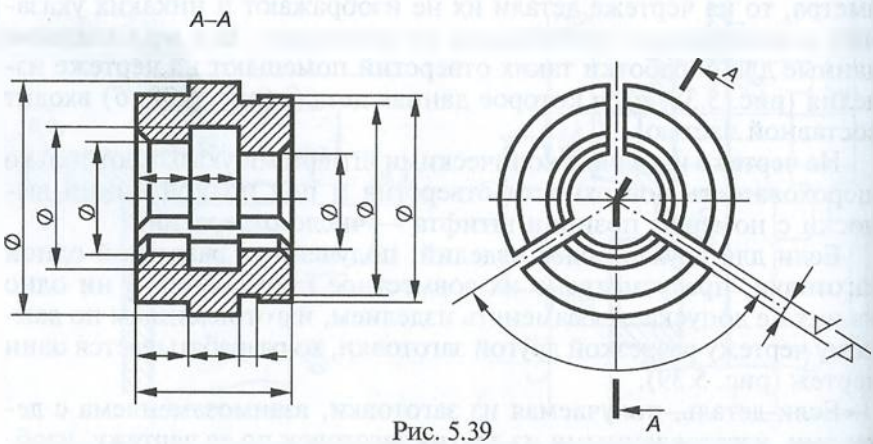


Рис. 5.39

изображаются. Размеры, предельные отклонения и обозначения шероховатостей поверхностей на чертеже наносятся только те, которые необходимы для дополнительной обработки. Допускается наносить справочные, габаритные и присоединительные размеры, а также изображать только часть детали-заготовки, элементы которой должны быть дополнительно обработаны. В качестве примера на рис. 5.41 сплошными тонкими линиями изобра-

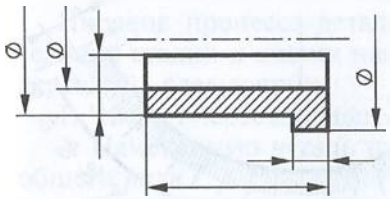


Рис. 5.40

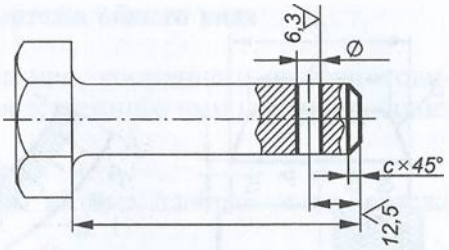


Рис. 5.41

жена деталь-заготовка и основными линиями показаны места, подлежащие дополнительной обработке (отверстие, фаска). На таких чертежах в графе основной надписи, предназначенной для указания материала, пишут «Заготовка» и обозначение детали-заготовки. Деталь-заготовку также заносят в соответствующий раздел спецификации изделия, при этом графу «Поз.» прочеркивают, а в графе «Наименование» после ее наименования в скобках указывают обозначение детали.

Изделия с надписями, знаками, шкалами

На чертежах деталей, имеющих шкалы, надписи или знаки, должны быть приведены все данные, необходимые для их нанесения. Надписи и знаки, наносимые на плоскую поверхность, изображаются на соответствующем виде чертежа полностью независимо от способа их нанесения.

Если надписи и знаки относятся к цилиндрической или конической поверхности, то на чертеже выполняют их изображение в виде развертки (рис. 5.42). Надписи, цифры и другие данные, проецирующиеся на изображение с искажением, допускается выполнять на чертеже без искажения (рис. 5.43). В техниче-

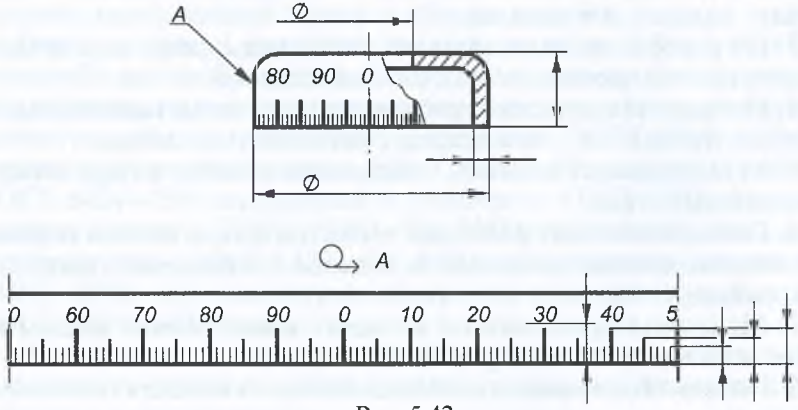
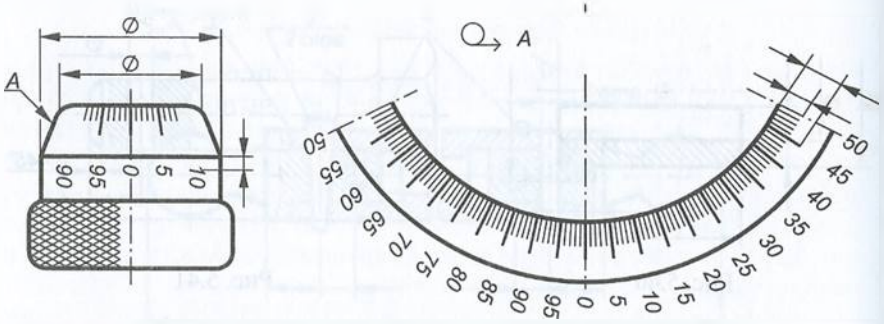


Рис. 5.42



1. Фотохимическое травление:
а) фон лицевой поверхности – черный;
б) надписи, буквы, знаки и площадки – цвета металла.
2. Шрифт по ГОСТ 2930–62.

Рис. 5.43

ских требованиях чертежа указывают: способ нанесения надписей и знаков (гравирование, чеканка, фотографирование и т. п.), покрытие всех поверхностей изделия, покрытие наносимых надписей, номер и тип шрифта.

Чтение чертежа общего вида

В процессе чтения чертежа общего вида необходимо выяснить: назначение изделия и принцип его работы, характер взаимодействия деталей в эксплуатации, способы соединения деталей между собой, геометрическую форму деталей.

Последовательность чтения чертежа общего вида изделия:

1. По основной надписи определяют наименование, примерное назначение изделия и масштаб изображения.

2. По спецификации устанавливают число и название каждой детали, входящей в изделие.

3. По изображениям выясняют, какие виды, разрезы и сечения выполнены на чертеже, и назначение каждого их них.

4. Изучают технические требования и размеры, нанесенные на чертеже (габаритные, монтажные, установочные и др.).

5. Устанавливают способы соединения деталей между собой и их взаимодействие.

6. Последовательно выясняют геометрические формы и размеры каждой детали, входящей в изделие (определяют конструкцию детали).

7. Мысленно представляют внешние и внутренние формы изделия в целом и как оно работает.

8. Определяют порядок разборки и сборки изделия (демонтажа изделия).

Деталирование чертежа общего вида

Порядок процесса деталирования, состоящего из подготовительной стадии и стадии непосредственного выполнения рабочих чертежей, следующий:

1. Читают чертеж общего вида.
2. Намеченную деталь находят на всех изображениях чертежа общего вида.
3. В соответствии с требованиями ГОСТ 2.305—68** выбирают главное изображение детали.
4. Назначают необходимое (минимальное) число изображений, достаточное для получения полного представления о форме и размерах детали. Причем число и содержание изображений могут не совпадать с чертежом общего вида.
5. Выбирают масштаб изображения в соответствии с рекомендациями ГОСТ 2.302—68*.
6. Производят компоновку чертежа на листе выбранного формата.
7. Вычерчивают изображения детали (виды, разрезы, сечения и выносные элементы).
8. Выполняют выносные и размерные линии и проставляют размерные числа.
9. Наносят обозначения шероховатости поверхностей исходя из технологии изготовления детали или ее назначения, а также соответствующие допуски, посадки и пр.
10. Заполняют графы основной надписи.
11. Выполняют текстовую часть на чертеже.

На рабочем чертеже выполняют в соответствии со стандартами те элементы детали, которые или не изображены, или изображены условно (упрощенно) на чертеже общего вида. К таким элементам относятся: литейные и штамповочные скругления и уклоны; проточки и канавки для резьбонарезающего или шлифовального инструмента; внешние и внутренние фаски, облегчающие процесс изготовления детали и сборки изделия, и т.п.

Размеры детали замеряют по чертежу общего вида с учетом масштаба его изображения. Полученные размеры округляют до ближайших стандартных: нормальный ряд линейных размеров и диаметров общего назначения определяет ГОСТ 6636—69*; радиусов скруглений и фасок — ГОСТ 10948—64*; мест «под ключ» — ГОСТ 6424—73*; конусностей и уклонов — ГОСТ 8593—81; шпоночных пазов — ГОСТ 23360—78, 24071—80*, 24068—80*; шлицевых пазов — ГОСТ 1139—80*, 6033—80*; нормальных углов — ГОСТ 8908—81; диаметров отверстий под винты и болты — ГОСТ 11284—75* и т.д.

Шероховатость поверхностей определяют по техническим требованиям и условиям работы детали в изделии. Рекомендуемые значения шероховатости:

свободных поверхностей Rz 320...80;
сопряженных неподвижных поверхностей Rz 40... $Ra = 2{,}5$;
сопряженных трущихся поверхностей $Ra = 2{,}5...0{,}32$.

Для типовых деталей на практике рекомендуются следующие границы пределов шероховатости:

отверстий под болты, винты, шпильки Rz 40... $Ra = 2{,}5$;
привалочных поверхностей, пазов, проточек Rz 80... $Ra = 2{,}5$;
рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес Rz 20...0,63.

Пример чтения и деталирования чертежа общего вида изделия «Пневмоаппарат клапанный»

1. Из основной надписи рис. 5.3 видно, что на чертеже общего вида изображен пневмоаппарат клапанный, который является одним из видов арматуры, служащей для изменения площади прохода движущихся по трубопроводу газа или жидкости и перекрытия трубопроводов.

2. В отверстие $G^1/_2$, находящееся в нижнем боковом приливе корпуса *5*, поступает жидкость. Возможность ее поступления в камеру, с которой соединен второй верхний прилив корпуса, давление и скорость жидкости зависят от положения клапана. Перемещение клапана вдоль оси осуществляется при вращении шпинделя *4* в резьбовой части корпуса *5* (М22×2) с помощью маховичка *9*, укрепленного на шпинделе гайкой *1* с шайбой *2*. Для предотвращения утечки рабочей среды на противоположном цилиндрическом конце корпуса имеется сальниковая камера, куда укладывается уплотнительная набивка *3* (пенька). При навинчивании нажимной гайки *8* втулка *7* сжимает уплотнительную набивку *3*, увеличивая степень уплотнения пары шпиндель — корпус.

Из таблицы составных частей (см. рис. 5.4) видно, что пневмоаппарат состоит из девяти деталей: корпуса, клапана со шпинделем, кольца, втулки, нажимной гайки, маховичка, гайки с шайбой и уплотнителя. Стандартными деталями являются гайка и шайба, стандартным материалом — уплотнитель (шнур пеньковый).

3. Чертеж общего вида пневмоаппарата клапанного (см. рис. 5.3) представлен четырьмя изображениями. Одна часть главного изображения выполнена в виде фронтального разреза плоскостью, проходящей через плоскость симметрии изделия, а вторая — видом. Разрез позволяет выявить внутреннее строение всех деталей пневмоаппарата. На видах сверху и слева не изображены маховичок, гайка и шайба. Отдельным видом (дополнительно) дано изображение маховичка в плане.

4. На чертеже указаны габаритные размеры изделия — 140×55×45 мм; присоединительные размеры — $G^1/_2$ и эксплуатационные размеры — М22×2, М30×1,5.

5. Пневмоаппарат имеет разъемные и неразъемные соединения. Корпус соединен метрической резьбой М30×1,5 с нажимной гай-

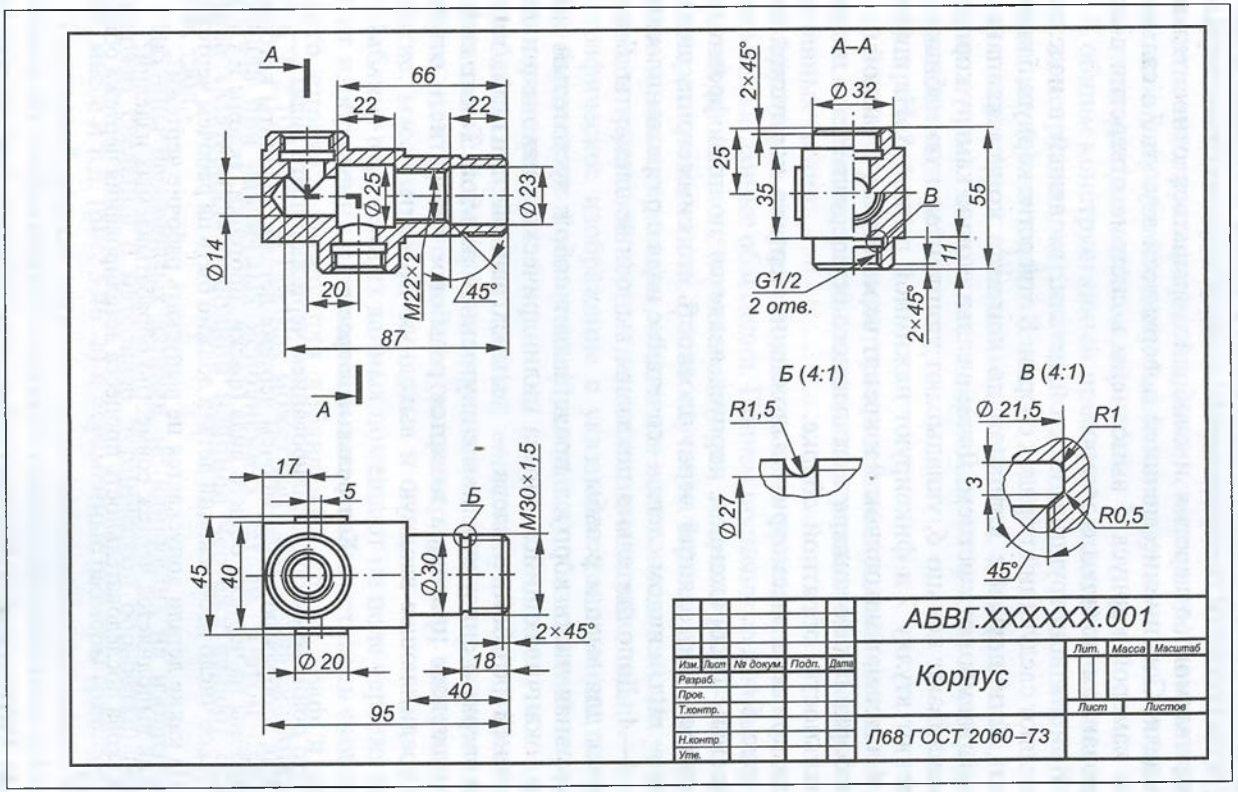

A
66
22
22
Ø25
Ø23
Ø14
20
M22×2
45°
87
A
A–A
2×45°
Ø32
25
35
B
55
11
G1/2
2 отв.
2×45°
Б (4:1)
R1,5
Ø27
В (4:1)
Ø21,5
R1
3
R0,5
45°
17
5
Б
M30×1,5
45
40
Ø30
Ø20
2×45°
18
40
95
АБВГ.XXXXXX.001
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Корпус
Лит.
Масса
Масштаб
Лист
Листов
Л68 ГОСТ 2060–73

Рис. 5.44

кой, метрической резьбой М22×2 со шпинделем и трубной резьбой $G^1/_2$ с трубопроводами, подводящими и отводящими рабочую среду. Конический клапан завальцован в конец шпинделя с зазором, позволяющим центрироваться конусу клапана относительно перекрываемого отверстия и свободно вращаться относительно шпинделя. Соединение внешней поверхности втулки *7* с сальниковой камерой корпуса *5* выполнено в системе отверстия с использованием посадки с зазором.

6. Выявив конструкцию каждой детали, входящей в изделие, определяют следующий порядок сборки. В отверстие корпуса *5* ввинчивают шпиндель *4* с клапаном до контакта конуса клапана с перекрываемым отверстием. Далее в сальниковую камеру корпуса устанавливают кольцо *6*, укладывают уплотнительную набивку *3*, вставляют втулку *7* и фиксируют нажимной гайкой *8*. На шпиндель *4* надевают маховичок *9* и крепят через шайбу *2* гайкой *1*.

Разборка пневмоаппарата клапанного осуществляется в последовательности, обратной сборке.

Для примера рассмотрим выполнение чертежа корпусной детали (рис. 5.44).

Главным изображением корпуса является полный фронтальный разрез, проходящий через плоскость его симметрии, видом сверху — вид, а видом слева — сочетание вида с разрезом плоскостью *А—А*. Дополнительно показаны выносные элементы *Б* и *В* проточек для выхода резьбы.

Основная часть корпуса представляет собой пустотелый цилиндр, оканчивающийся справа цилиндрическим наконечником с внешней резьбой, а слева — четырехгранной призмой, имеющей сверху и снизу приливы с внутренней резьбой. Также внутри пустотелого цилиндра имеются резьбовое отверстие и отверстие, соединяющее входную и выходную полости.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под деталированием чертежа общего вида?
2. Как изображаются на рабочем чертеже детали, элементы которых не выявлены на чертеже общего вида (фаски, проточки, уклоны и т. п.)?
3. Какое число изображений детали должно быть на рабочем чертеже?
4. На какие детали допускается не выпускать рабочие чертежи?
5. Как выполняется чертеж совместно обрабатываемых изделий?
6. Какова последовательность процесса деталирования чертежа общего вида?

5.4. Групповые и базовые конструкторские документы

На несколько деталей, имеющих общие конструктивные признаки, но с некоторыми отличиями друг от друга (в размерах,

материале и т. п.), в целях сокращения чертежно-графических работ рекомендуется составлять один групповой конструкторский документ.

Групповым конструкторским документом (ГОСТ 2.113—75*) *называется конструкторский документ, содержащий данные о двух и более изделиях, обладающих общими конструктивными признаками при некоторых различиях между собой.*

К общим конструктивным признакам изделий относятся единство конструкции и различные данные, не влияющие (а, б) и влияющие (в) на изображение:

а) о параметрах (физико-механических, электрических, оптических и т. п.), материалах, покрытиях, точности, маркировке и предъявляемых требованиях;

б) о размерах;

в) о конфигурации некоторых составных частей или конструктивных элементов, расположении или разном числе одинаковых составных частей.

В групповом документе должны быть приведены постоянные и переменные данные об изделии. Причем постоянные данные для всех изделий вносятся в документ один раз, а переменные — указывают к конкретным изделиям. В этом случае на чертеже изображают одну деталь и наносят размеры, общие для всех исполнений. На рис. 5.45 приведен групповой чертеж детали, включающий в себя:

графическое изображение с указанием конкретных постоянных параметров и условных (буквенных) обозначений переменных параметров;

таблицу переменных данных, содержащую обозначения всех вариантов исполнения и конкретные значения переменных параметров, для каждого из них (например, размер, материал, покрытие, массу и др.).

Таблицу переменных данных помещают на поле чертежа справа от изображения или под ним так, чтобы осталось свободное место справа и внизу для добавления новых граф и строк (ГОСТ 2.105—95). В таблице может быть графа для указания материала при различных исполнениях детали, в этом случае в графе «Материал» основной надписи чертежа делают ссылку «См. табл.».

Таблицы переменных данных, не влияющих на изображение, содержат сведения о материале, термической обработке, покрытии, массе и т. д. (рис. 5.46, *а*) и переменные размеры (рис. 5.46, *б*).

Групповой чертеж детали с различающимися данными, влияющими на изображение, содержит несколько рисунков детали, а таблица включает в себя графы для указания номеров этих рисунков (рис. 5.46, *в*).

Групповому чертежу присваивают основное (базовое) обозначение в обычном порядке, например АВГД.XXXXXX.XXX. Обо-

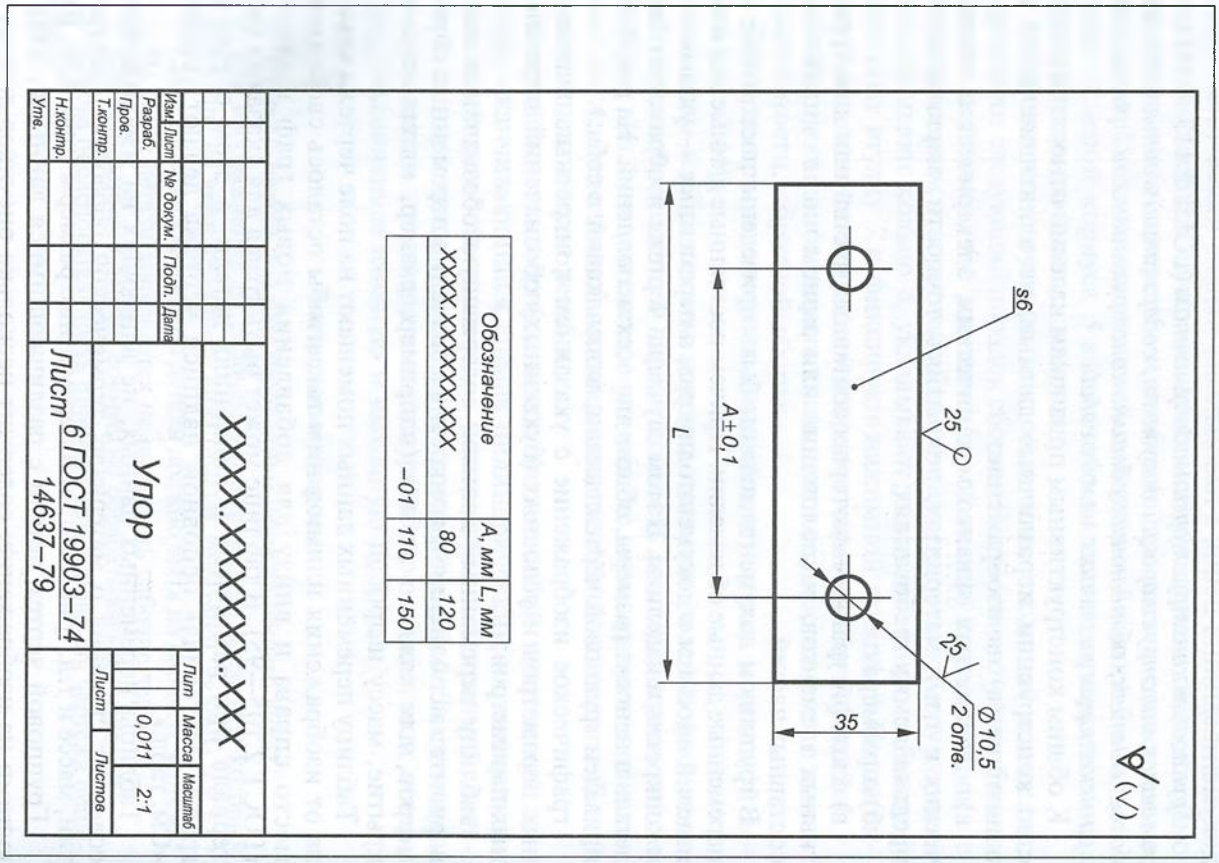


Рис. 5.45

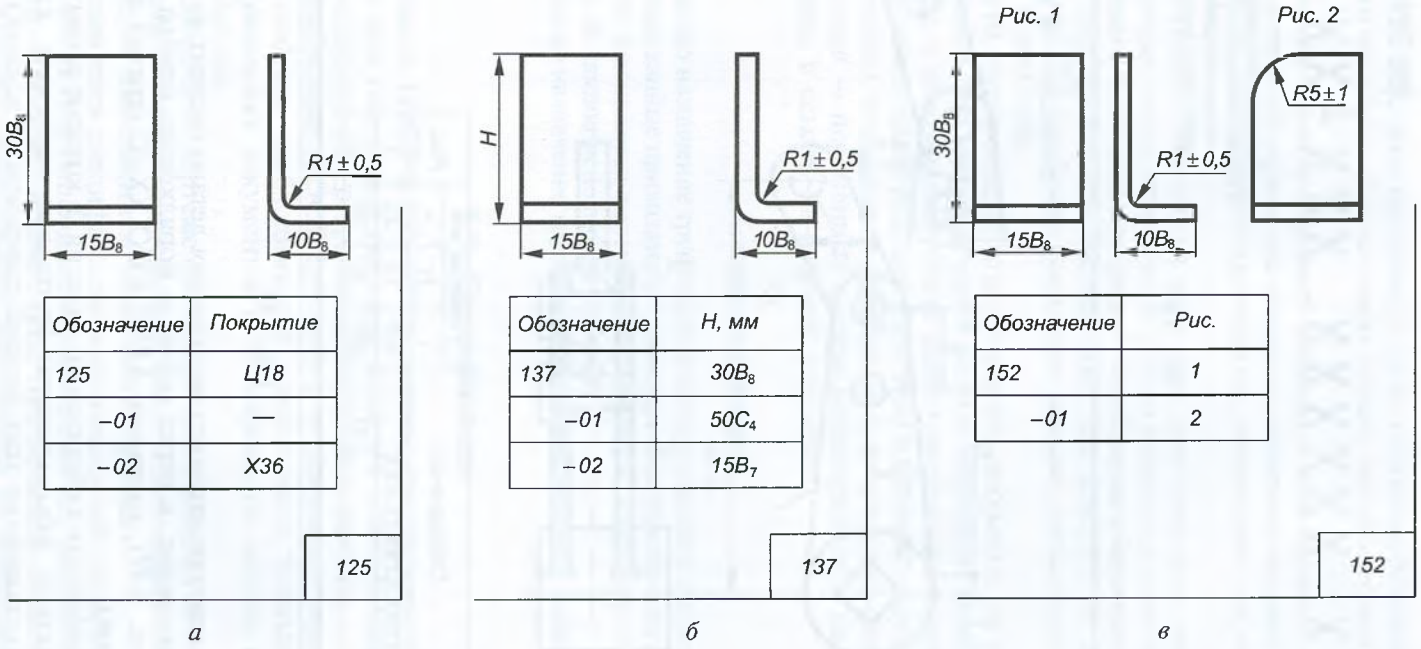
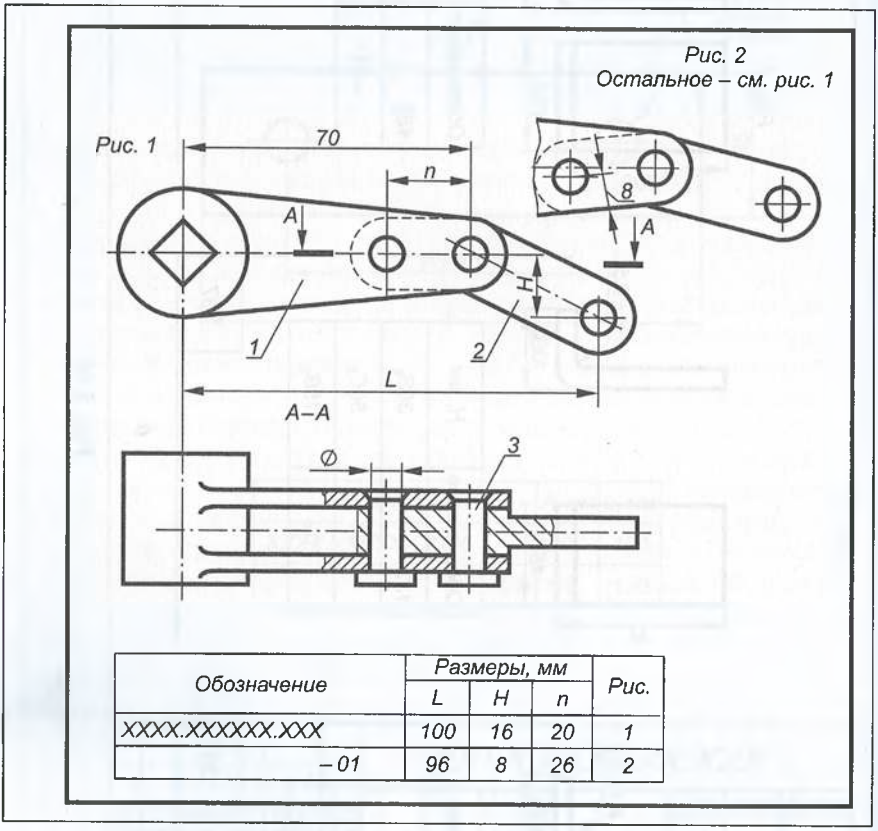


Рис. 5.46



Рис. 5.47



Обозначение	Размеры, мм			Рис.
	L	H	n	
ХХХХ.ХХХХХХ.ХХХ	100	16	20	1
–01	96	8	26	2

Рис. 5.48

значение каждого варианта исполнения детали состоит из основного обозначения, и через дефис — порядкового номера исполнения (рис. 5.47), например АВГД.ХХХХХХ-02 (третий вариант исполнения).

В спецификации сборочного изделия, в которое входят однотипные детали, объединенные групповым чертежом, каждому варианту исполнения этих деталей присваивают полное обозна-

чение, как показано на примере (а не основное базовое, так как оно соответствует обозначению только одного первого исполнения).

Групповой чертеж сборочной единицы — это чертеж, содержащий данные, необходимые для сборки или изготовления ряда однотипных изделий, отличающихся размерами, материалом, покрытием или другими данными.

Однотипные сборочные единицы, изображенные на сборочном чертеже, часто отличаются только взаимным расположением составных частей изделия (рис. 5.48). Каждая сборочная единица имеет самостоятельное обозначение, для каждого из которых в дополнительной таблице указывают данные, необходимые при ее сборке и контроле.

Вместо группового конструкторского документа на несколько исполнений при необходимости можно выполнять один базовый документ и необходимое число самостоятельных документов для каждого исполнения изделия. При этом в базовом документе приводят только постоянные данные, а в документах для каждого исполнения — переменные данные, относящиеся к данному исполнению, и ссылку на базовый документ.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение группового конструкторского документа?
2. Какие данные приводятся в групповом конструкторском документе?
3. Где указываются переменные параметры изделия и обозначение чертежа на каждое исполнение изделия?
4. Каково назначение группового чертежа сборочной единицы?

5.5. Спецификация

Согласно ГОСТ 2.102—68* основным конструкторским документом для сборочной единицы является спецификация, которую составляют при разработке сборочного чертежа.

Спецификация (ГОСТ 2.106—96) — *документ, определяющий состав изделия*, необходима для изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска изделия в производство.

На сборочном чертеже составные части изделия обозначаются номерами позиций из спецификации, т.е. спецификацию заполняют перед выполнением сборочного чертежа.

Составляется спецификация в установленной табличной форме (рис. 5.49) на отдельных листах формата А4 для каждой сборочной единицы, комплекса и комплекта. При большом числе составных частей изделия спецификация заполняется на нескольких листах,

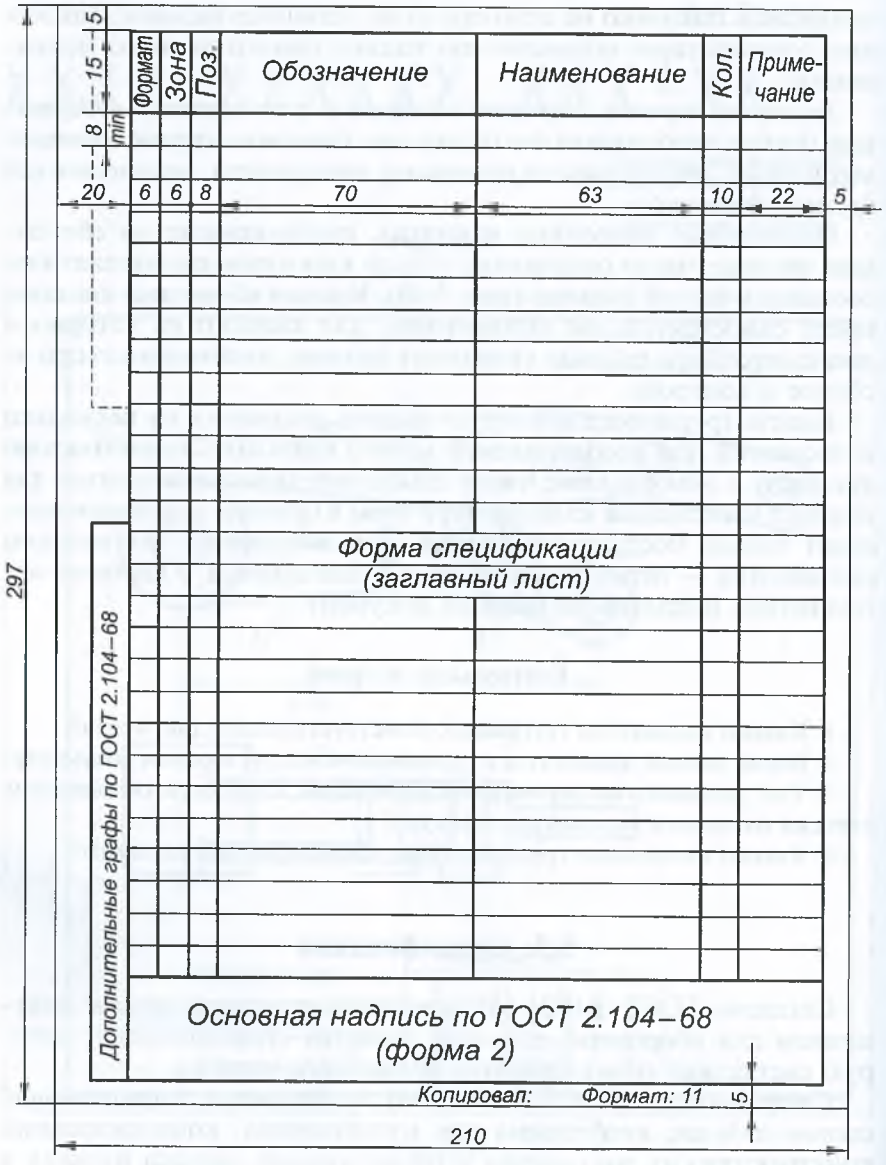


Рис. 5.49

при этом на заглавном листе основная надпись выполняется по форме 2, а на всех последующих — по форме 2а (ГОСТ 2.104—68*).

В общем случае разделы спецификации располагаются в следующем порядке: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты.

Раздел «Документация» включает в себя основной комплект конструкторских документов на разрабатываемое изделие, кроме его спецификации. Последовательность документов устанавливает ГОСТ 2.102—68*, например: сборочный чертеж, монтажный чертеж, схема, пояснительная записка, технические условия и т.д.

В разделах «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» — запись указанных изделий производится в алфавитном порядке по начальным буквам индексов организаций-разработчиков и далее в порядке возрастания цифр, входящих в обозначение.

Раздел «Стандартные изделия» заполняется по различным категориям стандартов: государственные, республиканские, отраслевые, стандарты предприятий. В пределах каждой категории стандартов запись производится по группам изделий, объединенных по функциональному назначению (крепежные изделия, подшипники и т.д.); в пределах каждой группы — в алфавитном порядке по наименованию изделия (болт, винт, гайка, шайба, шпилька и т.д.); в пределах каждого наименования — в порядке возрастания номеров стандартов; в пределах каждого стандарта — в порядке возрастания основных параметров (диаметра, длины и т.д.). Например:

Болт М12×60.58 ГОСТ 7805—70*;
Болт М16×20.88 ГОСТ 7805—70*;
Винт М6×10.34 ГОСТ1476—93;
Гайка М6.5 ГОСТ 5915—70*;
Шпилька 2 М16×1,5×120.109 ГОСТ 22032—76*.

В раздел «Прочие изделия» вносят изделия, применяемые не по основным конструкторским документам, а по техническим условиям, каталогам, прейскурантам и т.п. (за исключением стандартных изделий).

В разделе «Материалы» указывают все материалы, входящие в изделие в виде прутков, проволоки, труб, лент и др. Данные записывают по видам в следующем порядке: металлы черные; металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные; металлы цветные, благородные и редкие; кабели, провода и шнуры; пластмассы и пресс-материалы и т.д.

В пределах каждого вида материалы записывают в алфавитном порядке по наименованиям, а в пределах каждого наименования — в порядке возрастания размеров и других технических параметров.

Раздел «Комплекты» заполняется в следующем порядке: ведомость эксплуатационных документов; комплект монтажных частей; комплект сменных частей; комплект запасных частей и т.д.

Наличие в спецификации тех или иных разделов определяется составом проектируемого изделия. Название каждого раздела указывается в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивается. В конце каждого раздела следует оставлять несколько свободных строчек, чтобы иметь возможность дополнить спецификацию.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А3			АБВГ. ХХХХХХ.000.СБ	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
А4		1	АБВГ. ХХХХХХ.100	Шпиндель в сборе	1	
				Детали		
А3		2	АБВГ. ХХХХХХ.001	Корпус	1	
А4		3	АБВГ. ХХХХХХ.002	Кольцо	1	
А4		4	АБВГ. ХХХХХХ.003	Втулка	1	
А4		5	АБВГ. ХХХХХХ.004	Гайка	1	
А4		6	АБВГ. ХХХХХХ.005	Маховичок	1	
				Стандартные изделия		
		7		Гайка М8.5.019	1	
				ГОСТ 5915–70		
		8		Шайба 8.01.019	1	
				ГОСТ 11371–74		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АБВГ. ХХХХХХ.000			
Разраб.					Пневмоаппарат клапанный	Лит.	Лист 1	Листов 2
Пров.								
Н. контр.								
Утв.								

Рис. 5.50

			Материалы		
	9		*Пенька ПП*		*0,01 кг*
			ГОСТ 9993–74		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	*АБВГ.XXXXXX.000*	Лист 2

Рис. 5.51

При отсутствии какого-либо раздела его заголовок в спецификации не пишут.

В основной надписи спецификации буквы СБ в конце обозначения сборочной единицы не пишут.

Графы спецификации заполняются следующим образом.

В графе «Формат» проставляют обозначение формата, на котором выполнен данный чертеж. Для деталей, на которые не выполнены чертежи, пишут БЧ (без чертежа), при этом в графе «Наименование» указывают их наименование и материал, а также размеры, необходимые для изготовления, например:

$$\text{Полка. Уголок } \frac{15\times15\times2 \text{ ГОСТ } 8509—72}{\text{Ст3 ГОСТ } 535—88^*} \cdot L = 30.$$

В графе «Зона» указывают зону чертежа, в которой находится данная составная часть (ГОСТ 2.104—68*).

В графе «Поз.» указывают порядковый номер составных частей, входящих в изделие. Для разделов «Документация» и «Комплекты» графу не заполняют.

В графе «Обозначение» проставляют обозначение документа на изделие (сборочную единицу, деталь) в соответствии с ГОСТ 2.201—80.

В графе «Наименование» пишут:

в разделе «Документация» — название документа (например, «Сборочный чертеж»);

в разделах «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Комплекты» — наименования изделий в соответствии с основной надписью на их конструкторских документах (например, корпус, клапан и т.д.);

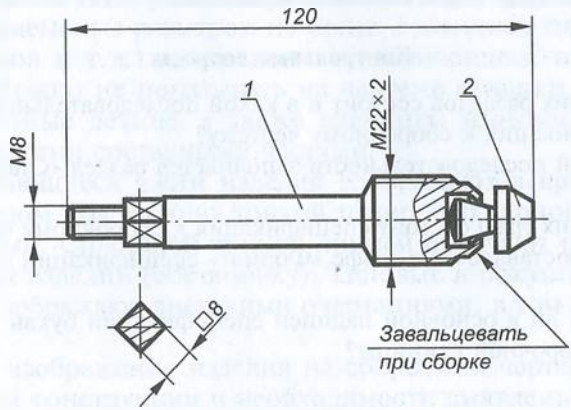
в разделе «Стандартные изделия» — наименование и обозначение изделий в соответствии со стандартами на них (например, Гайка М12.5.019 ГОСТ 5915—70).

В графе «Кол.» указывают число составных частей, входящих в одно изделие, а для раздела «Материалы» — количество материала, требуемое для изготовления одного изделия, с указанием единицы измерения.

В графе «Примечание» указывают различные дополнительные сведения, относящиеся к изделиям, документам и материалам, внесенным в спецификацию.

Более подробные сведения о заполнении спецификации приведены в ГОСТ 2.106—96 и 2.105—95.

Спецификация пневмоаппарата клапанного, приведенная на рис. 5.50, 5.51, содержит раздел «Сборочные единицы», в который внесена сборочная единица «Шпиндель в сборе» с обозначением АВГД.ХХХХХХ.100. Это означает, что на шпиндель в сборе выполнены отдельная спецификация и самостоятельный чертеж сборочной единицы (рис. 5.52). Так как этот чертеж сборочной единицы



Технические требования

1. Шпиндель завальцевать, обеспечив свободное вращение клапана относительно шпинделя.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Детали		
А4		1	АБВГ.ХХХХХХ.101	Шпиндель	1	
А4		2	АБВГ.ХХХХХХ.102	Клапан	1	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АБВГ.ХХХХХХ.100		
Разраб.					Шпиндель в сборе	Лит	Масса	Масштаб
Пров.								
Т.контр.						Лист	Листов	
Н.контр.								
Утв.								

Рис. 5.52

выполнен на листе формата А4, то согласно ГОСТ 2.108—68* спецификация может быть помещена вместе со сборочным чертежом, при этом шифр «СБ» в обозначении сборочного чертежа не проставляется. Рисунок поясняет, что шпиндель в сборе состоит из двух частей: шпинделя и клапана, причем клапан завальцован в шпиндель, т. е. они образуют неразъемное соединение.

Контрольные вопросы

1. Из каких разделов состоит и в какой последовательности заполняется спецификация к сборочному чертежу?
2. В какой последовательности заполняется раздел «Стандартные изделия»?
3. Из каких граф состоит спецификация к сборочному чертежу?
4. Что проставляется в графе «Формат» спецификации к сборочному чертежу?
5. Пишут ли в основной надписи спецификации буквы «СБ» в обозначении сборочной единицы?

5.6. Сборочный чертеж

Сборочный чертеж входит в комплект рабочей документации и предназначен непосредственно для производства. По нему выполняют сборочные операции (соединяют детали в сборочные единицы) и проводят контроль изделия.

В соответствии с ГОСТ 2.109—73* сборочный чертеж должен содержать:

изображение сборочной единицы, дающее полное представление о расположении и взаимосвязи составных частей, входящих в сборку, и обеспечивающее возможность осуществления ее сборки и контроля;

при необходимости на поле чертежа допускается дополнительно размещать схематические изображения соединений и расположения составных частей изделия;

контролируемые и другие требующиеся для сборки размеры, параметры и требования; габаритные размеры, определяющие предельные внешние и внутренние очертания изделия; установочные размеры, по которым изделие устанавливается на месте монтажа; присоединительные размеры, по которым изделие присоединяется к другим изделиям, и необходимые справочные размеры;

сведения о характере сопряжения разъемных частей изделия, а также указания о способе выполнения неразъемных соединений (сварка, развальцовка и т. п.);

номера позиций деталей, входящих в изделие;

при необходимости техническую характеристику изделия (над основной надписью чертежа);

спецификацию (ГОСТ 2.106—96), в которую согласно номерам позиций заносят составные части изделия и разрабатываемые к нему конструктивные документы.

Сборочный чертеж выполняется с упрощениями, установленными стандартами ЕСКД. Допускается не показывать на чертеже мелкие элементы типа фасок, скруглений и т. п. При необходимости мелкие элементы размером не более 2 мм (типа пластин, отверстий, пазов и т.д.) изображают с увеличением, отступая от масштаба. Можно не показывать на чертеже крышки, кожухи и другие защитные детали, а также элементы изделия, частично закрытые другими составными частями.

Перемещающиеся части изделия изображают в крайнем или промежуточном положениях тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками. Сплошной тонкой линией отмечают расположение соседних изделий (обстановку). Типовые и покупные составные части изображают внешними очертаниями, в том числе и на разрезах.

Полнота изображения изделия на сборочном чертеже зависит от сложности конструкции и необходимости выявления формы и взаимного расположения деталей. Число изображений должно быть минимальным, но достаточным для полного представления об устройстве изделия и рациональной организации его производства (сборки и контроля). Разрезы на сборочном чертеже должны помогать выявлению характера соединения, особенностей сборки и общей конструкции отдельных деталей.

Рекомендуемая последовательность чтения сборочного чертежа:

1. Установить, используя описание изделия, назначение и принцип его работы.

2. Выявить, какие изображения представлены на чертеже, прочитать технические требования и другие надписи.

3. Прочитать спецификацию, одновременно отыскивая на чертеже все изображения указанных в ней деталей, определяя их форму, размеры и число.

4. Уточнить геометрические формы деталей, используя проекционную связь на разных изображениях.

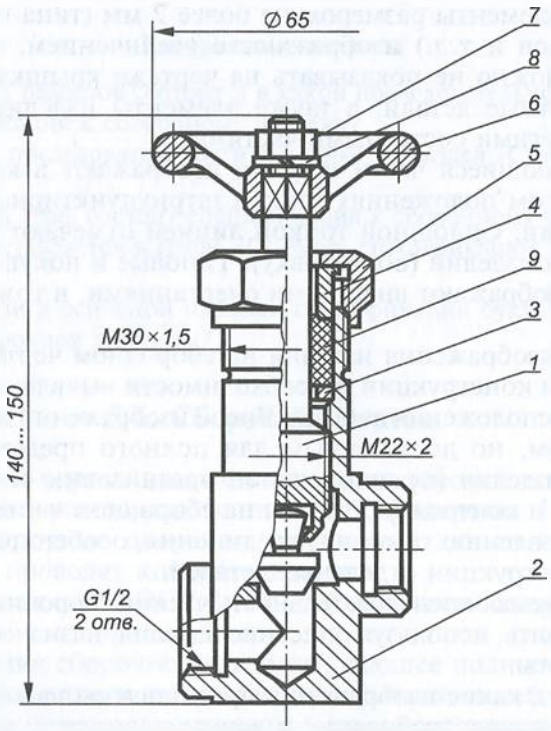
5. Уточнить способы соединения отдельных сопряженных деталей (резьба, сварка, пайка, развальцовка и т.д.).

6. Прочитать указанные размеры, предельные отклонения, посадки.

7. Уточнить технические требования, которым должно удовлетворять собранное изделие, и как эти технические требования выполнить.

8. Установить порядок разборки и сборки составных частей и изделия в целом.

Пример выполнения сборочного чертежа пневмоаппарата клапанного приведен на рис. 5.53.



Технические требования

1. Гайку поз. 5 завернуть, обеспечив герметичность соединения.

					АБВГ.XXXXXX.000.СБ		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пневмоаппарат клапанный	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.								1:1
Пров.						Лист	Листов	
Т.контр.								
Н.контр								
Утв.								

Рис. 5.53

Контрольные вопросы

1. Какие чертежи называются сборочными?
2. Что должен содержать сборочный чертеж?
3. Какие упрощения допускаются на сборочном чертеже?
4. Какое число изображений должен содержать сборочный чертеж?
5. Какова последовательность чтения сборочного чертежа?
6. Каковы основные требования при нанесении номеров позиций деталей на сборочном чертеже?

Глава 6
СХЕМЫ

6.1. Определения. Термины. Виды и типы схем. Правила выполнения схем

Схемой называется конструкторский документ (чертеж), на котором в виде условных изображений показаны составные части изделия, их взаимное расположение и связи между ними.

При составлении схем используются следующие термины:

элемент — составная часть схемы, выполняющая определенную функцию в изделии, которая не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (например, конденсатор, зубчатое колесо, насос, резистор);

устройство — совокупность элементов, представляющих собой одну конструкцию (например, печатная плата, шкаф, храповой механизм, соединительная муфта), которая может не иметь в изделии определенного функционального назначения;

функциональная группа — совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в одну конструкцию (например, канал звука, видеоканал);

функциональная часть — элемент, устройство или функциональная группа, выполняющие определенную функцию;

функциональная цепь — линия, канал, тракт определенного назначения;

линия взаимосвязи — линия на схеме, показывающая связь между функциональными частями изделия.

ГОСТ 2.701—84 устанавливает виды и типы схем, их обозначение и общие требования к выполнению. В зависимости от вида и связей элементов, входящих в состав изделия, различают следующие основные виды схем, обозначаемые прописной буквой: *кинематические* (К), *гидравлические* (Г), *пневматические* (П), *электрические* (Э) и др.

В зависимости от основного назначения различают следующие типы схем, обозначаемые цифрами:

структурные (1), поясняющие взаимосвязь основных частей изделия и их назначение;

функциональные (2), поясняющие процессы, протекающие в изделии или в части изделия;

принципиальные (3), отражающие полный состав элементов изделия и связей между ними и дающие детальное представление о принципе его работы;

схемы соединений — монтажные (4), определяющие провода, кабели, трубопроводы, которыми осуществляется соединение составных частей изделия, а также места их присоединения и ввода (разъемы, платы, зажимы и т. п.);

схемы подключения (5), устанавливающие внешнее подключение изделия;

общие схемы (6), определяющие составные части комплекса и соединение их между собой на месте эксплуатации;

схемы расположения (7), устанавливающие относительное расположение составных частей изделия.

Схемы выполняются на листах стандартного формата с основной надписью для чертежей и схем.

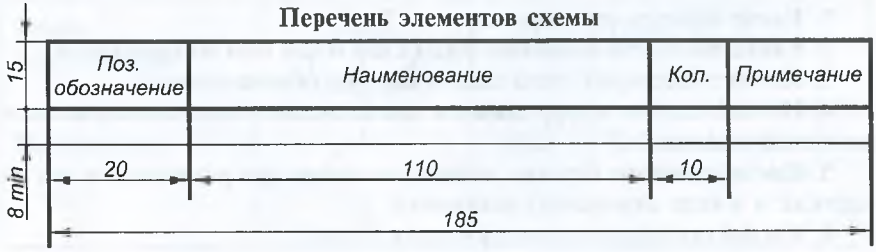
Обозначается схема в соответствии с тем изделием, работа которого на ней отражена. После этого обозначения записывается шифр схемы, состоящий из буквы, определяющей ее вид, и цифры, обозначающей ее тип. Например, схема гидравлическая принципиальная — Г3, схема электрическая монтажная — Э4. При этом в основной надписи чертежа после наименования изделия шрифтом меньшего размера вписывают наименование схемы (например, «Схема электрическая принципиальная»).

Чертеж схемы выполняют без соблюдения масштаба. Действительное пространственное расположение составных частей изделия либо вообще не учитывают, либо учитывают приблизительно. Линии связи, состоящие из горизонтальных или вертикальных отрезков, должны иметь минимальное число изломов и пересечений. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм. При выполнении схем используют условные графические обозначения элементов и устройств, установленные ЕСКД.

Перечень элементов (табл. 6.1) помещают на первом листе схемы или выполняют в виде отдельного документа.

Таблица 6.1

Перечень элементов схемы



Графы таблицы заполняют следующим образом:

«Поз. обозначение» — позиционное обозначение элементов устройств, функциональных групп на схеме (буквенно-цифровое или цифровое);

«Наименование» — наименование элемента и обозначение документа, на основании которого он применен;

«Примечание» — технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании;

«Кол.» — число одинаковых элементов.

Таблица располагается над основной надписью чертежа на расстоянии не менее 12 мм от нее. Элементы в таблицу записывают группами в алфавитном порядке или в порядке возрастания цифровых обозначений в графе «Поз. обозначение», а в группах — по возрастанию номеров.

Если таблица перечня не помещается над основной надписью, то оставшаяся ее часть размещается слева от нее, при этом названия граф повторяются.

Перечень элементов в виде отдельного документа выполняют на формате А4 также в форме табл. 6.1 с основной надписью, используемой для текстовых документов. Его код включает в себя букву П и код соответствующей схемы (например, код перечня документов к электрической принципиальной схеме — ПЭ3), при этом в основной надписи после наименования изделия указывают наименование документа (Перечень элементов).

Перечень элементов в спецификацию вносят после схемы, к которой он выпущен.

Порядок чтения схем сводится к следующему:

определение типа и вида схемы, а также наименования изделия, к которому она относится по основной надписи чертежа;

ознакомление с элементами схемы по их графическим обозначениям;

уточнение наименований элементов и ознакомление с их техническими данными по приведенному перечню элементов схемы;

уяснение работы всего изделия на основании назначения его элементов и связей между ними.

Контрольные вопросы

1. Какие чертежи называют схемами?
2. Какие вы знаете основные виды схем и как они обозначаются?
3. Какие существуют типы схем и как они обозначаются?
4. Из чего состоит шифр схемы и как записывают ее наименование в основной надписи?
5. Как оформляют перечнь элементов схемы при размещении его на чертеже и в виде отдельного документа?
6. Какова последовательность чтения схемы?

6.2. Гидравлические и пневматические схемы

ГОСТ 2.704—76* устанавливает правила выполнения трех типов гидравлических и пневматических схем: структурных, принципиальных и соединений. Рассмотрим правила выполнения принципиальных схем.

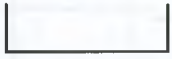
На принципиальной схеме все элементы, необходимые для работы изделия, выполняют в виде условных графических изображений в соответствии с ГОСТ 2.780—96, 2.781—96, 2.782—96, 2.784—96, 2.785—70, 2.791— 74. Некоторые из них приведены в табл. 6.2.

Размеры графических обозначений в стандарте не оговариваются. Элементы и устройства, как правило, изображаются в исходном положении (например, пружина предварительно сжатой, обратный клапан закрытым и т.п.).

Каждый элемент или устройство, изображенные на принципиальной схеме, кроме буквенного обозначения, состоящего из буквенного обозначения элемента (см. табл. 6.2), должны иметь

Таблица 6.2

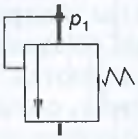
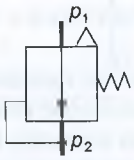
Буквенные и графические позиционные обозначения некоторых гидравлических и пневматических элементов

Наименование	Условное графическое обозначение	Буквенное обозначение	Назначение
Устройство (общее обозначение)	—	А	—
Гидробак под атмосферным давлением		Б	Размещение запаса жидкости, питающей гидросистему
Насос постоянной производительности (общее обозначение)		Н	Подача жидкости из бака в гидросистему
Насос шестеренный		Н	То же
Компрессор		КМ	Подача воздуха в пневмосистему

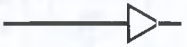
Продолжение табл. 6.2

Наименование	Условное графическое обозначение	Буквенное обозначение	Назначение
Гидромотор (общее обозначение)		М	Преобразование энергии сжатой жидкости в механическую энергию
Пневмомотор (общее обозначение)		М	Преобразование энергии сжатого воздуха в механическую энергию
Цилиндр (общее обозначение)		Ц	Преобразование энергии сжатых воздуха или жидкости в механическую энергию
Аккумулятор пневматический (ресивер, баллон)		АК	Накопление сжатого воздуха для выравнивания расхода и давления в пневмосети
Аккумулятор гидравлический		АК	То же, в гидросети
Фильтр для жидкости или воздуха		Ф	Очистка жидкостей или воздуха от примесей
Влаго- или маслоотделитель с ручным спуском конденсата		ВД	Очистка сжатого воздуха от паров воды или масла
Фильтр-влагоотделитель с ручным спуском конденсата		Ф	То же
Заборник воздуха из атмосферы		З	—

Продолжение табл. 6.2

Наименование	Условное графическое обозначение	Буквенное обозначение	Назначение
Регулирующий орган (клапан): нормально закрытый нормально открытый		К К	Регулирование расхода жидкости (воздуха) в системе
Клапан предохранительный с собственным управлением		КП	Ограничение максимального давления в гидро- и пневмосистеме
Регулятор давления пневматический		КД	Поддержание постоянного давления P_2 независимо от давления P_1 (при $P_1 > P_2$)
Клапан обратный		КО	Пропускание потока жидкости (воздуха) только в одном направлении
Линии связи: а) всасывания, напора, слива; б) управления; в) дренажные — отвод утечек		— — —	Примечание: линии «а» должны быть в три раза толще линий «б» и «в»
Соединение линий связи		—	—
Линии связи без соединения		—	—
Подвод жидкости		—	—

Окончание табл. 6.2

Наименование	Условное графическое обозначение	Буквенное обозначение	Назначение
Слив жидкости		—	—
Подвод воздуха под давлением		—	—
Выпуск воздуха в атмосферу		—	—

порядковый номер (арабские цифры), присваиваемый, начиная с единицы, в пределах одной группы (например, Ф1, Ф2).

Буквы и цифры в позиционных обозначениях должны быть одного размера. Если на схеме имеются нестандартные элементы, им присваивают обозначения, составленные из начальных или характерных букв, с соответствующими пояснениями на поле чертежа схемы. Допустимо также цифровое обозначение элементов и устройств.

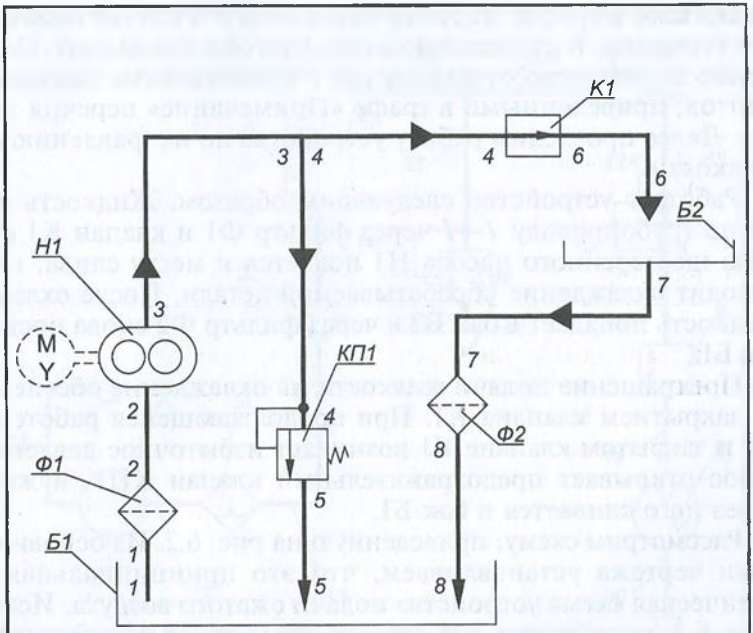
Порядковые номера обозначениям присваивают по направлению потока рабочей среды. Позиционное обозначение наносят на схеме рядом с графическим (справа или над ним). Данные об элементах записывают в таблицу перечня элементов.

Линии связи (трубопроводы) на схеме обозначают арабскими цифрами в порядке по направлению потока рабочей среды (начиная с единицы), проставляемыми около концов их изображений.

При использовании цифровой нумерации элементов и трубопроводов сначала нумеруют по порядку, начиная с единицы, элементы и устройства по направлению потока рабочей среды (номера проставляют на полках линий-выносок), а затем линии связи (трубопроводы), присваивая им номера далее по порядку. Трубопроводы нумеруют в направлении потока рабочей среды, проставляя номера на выносных линиях без полок.

Чтение схем. Рассмотрим для примера схему, показанную на рис. 6.1. Из основной надписи чертежа устанавливаем, что это принципиальная гидравлическая схема устройства подачи эмульсии (шифр в графе номера чертежа Г3).

На основании графических изображений элементов схемы (см. табл. 6.2) определяем, что в состав устройства входят два гидробака Б1 и Б2, шестеренный насос Н1, два фильтра Ф1 и Ф2, предохранительный гидроклапан КП1 и регулирующий клапан К1. Между собой элементы соединены линиями связи (тру-



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Б1, Б2	Гидробаки	2	
К1	Гидроклапан	1	
КП1	Гидроклапан предохранительный	1	
Н1	Насос шестеренный	1	
Ф1, Ф2	Фильтры	2	
1...8	Линии связи	8	

					XXXX.XXXXXX.ГЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Устройство подачи эмульсии. Схема гидравлическая принципиальная	Лит	Масса / Масштаб
Проект.							
Консульт.						Лист	Листов
Чертил							
Принял							

Рис. 6.1

бопроводами) *1—1... 8—8*. Направление потока жидкости показано зачерненными треугольниками. Эти данные сопоставляем с данными в графах перечня элементов и в случае необходимости уточняем. В приведенном примере они совпадают. Одновременно необходимо ознакомиться с техническими данными элементов, приведенными в графе «Примечание» перечня элементов. Далее проследим работу устройства по направлению потока жидкости.

Работает устройство следующим образом. Жидкость из бака Б1 по трубопроводу *1—1* через фильтр Ф1 и клапан К1 с помощью шестеренного насоса Н1 подается к месту слива, где происходит охлаждение обрабатываемой детали. После охлаждения жидкость попадает в бак Б2 и через фильтр Ф2 снова поступает в бак Б1.

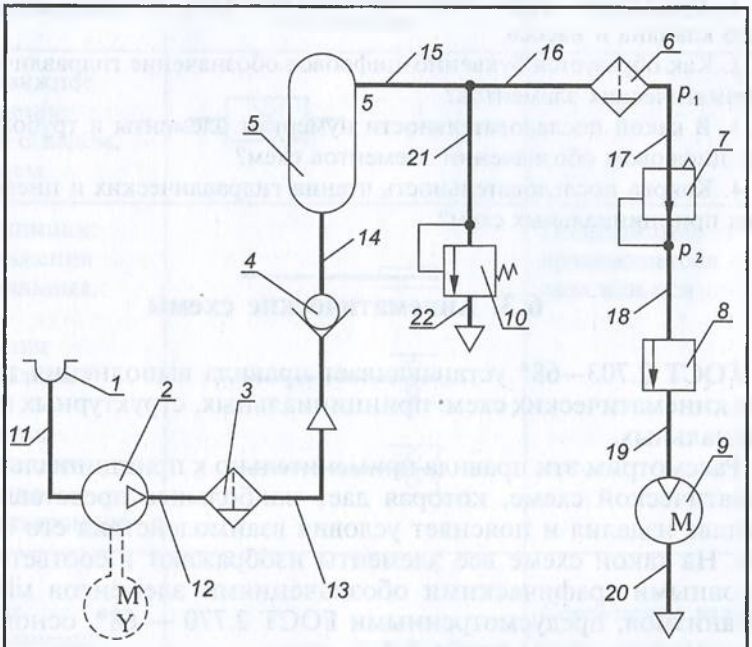
Прекращение подачи жидкости на охлаждение обеспечивается закрытием клапана К1. При продолжающейся работе насоса Н1 и закрытом клапане К1 возникает избыточное давление, которое открывает предохранительный клапан КП1, и жидкость через него сливается в бак Б1.

Рассмотрим схему, приведенную на рис. 6.2. Из основной надписи чертежа устанавливаем, что это принципиальная пневматическая схема устройства подачи сжатого воздуха. Используя табл. 6.2, определяем, что устройство состоит из заборника воздуха *1*, компрессора *2*, фильтра *3*, обратного клапана *4*, ресивера *5*, фильтра *6*, регулирующего пневмоклапана *7*, пневмоклапана *8*, пневмомотора *9*, предохранительного пневмоклапана *10* и трубопроводов *11... 22*. Данные таблицы перечня элементов подтверждают это. Направления потоков воздуха в трубопроводах указаны светлыми треугольниками. Далее проследим работу устройства.

Атмосферный воздух через заборник воздуха *1* попадает в компрессор *2*. Сжатый воздух из компрессора через фильтр-влагоотделитель *3* и обратный клапан *4* поступает в ресивер *5*, где создается его запас с относительно высоким давлением. Через фильтр-влагоотделитель *6* сжатый воздух под давлением p_1 поступает в регулирующий клапан *7*, понижающий давление до постоянного p_2, при котором работает пневмомотор *9*. При открывании пневмоклапана *8* сжатый воздух под давлением p_2 подается к пневмомотору, который приводит в действие пневматический инструмент.

При подъеме давления воздуха в ресивере выше допустимого срабатывает предохранительный клапан *10* и выпускает часть воздуха в атмосферу. Давление в ресивере понижается до допустимого значения.

Обратный клапан *4* предотвращает вытекание воздуха из ресивера при неработающем компрессоре *2*.



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	Заборник воздуха	1	
2	Компрессор	1	
3	Фильтр	1	
4	Клапан обратный	1	
5	Ресивер	1	
6	Фильтр	1	
7	Пневмоклапан регулирующий	1	
8	Пневмоклапан	1	
9	Пневмомотор	1	
10	Пневмоклапан предохранительный	1	
11...22	Линии связи	12	

					XXXX.XXXXXX.ПЗ	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Устройство подачи сжатого воздуха. Схема пневматическая принципиальная	Лит / Масса / Масштаб
Проект.						
Консульт.						Лист / Листов
Чертил						
Принял						

Рис. 6.2

Контрольные вопросы

1. Выполните графическое обозначение бака, фильтра, регулирующего клапана и насоса.
2. Как образуется буквенно-цифровое обозначение гидравлических и пневматических элементов?
3. В какой последовательности нумеруют элементы и трубопроводы при цифровом обозначении элементов схем?
4. Какова последовательность чтения гидравлических и пневматических принципиальных схем?

6.3. Кинематические схемы

ГОСТ 2.703—68* устанавливает правила выполнения трех типов кинематических схем: принципиальных, структурных и функциональных.

Рассмотрим эти правила применительно к принципиальной кинематической схеме, которая дает наибольшее представление о составе изделия и поясняет условия взаимодействия его элементов. На такой схеме все элементы изображают в соответствии с условными графическими обозначениями элементов машин и механизмов, предусмотренными ГОСТ 2.770 — 68*, основные из которых приведены в табл. 6.3.

Размеры обозначений в стандарте не оговариваются, но соотношение размеров обозначений должно примерно соответствовать соотношению размеров этих элементов в натуре.

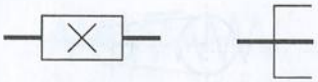
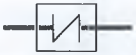
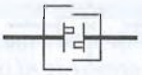
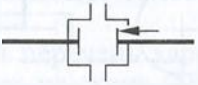
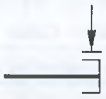
Валы, оси, стержни, шатуны, кривошипы изображают на кинематических схемах основными линиями толщиной *s*, контур из-

Таблица 6.3

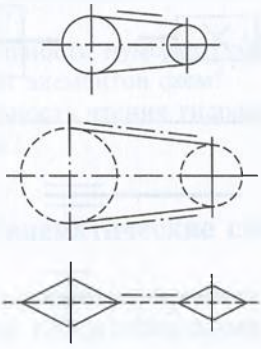
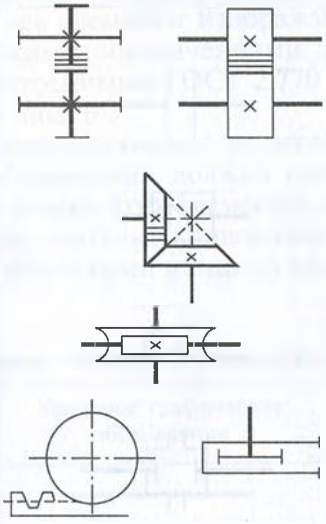
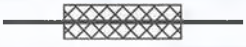
Условные графические обозначения кинематических элементов

Наименование	Условное графическое обозначение	Назначение
Вал, валик, ось, шатун и т.п.		Поддержание вращающихся деталей, зубчатых колес, шкивов и передача крутящего момента
Неподвижное звено (стойка)		Указание неподвижности звена

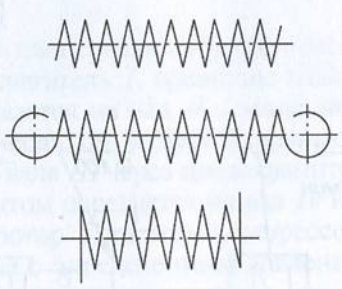
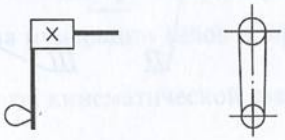
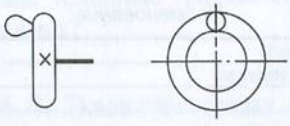
Продолжение табл. 6.3

Наименование	Условное графическое обозначение	Назначение
Неподвижное соединение детали с валом, стержнем		—
Подшипники: скольжения радиальные		Поддержание вращающегося вала или оси
качения радиальные		
качения радиально-упорные односторонние		
Муфты: общее обозначение (без уточнения типа)		Соединение валов
упругая		Эластичное соединение валов при помощи упругих элементов
зубчатая		Соединение и разъединение валов
предохранительная с неразрушаемым элементом		Соединение и разъединение валов и предохранение их от перегрузок
Тормоз. Общее обозначение		Снижение скорости вращения или прекращение вращения

Продолжение табл. 6.3

Наименование	Условное графическое обозначение	Назначение
Передачи: плоским ремнем цепью без уточнения типа цепи		Передача вращения от одного вала к другому при значительном расстоянии между ними
Передачи зубчатые: цилиндрические с внешним зацеплением и прямым зубом конические с прямым зубом червячные с цилиндрическим червяком реечные		Передача вращения от одного вала к другому: при параллельных осях валов при пересекающихся осях валов при скрещивающихся осях валов Преобразование вращательного движения в поступательное и наоборот
Передвижные упоры		Ограничение перемещения
Гибкий вал		Передача вращающего момента

Окончание табл. 6.3

Наименование	Условное графическое обозначение	Назначение
Пружины: цилиндрические сжатия цилиндрические растяжения цилиндрические, работающие на кручение		Создание усилия, действующего на какую-либо деталь
Рукоятка		Сообщение вращения валу или винту вручную
Маховичок		

делия, в который вписана схема, — сплошными тонкими линиями толщиной $s/3$, а остальные элементы — линиями толщиной $s/2$ (зубчатые колеса, червяки, звездочки, шкивы, кулачки и др.).

Каждому кинематическому элементу схемы, как правило, присваивают порядковый номер, начиная от источника движения (рис. 6.3). *Валы нумеруют римскими цифрами, все остальные элементы — арабскими.* Порядковые номера указывают на полке линии-выноски. Под полкой указывают основные характеристики и параметры этих элементов.

Приведем примерный перечень характеристик и параметров, которые следует указывать на схеме (ГОСТ 2.703—68*):

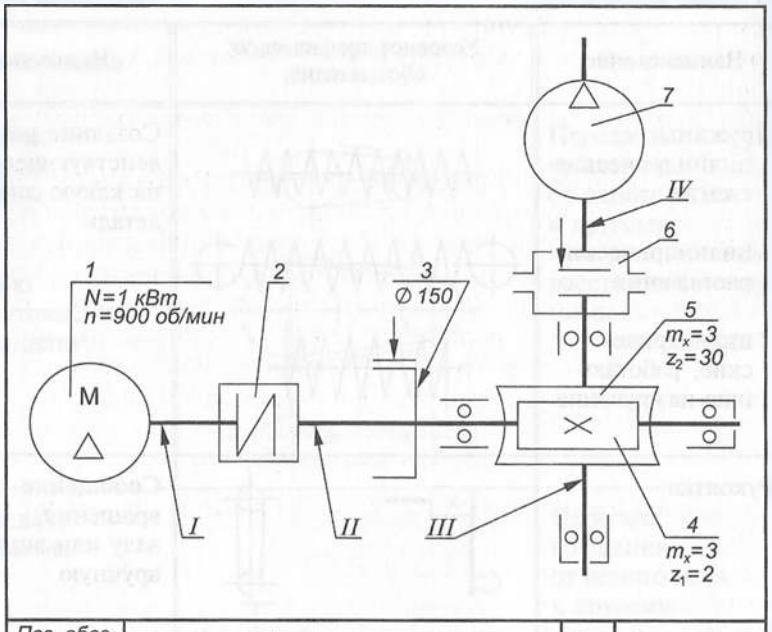
а) источник движения — наименование, тип, характеристика (мощность, число оборотов);

б) шкив ременной передачи — диаметр шкива;

в) зубчатое колесо — число зубьев, модуль, а для косозубых колес также направление и угол наклона зубьев;

г) зубчатая рейка — модуль, а для косозубых реек также направление и угол наклона зубьев;

д) червяк — модуль осевой, число заходов, тип (если он не Архимедов), направление витка и диаметр червяка;



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	Двигатель	1	
2	Муфта упругая	1	
3	Тормоз	1	
4	Червяк	1	
5	Колесо червячное	1	
6	Муфта предохранительная	1	
7	Компрессор	1	
I...IV	Валы	4	

					XXXX.XXXXXX.K3		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Привод компрессора. Схема кинематическая принципиальная	Лит	Масса	Масштаб
Проект.								
Консульт.						Лист	Листов	
Чертил								
Принял								

Рис. 6.3

е) ходовой винт — ход винтовой линии, число заходов, надпись *LH* (для левых резьб).

Чтение схемы. Рассмотрим для примера принципиальную кинематическую схему привода компрессора, приведенную на рис. 6.3.

На основании табл. 6.3 устанавливаем, что устройство состоит из электродвигателя *1*, упругой муфты *2*, тормоза *3*, червяка *4*, червячного колеса *5*, предохранительной муфты *6*, компрессора *7* и валов *I*... *IV*.

Основные параметры элементов приведены под полками линий-выносок.

Устройство работает следующим образом. Источником движения является электродвигатель *1*, вращение вала *I* которого через упругую муфту *2* передается на вал *II* с закрепленными на нем барабаном тормоза *3* и червяком *4*. Червяк вращает червячное колесо *5* и вал *III*. Вращение вала *III* через предохранительную муфту *6* с неразрушаемым элементом передается на вал *IV* компрессора и приводит во вращение его ротор. При этом компрессор вырабатывает требуемый поток воздуха с определенным давлением и расходом.

Контрольные вопросы

1. Каковы правила нумерации валов и элементов на кинематических схемах?
2. С какого элемента кинематической схемы начинают рассматривать работу устройства?
3. Каковы основные условные графические обозначения элементов на кинематических схемах?

6.4. Электрические схемы

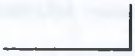
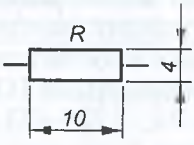
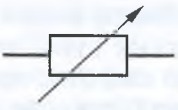
ГОСТ 2.702—75 устанавливает правила выполнения электрических схем (структурных, функциональных, принципиальных, соединений, подключения, общих, расположения). Рассмотрим правила выполнения принципиальных электрических схем, определяющих полный состав элементов и связей между ними и дающих детальное представление о принципах работы изделия.

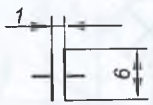
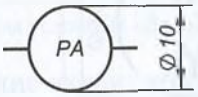
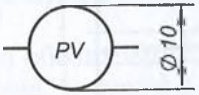
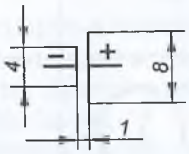
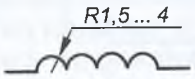
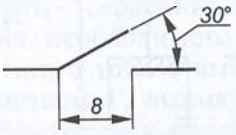
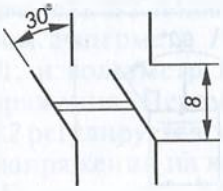
На принципиальной схеме изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделиях заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (соединители, зажимы, разъемы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. Схемы выполняют для изделий, находящихся в ***отключенном состоянии***. Элементы изображают в соответствии с условными графическими обозначениями, установленными ГОСТ 2.721—74, 2.722—68, 2.723—68, 2.727—68, 2.728—74, 2.729—73, 2.730—73, 2.732—68, 2.756—87, некоторые из которых приведены в табл. 6.4.

Все элементы на схеме должны иметь позиционные обозначения, состоящие из латинских букв, указывающих их вид и порядковый номер (арабские цифры), присваиваемый начиная с единицы, в пределах одной группы элементов (*R*1, *R*2) и

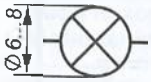
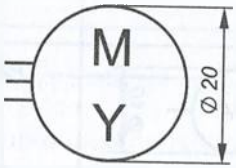
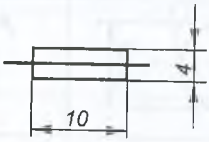
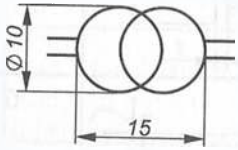
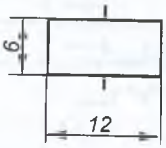
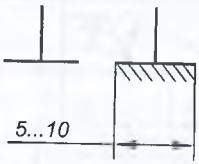
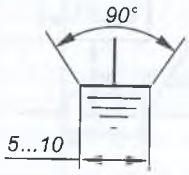
Таблица 6.4

Условные графические обозначения некоторых электрических элементов

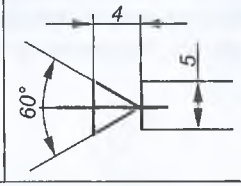
Наименование	Условное графическое обозначение	Буквенное обозначение	Назначение
Линия электрической связи		—	—
Линии электрической связи, не соединенные электрически		—	—
Изгиб линии электрической связи		—	—
Линии электрической связи, электрически соединенные		—	—
Род тока: постоянный переменный		—	—
Полярность: положительная отрицательная		—	—
Обмотка трехфазная: соединенная в звезду соединенная в треугольник		—	—
Резистор (активное сопротивление)		*R*	Ограничение силы тока в электрической цепи
Резистор переменный в реостатном включении		*R*	Регулирование силы тока в электрической цепи

Наименование	Условное графическое обозначение	Буквенное обозначение	Назначение
Конденсатор		*C*	Накопление и удержание электрических зарядов на пластинах
Амперметр		*PA*	Измерение силы тока в электрической цепи
Вольтметр		*PV*	Измерение напряжения в электрической цепи
Элемент гальванический или аккумуляторный		*G*	Выработка или накопление электроэнергии
Батарея гальванических элементов или аккумуляторов		*G*	То же
Катушка индуктивности (дроссель без сердечника, обмотка)		*L*	—
Выключатель с замыкающим контактом		*S*	Замыкание и размыкание электрической цепи
Выключатель многополюсный (например, двухполюсный рубильник)		*S*	То же

Продолжение табл. 6.4

Наименование	Условное графическое обозначение	Буквенное обозначение	Назначение
Лампа накаливания осветительная и сигнальная		*E*	Освещение помещения и оборудования
Двигатель (мотор) трехфазный		*M*	Преобразование электрической энергии переменного тока в механическую
Предохранитель плавкий		*F*	Защита электрической цепи от короткого замыкания и перегрузки
Трансформатор однофазный с ферромагнитным сердечником		*T*	Преобразование одного напряжения переменного тока в другое
Электромагнит		*YA*	Преобразование электрической энергии в механическую
Электрическое соединение с корпусом (массой)		—	—
Заземление		—	—

Окончание табл. 6.4

Наименование	Условное графическое обозначение	Буквенное обозначение	Назначение
Диод. Общее обозначение		*VD*	Пропускание тока в одном направлении в электрической цепи

Примечание. Размеры условных обозначений на схемах не проставляются.

(*C*1, *C*2). Если в изделие входит только один элемент, то порядковый номер в его позиционном обозначении может не указываться. Высота цифр и букв в обозначении должна быть одинаковой.

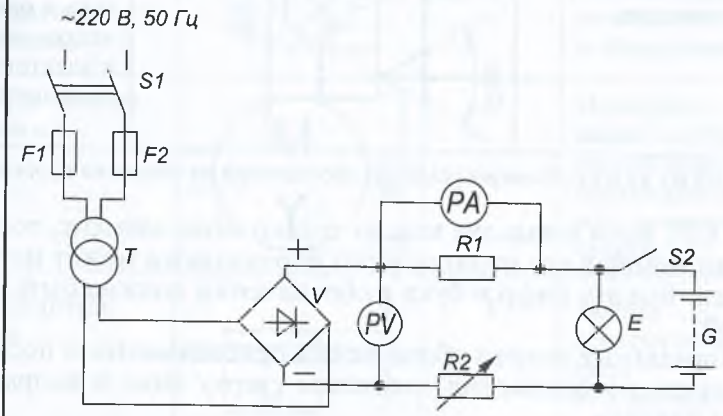
Порядковые номера обозначений присваиваются в последовательности расположения элементов сверху вниз в направлении слева направо.

Характеристики входных и выходных цепей изделия на схеме указывают в виде таблиц, присваивая каждой позиционное обозначение того элемента, вместо условного графического обозначения которого она помещена.

На рис. 6.4 для примера приведена принципиальная электрическая схема зарядного устройства для аккумуляторов. Все элементы на схеме изображены условно-графически с присвоением каждому позиционного буквенно-цифрового обозначения. Данные об элементах сведены в таблицу перечня элементов.

Чтение схемы начинают с источника питания.

Зарядное устройство питается от электрической однофазной цепи переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц. При включении двухполюсного выключателя *S*1 это напряжение через предохранители *F*1 и *F*2 поступает на трансформатор *T* с ферромагнитным сердечником, который понижает напряжение до значения, необходимого для зарядки аккумулятора. Напряжение переменного тока с выхода трансформатора выпрямительным устройством *V*, выполненным на полупроводниковых диодах, преобразуется в напряжение постоянного тока, которое через выключатель *S*2 подается на аккумулятор *G* для его зарядки. При этом амперметр *PA*, включенный в цепь зарядки через шунт *R*1, и вольтметр *PV* позволяют производить контроль тока и напряжения. Переменным резистором в реостатном включении *R2* регулируется зарядный ток. Световая индикация о наличии напряжения на клеммах аккумулятора обеспечивается лампой *E*.



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
E	Лампа	1	
F1 , F2	Предохранители	2	
G	Аккумулятор	1	
PA	Амперметр	1	
PV	Вольтметр	1	
R1, R2	Резисторы	2	
S1, S2	Выключатели	2	
T	Трансформатор	1	
V	Устройство выпрямительное	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XXXX.XXXXXX.ЭЗ			
						Лит	Масса	Масштаб
Провкт.					Устройство зарядное. Схема электрическая			
Консульт.						Лист	Листов	
Чертил								
Принял								

Рис. 6.4

Контрольные вопросы

1. Как образуется буквенно-цифровое обозначение элементов электрической схемы?

2. Какие условные графические и буквенные обозначения элементов используются на принципиальных электрических схемах?

3. С какого элемента начинают читать принципиальную электрическую схему?

Глава 7
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИННОЙ ГРАФИКЕ

7.1. Системы автоматизированного проектирования на персональном компьютере

Подготовка специалистов — пользователей систем автоматизированного проектирования (САПР) требует углубленного изучения вопросов использования ЭВМ для проектирования сложных геометрических объектов. Одним из наиболее распространенных примеров использования ЭВМ в проектировании является машинная графика.

Машинная графика — одна из составляющих САПР, позволяющая на базе ЭВМ автоматизировать определенные операции, выполняемые человеком с целью повышения темпов и качества проектирования (ГОСТ 23501.0—79...23501.3—79).

САПР является аналогом зарубежной системы CAD (Computer Aided Design) — проектирование с помощью компьютера.

Машинная графика как элемент современного машинного общения развивалась при переходе от промышленной революции к электронной. В словаре терминов Международной организации по стандартизации дано следующее определение: «Машинная графика — это совокупность методов и средств для преобразования данных в графическую форму и из графической формы представления с помощью ЭВМ».

Машинная графика в настоящее время используется практически во всех научных и инженерных областях деятельности человека. Поэтому знание ее основ необходимо любому ученому или инженеру.

Высокая эффективность применения машинной графики в проектировании обусловлена следующими факторами:

освобождением конструктора от выполнения однообразных рутинных операций, которые можно формализовать, что определяет возрастание производительности труда, квалификации и творческой активности проектировщика;

существенным сокращением сроков конструкторской подготовки производства, повышением уровня нормализации и унификации конструкций машин и технологической оснастки;

повышением качества проектной документации при существенном сокращении ошибок и неточностей на чертежах;

появлением возможности оптимизации проектных работ за счет обеспечения быстрого перебора множества вариантов, а следовательно, повышением качества и технико-экономического уровня проектируемых изделий;

неограниченным расширением сферы применения вычислительной техники вследствие оптимизации ввода и вывода графической информации и обеспечения активного графического диалога проектировщика с ЭВМ.

Среди различных систем автоматизации проектирования для ПЭВМ наиболее известна и распространена система AutoCAD или ACAD (сокращение от Automated Computer Aided Drafting and Design — автоматизированное черчение и проектирование с помощью ЭВМ) английской фирмы AutoDesk.

Существуют две версии этой системы: русскоязычная, переработанная совместным предприятием «Параллель», и англоязычная, поставляемая фирмой «AutoDesk».

В настоящее время ACAD сформировалась как стандартизованная система автоматизации проектно-чертежных работ для подавляющего числа предприятий и организаций как в нашей стране, так и за рубежом.

Общие сведения о системе AutoCAD

AutoCAD — это сложная, разветвленная по своей структуре система, предназначенная не только для разработки двухмерных плоских чертежей, но и для моделирования сложных пространственных конструкций в самых различных областях науки и техники. Рынок графических систем для персональных ЭВМ достаточно широк, что позволяет решать множество технических проблем различной сложности и назначения, связанных с инженерной графикой.

В табл. 7.1 приведены основные характеристики некоторых графических систем, применяемых в России. Перечисленные в таблице графические системы, как правило, универсальны, имеют интерфейс обмена с форматами DWG, DXF, IGES, PCX и др., а также обеспечивают возможность создания параметрических чертежей и т.д.

Популярность системы ACAD объясняется не только тем, что она быстрее и аккуратнее выполняет построение и редактирование изображений. Основными ее преимуществами являются:

простота освоения и эксплуатации;

возможность использования в различных отраслях науки и техники (в машиностроении, архитектуре, строительстве, радиоэлектронике, гидротехнике, судостроении, космосе и т.д.);

Таблица 7.1

Основные характеристики некоторых графических систем

Название системы	Назначение системы
Компас — График	Система автоматизации проектно-конструкторских и технологических работ
CherryCAD-9.0	Система для автоматизации проектных и чертежно-графических работ
JCAD	Система автоматизации графических и проектных работ архитектурно-строительного проектирования по ЕСКД, СПДС, СНиПам реконструируемых и вновь возводимых зданий
СПРУТ	Инструментальная САПР машиностроения: проведение математических и геометрических расчетов, проектирование программ для станков с ЧПУ
3D-GRAF	Система трехмерного моделирования геометрических объектов в строительстве, машиностроении и дизайне
AutoCAD	Универсальная система автоматизации графических работ для проектирования и конструирования в различных отраслях
KD-Master	Универсальная чертежная система для выпуска графических документов по ЕСКД
Microstation PC 4.0	Проектная трехмерная система широкого профиля
ТИГС	Средство для автоматизации проектирования в машиностроении
ВАРИКОН	Средство для автоматизации выпуска чертежей
TopCAD	Чертежно-конструкторский редактор для проектирования и конструирования в различных отраслях
ГРАФИКА-81	Система для автоматизации проектно- и чертежно-конструкторских работ
Тефлекс	Система для автоматизации чертежно-конструкторских работ в машиностроении
Базис	Редактор для автоматизации чертежно-конструкторских работ в различных отраслях

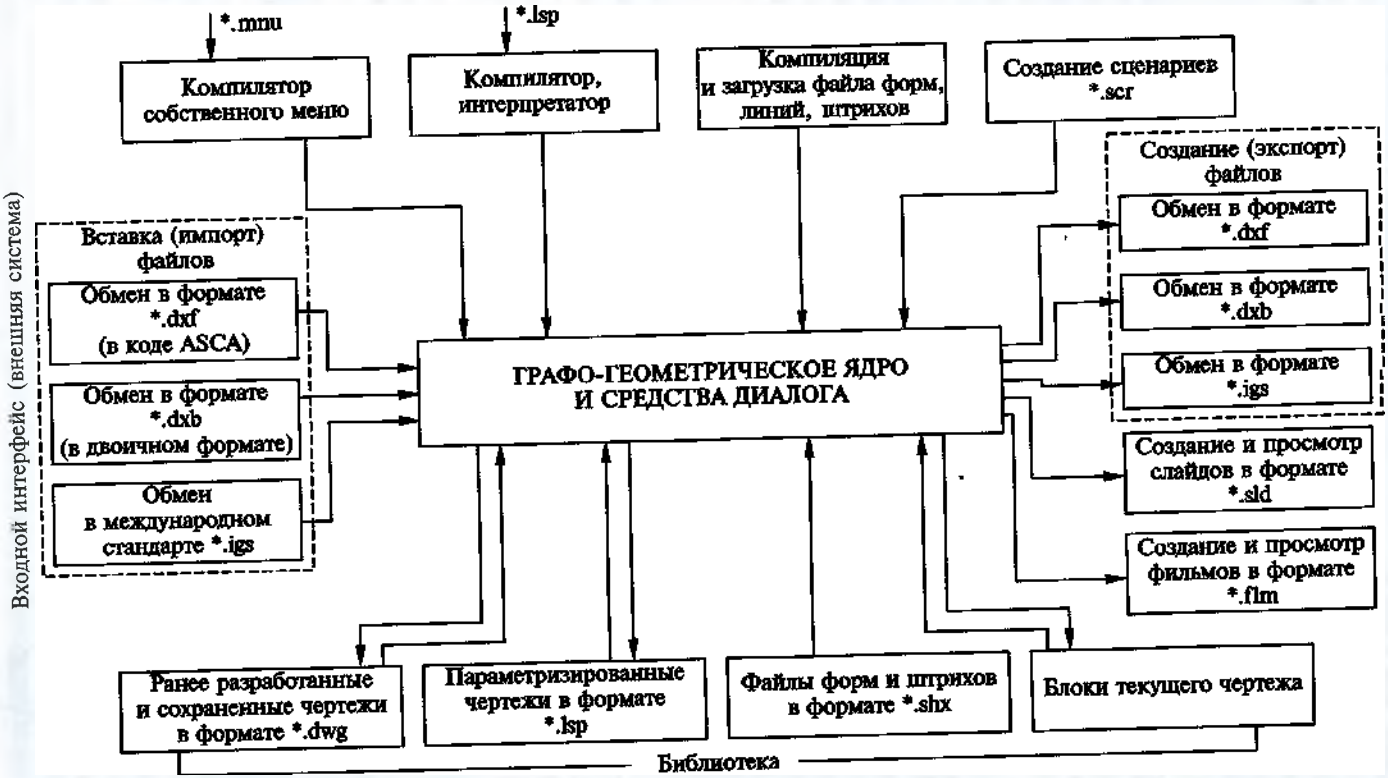

*.mnu
*.lsp
Компилятор собственного меню
Компилятор, интерпретатор
Компиляция и загрузка файла форм, линий, штрихов
Создание сценариев *.scr
Создание (экспорт) файлов
Обмен в формате *.dxf
Обмен в формате *.dxb
Обмен в формате *.igs
Вставка (импорт) файлов
Обмен в формате *.dxf (в коде ASCA)
Обмен в формате *.dxb (в двоичном формате)
Обмен в международном стандарте *.igs
ГРАФО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЯДРО И СРЕДСТВА ДИАЛОГА
Создание и просмотр слайдов в формате *.sld
Создание и просмотр фильмов в формате *.flm
Ранее разработанные и сохраненные чертежи в формате *.dwg
Параметризированные чертежи в формате *.lsp
Файлы форм и штрихов в формате *.shx
Блоки текущего чертежа
Библиотека
Входной интерфейс (внешняя система)
Выходной интерфейс

Рис. 7.1

эффективность системы ведения диалога с пользователем при помощи различных меню, диалоговых и графических окон и т.д.;

открытость для пользователя (открытая база данных, возможность использования новых команд и модификаций имеющихся команд);

возможность разработки на ее базе своих собственных прикладных пакетов программ;

гибкая связь с другими графическими системами.

Система ACAD представляет собой своего рода графическое ядро, функционирующее под управлением интегрированной оболочки, обеспечивающей решение широкого круга вопросов, связанных с автоматизированным проектированием изделий, ведением архивов параметрических моделей чертежей и их фрагментов, сохранением чертежей и их выводом на разнообразные графические устройства. На рис. 7.1 приведена структурная схема системы ACAD.

Ранние версии системы (AutoCAD 10, 11) предназначены для работы в DOS, а версии AutoCAD 12, 13, 14 и 2000 — в Windows. Большинство команд, связанных с построением и редактированием чертежей в версиях для DOS и Windows, совпадают, однако экранный интерфейс Windows-версий другой. Для сравнения в табл. 7.2 приведены ресурсы, необходимые для работы в различных версиях AutoCAD.

Таблица 7.2

Минимальные требования к ресурсам компьютера

Версии AutoCAD	Процессор	Среда	Оперативная память	Жесткий диск
10	PC-XT	DOS 2	640 Кбайт	30 Мбайт
13	Intel 386	MS-DOS 5.0 Windows 3.1	64 Кбайт	77 Мбайт
14	Intel 486	Windows 9X Windows NT	32 Кбайт	112 Мбайт
2000	Pentium	Windows 9X Windows NT	32 Кбайт	120 Мбайт

Рассмотрим более подробно пункты прохождения ACAD-задачи на ЭВМ.

Версия AutoCAD 10

1. *Старт системы.*

Старт графической системы осуществляется обращением к пакету в командной строке (путь к пакету прописан оператором в файле autoexec.bat):

C:\acad\acad <Enter>.

В этом случае происходит автоматическое вхождение в главное меню графического редактора ACAD:

Main menu:	Главное меню:
0. Exit AutoCAD	0. Выход из ACAD
1. Begin a new drawing	1. Начать новый чертеж
2. Edit an exiting drawing	2. Отредактировать существующий чертеж
3. Plot a drawing	3. Вывести чертеж на плоттер
4. Printer Plot a drawing	4. Распечатать чертеж на принтере
5. Configure AutoCAD	5. Настроить ACAD
6. File utilities	6. Работа с файлами
7. Compile shape / font description file	7. Компиляция файла, форм и шрифтов
8. Convert old drawing file	8. Обновление чертежа, созданного старой версией ACAD
Enter selection:	Введите выбор:

2. *Начало работы.*

На запрос системы (Enter selection) необходимо ввести номер требуемого режима главного меню, например:

Enter selection: *1* *<Enter>*.

Далее на запрос системы:

Enter name of drawing: (Введите имя чертежа) необходимо ввести имя будущего чертежа, не превышающее восьми символов, например:

1. *Enter selection:* *1* *<Enter>*.

Enter name of drawing: *bolt* = *A4* *<Enter>* — новый чертеж с основной надписью (предварительно был создан чертеж-прототип A4.DWG с основной надписью);

2. *Enter selection:* *2* *<Enter>*.

Enter name of drawing: *bolt* *<Enter>* — существующий чертеж, который необходимо редактировать (в случае отсутствия такового система выдает сигнал).

Введенное имя становится именем файла чертежа. Всем вновь создаваемым чертежам автоматически присваивается тип файла «dwg».

В чертеже-прототипе выполнены все необходимые для работы начальные установки системы (исходные параметры, лимиты чертежа и т.д.). Чертеж-прототип хранится в памяти компьютера и автоматически загружается при вводе имени нового чертежа.

После ввода имени чертежа происходит загрузка редактора и на дисплее появляется экран редактора чертежа (рис. 7.2.), в котором можно выделить четыре функциональные зоны:

рабочее поле чертежа, занимающее большую часть экрана и предназначенное для создания, редактирования и просмотра чертежа;

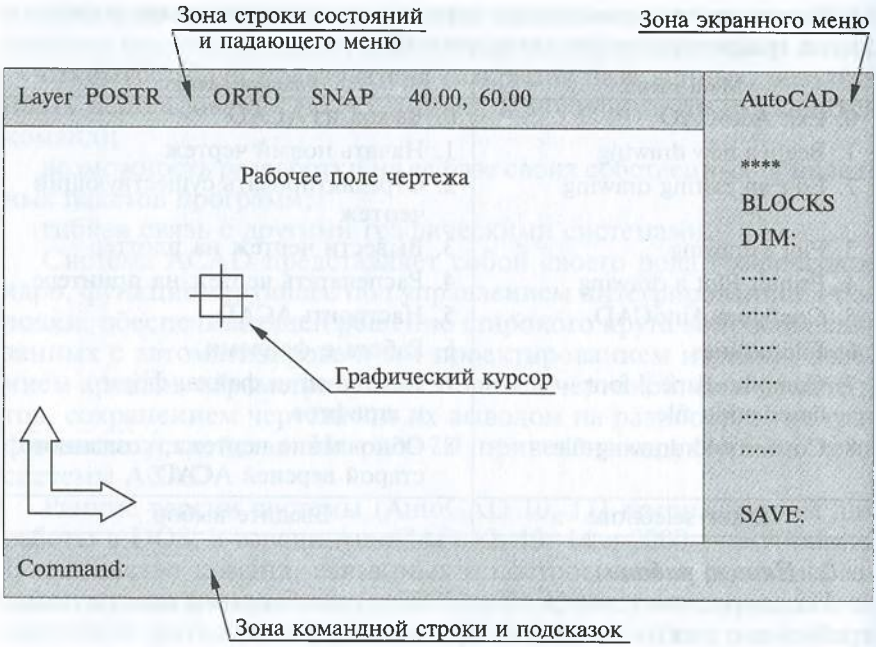


Рис. 7.2

зону экранного меню, расположенную в правой части экрана и служащую для вызова команд ACAD;

зону командной строки и подсказок, занимающую нижнюю часть экрана и служащую для ввода команд, выдачи подсказок и диалога с ACAD;

зону строки состояний и падающего меню, занимающую верхнюю строку экрана и предназначенную для отображения информации о текущих режимах работы системы, либо для ввода команд из падающего меню (доступ к падающему меню осуществляется указанием «мышью» на данную зону).

По окончании загрузки редактора чертежей в командной строке отображается приглашение к диалогу с ACAD:

Command: (Команда:).

ACAD поставляется с обширным экранным (корневым) меню. Весь набор команд организован в иерархическую (древовидную) структуру в соответствии с функциональной подчиненностью (рис. 7.3).

Почти все пункты корневого меню являются корнями разделов более низкого уровня.

3. *Завершение работы.*

После завершения работы с чертежом необходимо выйти из редактора чертежей. Для этого в ACAD существуют команды с различными функциями:

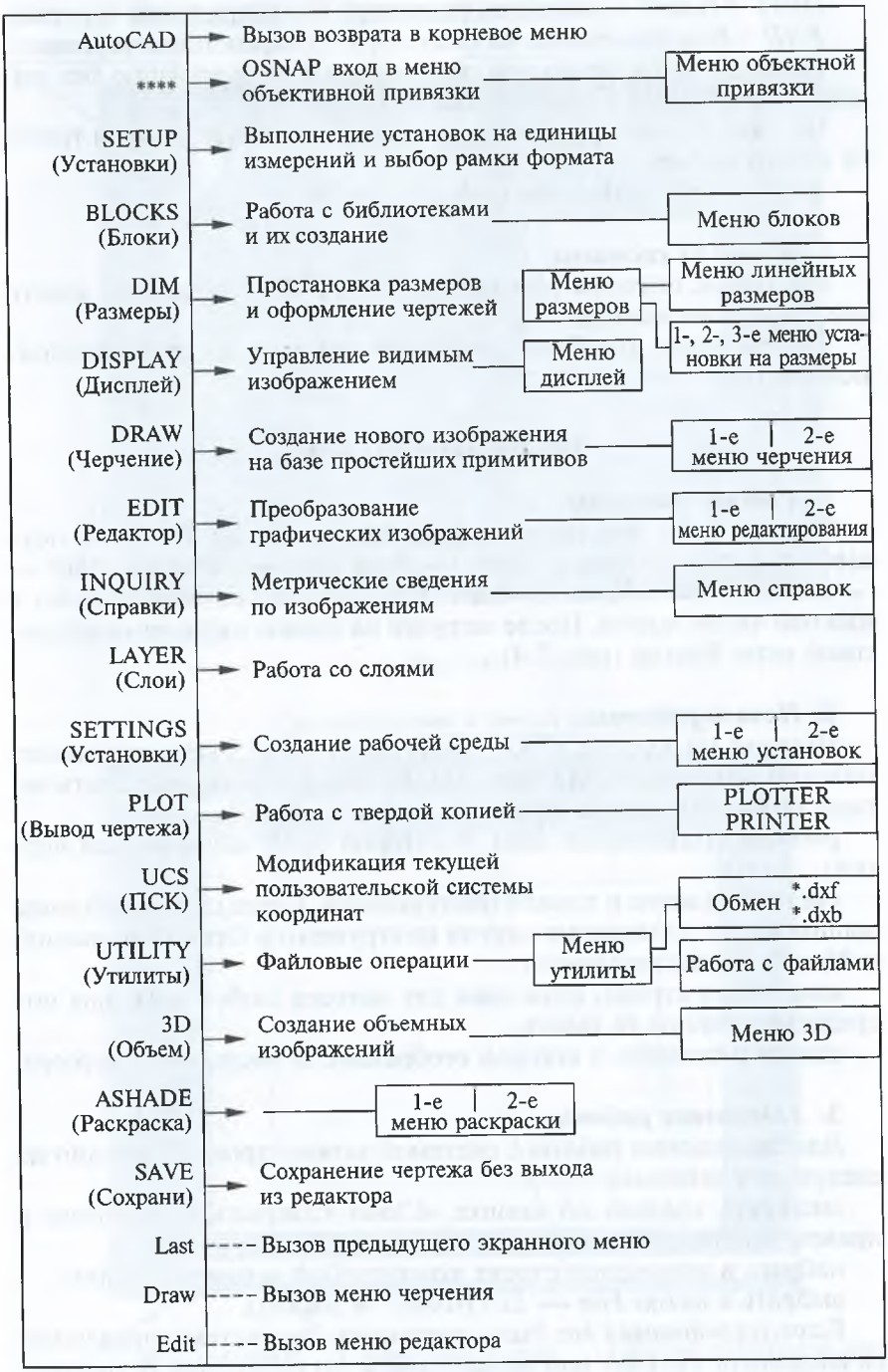

AutoCAD
Вызов возврата в корневое меню
****
OSNAP вход в меню объективной привязки
Меню объектной привязки
SETUP (Установки)
Выполнение установок на единицы измерений и выбор рамки формата
BLOCKS (Блоки)
Работа с библиотеками и их создание
Меню блоков
DIM (Размеры)
Простановка размеров и оформление чертежей
Меню размеров
Меню линейных размеров
1-, 2-, 3-е меню установки на размеры
DISPLAY (Дисплей)
Управление видимым изображением
Меню дисплей
DRAW (Черчение)
Создание нового изображения на базе простейших примитивов
1-е | 2-е меню черчения
EDIT (Редактор)
Преобразование графических изображений
1-е | 2-е меню редактирования
INQUIRY (Справки)
Метрические сведения по изображениям
Меню справок
LAYER (Слои)
Работа со слоями
SETTINGS (Установки)
Создание рабочей среды
1-е | 2-е меню установок
PLOT (Вывод чертежа)
Работа с твердой копией
PLOTTER PRINTER
UCS (ПСК)
Модификация текущей пользовательской системы координат
Обмен *.dxf *.dxb
UTILITY (Утилиты)
Файловые операции
Меню утилиты
Работа с файлами
3D (Объем)
Создание объемных изображений
Меню 3D
ASHADE (Раскраска)
1-е | 2-е меню раскраски
SAVE (Сохрани)
Сохранение чертежа без выхода из редактора
Last
Вызов предыдущего экранного меню
Draw
Вызов меню черчения
Edit
Вызов меню редактора

Рис. 7.3

QUIT <Enter> — выход из редактора без сохранения чертежа;
END <Enter> — выход из редактора с сохранением чертежа.

Рекомендуется периодически сохранять информацию без выхода из редактора командой *SAVE*.

По любой из команд система выходит в главное меню и требует ввести выбор:

Enter selection: (Введите выбор:).

4. *Выход из системы.*

На запрос системы для выхода из ACAD необходимо ввести номер режима выхода:

Enter selection: 0 <Enter>, и управление передается операционной системе.

Версия AutoCAD 2000

1. *Старт системы.*

Запуск этой версии в операционной среде Windows осуществляется командой *Start → Programs → AutoCAD 2000 → → AutoCAD 2000.* Кнопка «Start» расположена на панели задач в нижней части экрана. После загрузки на экране появляется диалоговое окно Startup (рис. 7.4).

2. Начало работы.

Щелчок по кнопке «OK» диалогового окна Startup открывает рабочий экран AutoCAD (рис. 7.5). На экране можно выделить четыре функциональные зоны:

рабочая графическая зона, в которой будет выполняться чертеж;

системное меню и панели инструментов. Слева от рабочей зоны расположены плавающие панели инструментов Draw (Рисование) и Modify (Редактирование);

командная строка, служащая для запуска любой команды посредством набора ее имени;

строка состояния, в которой отображаются координаты курсора.

3. *Завершение работы.*

Для завершения работы с системой можно произвести одно из следующих действий:

щелкнуть мышью по кнопке «Close» (Закрыть) — крестик в правом верхнем углу экрана;

набрать в командной строке команду Quit и нажать «Enter»;

выбрать в меню *File → Exit* (Файл → Выход).

Если информация не была сохранена, то система предложит ее сохранить *Yes* (Да) или не сохранять *No* (Нет), или отказаться от выхода из редактора и вернуться к чертежу *Cancel* (Отмена).

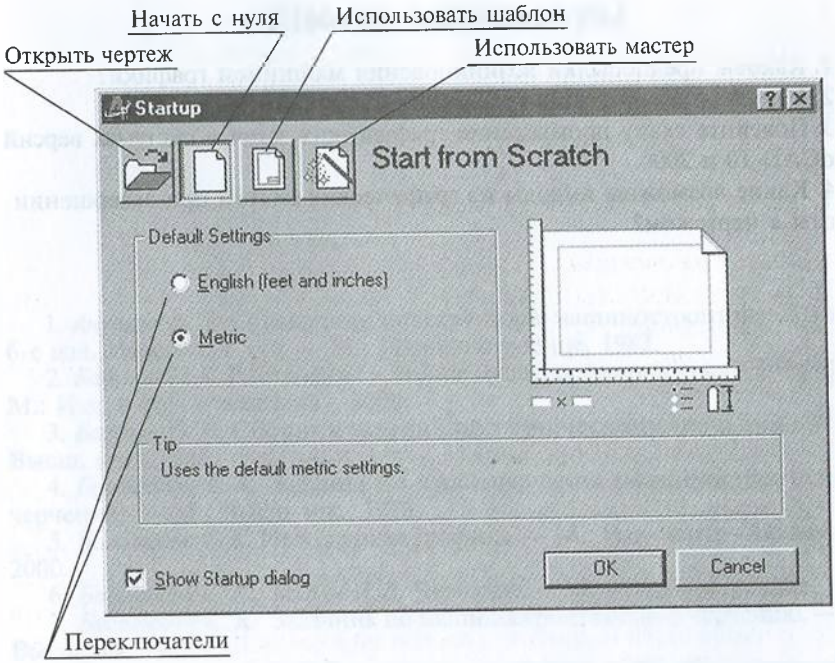

Начать с нуля
Использовать шаблон
Открыть чертеж
Использовать мастер
Startup
Start from Scratch
Default Settings
English (feet and inches)
Metric
Tip
Uses the default metric settings.
Show Startup dialog
OK
Cancel
Переключатели

Рис. 7.4

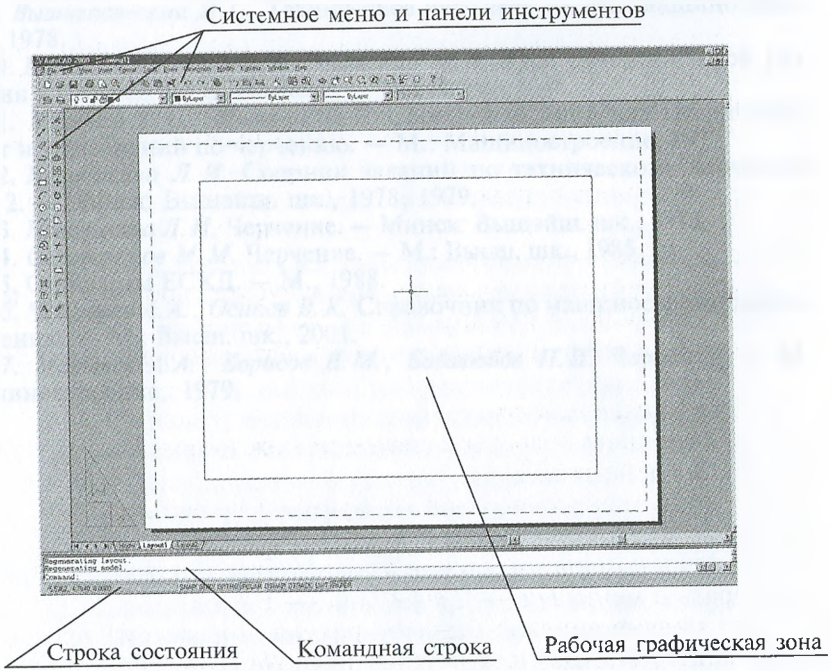

Системное меню и панели инструментов
Строка состояния
Командная строка
Рабочая графическая зона

Рис. 7.5

Контрольные вопросы

1. Каковы предпосылки возникновения машинной графики?
2. Каковы преимущества графической системы AutoCAD?
3. Поясните схему прохождения графических задач в системах версий AutoCAD 10 и 2000.
4. Какие возможны выходы из графических систем при завершении работы с чертежом?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анурьев В. И.* Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1982.

2. *Бабулин Н. А.* Построение и чтение машиностроительных чертежей. — М.: Изд. центр «Академия», 2000.

3. *Бахнов Ю. Н.* Сборник заданий по техническому черчению. — М.: Высш. шк., 1988.

4. *Боголюбов С. К.* Задания по курсу черчения (машиностроительное черчение). — М.: Высш. шк., 1978.

5. *Боголюбов С. К.* Инженерная графика. — М.: Изд. центр «Академия», 2000.

6. *Боголюбов С. К., Воинов А. В.* Черчение. — М.: Машиностроение, 1981.

7. *Боголюбов С. К.* Задачник по машиностроительному черчению. — М.: Высш. шк., 1975.

8. *Вышнепольский И. С.* Техническое черчение. — М.: Изд. центр «Академия», 2001.

9. *Вышнепольский И. С.* Техническое черчение. — М.: Машиностроение, 1978.

10. *Гордон В. О., Семенцов-Огиевский М. А.* Курс начертательной геометрии / Под ред. Ю. Б. Иванова. — М.: Наука, 1988.

11. *Миронов Р. С., Миронов Б. Т.* Сборник заданий для графических работ и упражнений по черчению. — М.: Машиностроение, 1977.

12. *Новочихина Л. И.* Сборник заданий по техническому черчению. Ч. 1, 2. — Минск: Вышэйш. шк., 1978, 1979.

13. *Новочихина Л. И.* Черчение. — Минск: Вышэйш. шк., 1975.

14. *Селиверстов М. М.* Черчение. — М.: Высш. шк., 1985.

15. Стандарты ЕСКД. — М., 1988.

16. *Чекмарев А. А., Осипов В. К.* Справочник по машиностроительному черчению. — М.: Высш. шк., 2001.

17. *Матвеев А. А., Борисов Д. М., Боголюбов П. И.* Черчение. — М.: Машиностроение, 1979.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Введение 4

Глава 1. Геометрические построения 8
1.1. Построение параллельных прямых 8
1.2. Построение взаимно-перпендикулярных прямых 9
1.3. Деление отрезка прямой 11
1.4. Построение углов 12
1.5. Деление окружности на равные части, построение правильных многоугольников 13
Деление окружности на 4 и 8 частей 13
Деление окружности на 3, 6 и 12 частей 14
Деление окружности на 5 частей 15
Деление окружности на произвольное число равных частей 16
1.6. Сопряжения 17
Сопряжение двух пересекающихся прямых линий 18
Сопряжение прямой линии с окружностью 19
Сопряжение двух заданных окружностей 21
Построение касательных к окружностям 23

Глава 2. Основные положения начертательной геометрии 26
2.1. Предмет начертательной геометрии 26
2.2. Прямоугольное проецирование на две и три взаимно-перпендикулярные плоскости проекций, образование чертежа 26
Прямоугольное проецирование на две взаимно-перпендикулярные плоскости проекций (метод Монжа) 27
Проецирование на три взаимно-перпендикулярные плоскости проекций. Координаты точки 28
Дополнительная система плоскостей проекций 30
2.3. Проекции прямой линии и ее отрезка 31
Определение натуральной величины отрезка 32
2.4. Многогранники 33
Призма 35

Пирамида ... 37
2.5. Поверхности вращения ... 40
Цилиндр ... 40
Конус ... 43
Сфера ... 46
2.6. Взаимное пересечение поверхностей вращения ... 48
Использование плоскостей в качестве вспомогательных поверхностей ... 49
Использование сфер в качестве вспомогательных поверхностей ... 50
2.7. Аксонометрические проекции ... 53
Аксонометрические изображения плоских многоугольников ... 55
Аксонометрические проекции окружностей ... 58
Изометрические проекции цилиндра, конуса и сферы ... 62

Глава 3. Основные правила выполнения чертежей ... 67
3.1. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Классификационные группы стандартов ЕСКД ... 67
3.2. Общие правила оформления чертежей ... 68
Линии чертежа ... 68
Форматы ... 72
Основная надпись ... 74
Масштаб ... 76
Чертежные шрифты ... 77
3.3. Изображения. Основные положения и определения ... 81
Виды ... 82
Сечения ... 86
Разрезы ... 96
Выносные элементы ... 100
Условности и упрощения ... 102
3.4. Примеры построения недостающих проекций по двум заданным ... 110
3.5. Нанесение размеров и их предельных отклонений ... 114
Необходимость указания размеров на чертежах и общие требования к их нанесению ... 114
Правила нанесения размеров ... 115
Нанесение предельных отклонений размеров ... 131
Задание на чертеже допусков форм и расположения поверхностей ... 137
Указание на чертежах требуемой шероховатости поверхности ... 149
Указание на чертежах покрытий и показателей свойств материалов ... 160
3.6. Эскиз детали и технический рисунок ... 166

Глава 4. Правила выполнения чертежей некоторых деталей и их соединений 183
4.1. Общие положения 183
4.2. Резьбы 184
Назначение, основные параметры и элементы резьбы 186
Изображение резьб на чертеже 191
Метрическая резьба 194
Дюймовая резьба 198
Трубная цилиндрическая резьба 199
Трубная коническая резьба 201
Коническая дюймовая резьба 202
Метрическая коническая резьба 204
Трапецеидальная резьба 205
Резьба упорная 207
Резьба круглая 208
Резьба прямоугольная 209
Резьба специальная 210
4.3. Крепежные изделия 211
Болты 212
Винты 215
Шпильки 218
Гайки 220
Шайбы 222
Шплинты 224
Штифты 225
4.4. Резьбовые соединения 227
Болтовые соединения 228
Шпилечные соединения 230
Винтовые соединения 232
Трубные соединения 235
4.5. Шпоночные и шлицевые соединения 240
Шпоночные соединения 240
Шлицевые соединения 247
4.6. Неразъемные соединения 252
Сварные соединения 252
Заклепочные соединения 261
Соединение пайкой, склеиванием, сшиванием 265
4.7. Зубчатые передачи 269
Цилиндрические зубчатые передачи 272
Реечные передачи 279
Конические зубчатые передачи 280
Червячные передачи 287
4.8. Пружины 295

Глава 5. Чертежи общего вида и сборочные чертежи 302
5.1. Стадии разработки конструкторских документов 302

5.2. Чертежи общего вида 304
Общие требования 304
Размеры, проставляемые на чертежах 309
Условности и упрощения 310
Изображение некоторых изделий и устройств на чертежах общего вида 313
Конструктивно-технологические особенности изображения соединений деталей 319
Нумерация позиций на чертежах 322
Обозначение чертежа 323
5.3. Деталирование 324
Основные требования к рабочим чертежам 324
Общие правила выполнения чертежей 328
Чтение чертежа общего вида 336
Деталирование чертежа общего вида 337
5.4. Групповые и базовые конструкторские документы 340
5.5. Спецификация 345
5.6. Сборочный чертеж 352

Глава 6. Схемы 356
6.1. Определения. Термины. Виды и типы схем. Правила выполнения схем 356
6.2. Гидравлические и пневматические схемы 359
6.3. Кинематические схемы 366
6.4. Электрические схемы 371

Глава 7. Общие сведения о машинной графике 378
7.1. Системы автоматизированного проектирования на персональном компьютере 378
Общие сведения о системе AutoCAD 379
Версия AutoCAD 10 382
Версия AutoCAD 2000 386

Список литературы 389

Учебное издание

Бродский Абрам Моисеевич,
Фазлулин Энвер Мунирович,
Халдинов Виктор Алексеевич

Черчение (металлообработка)

Учебник

8-е издание, стереотипное

Редактор *В. Н. Махова*
Технический редактор *О. С. Александрова*
Компьютерная верстка: *Т. А. Катова, М. Н. Круглов*
Корректоры *М. В. Дьяконова, К. М. Корепанова*

Изд. № 108104034. Подписано в печать 05.05.2011. Формат 60 × 90/16.
Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 25,0. Тираж 3 000 экз. Заказ № 1663.

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
125252, Москва, ул. Зорге, д. 15, корп. 1, пом. 26б.
Адрес для корреспонденции: 129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1, а/я 48.
Тел./факс: (495) 648-05-07, 616-00-29.
Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. АЕ51. Н 14964 от 21.12.2010.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных
издательством материалов в ОАО «Тверской ордена Трудового Красного
Знамени полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР».
170040, г. Тверь, проспект 50 лет Октября, 46.

ACADEMIA

Издательский центр «Академия»

Учебная литература для профессионального образования

Наши книги можно приобрести (оптом и в розницу)

Москва:

129085, Москва, пр-т Мира, д. 101в, стр. 1
(м. Алексеевская)
Тел.: (495) 648-0507, факс: (495) 616-0029
E-mail: sale@academia-moscow.ru

Филиалы:

ООО ОИЦ «Академия-Северо-Запад»
190020, Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, д. 211-213, литер «В»
Тел./факс: (812) 251-9253, 575-3229
E-mail: fspbacad@peterstar.ru

Приволжский
603101, Нижний Новгород, пр. Молодежный, д. 31, корп. 3
Тел./факс: (831) 259-7431, 259-7432, 259-7433
E-mail: pf-academia@bk.ru

Уральский
620144, Екатеринбург, ул. Щорса, д. 92а, корп. 4
Тел.: (343) 257-1006
Факс: (343) 257-3473
E-mail: academia-ural@mail.ru

Сибирский
630009, Новосибирск, ул. Добролюбова, д. 31, корп. 4, а/я 73
Тел./факс: (383) 362-2145, 362-2146
E-mail: academia_sibir@mail.ru

Дальневосточный
680014, Хабаровск, Восточное шоссе, д. 2а
Тел./факс: (4212) 27-6022
E-mail: filialdv-academia@yandex.ru

Южный
344082, Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, д. 10/65
Тел.: (863) 203-5512
Факс: (863) 269-5365
E-mail: academia-UG@mail.ru

Представительства:

в Республике Татарстан
420034, Казань, ул. Горсоветская, д.17/1, офис 36
Тел./факс: (843) 562-1045
E-mail: academia_kazan@mail.ru

в Республике Дагестан
Тел.: 8-928-982-9248

www.academia-moscow.ru

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АКАДЕМИЯ»



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АКАДЕМИЯ»

ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ СЛЕДУЮЩИЕ КНИГИ:

А. М. АДАСКИН, В. М. ЗУЕВ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ (МЕТАЛЛООБРАБОТКА)
Объем 240 с.

В учебнике рассмотрен широкий круг металлических и неметаллических материалов. Приведены состав, строение, технология термической обработки и свойства черных металлов, включая специальные стали и сплавы; цветных металлов и сплавов на основе алюминия, меди, титана, а также строение, свойства и технологии изготовления пластических масс, стекла, керамики. Показаны методы определения свойств материалов.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования и студентов средних профессиональных учебных заведений.

Т. А. БАГДАСАРОВА
ФРЕЗЕРНОЕ ДЕЛО: РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
Объем 96 с.

В учебном пособии отражены основные темы, изучаемые при обучении фрезерному делу. Представленные задания помогают развивать техническое мышление, закреплять материал, изученный на уроках, прививают умение самостоятельно изучать необходимые данные с помощью справочной литературы. Содержит иллюстрации, помогающие учащимся отвечать на поставленные вопросы и способствующие запоминанию изученного материала.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

Т. А. БАГДАСАРОВА

ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ: РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

Объем 80 с.

В учебном пособии рассматриваются требования к размерам деталей, их форме, расположению и шероховатости поверхностей, устройство контрольно-измерительных инструментов, вопросы стандартизации продукции и повышения ее качества.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования. Может быть полезно при подготовке рабочих на производстве.

В. И. МАСЛОВ

СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Объем 240 с.

В учебнике приведены общие сведения о сварке, сварных соединениях и швах, электрической сварке плавлением, газовой сварке и резке, контроле качества сварных швов. Кроме основных видов сварки рассмотрены их разновидности.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования и студентов средних профессиональных учебных заведений.

Т. А. БАГДАСАРОВА

ТОКАРНОЕ ДЕЛО: РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

Объем 112 с.

В учебном пособии отражены основные темы, изучаемые при обучении токарному делу. Представленные задания помогают развивать техническое мышление, закреплять материал, изученный на уроках, прививают умение самостоятельно изучать необходимые данные с помощью справочной литературы. Содержит иллюстрации, помогающие учащимся отвечать на поставленные вопросы и способствующие запоминанию изученного материала.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

Т. А. БАГДАСАРОВА

ТОКАРЬ-УНИВЕРСАЛ

Объем 288 с.

В учебном пособии приведены сведения о металлорежущих станках, в том числе с программным управлением, подробно рас-

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АКАДЕМИЯ»

смотрены технологии обработки деталей резанием и применяемый режущий инструмент. Даны понятия по составлению программ обработки деталей на станках с ЧПУ.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования. Может быть использовано при других формах подготовки специалистов металлообрабатывающего производства.

Л. И. ВЕРЕИНА
СПРАВОЧНИК ТОКАРЯ

Объем 448 с.

В учебном пособии приведены сведения о токарной обработке на токарно-револьверных, токарно-затыловочных, токарно-карусельных станках и токарных станках с числовым программным управлением, а также о шлифовании. Уделено внимание правильной организации рабочего места токаря.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования. Может быть полезно студентам средних профессиональных учебных заведений, учащимся УПК машиностроительных предприятий.

С. А. ЗАЙЦЕВ, А. Д. КУРАНОВ, А. Н. ТОЛСТОВ
ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Объем 240 с.

В учебнике изложены основы взаимозаменяемости деталей. Приведены допуски и посадки гладких элементов деталей, а также наиболее часто встречающихся соединений. Рассмотрены средства измерения и контроля деталей и соединений.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования, осваивающих профессии, связанные с обработкой и сборкой деталей, ремонтом и обслуживанием машин и механизмов.

КОМПЛЕКТ ИНСТРУКЦИОННЫХ КАРТ ПО КУРСУ «ОБЩЕСЛЕСАРНЫЕ РАБОТЫ»

Объем 48 с.

В комплекте представлены 24 двусторонние карты на плотной бумаге форматом А4 для осваивающих профессии «Слесарь-ремонтник», «Автослесарь», «Монтажник» и др.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

КОМПЛЕКТ ИНСТРУКЦИОННЫХ КАРТ ПО КУРСУ «ТОКАРНОЕ ДЕЛО»

Объем 52 с.

В комплекте представлены 26 двусторонних карт на плотной бумаге форматом А4 для осваивающих профессию «Токарь».

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

С. А. ЗАЙЦЕВ, Д. Д. ГРИБАНОВ, А. Н. ТОЛСТОВ И ДР.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

Объем 464 с.

В учебнике рассмотрены классификация и принципиальные схемы современных средств измерения и контроля, применяющихся в машиностроении, а также принципы обеспечения единства измерений в Российской Федерации, методы обеспечения точности измерения и контроля и общие метрологические характеристики средств измерения. Приведены основные положения теории измерений, необходимые сведения по оптимальному выбору средств измерения и контроля, принципы контроля качества изделия на всех этапах его жизненного цикла.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

О. Н. КУЛИКОВ, Е. И. РОЛИН

ОХРАНА ТРУДА В МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Объем 144 с.

В учебнике изложены основные положения в области охраны труда и безопасного производства работ в металлообрабатывающей промышленности: требования к организации охраны труда, правила техники безопасности и производственной санитарии при обработке металлов, электро- и пожаробезопасности, а также оказания доврачебной помощи при несчастных случаях.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АКАДЕМИЯ»

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АКАДЕМИЯ»

О.Н.КУЛИКОВ, Е.И.РОЛИН

ОХРАНА ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Объем 176 с.

В учебном пособии изложены основные положения в области охраны труда и безопасного ведения сварочных работ: требования к организации охраны труда, правила техники безопасности при выполнении электро- и газосварочных работ, электро- и пожаробезопасности, а также оказания доврачебной помощи при несчастных случаях.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

В.Ю.НОВИКОВ

СЛЕСАРЬ-РЕМОНТНИК

Объем 304 с.

В учебнике приведены сведения по основным видам слесарной обработки, основам резания материалов на металлорежущих станках, слесарно-сборочным работам, а также по ремонту основных типов деталей и механизмов промышленного оборудования, изготовлению, ремонту и техническому обслуживанию различных приспособлений, гидро- и пневматического оборудования.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования, обучающихся по специальностям технического профиля.

Б.С.ПОКРОВСКИЙ

СЛЕСАРНО-СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Объем 368 с.

В учебнике рассмотрены конструкции и технологические процессы сборки типовых узлов и механизмов, методы и технические средства механизации сборочных процессов, основные направления автоматизации процесса сборки. Освещены материалы по использованию роботов и вычислительной техники в сборочном производстве, а также вопросы организации сборочного производства.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования. Может быть использован при подготовке рабочих на производстве.

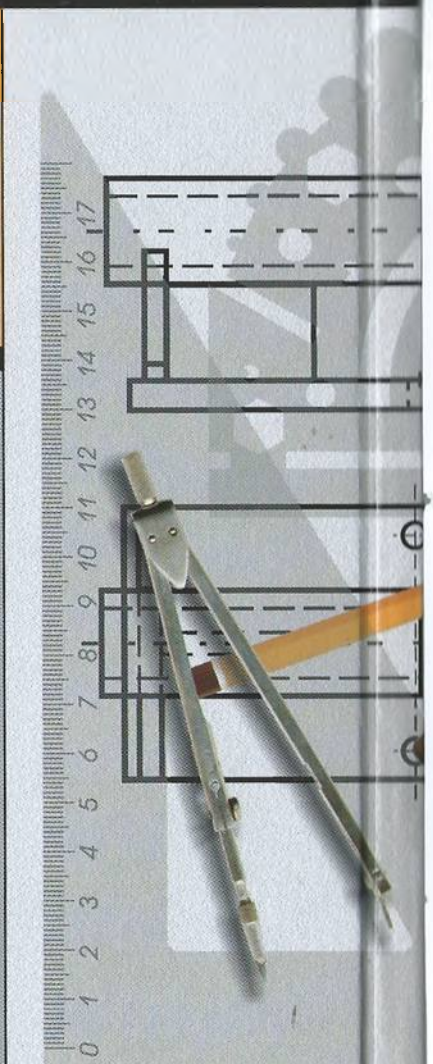
Для подготовки квалифицированных кадров в учреждениях начального профессионального образования предназначены следующие учебники и учебные пособия:

- А. П. Ганенко и др.
  Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ (требования ЕСКД)

- Л. С. Васильева
  Черчение (металлообработка). Практикум

- Л. И. Вереина
  Техническая механика

- П. А. Бутырин и др.
  Электротехника



ISBN 978-5-7695-8173-1

Издательский центр «Академия»
www.academia-moscow.ru